



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

PROGRAMA DE DOCTORADO

TECNOLOGÍA Y MODELIZACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL, MINERÍA Y AMBIENTAL

TESIS DOCTORAL

**UN MODELO Y UNA METODOLOGÍA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE
CIUDADES HACIA LA SOSTENIBILIDAD**

AUTOR

RICARDO ALVIRA BAEZA

DIRECTORES

FRANCISCO SEGADO VÁZQUEZ

JOSÉ FARIÑA TOJO

ÁNGEL FAZ CANO

Cartagena, julio de 2017

Esta Tesis Doctoral se publica bajo licencia CC-BY-NC ND. Esta licencia no afecta a fragmentos de textos, imágenes,... de otros autores incluidas en la Tesis Doctoral para su comentario, cuyas condiciones de reutilización son las definidas por sus autores.

RESUMEN

La presente Tesis Doctoral plantea un modelo de indicadores y una metodología cuyo objetivo es permitir cuantificar el Grado de Sostenibilidad de diferentes situaciones urbanas y la utilización de dicho parámetro en los procesos habituales de diseño de transformaciones urbanas.

Para ello, seguiremos un proceso que combinará **dos acercamientos**:

Por una parte, *nos basaremos en la Teoría Matemática de la Sostenibilidad y el Desarrollo Sostenible [Alvira, 2014a]*, que nos provee las siguientes cuestiones:

- Principios generales para la descomposición lógica de la sostenibilidad/estructuración jerárquica del modelo.
- Metodología de diseño / formulación matemática de los indicadores de sostenibilidad.
- Fórmulas matemáticas para la agregación de los indicadores.
- Principios generales para el diseño del modelo orientado a su utilización operativa.

Por otra parte, revisaremos las *recomendaciones generales más aceptadas para la elaboración de modelos de indicadores*, incluyendo las recomendaciones de organismos/entidades más reconocidas.

Aunque algunas de estas recomendaciones las aplicaremos durante el proceso de redacción, no siempre lo explicitaremos, considerando que el cumplimiento de las principales recomendaciones para la elaboración de modelos de indicadores no es tanto un requerimiento para la formulación del modelo como una serie de 'orientaciones' que nos proveen un marco para su validación a posteriori, lo que detallaremos en las conclusiones y anexos¹.

Combinando ambos acercamientos diseñaremos el modelo operativo, que se complementará con una metodología que permite su utilización en los procesos habituales de conformación de ciudad.

La validación de la propuesta la realizaremos en dos niveles:

- *revisaremos su aplicabilidad*, utilizándolo para el diseño de una intervención sobre un ámbito urbano existente: el barrio de palos de Moguer en Madrid².
- *contrastaremos* los valores obtenidos para la dimensión E con la evaluación de la sostenibilidad económica de los países de la UE 28 en el periodo 2005-2014³.

Por último, en las conclusiones detallamos las principales diferencias/aportaciones respecto a modelos existentes, así como cuestiones pendientes que avanzamos para su posible desarrollo posterior.

¹ Mientras que la Teoría Matemática de la sostenibilidad [Alvira, 2014a] es un marco formal [axiomático] completamente consistente, las recomendaciones usuales para el diseño de indicadores son en general conjuntos de orientaciones deducidas de la experiencia y no constituyen un marco formalizado. Por ello, las atribuimos el valor de orientaciones complementarias. Sin embargo, en los anexos veremos que el modelo satisface casi todas ellas.

² Parte de esta validación de la aplicabilidad de la herramienta ha sido ya publicada por el autor [Alvira, 2016], donde se revisa el impacto que podría tener la habilitación de todas las superficies de azoteas disponibles en dicho barrio de Madrid.

³ Como contraste complementario, en *Segregación Espacial por Renta* [Alvira, en prensa, b] se obtienen correlaciones casi perfectas y desviaciones muy reducidas con las modelizaciones utilizando fórmulas ampliamente aceptadas [Entropía de Shannon, Índice de Herfindahl Hirschman y Coeficiente de Gini]

ABSTRACT

The present Doctoral Thesis proposes an indicators' model and a methodology whose objective is enabling the quantitative characterization of different urban situations' Sustainability Degree and the later use of this parameter in usual urban transformations' design processes.

In order to do so, we follow a procedure that combines two approaches:

On the one hand, we build on *A mathematical theory of Sustainability and Sustainable Development* [Alvira, 2014a], which provides us the following matters:

- General principles for Sustainability logical decomposition / hierarchical structuring of the model.
- Design methodology / mathematical formulation of sustainability indicators.
- Mathematical formulas for indicators aggregation.
- General principles for the design of an operational model.

On the other hand, we review *most accepted general recommendations for indicators' models formulation*, including recommendations by more acknowledged organizations / entities.

Although some of these recommendations are actually applied during the drafting process we herein undertake, we do not always explicit it, considering that compliance with main recommendations for the development of indicator models is not a requirement for the formulation of the model but 'guidelines' which provide us a framework for its posterior validation, which we detail in the Conclusions and Annexes⁴.

Combining both approaches we design an operational model, which is complemented by a methodology that allows its use in the usual processes of city conformation.

Later, we validate the proposal in two levels:

- We review its applicability, by using the model to confront the design of a hypothetical transformation of existing urban area: the Palos de Moguer neighborhood in Madrid⁵.
- We contrast obtained results for the E dimension with the economic evolution of the EU 28 countries during the period 2005-2014, finding a high similarity with reality⁶.

Finally, in the conclusions we detail the main differences / contributions regarding existing models, as well as pending issues that we advance for possible further development.

⁴ While the Mathematical Theory of Sustainability is a fully consistent formal [axiomatic] framework, usual recommendations for the design of indicators are in general sets of guidance deduced from experience which do not constitute a formalized framework. Therefore, we consider them as guidelines but not mandatory. However, in annexes we review that almost all of them are fulfilled by the model.

⁵ Part of this validation of the applicability of the tool has already been published by the author [Alvira, 2016], which reviews the impact that could have the habilitation of all available roof surfaces in said neighborhood of Madrid.

⁶ As complementary contrast, in Spatial Segregation by Income [Alvira, in press, b] almost complete correlation and reduced deviations are obtained with widely accepted formulas [Shannon's Entropy, Herfindahl Hirschman's Index and Gini Coefficient]

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS, DIAGRAMAS E IMÁGENES	10
FIGURAS Y DIAGRAMAS	10
IMÁGENES	11
ÍNDICE DE TABLAS	14
PARTE 0: INTRODUCCIÓN Y PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS	23
1 INTRODUCCIÓN Y PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS	25
1.1 INTRODUCCIÓN	25
1.2 PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS	28
PARTE I: CARACTERIZACIÓN SOSTENIBILIDAD Y PROCESOS DECISIONES PÚBLICAS	31
2 CARACTERIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE CIUDADES Y SOCIEDADES	33
2.0 LAS CIUDADES Y SOCIEDADES COMO SISTEMAS SOCIO ECOLÓGICOS [SSE]	33
2.1 LA SOSTENIBILIDAD DE LAS SOCIEDADES HUMANAS	36
2.1.1 DOS REPRESENTACIONES JERÁRQUICAS DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS SOCIEDADES	36
2.1.2 LA CARACTERIZACIÓN DE UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE	41
2.1.3 CONCEPTOS/CUALIDADES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD SEGÚN CADA DIMENSIÓN	51
2.1.4 MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS SOCIEDADES HUMANAS	99
2.2 LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES	101
2.2.1 LA CARACTERIZACIÓN DE UNA CIUDAD SOSTENIBLE	104
2.2.2 ECOLOGÍA URBANA	116
2.2.3 MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES	147
2.3 ADAPTACIÓN DEL MODELO A LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES	159
2.3.0 EL OBJETIVO DEL MODELO OPERATIVO	159
2.3.1 LA TOMA DE DECISIONES RACIONALES: MAXIMIZACIÓN DE LA UTILIDAD ESPERADA	160
2.3.2 LA TOMA DE DECISIONES PÚBLICAS	168
2.3.3 TOMA DE DECISIONES MULTIVARIABLE O MULTICRITERIO	179
2.3.4 METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DEL MODELO	183
2.4 RECAPITULACIÓN	191
PARTE II: MODELO DE INDICADORES Y METODOLOGÍA OPERATIVA	193
3 FORMULACIÓN DE UN MODELO OPERATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD URBANA	195
3.1 DESCOMPOSICIÓN LÓGICA DE LA SOSTENIBILIDAD	195
3.1.1 DIMENSIÓN 'Q' CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	195
3.1.2 DIMENSIÓN 'M' METABOLISMO	197
3.1.3 DIMENSIÓN E: INDICADORES DE ECONOMÍA	200
3.2 ESTRUCTURACIÓN EN NIVELES: LA REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA	201
3.3 INFORMACIÓN TIPO INCLUIDA PARA CADA INDICADOR	204

4	INDICADORES QUE DESCRIBEN EL ESTADO DEL SISTEMA	206
4.0	INDICADORES DE NIVEL 1 y 2: DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD E INDICADOR GLOBAL	206
4.0.1	GRADO DE SOSTENIBILIDAD [S] [%] [P] [U]	206
4.0.2	INDICADORES DE NIVEL 2	207
4.1	INDICADORES QUE MIDEN LA CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	210
4.1.1	Q1. CIUDAD COMPACTA [C] ***	211
4.1.2	Q2. DOTACIÓN Y ACCESIBILIDAD A EQUIPAMIENTOS [EQ]	221
4.1.3	Q3. DOTACIÓN Y ACCESIBILIDAD DE ZONAS VERDES [ZV]	227
4.1.4	Q4. INFRAESTRUCTURA VERDE Y BIODIVERSIDAD [BD]	232
4.1.5	Q5. MEZCLA DE USOS [MU]	241
4.1.6	Q6. DIVERSIDAD/ESTRUCTURA HABITACIONAL [DH/EH]	246
4.1.7	Q7. BIOCLIMA Y SALUD [BS]	259
4.1.8	Q8. ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD [AM]	271
4.1.9	Q9. ESTRUCTURA URBANA [EU]	281
4.1.10	Q10. PAISAJE E IDENTIDAD [PI]	295
4.2	INDICADORES QUE MIDEN EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO URBANO	307
4.2.1	M1. CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS [RH] ***	312
4.2.2	M2. CONTAMINACIÓN HÍDRICA [CH] ***	317
4.2.3	M3. UTILIZACIÓN DEL TERRITORIO BIOPRODUCTIVO [TB] ***	320
4.2.4	M4. RECURSOS SÓLIDOS [MATERIAS PRIMAS Y SECUNDARIAS] [RS] ***	327
4.2.5	M5. INDICADOR CONSUMO DE ENERGÍA [CE] ***	339
4.2.6	M6. EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO [GEI] ***	352
4.3	INDICADORES ECONÓMICOS	356
4.3.1	E1. ESTRUCTURA/DIFERENCIACIÓN ACTIVIDAD ECONÓMICA [EA/DA] ***	357
4.3.2	E2. EMPLEO [EM] ***	364
4.3.3	E3. DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO [DI] [U]	375
4.3.4	E4. INDICADOR 'CARGA ECONÓMICA' [CE]	381
5	INDICADORES DE EVALUACIÓN/VARIACIÓN: PARÁMETROS PARA LA DECISIÓN	400
5.2.1	INCREMENTO DE SOSTENIBILIDAD [ΔS]	401
5.2.2	VARIACIÓN DE CALIDAD Y HABITABILIDAD [ΔQ]	401
5.2.3	VARIACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO [ΔM]	402
5.2.4	VARIACIÓN DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA [ΔE]	402
5.2.6	VARIACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA NO RENOVABLE [ΔENR]	403
5.2.6	VARIACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO [ΔDI]	403
5.2.7	MANTENIMIENTO O MEJORA DE LA CAPACIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA [ΔCE]	404
5.2.8	NO INTERCAMBIABILIDAD DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	404
5.2.9	ESFUERZO ECONÓMICO [EE]	405
6	METODOLOGÍA OPERATIVA DE APLICACIÓN DEL MODELO	407
6.0	ESCENARIOS DE EVALUACIÓN: FUTUROS POSIBLES	407
6.1	EVALUACIÓN DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DE ÁREAS URBANAS EXISTENTES	409
6.2	ESTIMACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DE DESARROLLOS URBANOS EN FASE DE DISEÑO	410
6.3	EVALUACIÓN DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DEL DESARROLLO DE ÁREAS URBANAS	410

6.4	EVALUACIÓN DE POLÍTICAS, PROYECTOS DE RENOVACIÓN URBANA E IMPLANTACIÓN A GRAN ESCALA DE PRODUCTOS COMERCIALES	411
6.5	FORMULACIÓN DE POLÍTICAS URBANAS O ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN COMPLEJAS	412
6.5.1	PASO 1: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE REFERENCIA Y EVALUACIÓN	412
6.5.2	PASO 2: EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS	413
6.5.3	PASO 3: VIABILIDAD ECONÓMICA DE CADA ESTRATEGIA	414
6.5.4	PASO 4: RECALCULAR ESTRATEGIAS PARA LAS CUALES SE HAN PROPUESTO ALTERNATIVAS	414
6.5.5	PASO 5: SELECCIONAR SOLO ESTRATEGIAS QUE MANTENGAN LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS PARA LAS DECISIONES PÚBLICAS:	414
6.5.6	PASO 6: COMBINAR ESCENARIOS TOTALMENTE COMPATIBLES	415
6.5.7	PASO 7: FORMULACIÓN DEL NUEVO ESCENARIO BASE E00A	415
6.5.8	PASO 8: RE-EVALUACIÓN DE ESCENARIOS TOTAL O PARCIALMENTE EXCLUYENTES	416
6.5.9	PASO 9: SELECCIÓN DEL MEJOR ESCENARIO GLOBAL	416
6.5.10	PASO 10: VIABILIDAD ECONÓMICA DEL ESCENARIO GLOBAL Y PLANIFICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN	416
6.5.12	RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL ESCENARIO ELEGIDO	417
	PARTE III: APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO	419
7.0	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA A UN ÁREA DE LA CIUDAD DE MADRID	421
7.1	EVALUACIÓN DE UN ÁREA URBANA EXISTENTE: EL BARRIO DE PALOS DE MOGUER	421
7.1.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO EVALUADO	421
7.1.2	DATOS NUMÉRICOS DE LA EVALUACIÓN	422
7.1.3	ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE ACTUACIÓN	423
7.1.4	CONCLUSIONES Y RESUMEN DE PRIORIDADES	426
7.2	FORMULACIÓN DE UN MINI-PLAN ESTRATÉGICO PARA EL ÁMBITO	428
7.2.1	UNA PROPUESTA DE NEGOCIO CON ORIENTACIÓN DE SOSTENIBILIDAD	430
7.2.2	PLAN ESTRATÉGICO DE MOVILIDAD	433
7.2.3	DOS PROPUESTAS DE APROVECHAMIENTO DE LAS AZOTEAS DEL ÁMBITO	459
7.2.4	COMPOSICIÓN DEL ESCENARIO GLOBAL	462
7.3	CONCLUSIONES	464
	PARTE IV: CONCLUSIONES	467
8	CONCLUSIONES, PRINCIPALES APORTACIONES Y CUESTIONES PENDIENTES	469
8.1	ALGUNAS CUESTIONES IMPORTANTES QUE SURGEN DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA	470
8.1.1	LA CONTEXTUALIDAD DE LA [S ESTRATEGIAS HACIA LA] SOSTENIBILIDAD	470
8.1.2	DATOS NO DISPONIBLES:	471
8.2	PRINCIPALES APORTACIONES DEL PRESENTE MODELO	472
8.2.1	FORMULACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	472
8.2.2	MODELO DE INDICADORES	474
8.3	TEMAS PENDIENTES:	478
8.3.1	VALIDACIÓN DE LOS INDICADORES DEL MODELO	478
8.3.2	ACTUALIZACIÓN CONTINUA DEL MODELO	479
8.4	EL PARADIGMA DE [SUBYACENTE A] LA SOSTENIBILIDAD	480
	PARTE V: BIBLIOGRAFÍA	483

9	BIBLIOGRAFÍA	485
9.1	GENERAL	485
9.2	PARTE- II	487
9.2.1	SOSTENIBILIDAD SOCIAL / CALIDAD URBANA	492
9.2.2	SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTE / METABOLISMO URBANO	496
9.2.3	SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA / ECONOMÍA	502
9.3	PARTE III- APLICACIÓN PRÁCTICA	505
9.3.1	MOVILIDAD	506
9.3.2	AZOTEAS	507
9.3.3	RESIDUOS Y ENERGÍA	507
9.3.4	CARTOGRAFÍA	509
9.4	HERRAMIENTAS ELECTRÓNICAS:	509
9.5	IMÁGENES, GRÁFICOS Y DIAGRAMAS	509
	PARTE VI: ANEXOS	511
10	ANEXOS	513
	ANEXO I_ ALGUNOS APUNTES PREVIOS	513
	A-I.1_ DEFINICIONES	513
	A-I.2_ LA COMPLETITUD DE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN DE LOS SSE	516
	ANEXO II: DOS, TRES O CUATRO DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD	518
	A-II.1_ DOS O TRES DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD	518
	A-II.2_ LA DIMENSIÓN POLÍTICO-INSTITUCIONAL COMO DIMENSIÓN DE SOSTENIBILIDAD	519
	ANEXO III_ TEORÍA DE LOS JUEGOS	521
	AIII.1_ ALGUNOS CONCEPTOS ELEMENTALES	522
	AIII.2_ LAS RELACIONES ENTRE SSE	530
	ANEXO IV: ELECCIÓN PÚBLICA, DEMOCRACIA, DERECHOS FUNDAMENTALES Y SOSTENIBILIDAD	532
	AIV.1_ TRANSPARENCIA INFORMATIVA	538
	AIV.2_ DERECHO DE VETO	538
	ANEXO V: LA VALORACIÓN DEL INCREMENTO DE EFICIENCIA DE LAS CIUDADES	541
	ANEXO VI_ PROCEDIMIENTO PARA VALORAR VARIABLES RELEVANTES QUE TRASPASAN LOS UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD	544
	AVI.1_ PROCEDIMIENTO 1: RE-ESCALAR LOS INDICADORES	549
	AVI.2_ MÉTODO 02: ASIGNANDO DIFERENTE RELEVANCIA A LOS INDICADORES	551
	ADENDA: CONTRASTACIÓN DE LOS DOS MÉTODOS DE VALORACIÓN DE TRASPASO DEL UMBRAL:	553
	ANEXO VII_ DIFERENCIACIÓN U ORGANIZACIÓN?	555
	A-VII.1_ MEDIR LA DIVERSIDAD O DIFERENCIACIÓN DE UN CONJUNTO DE ELEMENTOS	555
	A-VII.2_ MEDIR SOSTENIBILIDAD: DIFERENCIACIÓN VS ORGANIZACIÓN	556
	ANEXO VIII: AGRICULTURA Y SOSTENIBILIDAD URBANA	561
	A.VIII.1_ PRIORIZACIÓN DE TIPOS DE EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA EQUILIBRADOS	561
	A.VIII.2_ AGRICULTURA URBANA	563
	ANEXO IX: EVALUAR SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA: CRECIMIENTO VS ESTABILIDAD	566
	AIX.1_ PAÍSES DE REFERENCIA	568

AIX.2_ ESTRUCTURA DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA	569
AIX.3_ ESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD DEL EMPLEO	571
AIX.4_ CARGA ECONÓMICA	573
AIX.5_ CONCLUSIÓN	574
AIX.6_ ADENDA: 'CRITICALIDAD' VS 'ESTABILIDAD'	576
ANEXO X: TRES D'S PARA DESARROLLAR LA IDEA DE 'DECOUPLING'	581
AX.1_D1: DESVINCULANDO CRECIMIENTO ECONÓMICO Y CONSUMO DE RECURSOS	582
AX.2_D2: DESVINCULANDO NIVEL DE RENTA Y PODER	586
AX.3_D3: DESVINCULANDO UTILIDAD Y PROPIEDAD	587
ANEXO XI: EVALUAR EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DE LA VARIACIÓN DE UN SISTEMA	591
AXI.1_ ESTABLECER LA INFLUENCIA DE CADA ÁREA DE ACTUACIONES POSIBLE	591
AXI.2_ ESTABLECER CONDICIONES QUE IMPIDAN ACOMETER TRANSFORMACIONES NO OPTIMAS	593
ANEXO XII: CARACTERÍSTICAS DEL ÁMBITO: PALOS DE MOGUER	594
AXII.1_ DESARROLLO Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA	594
AXII.2_ TIPOLOGÍA DE ÁMBITO: ¿BARRIO O BARRIO CIUDAD?	597
AXII.3_ ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE PARÁMETROS URBANOS	599
AXII.4_ ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE MEDIO AMBIENTE	603
ANEXO XIII: APLICACIÓN PRÁCTICA. CRITERIOS DE DISEÑO Y CÁLCULO ADOPTADOS	616
A-XIII.1_ EVALUACIÓN ESTADO ACTUAL [ESCENARIO E00]	616
A-XIII.2_ PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTION DE RESIDUOS	618
A-XIII.3_ PROPUESTA DE PLAN ESTRATEGICO DE MOVILIDAD	619
ANEXO XIV_ REVISIÓN DEL MODELO DESDE LAS TRES DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD	626
A-XIV.1_ LA 'SOSTENIBILIDAD DEL MEDIOAMBIENTE'	626
A-XIV.2_ PERSPECTIVA 'SOSTENIBILIDAD SOCIAL'	629
A-XIV.3_ PERSPECTIVA ECONÓMICA	632
ANEXO XV_ EVALUACIÓN DEL MODELO SEGÚN CRITERIOS HABITUALES EN MODELOS DE INDICADORES Y HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD	634
A-XV.1_ EVALUACION MODELO DE INDICADORES	634
A-XV.2_ EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA	642
ANEXO XVI_ UTILIZACIÓN DEL MODELO POR LA ADMINISTRACIÓN ESPAÑOLA	645
A-XVI.1_ POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN	646
A-XVI.2_ TEMAS PENDIENTES QUE DEBERÍA DESARROLLAR LA ADMINISTRACIÓN	647
ANEXO XVII_ CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y MEJORA CONTINUA DEL MODELO	650
A-XVII.1_ EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	651
A-XVII.2_ MODIFICACIONES DEL MODELO	653

ÍNDICE DE FIGURAS, DIAGRAMAS E IMÁGENES

FIGURAS Y DIAGRAMAS

<i>Diagrama 01.01: Guion de la presente Tesis</i>	26
Diagrama 01.02: Proceso para la formulación del modelo y metodología	28
<i>Diagrama 02.01: proceso para la caracterización de la Sostenibilidad y estructuración del modelo operativo</i>	33
<i>Figura 02.01: El Modelo conceptual ‘Tres pilares independientes’</i>	37
<i>Figura 02.02: El Modelo conceptual ‘Tres esferas interdependientes’</i>	37
<i>Figura 02.03: El esquema de anillos concéntricos</i>	38
<i>Figura 02.04: La descomposición de la Sostenibilidad en tres dimensiones</i>	38
<i>Figura 02.05: El ‘huevo de la sostenibilidad’</i>	39
<i>Figura 02.06: El Modelo Conceptual MEA</i>	52
<i>Figura 02.07: Modelo de anillos concéntricos aplicado a la sostenibilidad del medioambiente</i>	54
<i>Figura 02.08. Vinculación entre Bienestar Humano y Servicios de los Ecosistemas</i>	87
<i>Figura 02.09: relación entre servicios de los ecosistemas y beneficio económico</i>	97
<i>Figura 02.10. Representación Jerárquica de la Sostenibilidad de una sociedad</i>	100
Figura 02.11: Relación entre cobertura de Necesidades Humanas y Sostenibilidad Urbana	107
<i>Figura 02.12: El modelo Sistema-Entorno</i>	117
Figura 02.13: relación entre Habitabilidad, Calidad y Sostenibilidad Urbana	120
Figura 02.14: Metabolismo de una ciudad hipotética americana de un millón de habitantes	126
<i>Figura 02.15: las ciudades en la actualidad</i>	131
Figura 02.16: Eficiencia y Sostenibilidad	136
Figura 02.17: Significado de las tres dimensiones operativas de la sostenibilidad urbana	156
<i>Figura 02.18. Representación Jerárquica de la Sostenibilidad según el modelo operativo</i>	157
<i>Figura 02.19: Contención o Interdependencia?</i>	167
Diagrama 02.02: Proceso para establecer el orden de preferencia ‘fuerte’	186
<i>Diagrama 02.03: Proceso iterativo para la definición de la opción combinada global</i>	187
<i>Figura 04.01: representación jerárquica del modelo</i>	195
Figura 04.02: Representación jerárquica de los indicadores de la dimensión Q	197
Figura 04.03: Representación jerárquica de los indicadores de la dimensión M	198
<i>Figura 04.04: Representación indicadores de Economía</i>	201
<i>Figura 04.05: Estructuración en niveles de la información de la sostenibilidad de un sistema</i>	202

Figura 04.06: Relación entre indicadores del modelo y metodología [<i>sostenibilidad, económicos, variación y decisión</i>]	202
<i>Figura M0.01: La fórmula de los indicadores de metabolismo</i>	309
<i>Figura 04.07: El Índice de Gini</i>	377
Grafico 7.1.1: Indicadores de nivel 1 y 2	423
<i>Grafico 7.1.2: Indicadores de Nivel 3</i>	424
Grafico 7.1.3: Indicadores de Nivel 2	424
Grafico 7.1.4: Indicadores de nivel 4 ordenados según valor decreciente de potencial de mejora [de mayor a menor].	425
Grafico 7.4.1: Indicadores de Nivel 1 y 2	464
Grafico 7.4.2: Indicadores de Nivel 3	464
Grafico 7.4.3: Indicadores de Nivel 4	464
<i>Figura AIII.01: Representación del juego de lanzar una moneda</i>	522
<i>Figura AVI.01: Una fórmula sencilla para valorar consumos siempre crecientes</i>	546
<i>Figura AVI.02: El porcentaje en que la variable relevante traspasa el umbral</i>	550
<i>Figura AVI.03: Re-escalamos el valor de todos los indicadores</i>	550
Figura AXVII.01: Esquema de monitorización continua y retroalimentación	651
<i>Figura AXVII.02: Esquema de monitorización continua y retroalimentación</i>	652

IMÁGENES

Imagen 02.01: La propuesta de la ciudad jardín	42
Imagen 02.02: Pirámide de Maslow	48
Imagen 02.03: Ciertas funciones del ecosistema global	57
Imagen 02.04: El modelo Living Planet Index	58
Imagen 02.05: La biodiversidad es un indicador del estado de los ecosistemas	58
Imagen 02.06: La tendencia en la transformación del territorio	64
Imagen 02.07: El modelo de ‘urbanización dispersa’ o ‘sprawl’	65
Imagen 02.08: La configuración del suelo	66
Imagen 02.09: El reconocimiento de que todas las superficies/espacios del planeta contribuyen a su funcionalidad	67
Imagen 02.10: El volumen de vegetación urbana	67
Imagen 02.11: los marcos constitucionales	70
Imagen 02.12: El marco físico puede favorecer la segregación social	85

Imagen 02.13: El incremento exponencial de población desde la Revolución industrial	85
Imagen 02.14: Los indicadores de crecimiento miden la variación de riqueza	90
Imagen 02.15: La especulación inmobiliaria	95
Imagen 02.16: El patrimonio construido desocupado	96
Imagen 02.17: El Protocolo de Kioto	97
Imagen 02.18: En un contexto agrícola	99
Imagen 02.19: “Las ciudades nunca albergaron poblaciones de la magnitud actual	101
Imagen 02.20: El nombre del modelo ‘meta_ S’	105
Imagen 02.21: El modelo de los tres imanes	119
Imagen 02.22: El término vulnerable	119
Imagen 02.23 El impacto global sobre el medio ambiente	121
Imagen 02.24: La sociedad en red	123
Imagen 02.25: El Tratado Antártico	124
Imagen 02.26: La relación entre ‘bienestar humano’ y utilización de biocapacidad	125
Imagen 02.27: Los ciclos predador presa	128
Imagen 02.28: La Huella hídrica	132
Imagen 02.29: Una ciudad junto a un oasis	135
Imagen 02.30: Un poblado esquimal	140
Imagen 02.31: Es o no es un residuo?	141
Imagen 02.32: Utilizar azoteas vacías	145
Imagen 02.33: Energía vs Utilización del suelo y recursos hídricos	145
Imagen 02.34: Si los habitantes de una ciudad	147
Imagen 02.35: Muchos indicadores de planeamiento o diseño urbano	148
Imagen 02.36: La calidad el aire	150
Imagen 02.34: La búsqueda de autorregulación	151
Imagen 02.37: La expresión ‘Más vale pájaro en mano que ciento volando’	164
Imagen 02.38: ¿Es sostenible reciclar el 50% de los RU?	167
Imagen 02.40: Ninguna persona dispone de tiempo suficiente	169
Imagen 02.39: Los problemas urbanos asociados a la movilidad	170
Imagen 02.41: Una cancha de pelota vasca	174
Imagen 07.01: Barrio de Palos de Moguer, Madrid	421
Imagen 09.01: ¿Qué es más sostenible	477

Imagen AIII.01: Un ‘farol’ en el póker _____	521
Imagen AIII.02: Una guerra es un ‘juego’ _____	526
Imagen AIII.03: El dilema del prisionero _____	528
Imagen AIII.04: La corrupción política _____	529
Imagen AIII.05: Conducir por la derecha o por la izquierda _____	530
Imagen AIV.01: La Constitución Suiza _____	536
Imagen AVII.01: El estado óptimo de los ecosistemas naturales _____	557
Imagen AVII.02: La agrupación en gremios _____	559
Imagen A.VII.01: Contaminación por vertidos de materia orgánica _____	561
Imagen A.VII.02: La utilización de compost _____	562
Imagen A.VII.03: La proliferación de agricultura urbana _____	564
Imagen AIX.01: Un montón de arena _____	577
Imagen AIX.02: Adaptación vs Criticalidad _____	578
Imagen AX.01: una persona muy rica se compra su decimoquinto chalet _____	582
Imagen AX.02: La reducción de consumo prevista _____	585
Imagen AX.03_ Los ‘taxis’ son un ejemplo de uso compartido _____	589
Imagen AX.04: La iniciativa ‘Esto es una plaza’ _____	590
Imagen AXII.01: Plano geométrico de Madrid de Tomás López, detalle [1785] _____	594
Imagen AXII.02: Plano proyecto de ensanche de Madrid [1860] _____	595
Imagen AXII.03: Plano de Madrid de Ibáñez de Ibero. Detalle [1875] _____	595
Imagen AXII.04: Plano del Ensanche de Madrid [1922] _____	596
Imagen AXII.05: Foto Aérea del Barrio Palos de Moguer _____	598
Imagen AXII.06: Análisis imagen urbana del Barrio _____	599
Imagen AXII.07: Densidad de habitantes por Ha en los Distritos de Madrid _____	600
Imagen AXII.08: Viviendas Ocupadas/Desocupadas en el ámbito _____	602
Imagen AXII.09: Sistema de Espacios Libres _____	603
Imagen AXII.10: Calles sin Arbolado _____	604
Imagen AXII.11: Intensidad Media Diaria de circulación de vehículos en las vías en el Ámbito _____	606
Imagen AXII.12: Velocidad de Circulación Media. _____	606
Imagen AXII.13: Mapa Estratégico de Ruido del Municipio de Madrid _____	607
Imagen AXII.14: Evolución SO ₂ en Madrid _____	609
Imagen AXII.15: Evolución PM10 en Madrid _____	611

Imagen AXII.16: Evolución PM2,5 en Madrid	611
Imagen AXII.17: Evolución CO en Madrid	612
Imagen AXII.18: Evolución Benceno en Madrid	612
Imagen AXII.19: Emisiones NO ₂ en Madrid	613
Imagen AXII.20: Evolución NO ₂ en Madrid	613
Imagen AXIV.01: Al reconstruir la Cámara de los Comunes	630
Imagen AXV.01: En una región con menores recursos hídricos	636

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 02.01_ DIMENSIONES RELEVANTES PARA EL MODELO 'ÍNDICE DE BIENESTAR HUMANO'	40
TABLA 02.02_ RESTRICCIONES AL DESARROLLO SOSTENIBLE	46
TABLA 02.03_ PERSPECTIVA 'UN PLANETA'	52
TABLA 02.04_ MODELO 'FRONTERAS PLANETARIAS'	56
TABLA 02.05_ PRINCIPALES CAUSAS DE CAMBIO DE ECOSISTEMAS Y DIVERSIDAD	58
TABLA 02.06_ PRINCIPALES AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD	59
TABLA 02.07_ SISTEMA EUROPEO DE INDICADORES DE BIODIVERSIDAD [SEBI 2010]	61
TABLA 02.08_ CLASIFICACIÓN PROVISIONAL INTERNACIONAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	63
TABLA 02.09_ PRINCIPALES ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA VERDE	67
TABLA 02.10_ VARIABLES DE SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL: DESCRIPTIVAS Y OPERATIVAS	68
TABLA 02.11_ VARIABLES OPERATIVAS DESDE EL ÁMBITO URBANO	69
TABLA 02.12_ TIPOS DE VARIABLES OPERATIVAS DESDE LOS ÁMBITOS URBANOS	69
TABLA 02.13_ DECLARACIÓN DERECHOS HUMANOS (1)	72
TABLA 02.14_ CONSTITUCIÓN ESPAÑOLA (1)	73
TABLA 02.15_ CARTA DE LOS DERECHOS FUNDAMENTALES DE LA UNIÓN EUROPEA (1)	74
TABLA 02.16_ COMPONENTES DEL BIENESTAR HUMANO	76
TABLA 02.17_ AREAS DEL BIENESTAR SOCIAL	76
TABLA 02.18_ ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA DE MÉXICO	76
TABLA 02.19_ DIMENSIONES DE LA CALIDAD DE VIDA	77
TABLA 02.20_ CONDICIONES PARA UNA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL	82
TABLA 02.21_ FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONFLICTO SOCIAL	84
TABLA 02.22_ VARIABLES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD SOCIAL	87
TABLA 02.23_ FORMAS DE INCREMENTAR LA UTILIDAD TOTAL EN UN SISTEMA	89
TABLA 02.24_ COMPONENTES INDIVIDUALES QUE AUMENTAN O REDUCEN EL VALOR DE GPI	92

TABLA 02.25_ VARIABLES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	98
TABLA 02.26_ INDICADORES RELEVANTES	100
TABLA 02.27_ JERARQUÍA DE ÁMBITOS DEL SISTEMA URBANO	102
TABLA 02.28_ CUALIDADES DE LA CIUDAD DEL MAÑANA	109
TABLA 02.29_ ESTRATEGIAS ASOCIADAS AL MODELO 'BUENA CIUDAD'	111
TABLA 02.30_ COMPROMISOS DE AALBORG	112
TABLA 02.31_ PRINCIPIOS DEL 'NEW URBANISM'	114
TABLA 02.32_ ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA INSOSTENIBILIDAD URBANA EN ESPAÑA	115
TABLA 02.33_ LIMITES DEL ENTORNO DE UNA CIUDAD	121
TABLA 02.34_ PRINCIPALES IMPACTOS DEL CONSUMO DE RECURSOS/PRODUCCIÓN DE RESIDUOS	127
TABLA 02.35_ TIPOS DE HUELLA HÍDRICA Y OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD	133
TABLA 02.36_ CRITERIOS PARA UN URBANISMO ECOLÓGICO	145
TABLA 02.37_ ASPECTOS CUYO GRADO DE SOSTENIBILIDAD SE PRESUPONE IGUAL AL DE LA CIUDAD EVALUADA	153
TABLA 02.38_ CUALIDADES QUE HACEN SOSTENIBLE A UNA CIUDAD	153
TABLA 02.39_ INDICADORES DE METABOLISMO	154
TABLA 02.40_ VARIABLES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	155
TABLA 02.41_ INDICADORES DEL MODELO OPERATIVO	157
TABLA 02.42_ AXIOMAS DEL MODELO SEU [SUBJECTIVE EXPECTED UTILITY]	165
TABLA 02.43_ CONDICIONES PARA CONSIDERAR RACIONAL Y DEMOCRÁTICA UNA DECISIÓN	169
TABLA 02.44_ CUESTIONES DEL MODELO EN RELACIÓN A LAS PREFERENCIAS INDIVIDUALES	174
TABLA 02.45_ FACILIDAD DE APLICACIÓN DEL MODELO EN LOS DIFERENTES SUPUESTOS	183
TABLA 02.46_ RELACIÓN NUMERO DE OPCIONES EVALUADAS Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN	187
TABLA 02.47_ PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS	189
TABLA 04.01_ INDICADORES DE CALIDAD Y HABITABILIDAD	196
TABLA 04.02_ INDICADORES DE METABOLISMO	198
TABLA 04.03_ INDICADORES DE ECONOMÍA	200
TABLA 04.04_ ENUMERACIÓN DETALLADA INDICADORES DEL MODELO	203
TABLA Q1-1_ CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA PARA DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA	212
TABLA Q1-2_ MORFOLOGÍA URBANA Y KILÓMETROS RECORRIDOS EN COCHE AL AÑO	212
TABLA Q1.1A-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD	215

TABLA Q1.1- UMBRALES DE DENSIDAD DE VIVIENDAS A PARTIR DE TERRITORIO DISPONIBLE PARA URBANIZAR	216
TABLA Q1.1B-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD	218
TABLA Q1.2-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD	219
TABLA Q1.2-1_ COEFICIENTES PARCIALES DE PONDERACIÓN DEL VOLUMEN	220
TABLA Q1.2-2_ RATIOS PARA EL CÁLCULO DEL ESPACIO PÚBLICO ATENUANTE	220
TABLA Q2.1-1_ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD EN DOTACIÓN DE EQUIPAMIENTOS m ² /hab	222
TABLA Q2.2-1_ CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD A EQUIPAMIENTOS DE PROXIMIDAD	224
TABLA Q2.2-2_ DISTANCIA RECORRIDA SEGÚN DESPLAZAMIENTO PEATONAL O EN BICICLETA	225
TABLA Q3.1-0_ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD EN DOTACIÓN DE ZONAS VERDES [m ² /hab]	228
TABLA Q3.2-0_ CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD A ZONAS VERDES	230
TABLA Q3.2-1_ DISTANCIA RECORRIDA [m] SEGÚN DESPLAZAMIENTO PEATONAL O EN BICICLETA	231
TABLA Q3.2-2_ ACCESIBILIDAD A ESPACIOS DE BIODIVERSIDAD	231
TABLA Q4.1-0_ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD PARA EL ÍNDICE DE BIOTOPO	234
TABLA Q4.1-1_ FACTORES DE PONDERACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE BIOTOPO	234
TABLA Q4.1-2_ CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE 'INFRAESTRUCTURA VERDE'	235
TABLA Q5.1A-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD	242
TABLA Q5.2_ ACCESIBILIDAD A ACTIVIDADES COMERCIALES DE PROXIMIDAD	244
TABLA 6-1.0_ CRITERIOS PARA UTILIZAR UNO U OTRO INDICADOR (0)	247
TABLA Q6.1-1_ TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS (0)	248
TABLA Q6.1-2_ ZONAS MORFOLÓGICAS DENTRO DE LA TIPOLOGÍA RESIDENCIAL	248
TABLA Q6.1-3_ LÍMITES SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD	249
TABLA Q1.6_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD	250
TABLA Q6.3-0_ PARÁMETROS QUE ES NECESARIO REVISAR	254
TABLA Q7.3-0_ CONDICIONES PARA PAVIMENTOS Y CUBIERTAS QUE MINIMIZAN EL EIC	266
TABLA Q7.3-1_ MEDIDAS DE DISEÑO PARA MITIGAR EL EFECTO ISLA DE CALOR EN VERANO	267
TABLA Q7.4-1_ TIEMPOS MÍNIMOS RECOMENDADOS DE ACTIVIDAD FÍSICA (0) (1)	269
TABLA Q7.4-2_ CUMPLIMIENTO DE NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA EN DESPLAZAMIENTOS ANDANDO/BICICLETA	270
TABLA Q8.1-0_ ANCHO RECOMENDABLE DE ACERAS SEGÚN EL TIPO DE VÍA	274
TABLA Q8.2-1_ DOTACIÓN DE PLAZAS DE APARCAMIENTO	277
TABLA Q8.3_ ACCESIBILIDAD ECONÓMICA AL TRANSPORTE PÚBLICO	279
TABLA Q9-0_ MEDIDAS PARA AUMENTAR LA SEGURIDAD EN EL ESPACIO PÚBLICO	282

TABLA Q9.1-0_ PARÁMETROS PARA EL CALCULO DE LA FUNCIONALIDAD DEL VIARIO _____	285
TABLA Q9.3-0_ CARACTERÍSTICAS Y RADIO DE ATRACCIÓN DE LOS CENTROS/NODOS _____	291
TABLA Q10.1-0_ RELACIÓN ALTURA/DISTANCIA ENTRE EDIFICIOS SEGÚN ZONA CLIMÁTICA _____	297
TABLA Q10.1-1_ RANGO OPTIMO DE PROPORCIONES SEGÚN TIPOLOGÍA DE ESPACIO _____	297
TABLA Q10.2.1-1_ ELEMENTOS CON IMPACTO SOBRE EL ALZADO URBANO _____	301
TABLA Q.10.2-1_ CALCULO OBJETIVO DE SOSTENIBILIDAD CEUAs _____	302
TABLA Q10.2.2-1_ ELEMENTOS CON IMPACTO SOBRE LA PLANTA URBANA _____	303
TABLA Q.10.2-1_ CALCULO OBJETIVO DE SOSTENIBILIDAD CEUPs _____	304
TABLA Q10.3-0_ VOLUMEN APROXIMADO DE LAS COPAS DE LOS ARBOLES _____	305
TABLA M0_ CRITERIO PARA ESTABLECER LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	311
TABLA M1-1_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD EN CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS _____	312
TABLA M1-2_ SIGNIFICADO DE LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS _____	313
TABLA M1-3_ UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD _____	313
TABLA M1-4_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	314
TABLA M1-5_ HUELLA HÍDRICA ASOCIADA A FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA _____	316
TABLA M2-1_ UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD _____	318
TABLA M3-0_ PORCENTAJE DE TB PARA PRESERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD _____	324
M3-4_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	324
TABLA M4-0_ IMPACTOS PRINCIPALES SEGÚN DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES UTILIZADOS _____	328
TABLA M4-1_ LIMITES DE RU NO APROVECHADO [Kg.Hab ⁻¹ .Año ⁻¹] _____	330
TABLA M4-2_ LIMITES DE RCD NO APROVECHADO _____	331
TABLA M4-3_ UMBRALES DE SOSTENIBILIDAD EN PRODUCCIÓN Y RECICLADO DE RU _____	331
TABLA M4-4_ UMBRALES DE SOSTENIBILIDAD EN PRODUCCIÓN DE RU [kg.hab ⁻¹ año ⁻¹] _____	332
TABLA M4-5_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD DEDUCIDOS A PARTIR DE LA DIMENSIÓN METABOLISMO _____	332
TABLA M5-0_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	342
TABLA M5.1-1_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	345
TABLA M5.1-2_ CAPACIDAD RESTANTE EN LA ACTUALIDAD DE FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES _____	345
TABLA M5.1-3_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD A PARTIR DE EMISIONES GEI _____	346
TABLA M5.1-4_ REDUCCIÓN UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD ENR A PARTIR DE PREVISIONES DE CONSUMO _____	347

TABLA M5.2-1_ LIMITES A LA CAPACIDAD MÁXIMA POSIBLE DE ENERGÍA RENOVABLE [EJ] _____	348
TABLA M5.2-2_ PREVISIÓN DE CAPACIDAD DE ENERGÍA RENOVABLE INSTALADA EN 2050 _____	349
TABLA M5.2-3_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD [MWh/hab/año] _____	350
TABLA M6-0_ GASES DE EFECTO INVERNADERO [GEI] _____	353
TABLA M6-1_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD [TmCO2/hab] _____	354
TABLA M6-2_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	355
TABLA E2-0_ ACTIVIDADES ECONÓMICAS CNAE-2009 _____	359
TABLA E1.2_0_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	362
TABLA E1A-0_ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD DE VARIEDAD URBANA SEGÚN TEJIDO _____	367
TABLA E1A-1_ RATIOS DE EMPLEO SEGÚN SUPERFICIE _____	368
TABLA E1B-0_ CARACTERIZACIÓN DE MORFOLOGÍAS O TEJIDOS URBANOS SEGÚN SU VU _____	369
TABLA E1.2_0_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	372
TABLA E3-1_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	380
TABLA E4-0_ RANGO DE GASTO HABITANTES/SECTOR PUBLICO UE-28 _____	382
TABLA E4-1_ SERVICIOS QUE DEBEN PRESTAR LOS MUNICIPIOS _____	383
TABLA E4.1.1-0_ UMBRALES DE DEUDA ELEVADOS/POTENCIALMENTE INSOSTENIBLES _____	386
TABLA E4.1.2-0_ MÉTODOS PARA LA VALORACIÓN DE ASPECTOS NO MONETIZABLES _____	389
TABLA E4.1.2-1_ GASTOS MUNICIPALES DEPENDIENTES DE NÚMERO DE CIUDADANOS ATENDIDOS _____	390
TABLA E4.2-0_ GASTOS QUE SE CONTABILIZAN COMO 'VIVIENDA' _____	395
TABLA E.4.2-1_ SIGNIFICADO DEL RATIO CARGA VIVIENDA/INGRESO _____	395
TABLA E.4.2-3_ UMBRALES DE ENDEUDAMIENTO MÁXIMO ADMISIBLE _____	396
TABLA E.4.2-4_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD CARGA VIVIENDA Y TRANSPORTE _____	397
TABLA E4.2-5_ POSIBLES LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	398
TABLA E4.2-6_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD _____	398
TABLA 5-1_ PARAMETROS DECISION/CONDICIONES RESTRICTIVAS _____	400
TABLA EE-0_ PRESUPUESTO CONSOLIDADO AYUNTAMIENTO DE MADRID 2011 _____	405
TABLA 6.2_ MATRIZ DE COMPLEMENTARIEDADES E INCOMPATIBILIDADES _____	413
TABLA 6.4 _ GRÁFICOS FINALES DE EVALUACIÓN DE UN ESCENARIO _____	417
TABLA 7.1-1_ DATOS GENERALES DEL BARRIO PALOS DE MOGUER _____	422
TABLA 7.1-2_ EVALUACIÓN SITUACIÓN ACTUAL ÁMBITO PALOS DE MOGUER _____	422
TABLA 7.1-3_ EVALUACIÓN INDICADORES DE NIVEL 3 _____	424
TABLA 7.1-4_ EVALUACIÓN INDICADORES DE NIVEL 4 _____	425

TABLA 7.1.5_ RESUMEN DE POSIBILIDAD/PRIORIDADES DE ACTUACIÓN _____	426
TABLA 7.1-5_ ÁREAS DE INTERVENCIÓN E INFLUENCIA SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL ÁREA _____	428
TABLA 7.2.1-1_ EVALUACION PROPUESTA _____	430
TABLA 7.2.1-2_ EVALUACION PROPUESTA: PARAMETROS DECISION _____	431
TABLA 7.2.2-1_ COMPLEMENTARIEDADES [SINERGIAS / REPETICIONES] Y EXCLUSIONES _____	441
TABLA 7.2.2-2_ MATRIZ DE COMPLEMENTARIEDADES Y EXCLUSIONES _____	442
TABLA 7.2.2-3_ EVALUACION ESCENARIO M01 _____	442
TABLA 7.2.2-4_ EVALUACION ESCENARIO M02 _____	443
TABLA 7.2.2-5_ EVALUACION ESCENARIO M03 _____	444
TABLA 7.2.2-6_ EVALUACION ESCENARIO M04 _____	445
TABLA 7.2.2-7_ EVALUACION ESCENARIO M05 _____	446
TABLA 7.2.2-8_ EVALUACION ESCENARIO M06 _____	447
TABLA 7.2.2-9_ EVALUACION ESCENARIO M07 _____	448
TABLA 7.2.2-10_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	450
TABLA 7.2.2-11_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	451
TABLA 7.2.2-12_ EVALUACION DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	451
TABLA 7.2.2-13_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	451
TABLA 7.2.2-14_ EVALUACION DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	453
TABLA 7.2.2-15_ EVALUACION ESCENARIO M08 _____	453
TABLA 7.2.2-16_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	455
TABLA 7.2.2-17_ EVALUACION ESCENARIO ELEGIDO M08+M05b+M07b _____	457
TABLA 7.2.3-1_ EVALUACION DE ESCENARIOS _____	459
TABLA 7.2.3-2_ EVALUACION DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION _____	460
TABLA 7.2.4-1_ EVALUACION DE ESCENARIO GLOBAL _____	462
TABLA 7.2.4-2_ EVALUACION DE ESCENARIO GLOBAL: PARAMETROS DECISION _____	463
TABLA 10.01_ TIPO DE INDICADORES SEGÚN MODELIZACIÓN MATEMÁTICA _____	473
TABLA 10.02_ MARCO CIENTÍFICO SOBRE EL CUAL SE APOYA LA PRESENTE TEORÍA _____	474
TABLA 10.03_ ÍNDICES PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD _____	477
TABLA 10.04_ TESTABILIDAD DE INDICADORES _____	478
TABLA AI.01_ DOS O TRES DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD _____	518
TABLA AVI.01_ INDICADORES EN QUE LA VARIABLE PUEDE SUPERAR UN UMBRAL DE INSOSTENIBILIDAD _____	544

TABLA AVI.02_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PAÍSES UE 28 SEGÚN DOS MÉTODOS DE VALORACIÓN KU _____	553
TABLA AVII.01_ VALORES LIMITE ÍNDICE HHI/SIMPSON _____	556
TABLA AVII.02_ SIGNIFICADO DEL VALOR DEL ÍNDICE HHI PARA REVISAR LA CONCENTRACIÓN DEL MERCADO _____	557
TABLA AIX.01: PAÍSES DE LA UE-28 SEGÚN EVOLUCION DE PIB DESDE 2010 _____	566
TABLA AIX.02_ SITUACIÓN PAÍSES UE-28 EN 2006 _____	567
TABLA AIX.03_ PAÍSES ECONÓMICAMENTE ESTABLES _____	568
TABLA AIX.04_ CONCENTRACIÓN ECONÓMICA/ LABORAL SEGÚN RAMAS DE ACTIVIDAD CNAE-2009 _____	570
TABLA AIX.05_ CONCENTRACIÓN DEL EMPLEO SEGÚN RAMAS DE ACTIVIDAD CNAE.2009 _____	571
TABLA AIX.06_ PROBABILIDAD DE DESTRUCCIÓN DE EMPLEO SEGÚN TIPO DE CONTRATO _____	572
TABLA AIX.06_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PAÍSES UE -28 _____	574
TABLA AX.01_ REDUCCION DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL MODIFICANDO HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN _____	583
TABLA AX.02_ CUESTIONES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE UN BIEN DE SER COMPARTIDO _____	588
TABLA AX.03_ EJEMPLOS DE USO COMPARTIDO DE BIENES Y SERVICIOS _____	588
TABLA AXII.01_ CUADRO RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS _____	599
TABLA AXII.02_ COMPARACIÓN ENTRE TEJIDO CENTRAL TEÓRICO Y TEJIDO REAL _____	601
TABLA AXII.03_ ZONAS VERDES DE ÁMBITO LOCAL _____	602
TABLA AXII.04_ VALORES MEDIOS DE LOS CONTAMINANTES DETECTADOS EN EL AIRE POR MESES (1) _____	608
TABLA AXII.05_ ESTACIONES CONSIDERADAS PARA EVALUAR LA ACUSTICA DEL AMBITO _____	608
TABLA AXII.06_ VALOR MEDIO DE SO2 [2010] _____	609
TABLA AXII.07_ VALOR MEDIO DE PM10 [2010] _____	610
TABLA AXII.08_ VALOR MEDIO DE PM2,5 [2010] _____	611
TABLA AXII.09_ VALOR MEDIO DE CO [2010] _____	611
TABLA AXII.10_ VALOR MEDIO DE BEN [2010] _____	612
TABLA AXII.11_ VALOR MEDIO DE NO ₂ [2010] _____	613
TABLA AXII.12_ DÍAS DE SUPERACIÓN DEL VALOR LIMITE OCTOHORARIO DE 120ug/m ³ [2010] _____	614
TABLA AXII.13_ SERIE HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA OZONO EN MADRID _____	615
TABLA AXIII.01_ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE E00_ SITUACION SIN CAMBIOS _____	616
TABLA AXIII.02_ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE R01_ GESTINO DE RESIDUOS _____	618
TABLA AXIII.03-0_ DATOS GENERALES ESCENARIOS E00 Y M-0X _____	619

TABLA AXIII.03-1_ MOVILIDAD GENERAL DE LAS PERSONAS EN MADRID _____	620
TABLA AXIII.03-2_ E00 DISTRIBUCION MODAL VIAJES RESIDENTES _____	621
TABLA AXIII.03-3_ M08' DISTRIBUCION MODAL VIAJES RESIDENTES [M02+M04+M01+M03+M05b+M07b] _____	621
TABLA AXIII.03-4_ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE MOX _____	621
TABLA AXIV.01_ PRINCIPALES SIMPLIFICACIONES DURANTE LA OPERACIONALIZACIÓN DEL MODELO _____	626
TABLA AXV.01_ CARACTERISTICAS DE INDICADORES MODELO 'SMARTER' _____	635
TABLA AXIV.02_ RANGO POSIBLE DE PARTICIPACIÓN DE UN INDICADOR SOBRE EL RESULTADO GLOBAL _____	638
TABLA AXV.01_ CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD (0) _____	642
TABLA AXVI.01_ VALORES MÍNIMOS PARA NUEVOS DESARROLLOS _____	646
TABLA AXVII.01_ MODELOS DE CONTRASTACIÓN _____	650
TABLA AXVII.02_ ADAPTACIÓN AL CONTEXTO INTERNACIONAL DE LOS INDICADORES / ÁREAS ____	656
TABLA AXVII.03_ ADAPTACIÓN AL CONTEXTO INTERNACIONAL DE LOS INDICADORES / ÁREAS ____	658

PARTE 0: INTRODUCCIÓN Y PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS

1 INTRODUCCIÓN Y PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS

1.1 INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por la insostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo, ha llevado a la aparición de una gran cantidad de herramientas cuya finalidad es ayudar a reconducir dicho desarrollo por sendas más sostenibles.

Y la acumulación de una gran cantidad de población en las ciudades [en países desarrollados cerca del 80%] hace que éstas sean uno de los lugares en que es prioritario intervenir. O dicho de otra manera, la transformación [evolución] adecuada de las ciudades constituye un requisito y una prioridad para lograr la sostenibilidad global de la civilización humana, y por tanto, la de su desarrollo.

En este contexto, la presente Tesis Doctoral constituye una propuesta de un *modelo y metodología cuyo objetivo es ayudar a incrementar la sostenibilidad urbana* a través de sus transformaciones habituales, especialmente las relacionadas con la forma urbana.

Las ciudades son conceptualizables como un tipo de *Sistemas Adaptativos* o sistemas que están continuamente evolucionando en el tiempo; i.e., se están continuamente transformando. Y el modelo que proponemos tiene como objetivo aprovechar ese cambio inherente a las ciudades para dirigir las siempre hacia los ‘escenarios’ [situaciones] posibles⁷ más sostenibles.

Para ello, diseñaremos el modelo para su utilización en aquellas *transformaciones cuya iniciativa [o control] reside en gran medida en la Administración Pública*, sea mediante la acción directa [proyectos de intervención urbana y planes especiales], indirecta [normativas y regulaciones], o acciones que combinan ambos conceptos [concesión de licencias].

Como guion general para la redacción del modelo nos vamos a apoyar en *Una Teoría Matemática de la Sostenibilidad y el Desarrollo Sostenible* [Alvira, 2014a]⁸. Dicho texto consta de dos partes:

- Una *teoría axiomática para cuantificar la Sostenibilidad de Sistemas Adaptativos*.
- Una serie de *recomendaciones para elaborar modelos de evaluación de Sistemas Socio Ecológicos*, incluyendo modelos operativos orientados a la toma de decisiones.

Dicha teoría constituye una ‘formalización de la Sostenibilidad’ consistente con un número elevado de teorías científicas aceptadas:

- Lógica Difusa
- Teoría de Sistemas
- Teoría de la Complejidad
- Teoría de la Evolución
- Ecología
- Teoría del Caos
- Teoría de los Sistemas Adaptativos

⁷⁷ En general, a lo largo del texto los términos ‘escenario, futuro posible y estado o situación posible’ serán sinónimos

⁸ En aspectos puntuales del texto aludiremos a otro texto previo del autor *Una Teoría Unificada de la Complejidad* [Alvira, 2014b].

- Teoría de la Decisión
- Teoría de la Probabilidad

Y proporciona dos cuestiones de utilidad para el presente texto:

- Una *metodología para la formulación de modelos de cuantificación de la sostenibilidad*, coherente con los cuerpos de conocimiento anteriores, diferenciando entre modelos de evaluación [monitorización] y modelos operativos [toma de decisiones].
- Una *metodología para el diseño de indicadores de sostenibilidad*⁹, así como formulaciones para la estructuración y agregación de dichos indicadores.

Por tanto, se considera una base adecuada para formular el modelo, y seguiremos el guion establecido en dicho texto para modelos operativos orientados a la toma de decisiones en los Sistemas Socio Ecológicos¹⁰. Adicionalmente, en algunos aspectos lo completaremos con las propuestas metodológicas para la redacción de modelos aportadas por diversos autores u organismos reconocidos.

A grandes rasgos, el recorrido que planteamos en el texto es:



Diagrama 01.01: Guion de la presente Tesis

Hemos dicho que las ciudades son conceptualizables como **Sistemas Adaptativos**¹¹, y por tanto ‘entidades en perpetua evolución’, y ello va a tener importancia en dos cuestiones relativas al planteamiento del modelo y el presente texto:

- *No se pretende que el modelo sea una propuesta ‘acabada’, sino una estructura flexible que admita su modificación y perfeccionamiento en el tiempo*¹². Por ello, el diseño de los indicadores se hace de manera que permite su modificación con facilidad e incluso en algunos de ellos se explican los procedimientos para su modificación.
- *La aplicación práctica del modelo no pretende constituir una verificación de su exactitud*¹³, sino de su aplicabilidad para los fines buscados en un abanico amplio de opciones.

⁹ Esta metodología también se va a publicar como capítulo dentro de un libro [Alvira, en prensa, a]

¹⁰ Para una recopilación de cuestiones ver A-0.2_ LA COMPLETITUD DE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN DE LOS SSE

¹¹ Las características de este tipo de sistemas están extensamente detalladas en ALVIRA [2014a y 2014b]

¹² Dado el carácter evolutivo de las ciudades; cualquier modelo que pretenda estar ‘acabado’ irá progresivamente perdiendo utilidad [y fiabilidad] a medida que las ciudades modifiquen sus características esenciales, i.e., a medida que evolucionen.

¹³ Pretender la verificación estricta de cualquier modelo aplicado a la realidad, constituye una contradicción en sí misma [Bunge, 1969; Alvira 2014b]. Sin embargo, esto no excluye la necesidad de *contrastar* suficientemente sus resultados con la reali-

Otra cuestión que es importante indicar es que **el modelo se va a orientar a revisar un tipo de ciudad que podríamos considerar característica de los países más *desarrollados*¹⁴**, lo cual justificamos por lo siguiente:

- Representan el *modelo de ciudad hacia el cual tienden las ciudades de los países menos desarrollados*, por lo que una modificación de dicho modelo adquiere una importancia doble. Se trata tanto de resolver la insostenibilidad de estas ciudades como de evitar la insostenibilidad incrementada que produciría la transformación de ciudades en países subdesarrollados siguiendo los criterios actuales de desarrollo.
- *Aglutinan el poder político global* [asociado a su mayor posesión de Renta], organizando y estructurando el resto del planeta de acuerdo a sus necesidades. Sin resolver su ‘sostenibilidad’ no es posible proponer un modelo sostenible para el resto de ciudades
- Existe una cierta globalización de la cultura urbana que hace que *gran parte de las cuestiones más importantes sean compartidas entre todas las ciudades*¹⁵. Por ello, aunque el modelo se centra en ciudades de países *desarrollados*, muchas de las cuestiones que propone son aplicables [directamente o con pequeñas adaptaciones] en cualquier contexto/tipo de ciudad.

dad. Como contrastación particular de un parte del modelo, se incluye una evaluación de la sostenibilidad de los países de la UE en el periodo 2005-2014 [Anexo X]. Adicionalmente, en Alvira [en prensa, b] se utiliza un indicador del modelo para modelizar la segregación espacial por renta en 11 ciudades españolas, obteniendo resultados consistentes con la realidad y con otras formulaciones ampliamente aceptadas en la actualidad.

¹⁴ Nos referimos al concepto más extendido en la actualidad de lo que es un país ‘desarrollado’, concepto que evidentemente es cuestionable y, de hecho, cuestionamos a lo largo del texto.

¹⁵ “La mayoría de herramientas para la cuantificación de la sostenibilidad existentes a nivel mundial, muestra una serie de componentes comunes a todas ellas, que son: energía, agua, materiales, residuos, medioambiente / paisaje urbano y aspectos sociales” [AILA, 2010: 4].

1.2 PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS

La presente Tesis Doctoral se elabora siguiendo un proceso estructurado en cinco partes:

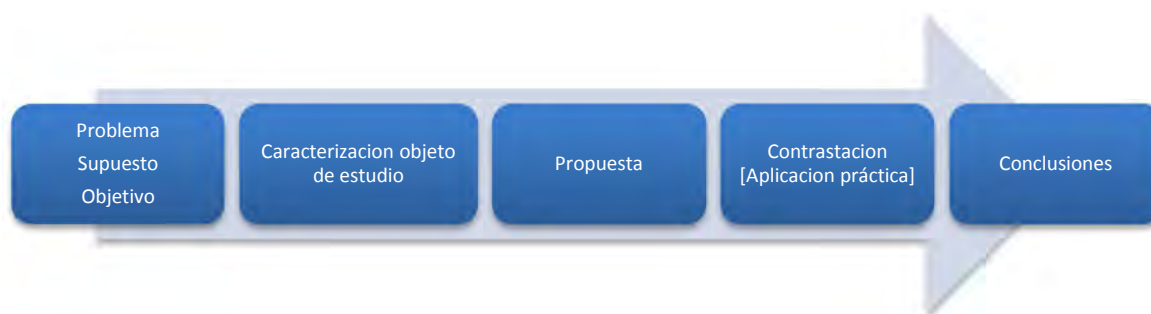


Diagrama 01.02: Proceso metodológico de la Tesis

Vamos a revisar brevemente este proceso metodológico:

PROBLEMA, SUPUESTO, OBJETIVO

La existencia de propuestas muy diferentes de modelos para valorar la sostenibilidad urbana y métodos para incorporar esta valoración en los procesos de decisión colectiva, revela un importante **problema** no explícito: nuestra incapacidad actual para responder consensuadamente a dos preguntas *¿Qué determina/posibilita -y cómo se puede medir- la sostenibilidad urbana? ¿Cómo puede incorporarse el objetivo de maximizar la sostenibilidad en la toma de las decisiones en nuestras ciudades?*

Se trata por tanto de un **problema de conocimiento**, cuya causa hay que buscarla en nuestra opinión en la falta de investigación científica que relacione de manera exhaustiva y holística la sostenibilidad urbana con un grupo extenso de teorías científicas suficientemente aceptadas, incluyendo aquellas teorías que revisan la toma de decisiones colectivas.

El **supuesto** principal que adoptamos para esta Tesis se deduce por ello directamente del problema expuesto, ya que consideramos que es posible enumerar las cuestiones que determinan/posibilitan la sostenibilidad urbana y valorarlas cuantitativamente en un marco conceptual/modelo consistente con la mayoría de teorías científicas, y que sea utilizable en los numerosos procesos de toma de decisiones colectivas relativas a la conformación de nuestras ciudades.

La urgencia de avanzar nuestras sociedades y ciudades hacia la Sostenibilidad hace que redactar un modelo de estas características sea nuestro *objetivo* en la presente investigación/Tesis Doctoral.

CARACTERIZACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

El supuesto que subyace la presente investigación implica dos afirmaciones [en parte vinculadas y en parte independientes], y en consecuencia los **objetos de estudio** van a ser dos:

- La *Sostenibilidad urbana*. Para su revisión partimos de la premisa de que las ciudades se enmarcan dentro de sociedades más amplias, y que revisar la sostenibilidad de las ciudades va a requerir que revisemos la sostenibilidad de las sociedades en general, lo que haremos desde dos perspectivas:
 - La sostenibilidad conceptualizada a partir de dimensiones
 - Los modelos de la ecología: sistema-entorno

- La *toma de decisiones colectivas*. Para su revisión partimos de la premisa de que las decisiones que nos pueden permitir avanzar hacia la sostenibilidad deben ser racionales y que el modelo debe ser computable de manera eficiente, lo que nos lleva a revisar tres cuestiones:
 - La toma de decisiones racionales
 - La toma de decisiones públicas
 - Problemas computacionales en la resolución de algoritmos [clase NP].

La gran extensión de ambos objetos de estudio, nos llevará a que durante la propia revisión incluyamos pequeñas recapitulaciones y avancemos algunas cuestiones que anteceden la propuesta.

PROPUESTA, CONTRASTACION Y CONCLUSIONES

A partir de la revisión anterior realizaremos una **propuesta de modelo operativo**. Sin embargo, ya hemos destacado anteriormente que la gran cantidad de propuestas existentes está generando más desacuerdo que acuerdo, y que esta falta de acuerdo es en nuestra opinión en gran parte responsable de la falta de avance hacia la Sostenibilidad, que necesariamente es un camino común/compartido. Por ello, para evitar que nuestro modelo se convierta en ‘otro camino más’, contribuyendo a incrementar la dificultad de alcanzar un acuerdo sobre ‘qué camino se debe tomar’, partimos de tres premisas mayoritariamente aceptadas en la formulación de modelos:

- Construiremos *el modelo sobre un marco formal* [Alvira 2014a] *consistente* con numerosas teorías científicas aceptadas en la actualidad de manera que el modelo también lo será.
- Integraremos *el mayor número de perspectivas posibles existentes*, adaptándolas en las cuestiones que sea necesario para conformar un todo coherente.
- Buscaremos la *máxima contrastación posible del modelo* en términos de aplicabilidad [el modelo debe servir para su uso] y coincidencia de sus resultados con la realidad.

Diseño a partir de un marco formalizado; integración de numerosas perspectivas existentes y búsqueda de contrastación son las tres piedras angulares sobre las que construiremos este modelo¹⁶, buscando contribuyan a dotar sus afirmaciones de suficiente aceptación entre la comunidad científica, permitiendo así avanzar hacia la consecución de un marco consensuado para la transformación sostenible de nuestras ciudades [y sociedades].

Esta **contrastación** de la consistencia [validez] **del modelo** la realizamos en tres dimensiones:

En primer lugar en la elaboración del modelo utilizamos preferentemente datos contrastados por anteriores investigadores [e.g.; umbrales empíricos relativos a la biocapacidad mundial,...], i.e., *datos que consideramos ya contrastados*.

En segundo lugar, contrastamos la *aplicabilidad* del modelo mediante su utilización para la estimación/optimización del impacto esperado de varias hipotéticas propuestas de transformación urbana

¹⁶ Es fundamental destacar que, aunque el proceso de contrastación suela explicitarse como un proceso posterior a la redacción de las propuestas, cualquier proceso de investigación/aprendizaje es en realidad circular [corresponde al concepto de *cibernética y retroalimentación circular* en los términos descritos por Wiener, 1948 o más recientemente en los modelos de aprendizaje/*Inteligencia Artificial* propuestos por Holland, 1995]. La contrastación de las afirmaciones proporciona nueva información, que se utiliza para mejorar la propuesta, que se vuelve a contrastar, se vuelve a obtener nueva información, y así en sucesivas iteraciones hasta lograr resultados consistentes.

de un ámbito de la ciudad de Madrid [el barrio de Palos de Moguer]. Esto nos permitirá revisar su aplicabilidad en diferentes casuísticas. Dichas propuestas incluirán:

- Implantación de un nuevo sistema de Gestión de RU.
- Mini-plan estratégico de Movilidad.
- Normativa de Azoteas [Alvira, 2016].
- Ejecución combinada de las tres propuestas anteriores.

Aunque la aplicabilidad de un modelo a un número reducido de casos no implica su aplicabilidad con carácter universal ni su contrastación con la realidad, el repertorio de casos revisados parece suficientemente representativo y variado, y los resultados obtenidos son consistentes en todos los casos, llegando a transformaciones urbanas que se acercan a las situaciones consideradas más ‘sostenibles’ desde el conocimiento actual. Esto nos permite considerar el modelo ‘aplicable’ para sus objetivos.

Por último, realizaremos dos *contrastaciones empíricas*:

- *Evaluación de la sostenibilidad económica de los países de la UE-28* durante la reciente [y todavía no cerrada en España] crisis de la deuda [Anexo IX], obteniendo un elevado parecido con la evolución ‘real’ de los diferentes países¹⁷.
- *Evaluación de la Segregación por Renta en 11 ciudades capitales españolas* [Alvira, en prensa b], obteniendo resultados consistentes con indicadores ampliamente aceptados en modelización de sistemas [Curva de Lorenz-Coeficiente de Gini, IHH, Entropía,...] así como con la propia realidad de las ciudades revisadas.

Adicionalmente, en la propuesta del modelo propondremos dos cuestiones:

- la necesidad de contrastación de las predicciones realizadas utilizando el modelo [antes de las transformaciones] mediante la monitorización posterior de la realidad con otros modelos que valoren variables no predictivas.
- una metodología para la actualización del modelo a medida que sea necesario [y posible]¹⁸.

Esta última cuestión adquiere una importancia fundamental. La sostenibilidad de nuestras ciudades no solo va a requerir que planifiquemos y evaluemos sus transformaciones adecuadamente. También va a requerir su monitorización continua para comprobar que vamos en la buena dirección y la adaptación de nuestro conocimiento [y nuestros modelos científicos] a medida que las propias ciudades evolucionen.

Por último, en las **conclusiones**, revisaremos las principales aportaciones de la presente Tesis Doctoral, elementos de verificación y cuestiones pendientes para un desarrollo futuro.

¹⁷ Hasta donde conocemos, la presente Tesis Doctoral presenta el primer modelo que proporciona una valoración cuantitativa global de la sostenibilidad económica de los países que muestra un parecido muy elevado con su evolución real durante un periodo reciente. Sorprendentemente [o quizás no, ya que explica muchos de nuestros problemas actuales], muchas de las cuestiones relevantes no aparecen en el discurso habitual de políticos y economistas, o si lo hacen, se valoran a veces de manera muy diferente.

¹⁸ Este modelo está orientado a mejorar nuestras herramientas para mejorar la realidad, y no a producir conocimiento perfecto [i.e., se asienta sobre una base formal, pero no es un modelo formal sino empírico/factual]. Por ello, asumimos de partida la posibilidad de mejorar en el futuro todas las afirmaciones que aquí incluimos. Para una revisión más completa de cuestiones de epistemología ver Alvira 2014b.

PARTE I: CARACTERIZACIÓN SOSTENIBILIDAD Y PROCESOS DECISIONES PÚBLICAS

2 CARACTERIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE CIUDADES Y SOCIEDADEES

En este capítulo vamos a caracterizar exhaustivamente la Sostenibilidad Urbana así como la toma de decisiones públicas, con el objetivo de identificar las variables que deberán integrar el modelo operativo y definir su estructuración de forma que puedan ser utilizadas en los procesos planteados.

Para mayor claridad [y brevedad del texto], ambos procesos los acometemos en paralelo a la revisión, siguiendo un recorrido que constará de tres pasos:

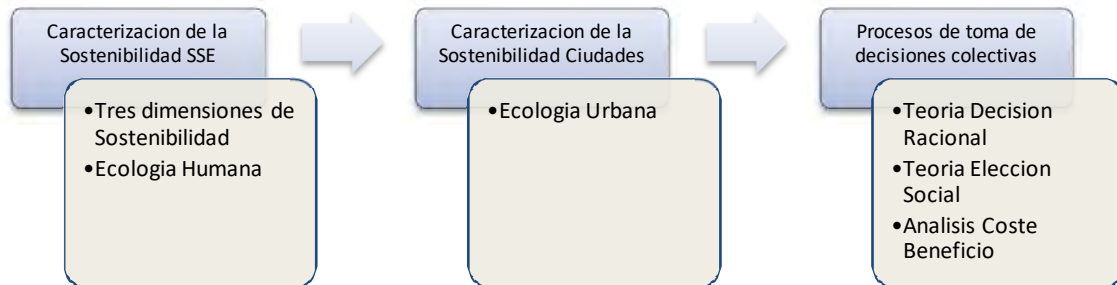


Diagrama 02.01: proceso para la caracterización de la Sostenibilidad y estructuración del modelo operativo

Comenzamos por revisar la **Sostenibilidad de las Sociedades Humanas**, desde dos perspectivas:

- Descomposición de la Sostenibilidad en *tres dimensiones*: Medioambiente, Sociedad y Economía.
- *Ecología Humana* como descomposición en Sistema-Entorno.

Continuamos con la revisión de la **Sostenibilidad de las ciudades**, desde la *Ecología Urbana* [descomposición ciudad-entorno].

Por último, revisamos las cuestiones relevantes para la **toma de decisiones colectivas** en los SSE, incluyendo las siguientes cuestiones:

- *Teoría Decisión Racional*
- *Teoría Elección Social*
- *Análisis Coste Beneficio*

Es importante indicar que el modelo que vamos a proponer no pretende ser el único modelo posible; la historia ha demostrado que casi siempre es posible expresar lo mismo de diferentes maneras²⁰, por lo que siguiendo los criterios de la Teoría Matemática posiblemente se pueda proponer más de un modelo. *Pero si los modelos son correctos, sus resultados deben ser casi coincidentes.*

2.0 LAS CIUDADES Y SOCIEDADEES COMO SISTEMAS SOCIO ECOLÓGICOS [SSE]

Vamos a seguir el guion planteado en la Teoría Matemática de la Sostenibilidad, priorizando la perspectiva sistémica de dicha teoría [aunque incluiremos reflexiones no sistémicas en la revisión], desde

²⁰ “Los filósofos de la ciencia han demostrado repetidamente que a partir de una misma colección de datos se puede construir más de una teoría” [Kuhn, 1970: 76].

la cual podemos conceptualizar ciudades y sociedades como **Sistemas Socio Ecológicos [SSE]**²¹, destacando *dos de sus características principales*:

- Como **Sistemas Adaptativos**, están en permanente construcción y cambio en un proceso de *coevolución con el entorno*, adoptando la forma de jerarquías funcionales [*lectura vertical*].
- Como elementos [y conjuntos de elementos] que forman parte de **Redes** [*lectura horizontal*].

Ambas cuestiones suelen englobarse en la denominación **Sistema Complejo Adaptativo [SCA]**²². Pero ciudades y sociedades, presentan **algunas características que los diferencian considerablemente de otros SCA**, como son:

- La fuerte importancia del *entorno físico*, que constituye un hábitat ‘semi-artificial’
- La *elevada velocidad de los cambios evolutivos*, que los diferencia de otros sistemas, cuya evolución es mucho más lenta [e.g., un hormiguero o una colmena].
- La importancia de su *funcionamiento como una red* global que abarca la totalidad del planeta, introduciendo dos cuestiones específicas:
 - *Comportamientos caóticos* y de Complejidad Desorganizada relacionados con elementos externos, que implican elevada impredecibilidad.
 - *Capacidad de control* sobre la globalidad del ecosistema mundial.
- La presencia de *teleología* [capacidad de decisión y direccionalidad] en varios niveles:
 - en el nivel *global* mediante órganos que establecen el funcionamiento del conjunto [Gobiernos/Ayuntamientos]
 - en el nivel *individual*, en el que cada integrante del sistema urbano posee capacidad de decisión propia.
 - en una *multiplicidad de niveles intermedios* mediante diferentes tipos de organización de personas [empresas, asociaciones, etc...], con capacidad de decisión propia.

Estas dos últimas cuestiones **-funcionamiento en red y teleología-** nos anuncian otra peculiaridad de ciudades y sociedades:

- los *comportamientos en red* se entienden revisando relaciones ‘horizontales’ que no implican direccionalidad ni estabilidad [la interacción no dirigida entre numerosos elementos produce la emergencia de patrones de autoorganización que surgen y desaparecen aperiódicamente].
- las *cuestiones relacionadas con la teleología* se entienden fundamentalmente revisando relaciones ‘verticales’ que buscan direccionalidad y estabilidad [las decisiones se toman para dirigir al sistema en una dirección determinada y buscando su permanencia en el tiempo; implican jerarquías organizativas relativamente estables].

La primera cuestión se relaciona con la *Teoría del Caos* [Lorenz 1972; Feigenbaum 1980; Crutchfield 1986;...] y la Teoría de Redes o Grafos, mientras que la segunda se relaciona con la *Teoría General de*

²¹ Consideramos un SSE “cualquier forma de organización estable que incluya personas que interactúan entre ellas y con su entorno, y la actual ocupación humana del territorio nos permite considerar que abarcan la totalidad del planeta” [Alvira 2014a:14]

²² En esta denominación el término ‘complejo’ se utiliza en el sentido de las Ciencias de la Complejidad; no epistemológico [Alvira, 2014b].

Sistemas y la Jerarquía [von Bertalanffy 1968; Simón 1962; Morín, 1979;...]. Y superpuestas a ambas se sitúan los planteamientos que en la actualidad revisan los comportamientos de *Sistemas Complejos Adaptativos* [Gell-Mann 1994; Holland 1995;...] ²³.

Otra cuestión importante que hemos avanzado es la **importancia del medio físico**, *la organización física de las ciudades va a presentar una jerarquía de ámbitos físicos y funcionales* que presentan cierta autosemejanza que nos acerca a los fractales, y que adquiere importancia por dos motivos:

- Suele corresponder a *zonas morfológicamente homogéneas* de los ámbitos urbanos.
- Suele corresponderse con *ámbitos con entidad/capacidad administrativa propia* ²⁴.

Y a esta organización de la ciudad mediante jerarquías funcionales se ‘superponen’ la conceptualización de su *Sostenibilidad como propiedad emergente* [Alvira 2014a] o *manifestación de complejidad con niveles de emergencia* [Alvira 2014b], que también presentan una estructura jerárquica subyacente, y cuya comprensión conjunta es necesaria.

Mientras que la sostenibilidad urbana la modelizaremos como una jerarquía de emergencias [Morín, 1999; Alvira 2014a]; la estructura física/funcional/administrativa de las ciudades definirá los ámbitos para realizar los análisis / planificar las transformaciones urbanas. *Las primeras nos servirán para evaluar la ciudad [medir su sostenibilidad]; las segundas para actuar sobre la ciudad [incrementar su sostenibilidad]*.

Por otra parte, hemos apuntado el **funcionamiento en red de las ciudades** [tanto en el nivel global como en el nivel interno debido a las interacciones no dirigidas entre sus habitantes], que produce a su vez la emergencia de *comportamientos de complejidad desorganizada y caóticos*.

Las ciudades son *sistemas con retroalimentación no lineal y dependencia sensible* [Lorenz, 1963/1972], imposibilitando la predicción exacta de su estado en el largo plazo, y esto nos lleva a recurrir a dos herramientas para revisar la sostenibilidad urbana:

- A la *Estadística* como herramienta que nos permitirá detectar ‘tendencias’ en procesos ‘caóticos’ / Complejidad Desorganizada ²⁵, realizando predicciones aproximadas de su evolución.
- Al establecimiento de *periodos de evaluación entre 5 y 20 años*; suficientes para permitir la ejecución de transformaciones urbanas, pero reducidos para ‘moderar’ el *necesario* margen de error en las predicciones.

Además, como **Sistemas Complejos Adaptativos**, las ciudades contienen una ingente cantidad de información, imposibilitando cualquier modelización exacta. Para ello nos ayudará otra vez la Estadística, permitiéndonos caracterizar ‘aproximadamente’ numerosos aspectos de las ciudades.

²³ En Alvira [2014a y b] se realiza una revisión amplia de estas teorías y su relación con la Sostenibilidad de los SCA/SSE. En muchos ámbitos científicos en EEUU se utiliza el término CAS [Complex Adaptive Systems] para designar Redes Complejas Adaptativas.

²⁴ Capacidad de toma de decisiones semiautónoma.

²⁵ “Es posible formular muchas leyes estadísticas, o cuando menos regularidades, aplicables a las entidades sociales [...] los métodos estadísticos son aplicables a una amplia gama de fenómenos sociales” [Von Bertalanffy, 1968: 208]

Como herramienta formal-lógica que subyace a todas las afirmaciones que se realizarán en la presente tesis nos apoyaremos en la **Teoría de Conjuntos Difusos/Lógica de clases difusas** [Zadeh, 1965], que nos proporciona un marco para *caracterizar la sostenibilidad de sociedades y ciudades*:

- Podremos considerar que la Sostenibilidad de una ciudad será una propiedad difusa con un valor entre 0-1, expresable como *Grado de Sostenibilidad*, equivalente a su *grado de pertenencia a la clase de las ciudades sostenibles*.
- Podremos caracterizarla/realizar su descomposición jerárquica mediante su análisis en términos de teoría de conjuntos o clases difusas:
 - la identificación de las *cualidades* que hacen sostenible/insostenible un SSE; equivalentes a subclases que determinan su pertenencia a la clase de los SSE sostenibles.
 - la identificación de las *variables relevantes* como aquellas cuya variación puede hacer que una ciudad varíe su 'grado de pertenencia' a la clase de las ciudades sostenibles, y que serán los parámetros que definen la aparición de cada una de las cualidades que hacen sostenible/insostenible un SSE.
 - la definición de los *indicadores de sostenibilidad* como las funciones de pertenencia a cada una de las sub-clases que determinan la pertenencia a la clase Sostenibilidad²⁶.

Es importante indicar que existen dos tipos de variables esencialmente diferentes para **caracterizar los SSE**: de *estado* y de *proceso*²⁷.

Dentro de las variables de *proceso* nos van a interesar especialmente las variables que se refieren a los *flujos de los SSE con su entorno*. El carácter de los SSE de *sistemas abiertos* que requieren mantener flujos de materia, energía e información con su entorno va a hacer que las variables de flujo adquieran relevancia, especialmente en los planteamientos desde la *Ecología [Humana y Urbana]*.

Vemos que **la revisión de las ciudades requiere combinar un número elevado de perspectivas diferentes** que implican una variedad de matices e interrelaciones difícil de modelizar/comprender. Por ello, para mayor garantía y claridad acometemos esta seguiremos el guion propuesto anteriormente, que se corresponde con los pasos propuestos en la Teoría Matemática de la Sostenibilidad para la formulación de modelos operativos aplicables a SSE.

2.1 LA SOSTENIBILIDAD DE LAS SOCIEDADES HUMANAS

La Teoría Matemática de la Sostenibilidad propone la representación jerárquica de la sostenibilidad de los sistemas como modelización que nos permite evaluar su 'grado de sostenibilidad'. Esto requiere su descomposición lógica, completada con la identificación de todas las variables relevantes. Vamos pues a revisar ambas cuestiones.

2.1.1 DOS REPRESENTACIONES JERÁRQUICAS DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS SOCIEDADES

A grandes rasgos podemos diferenciar dos grupos de **acercamientos en la actualidad a la modelización/compreensión de la sostenibilidad de las sociedades**: los que lo hacen a partir de varias *dimensiones* y los que se basan en un modelo *Sistema-Entorno [Ecología humana]*.

²⁶ Corresponde al concepto de L-Fuzzy Set [Goguen, 1967], quien ya plantea su uso para la toma de decisiones multivariable.

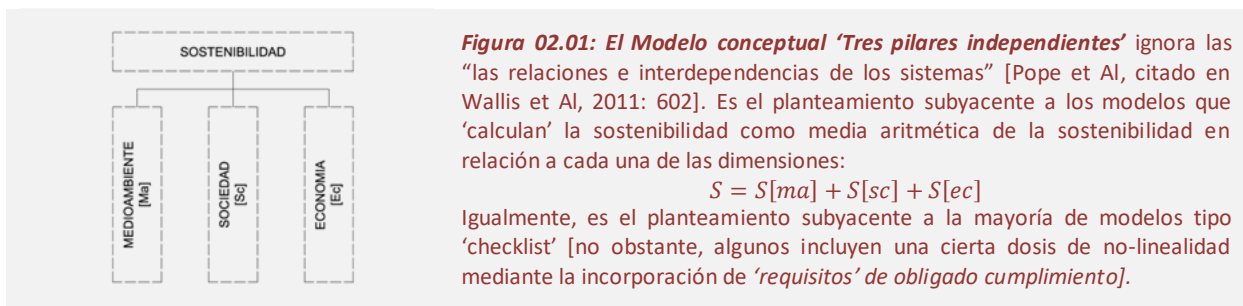
²⁷ Simón [1962]. El significado de ambos tipos de variables es muy diferente. Las primeras nos permiten caracterizar el estado de un sistema en un momento dado. Las segundas en combinación con las primeras nos permiten predecir su estado futuro.

Ambos acercamientos nos permiten estructurar de manera diferente la sostenibilidad de las sociedades, llevando a diferentes representaciones jerárquicas [descomposiciones lógicas] de la misma, cuestión que vamos a revisar en detalle²⁸.

2.1.1.1 LA SOSTENIBILIDAD A PARTIR DE DIMENSIONES

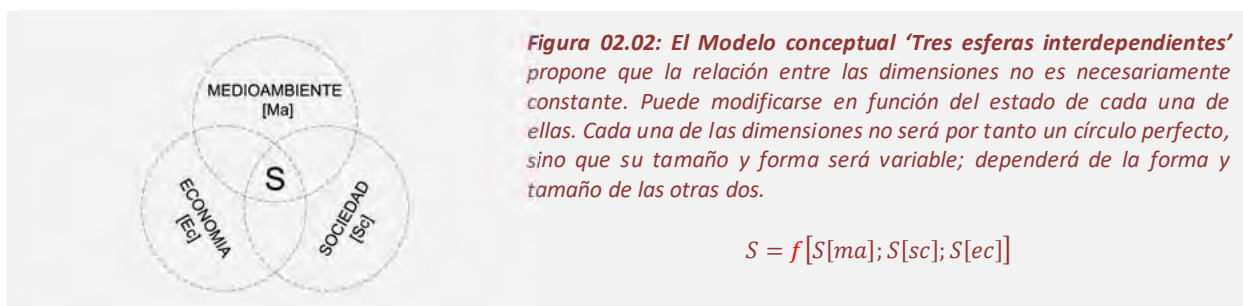
Estas aproximaciones consideran que la sostenibilidad de una sociedad puede evaluarse a partir de varias dimensiones, siendo la de mayor aceptación en la actualidad la que considera **tres dimensiones: medioambiental, social y económica**²⁹. Una sociedad será sostenible si lo es en cada una de dichas dimensiones, sin embargo existen diferentes propuestas que implican diferencias especialmente en relación a cuándo es una sociedad insostenible.

En primer lugar, existe un enfoque que conceptualiza **las dimensiones de sostenibilidad como ‘pilares’**; todas ellas contribuyen a la sostenibilidad, pero lo hacen de manera independiente.



Este enfoque nos llevaría a considerar que la sostenibilidad de un sistema sería una cualidad de tipo ‘sumativo’. Sin embargo, sabemos que la Sostenibilidad de los SSE no posee sumatividad [Alvira, 2014a], por lo que este enfoque no puede ser válido.

En segundo lugar, existe otro enfoque que conceptualiza **las dimensiones de sostenibilidad como ‘esferas’ que se solapan**; todas ellas contribuyen a la sostenibilidad de manera interdependiente.



²⁸ Es importante indicar que si la modelización es correcta, ambas perspectivas deberían proporcionar resultados coincidentes.

²⁹ Algunos autores apuntan a la posibilidad de añadir otras dimensiones como la ‘cultural’ o la ‘política’, mientras que existen modelos que solo consideran dos dimensiones. Para una revisión de la cuestión, ver ANEXO I: DOS, TRES O CUATRO DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD. Una cuestión importante que surge al intentar dividir los diferentes aspectos relacionados con las sociedades humanas en dimensiones, es que existen determinadas cuestiones que se refieren a fenómenos que pueden pertenecer a dos dimensiones a un tiempo [algo especialmente frecuente en los aspectos socioeconómicos] y dificulta ‘trazar’ una línea clara que divida las dimensiones.

Esta aproximación implica que la sostenibilidad del sistema en relación a cada dimensión depende tanto del estado del sistema en dicha dimensión como de su estado en relación a las demás dimensiones; supone considerar que “la sostenibilidad depende de [requiere] la viabilidad de todo el sistema” [Bossel, 2001 citado en Wallis et Al, 2011: 602].

Otra propuesta interesante es la conceptualización de **las dimensiones de sostenibilidad como ‘anillos concéntricos’** [Lowe, 2001], que propone que la interdependencia entre dimensiones no es simétrica; unas dimensiones están contenidas en otras, que con ello adquieren mayor importancia.

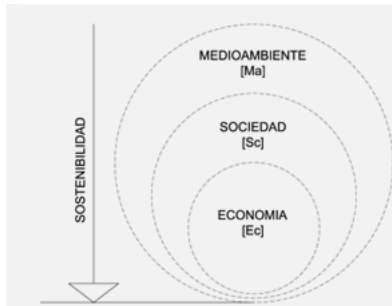


Figura 02.03: El esquema de anillos concéntricos [Lowe, 2001 citado en Wallis et Al 2011:8], confiere mayor importancia para la sostenibilidad del sistema al medioambiente, luego a los aspectos sociales y luego a los aspectos económicos. La justificación es que la Sostenibilidad Económica solo es posible si existe Sostenibilidad Social, que a su vez solo es posible si existe Sostenibilidad Medioambiental. Nos remite a la condición de contención de la Teoría de conjuntos y nos acerca al modelo Sistema-Entorno de la Ecología [el Sistema está contenido en el Entorno].

Estos dos últimos modelos [esferas interdependientes y anillos concéntricos] representan conceptualizaciones sistémicas [ambas aceptables] de la sostenibilidad, y la elección entre ambos deberá realizarse dependiendo del tipo de modelo que se quiere redactar, pudiendo diferenciar dos situaciones:

- El *modelo de anillos concéntricos* será útil para modelizar la sostenibilidad real de un sistema urbano en un entorno concreto.
- El *modelo de tres dimensiones interdependientes* será más adecuado para caracterizar su sostenibilidad teórica como modelo, i.e., suponiendo que todos los sistemas urbanos fueran similares al evaluado.

En este trabajo adoptaremos el enfoque de tres dimensiones interdependientes, puesto que el modelo se va a diseñar para evaluar la sostenibilidad de cada ciudad suponiendo que todas las ciudades se comportan igual [lo iremos justificando progresivamente], y podemos representarlo como:



Figura 02.04: La descomposición de la Sostenibilidad en tres dimensiones [Medioambiental, Social y Económica], es un acercamiento ampliamente aceptado, y es el que consideramos más adecuado para la revisión de la sostenibilidad de las áreas urbanas como modelos de desarrollo.

Progresivamente justificaremos la elección y detallaremos las cuestiones relevantes de cada una de dichas dimensiones.

2.1.1.2 LA SOSTENIBILIDAD DESDE LA PERSPECTIVA ECOLÓGICA / ECOSISTÉMICA

La Ecología es la ciencia que tiene por objeto “el estudio de los sistemas a un nivel en el cual los individuos u organismos completos pueden ser considerados elementos en interacción, ya sea entre ellos, ya sea con una matriz ambiental laxamente organizada. Los sistemas, a este nivel, se denominan ecosistemas” [Margalef citado en Ruiz, 2001: 13].

Es por tanto una rama de la ciencia de sistemas que se ocupa del estudio de los ecosistemas], y se hace interesante revisar otras *dos definiciones del término ‘ecosistema’*:

- “una unidad de organización biológica constituida por todos los organismos existentes en un área dada [i.e., una comunidad] que interactúan con el entorno físico de modo que el flujo de energía producido conduce a determinadas cadenas tróficas y ciclos de materiales característicos del sistema” [Odum, 1969:1].
- “un entramado de relaciones entre seres vivos y elementos inertes, que forma un conjunto de complejidad superior a la mera suma de sus partes. No se trata por tanto de un territorio determinado, sino de un conjunto de vínculos y elementos” [Fariña, 2001: 281].

La segunda definición nos trae una cuestión interesante; *la comprensión de los ecosistemas a partir de las relaciones entre elementos suele imposibilitar establecer su límite con precisión*³⁰.

La Ecología Humana, se ocupa por tanto del estudio de las sociedades entendidas como Ecosistemas Humanos [equivalentes a SSE]. Para ello, revisa aspectos de la comunidad humana, del territorio que utiliza como hábitat³¹ y del resto de territorio necesario tanto para proveer lo recursos utilizados por dicha comunidad como para la funcionalidad del hábitat.

Dentro de los posibles acercamientos a la sostenibilidad desde esta perspectiva, resulta interesante revisar la propuesta de Prescott-Allen [2001:5] que **nos acerca a una conceptualización de la sostenibilidad a partir de la combinación de dos cuestiones**:

- Del *bienestar humano* como aquella condición en la cual “todos los miembros de una sociedad son capaces de determinar y satisfacer sus necesidades y tienen un amplio abanico de opciones para alcanzar sus potencialidades”.
- Del *bienestar del ecosistema* como aquella condición en la cual “el ecosistema mantiene su diversidad y calidad –y por tanto su capacidad para sostener personas y el resto de formas de vida- y su potencial para adaptarse y cambiar y proveer un amplio abanico de alternativas y oportunidades para el futuro”.



Figura 02.05: El ‘huevo de la sostenibilidad’ [Prescott-Allen, 2001:6]. El autor considera que la sostenibilidad de una sociedad debe estimarse a partir de la consideración a un tiempo de ambas cuestiones.

El modelo comparte base conceptual con el modelo de ‘anillos concéntricos’, y su elección es justificable por el hecho de que una nación constituye un ámbito geográfico de suficiente extensión como para permitir evaluar su sostenibilidad real, no solo como modelo.

Como ‘dimensiones y elementos’ relevantes de cada una de ellas propone los siguientes:

³⁰ “donde dibujamos la línea que divide diferentes ecosistemas es fundamentalmente resultado de la interpretación humana, no de la existencia de abruptas discontinuidades en la naturaleza” [Rees, 2003: 2].

³¹ En gran parte constituido por las ciudades, que en la actualidad aglutinan a más del 50% de la población mundial.

TABLA 02.01_ DIMENSIONES RELEVANTES PARA EL MODELO 'ÍNDICE DE BIENESTAR HUMANO'

SUBSISTEMAS	DIMENSIONES	ELEMENTOS
PERSONAS	Salud Y Población	Salud
		Población
	Riqueza	Hogares
		Gobiernos
	Conocimiento Y Cultura	Conocimiento
		Cultura
	Comunidad	Libertad y Gobernanza (2)
		Paz y Orden
	Equidad	Hogares
		Genero
Tierra	Diversidad	
	Calidad	
Agua	Interior	
	Mar	
ECOSISTEMAS	Aire	Calidad local del aire
		Atmósfera global
	Especies Y Genes	Biodiversidad [flora y fauna]
		Biodiversidad [agricultura y ganadería]
	Uso De Recursos	Energía y materiales
Áreas de Recursos		

FUENTE: compilación propia a partir de Prescott- Allen [2001].

- (0) El autor afirma que “la salud, riqueza, conocimiento y libertad y gobernanza presentan elevada correlación, ya que se refuerzan mutuamente”; y el ingreso tiene un papel fundamental, puesto que se refieren a “servicios que tienen un coste económico”
- (1) También indica que las condiciones claves para combinar un elevado bienestar humano con bajo estrés del ecosistema son la “libertad, la buena gobernanza y la educación”.
- (2) Vemos que el autor introduce la Gobernanza como un aspecto relevante del Bienestar Humano/sostenibilidad, pero no la eleva a la categoría de dimensión independiente

El autor propone que el bienestar humano se relaciona con el “amplio rango de necesidades [que tienen las personas] cuya satisfacción es un objetivo legítimo” [Prescott-Allen, 2001:18].

Complementariamente, el autor sugiere que la interpretación de las relaciones entre los elementos del sistema permite elaborar modelos predictivos, que interpreten los efectos de dichas interacciones. Esta interpretación *nos acerca a la posibilidad de transformar los modelos de evaluación en modelos predictivos/operativos*, considerando que [Prescott Allen, 2001:300]...

- ... Los beneficios medioambientales y otros impactos del medioambiente sobre las personas se contabilizan en el apartado *personas*.
- ... Las presiones y otros impactos sobre el medioambiente se contabilizan en el apartado *ecosistema*.

Equivale a considerar que el estado de los elementos es tan importante como las relaciones entre ellos para evaluar la sostenibilidad del conjunto:

- Una comunidad o sociedad será sostenible si el entorno le proporciona lo que necesita y...
- Un entorno será sostenible si las presiones de dicha comunidad son aceptables [i.e., se mantienen por debajo de determinados límites].

Simplificando algo diríamos que *el estado del Hábitat permite suponer –en parte- la sostenibilidad de la comunidad que lo habita, mientras que el metabolismo de dicha comunidad permite suponer –en parte- la sostenibilidad de su entorno*.

2.1.2 LA CARACTERIZACIÓN DE UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE

La revisión de la Sostenibilidad desde la Teoría de Conjuntos constituye una herramienta conceptual que nos facilita la representación jerárquica de la Sostenibilidad a partir del conocimiento existente. Para ello haremos una revisión extensa de tres cuestiones:

- Diferentes aproximaciones a los *conceptos Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible*, para establecer claramente su significado y la relación existente entre ellos.
- Modelos que constituyen enumeraciones de *variables/cualidades que determinan la pertenencia de una sociedad al conjunto de las sociedades sostenibles [S]*.
- Propuestas de *estrategias* que podemos interpretar en términos de ‘transformaciones de variables’ que permiten desplazar una sociedad desde el conjunto de las sociedades insostenibles [IS] al conjunto de las sociedades sostenibles [S]’

El objetivo es hacer una **recopilación de las características más aceptadas del conjunto de las ‘sociedades sostenibles’ que nos permita...**

- ... Relacionarlas con la descomposición en dimensiones, llegando a proponer una primera estructuración jerárquica.
- ... Identificar las variables/indicadores relevantes para la sostenibilidad, que nos permitan completar la representación donde sea necesario.

Para todo este proceso primaremos la conceptualización de la sostenibilidad a partir de tres dimensiones interdependientes, por los motivos ya explicados.

2.1.2.1 SOSTENIBILIDAD, DESARROLLO SOSTENIBLE Y VARIACIÓN DE SOSTENIBILIDAD

Existe en la actualidad un cierto debate en relación a la compatibilidad o no de los términos ‘desarrollo’ y ‘sostenibilidad’, cuestión que resulta útil revisar relacionándola con la *comprensión de ciudades y sociedades como Sistemas Adaptativos, i.e., cuya permanencia en el tiempo requiere adaptación [cambio continuo] y evolución [desarrollo]*.

Fariña [2001] propone que el concepto de Sostenibilidad surge de “la percepción de los efectos negativos que el modelo vigente de desarrollo tiene sobre la calidad de vida y nuestro entorno próximo”. Sin embargo, aunque el término ‘Sostenibilidad’ se ha popularizado en los últimos tiempos, encontramos referencias a casi todas las cuestiones que incluye desde el comienzo de la civilización³²:

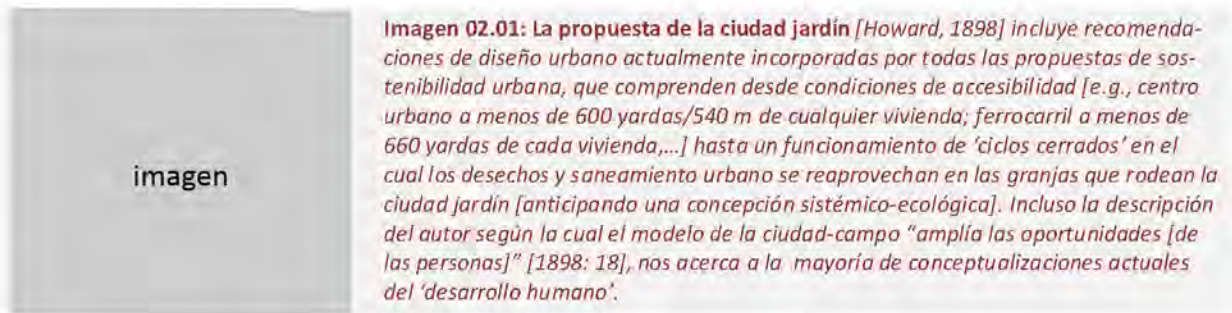
- Existen referencias a la necesidad de plantear las ciudades a partir de la ‘capacidad de carga’ de los territorios que las circundan [i.e., sus sistemas de soporte] en los diálogos de Platón³³.
- Encontramos referencias en la ‘Política’ de Aristóteles a la ciudad como lugar de gobernancia compartida; y en su ‘Poética’ algunas indicaciones para un diseño urbano ‘bioclimático’.

³² En cierto modo, el hecho de que la civilización haya ido revisando en cada momento de la historia las cuestiones necesarias para su ‘sostenibilidad’, justifica que haya podido perdurar [i.e., sostenerse] hasta la actualidad.

³³ “La masa total de ciudadanos no se puede delimitar adecuadamente si no es en relación a las condiciones geográficas y políticas de la zona circundante; el territorio tiene una extensión suficiente cuando es capaz de alimentar a un cierto número de ciudadanos dentro de una forma de vida media [...] Fijamos en 5.040 el número de ciudadanos que tendrán asignadas otras tantas partes de terreno para cultivarlas y defenderlas” [Platón citado en Bettini, 1998: 38].

Sin embargo, será la Revolución Industrial la que de origen al actual 'metabolismo industrial de las ciudades' haciendo aparecer los primeros síntomas de insostenibilidad del modelo de desarrollo occidental, y el SXIX nos deja dos aportaciones interesantes:

- Jevons [1865], predice el agotamiento del carbón necesario para la producción industrial, siendo la primera referencia a la insostenibilidad del consumo de energía no renovable.
- Howard [1898] anticipa en su modelo de 'Ciudad Jardín' la importancia de muchas cualidades que actualmente asociamos con la 'sostenibilidad urbana'.



Progresivamente, la generalización del modelo de desarrollo occidental, hace más evidente su insostenibilidad, que es revisada desde diferentes perspectivas:

- En el contexto urbano, Wolman [1965] señala los crecientes problemas de habitabilidad y abastecimiento de las ciudades americanas por culpa del modelo de uso de los recursos.
- A nivel global, Meadows et Al [1972] predicen la imposibilidad de los recursos naturales de sostener en el tiempo el crecimiento exponencial de la población, así como ciertas cuestiones no deseables del modelo de desarrollo [e.g., el crecimiento de la desigualdad...]³⁴.

Gradualmente se va haciendo incuestionable que la evolución de la sociedad humana se produce a costa de un consumo de recursos y deterioro medioambiental sostenibles en un plazo de tiempo cada vez más reducido, e implicando reducciones no deseadas en la calidad de vida.

Con la intención de buscar un punto de encuentro entre economía, utilización recursos/preservación del medioambiente y calidad de vida, el Informe 'Our Common Future' propone el concepto de **Desarrollo Sostenible** definiéndolo como aquel "proceso global de desarrollo que minimiza la cantidad de recursos naturales y el impacto sobre los sumideros medioambientales en un proceso que mejora simultáneamente la economía y la calidad de vida" [UN, 1987 citado en Newman, 1999: 219].

El problema de la propuesta anterior es que *el término 'desarrollo' puede tener interpretaciones muy diferentes* e incluso opuestas [Fariña 2001:301]:

- Para unos, el concepto de desarrollo no implica la acumulación material y el consumo, sino la maximización de las potencialidades humanas dentro de un contexto de respeto por los recursos naturales y el ecosistema.

³⁴ La propuesta de 'Estado global de equilibrio' que el autor sugiere como objetivo de las sociedades a nivel mundial [Meadows, 1972] implica en esencia un estado 'sostenible' de la sociedad humana.

- En cambio otros consideran que tan solo se trata de corregir los desajustes del modelo industrial mediante soluciones técnicas que permitan una producción en aumento en la que sea posible sustituir los recursos consumidos por otros nuevos.

Mientras que la primera interpretación de desarrollo puede ser compatible con la sostenibilidad, la segunda interpretación según la cual ‘desarrollo’ implica ‘crecimiento’ resulta claramente imposible en el largo plazo; en un mundo con límites la única duda es como de largo es ese plazo...

Esta falta de claridad en la diferenciación entre ‘crecimiento’ y ‘desarrollo’ es quizás una de las críticas que puede hacerse al Informe ‘Our Common Future’ [UN, 1987] que hace varias referencias al ‘Crecimiento Económico’ como aspecto necesario para el ‘Desarrollo Sostenible’³⁵.

Sin embargo, el texto también expresa la necesidad de separar ambos conceptos: “el mundo debe diseñar rápidamente estrategias que permitan a las naciones desplazarse de sus actuales frecuentemente procesos de crecimiento y desarrollo hacia sendas de desarrollo sostenible” [UN, 1987:40]

Complementariamente, el Informe incluye tres afirmaciones en relación al Desarrollo Sostenible que resulta conveniente revisar [UN, 1987: 15]:

- Sugiere que el crecimiento solo puede ser perdurable [sostenible] si se basa en una cada vez mayor eficiencia y *desmaterialización de la economía*³⁶.
- Afirma que “*el concepto de desarrollo sostenible implica ‘límites’ [...] impuestos por el presente estado de la tecnología y la organización social, los recursos medioambientales y la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas*”.
- Afirma que “*el desarrollo sostenible no es un estado fijo [...] sino un proceso de cambio en el cual explotación de recursos, inversiones, desarrollo tecnológico y cambio institucional son consistentes con las necesidades actuales y futuras*”.

A partir de lo anterior, podríamos proponer las dos definiciones siguientes:

- La **Sostenibilidad** como aquella situación en la cual se ha alcanzado *un nivel muy elevado de desarrollo, que incluye la Economía y la Calidad de Vida [bienestar], con un muy reducido uso de recursos naturales e impacto sobre sumideros medioambientales*.
- La **Sostenibilidad Urbana** como aquella situación en la cual *‘un sistema urbano ofrece la mejor situación económica y máxima calidad de vida posible a sus habitantes, minimizando el uso de recursos naturales e impacto sobre los sumideros medioambientales*³⁷

³⁵ El Informe lo justifica sobre todo como estrategia para reducir la pobreza. Sin embargo, esta justificación es cuestionable por cuanto las últimas décadas de crecimiento económico se han compatibilizado con un crecimiento de la desigualdad. La pobreza es una forma de desigualdad extrema, cuyo origen está en la forma de repartir la riqueza tanto entre sociedades como internamente en cada una de ellas, y para reducirla, lo necesario es diseñar tanto las sociedades como el sistema global para que se autorregulen hacia situaciones de mayor distribución, lo que es en gran parte independiente del crecimiento económico.

³⁶ Los avances en esta dirección llevan hacia lo que en la actualidad se conoce como ‘decoupling’ [desvinculación], cuyo mayor desarrollo puede llevar a interesantes efectos positivos [ver ANEXO X: CUATRO D’S PARA DESARROLLAR LA IDEA DE ‘DECOUPLING’]. Sin embargo, es necesario indicar que incrementar la Eficiencia como estrategia para la Sostenibilidad se olvida de la Paradoja de Jevons.

Sin embargo, cuando revisamos la definición del término **Sostenible**, vemos que su significado es considerablemente más reducido [RAE, 2014]: “1. [adj.] Que se puede sostener / 2. Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”.

Vemos que la definición estricta del término ‘sostenible’ no implica una situación satisfactoria ni con elevado bienestar social; **aparentemente un estado totalmente insatisfactorio y fundado en la más absoluta desigualdad podría ser perfectamente sostenible**. Entonces... ¿Por qué la mayoría de los enfoques que revisan la Sostenibilidad la asocian con una elevada calidad de vida? **¿Es el Desarrollo [calidad de vida elevada] necesario para la Sostenibilidad?**

La importancia de esta cuestión es enorme, y vamos a revisarla a continuación.

2.1.2.1.1 DESARROLLO SOSTENIBLE vs SOSTENIBILIDAD

Aparentemente, podríamos proponer una diferenciación de los términos Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad, basándonos en la siguiente aproximación/definiciones:

- *Desarrollo sostenible* como un proceso en el cual una sociedad aumenta sus ‘posibilidades’ sin reducir su capacidad de poder seguir haciéndolo en el futuro³⁸.
- *Sostenibilidad* como la capacidad de un sistema de perdurar en el tiempo.

Llegaríamos a poder interpretar que ‘desarrollo’ se refiere más al estado, y sostenible más a los ‘procesos’; aparentemente **una sociedad con un nivel de desarrollo mínimo es sostenible si es capaz de mantenerse indefinidamente en el tiempo**.

Desde esta perspectiva, las sociedades más desarrolladas presentarían mejor calidad de vida [mayor número de opciones deseables a sus integrantes], pero ello no implicaría que su sostenibilidad fuera mayor que la de las sociedades menos desarrolladas.

Sin embargo, **la sostenibilidad de una sociedad no solo depende de su interacción con el medio ambiente natural; también depende de su interacción con el resto de sociedades**. Y la historia ha demostrado que *las sociedades menos desarrolladas son ‘vulnerables’ frente a las sociedades más desarrolladas; en un mundo ‘globalizado’ y con recursos limitados las sociedades menos desarrolladas tienen menor probabilidad de perdurar*.

Esto quiere decir que en un contexto de ‘desarrollo’ [socioeconómico] generalizado y globalizado, cualquier sociedad que permanezca inmóvil [no se desarrolle o no lo haga adecuadamente en relación a las demás], verá aumentar su Grado de vulnerabilidad y con ello reducir su Grado de Resiliencia, y por tanto de Sostenibilidad, anunciándonos dos cuestiones:

³⁷ Girardet [2001: 38] “una ciudad sostenible se organiza de manera que posibilite que todos sus ciudadanos satisfagan sus propias necesidades y que eleven su bienestar sin dañar el entorno natural y sin poner en peligro las condiciones de vida de otras personas, ahora o en el futuro”.

³⁸ WWF [2012: 148-149] propone que el desarrollo es un “proceso cuyo objetivo es ampliar las posibilidades humanas [...] el concepto de desarrollo humano es holístico, poniendo a las personas en el centro de todos los aspectos del proceso de desarrollo”. Esta definición de Desarrollo se relaciona con la ‘deseabilidad’; solo consideramos que nuestras posibilidades se han incrementado cuando éstas son deseables. Ampliar el número de opciones no deseables no lo consideramos desarrollo.

- *En la actualidad no es posible desvincular Sostenibilidad de Desarrollo; el desarrollo es necesario para la sostenibilidad.*
- *El ‘desarrollo’ necesario para la sostenibilidad es en parte ‘comparativo’, la sostenibilidad de una sociedad o ciudad no puede establecerse revisando exclusivamente sus características, sino necesariamente comparándolas con las de otras sociedades o ciudades.*

Además, es necesario revisarlo desde la perspectiva de **deseabilidad**; los niveles de desarrollo [socio-económico] reducidos son insostenibles porque “ninguna persona racional querría perpetuar una reducida calidad de vida” [Prescott-Allen, 2001:3].

Por tanto, el Grado de Sostenibilidad de cada sociedad está vinculado a su nivel de desarrollo; **la sostenibilidad de una sociedad no puede ser valorada independientemente de su desarrollo**, y *podremos considerar que la medición de la sostenibilidad del desarrollo de un sistema se hallará implícita en la variación de su grado de sostenibilidad en el tiempo.*

Llegamos pues a coincidir –por otro camino- con la afirmación de que *el desarrollo sostenible de los Sistemas Adaptativos [y por tanto de los SSE] está implícito en la modificación en el tiempo de su Grado de Sostenibilidad [Alvira 2014a].* El carácter evolutivo de este tipo de sistemas hace que su desarrollo sostenible sea inherente a [necesario para] su sostenibilidad.

Es necesario indicar que desde una perspectiva sistémica podemos diferenciar hasta **cuatro dimensiones del desarrollo/evolución** [Alvira 2014b:31-32] **entre las cuales existe una notable diferencia:**

- Como *Cantidad de estructura y conocimiento* del SSE, que pueden crecer indefinidamente. No existe un límite máximo a la cantidad de estructura que un SSE puede crear [o conocimiento puede acumular]. Su incremento en el tiempo es una condición inherente a estos sistemas. Cualquier SA que perdura entre dos momentos temporales suficientemente alejados habrá incrementado su Complejidad Absoluta [cantidad de organización y conocimiento].
- Como *Grado de coevolución y deseabilidad* del SSE, que se sitúan siempre en un rango entre 0-1. Se definen esencialmente en términos comparativos [por tanto de diferencias], y su valor no necesariamente se incrementa en el tiempo. Puede hacerlo, pero también puede mantenerse constante o incluso reducirse.

Cualquier SA que mantiene constante su Grado de coevolución [adaptación al entorno] y deseabilidad entre dos momentos temporales suficientemente alejados en el tiempo, necesariamente ha evolucionado [su cantidad de organización/conocimiento se habrá incrementado], pero no todo SA que evoluciona necesariamente mantiene constante su Grado de Sostenibilidad [coevolución/deseabilidad] que podrá haberse mantenido, incrementado o reducido [Alvira, 2014b].

Complementariamente vamos a hacer referencia a dos comentarios/aportaciones parciales referidos al Desarrollo Sostenible:

Fariña [2001: 302] sugiere que para valorarlo deben establecerse “*cuatro cuentas independientes*”: *ambiental, social, económica y fiscal*, y de este comentario nos interesan dos cuestiones:

- El hincapié en la *necesidad de valorar independientemente las diferentes ‘cuentas’ de la sostenibilidad/desarrollo sostenible*, que nos acerca al análisis multivariable.

- La referencia al *modelo de tres dimensiones de la sostenibilidad*, así como la necesidad de prestar especial atención a la sostenibilidad del sector público³⁹.

Y Licon y Balarezo [2009: 103] analizan el Desarrollo Sostenible a partir de las relaciones de interdependencia entre las diferentes dimensiones; definiendo cada una a partir de las otras dos, conceptualizándolo como una cuestión de restricciones: “una actividad puede ser una restricción para otras actividades incluso de naturaleza diferente”.

Combinando esta idea con la definición de dimensiones, los autores proponen *tres tipos de restricciones [sociales, económicas y medioambientales]* cada una de las cuales afectan a las otras dos, que generan seis ‘grupos’ de indicadores que definen los diferentes tipos de ‘restricciones’ al desarrollo:

TABLA 02.02_ RESTRICCIONES AL DESARROLLO SOSTENIBLE	
Limitaciones ambientales al desarrollo económico.	Se refiere a la escasez de recursos naturales, productividad de la tierra y capacidad de carga del territorio para las actividades económicas existentes o planeadas.
Limitaciones ambientales a la acción social.	Se refiere a las condiciones del medioambiente y su efecto en la salud de la población. Estas restricciones representan el impacto de la relación personas-medioambiente, y se relacionan con la capacidad de sustentar a una población determinada
Limitaciones sociales a las actividades económicas.	Se refiere a las habilidades y educación de la población, la disponibilidad de mano de obra y la demanda de empleo. También se refiere a la demanda de productos y el mercado potencial de consumo junto con la capacidad adquisitiva de la población.
Limitaciones socio-culturales a actividades medioambientales.	Se refiere a los impactos de la población sobre el entorno como la generación de residuos, polución y la utilización del suelo. También en esta categoría entran las preferencias de ‘apropiación del medioambiente’ de la población como los patrones de asentamiento, densidades, actividades en el exterior, etc.
Restricciones económicas a acciones medioambientales.	Se refiere al modo en que el sector productivo afecta al medioambiente. Polución, generación de residuos, consumo de energía, etc.
Limitaciones económicas a la acción social	Incluye la oferta de empleo, la distribución del ingreso y la diversidad de las actividades productivas.
FUENTE: compilación a partir de Licon y Balarezo, 2009:104	

El ‘espacio’ definido por la intersección de estas limitaciones será el espacio de posible ‘desarrollo sostenible’; el desarrollo será sostenible si las actividades de desarrollo ocurren dentro de los límites [o restricciones] impuestas a cada una de las otras por las tres dimensiones de la sostenibilidad [la economía, el medioambiente y la sociedad].

No nos interesa tanto la revisión concreta de las cuestiones propuestas por dichos autores [que en general parecen ‘adecuadas’] como tres lecturas interdependientes que podemos extraer del mismo:

- Desde la *Teoría de Sistemas*, la interpretación de la sostenibilidad/desarrollo sostenible en términos de restricciones nos habla de organización e interdependencias; i.e., de un sistema. *No solo los SSE son sistemas; también lo es la información que nos informa de su sostenibilidad/insostenibilidad.*
- Desde la *Teoría de Conjuntos difusos/Lógica Difusa*, nos permite definir el desarrollo sostenible en términos de restricciones, relacionándolo con las funciones de pertenencia/medidas de ‘grado de verdad’ [Zadeh, 1965 y 2006].
- Desde la *Teoría de la Decisión*, nos vuelve a llevar hacia la necesidad del *análisis multicriterio*; la interdependencia de las dimensiones y el coste de oportunidad va a requerir evaluar el sis-

³⁹ No consideramos la alusión a la cuenta fiscal como una cuarta dimensión, sino como un énfasis en la importancia del sector público.

tema globalmente pero también ciertas partes individualmente, y ser capaces de relacionar el diferente significado de la información en diferentes escalas⁴⁰.

2.1.2.1.2 SOSTENIBILIDAD Y DESEABILIDAD: CALIDAD DE VIDA, SUBJETIVIDAD Y CAMBIO

Hemos dicho que el desarrollo implica avance hacia estados de mayor **deseabilidad**⁴¹, y ello se vincula esencialmente con el concepto de **Calidad de Vida** obligándonos a considerar otras dos cuestiones:

- La **Subjetividad** inherente al concepto de Calidad de Vida en dos niveles:
 - en el nivel individual, por la propia valoración que hace cada persona de su propia calidad de vida.
 - en el nivel colectivo⁴², en el cual se relaciona con aspectos culturales, valores y reglas de la sociedad.
- El **cambio continuo** inherente al concepto de Calidad de Vida:
 - la modificación de las cuestiones que una misma persona puede considerar fundamentales para su calidad de vida en diferentes momentos de su existencia.
 - la modificación de los objetivos de la sociedad en el tiempo; la calidad de vida es una variable que siempre se quiere aumentar⁴³.

Al incluir la ‘Calidad de vida’ como aspecto relevante para la Sostenibilidad, estamos estableciendo tanto la existencia de componentes ‘subjetivas’ como su naturaleza ‘cambiante en el tiempo’, cuestiones que tienen implicaciones importantes que revisamos brevemente.

La primera cuestión se relaciona con la **componente subjetiva de la deseabilidad**. *La valoración de la mayor o menor deseabilidad de una situación depende en parte de cuestiones diferentes para cada individuo*, por tanto, la sociedad que genere mayor deseabilidad será aquella que facilite el acceso a sus individuos a muchas opciones diferentes, permitiendo así que cada persona acceda a aquellos elementos que considera ‘deseables’.

Si lo revisamos desde la propuesta de *Necesidades Humanas* [Maslow, 1943] vemos que una parte muy importante de necesidades humanas posee esta ‘componente subjetiva’, en mayor medida cuanto mayor sea el desarrollo de la sociedad revisada.

⁴⁰ Desde una perspectiva sistémica, podemos relacionar lo anterior con el concepto de emergencia: “el todo es más que las partes, pero la parte es más el todo” [Morín, 1979]. Desde una perspectiva epistemológica, podemos remitirnos a Pascal que considera “imposible conocer las partes sin conocer el todo, y también conocer el todo sin conocer las partes”

⁴¹ Hemos dicho que el desarrollo implica ampliar las opciones que son deseables, y por tanto mayor deseabilidad.

⁴² Aunque desde cierta perspectiva epistemológica hemos propuesto en otro texto anterior que la aceptación de ciertas cuestiones por un colectivo las dota de objetividad [Alvira, 2014b], en esta ocasión nos referimos al hecho de que si consideramos al hombre como ‘objeto’, diferentes marcos culturales estarán atribuyéndole diferentes ‘estados óptimos’ [considerando que las situaciones más deseables son diferentes], adquiriendo así el carácter de representación subjetiva, i.e., representación que no es invariante respecto al objeto representado.

⁴³ Nos recuerda a la afirmación de Maslow [1943]: “el hombre es un animal que siempre quiere más”, y nos permite insistir en las diferencias entre los SSE y otros SCA; una hormiga en su hormiguero tiene aproximadamente las mismas comodidades que hace 100 años.

Imagen

Imagen 02.02: Pirámide de Maslow. Se hace posible a grandes rasgos diferenciar entre los cinco escalones de la pirámide:

- los dos escalones inferiores representan necesidades más objetivas [más o menos similares para todas las personas y que se mantienen constantes en el tiempo]
- los tres escalones superiores representan necesidades más subjetivas [esencialmente diferentes para cada persona y que se modifican constantemente en función de la propia naturaleza de las personas].

La segunda cuestión alude a que la **deseabilidad individual está en parte condicionada [y restringida] por las culturas locales** que representan ‘maneras de enfocar la vida’ de la sociedad en la que se inscriben. La sostenibilidad de cada sociedad necesariamente deberá valorar su cultura y especificidades [en gran parte se relaciona con la idea de identidad, que desarrollamos progresivamente].

Es decir, que no es posible realizar un planteamiento universal de la ‘Sostenibilidad Urbana’ aplicable a todos los sistemas urbanos existentes; diferentes culturas o características locales requerirán valorar de diferente manera diferentes cuestiones. *Las variables relevantes para la Sostenibilidad de culturas diferentes serán -al menos en parte- diferentes.*

La tercera cuestión se refiere a la **componente cambiante de los objetivos de una misma persona en diferentes momentos temporales**, y tiene importancia por cuanto ese dinamismo [variabilidad] de los objetivos humanos suele ‘chocar’ con un carácter mucho más estático del medio urbano que habita. Estos objetivos cambiantes se superponen con los de otras personas que a su vez son también cambiantes, y coinciden en el mismo momento temporal y espacio.

Diferenciación, Flexibilidad y Accesibilidad comienzan a configurarse como tres variables que permitirán que las áreas urbanas maximicen su potencial de dar satisfacción a la diversidad y carácter cambiante de las necesidades de los grupos humanos que sustentan.

La cuarta cuestión se refiere a la ‘**componente cambiante**’ de lo que un grupo de personas **considera necesidades en diferentes momentos temporales**. No se refiere tanto a la variación ‘horizontal’ de las necesidades humanas, como a un ascenso en ‘vertical’ de dichas necesidades; a la voluntad de las personas de ir ‘ascendiendo’ en el nivel de necesidades que es capaz de cubrir⁴⁴.

Aunque evidentemente no todas las necesidades humanas pueden ser solucionadas desde la forma urbana, es posible dar la vuelta al planteamiento y relacionar forma urbana y necesidades humanas. *Las ciudades deben su éxito precisamente a ser el hábitat capaz de resolver mejor las necesidades humanas [Hernández Aja, 2000];* casi todos los aspectos de la forma urbana se orientan a resolver ‘necesidades humanas’.

⁴⁴ Alude en esencia a la continua modificación de los objetivos [necesidades] humanos, que una vez realizados [satisfechas] son sustituidos por otros más elevados en la jerarquía [Maslow 1943: 18].

Y el carácter cambiante y subjetivo de la mayoría de dichas necesidades obligará a que los objetivos de sostenibilidad urbana sean revisados continuamente y adaptados a medida que se detecten necesidades no resueltas [o mejores formas de resolverlas].

Llegamos así a un entendimiento de la ‘Sostenibilidad’ como un estado de ‘equilibrio dinámico’ en el cual los objetivos deberán estar continuamente ajustándose; incorporando los cambios que requiere la sociedad [o su propia evolución]. El estado sostenible de un sistema “no es ni estático ni eterno; es un equilibrio dinámico con la biosfera entrópica que lo contiene y lo sustenta”⁴⁵.

En consecuencia con las afirmaciones anteriores, el modelo para evaluar la sostenibilidad urbana que propondremos deberá incorporar dos cuestiones:

- Contabilizar la *capacidad de un área urbana de dar respuesta a la subjetividad, multiplicidad y cambio de las necesidades humanas* e interpretaciones de la sostenibilidad. Lo cual podremos valorar a través de los niveles de oferta urbana [adecuación y diversidad de los servicios que ofrece] y su grado de accesibilidad por parte de la población [existencia de barreras – físicas o económicas- que limiten su acceso].
- Definir *mecanismos sencillos que permitan la adaptación del modelo a diferentes contextos culturales o su actualización por la propia evolución de las ciudades.*

2.1.2.1.3 SOSTENIBILIDAD VS GRADO DE SOSTENIBILIDAD

Hemos justificado desde diferentes perspectivas en Alvira [2014^a] que la Sostenibilidad de los Sistemas urbanos debe medirse en términos de ‘Grado de Sostenibilidad’. Vamos ahora a justificarlo también desde las cuestiones revisadas en el apartado anterior.

Por una parte, hemos visto que la Sostenibilidad urbana debe entenderse como un proceso dinámico con objetivos cambiantes vinculados a la sociedad que la habita, y esto establece algunas cuestiones de gran importancia:

- La sostenibilidad se caracteriza por ser un proceso dinámico que se relaciona con la capacidad del área urbana de dar respuesta a las necesidades humanas.
- Las necesidades de un grupo humano considerado en conjunto, tienden a buscar cubrir objetivos cada vez más elevados.

Dado que cualquier área urbana requiere un cierto tiempo de adaptación a los cambios, será imposible que un sistema se encuentre en situación de sostenibilidad total; el entorno físico siempre irá adaptándose –con más o menos retraso- a las necesidades de sus habitantes. La **completa Sostenibilidad urbana se configura como un estado prácticamente inalcanzable**⁴⁶.

Por otra parte, **un sistema urbano no puede estar en situación de insostenibilidad total puesto que entonces dejaría de existir.**

⁴⁵ Daly, 2007 citado en Kerchner, 2008.

⁴⁶ Aunque no es imposible, es muy improbable alcanzarlo, e implicaría con casi total seguridad que el modelo estaría desactualizado.

Es decir, que la totalidad de los sistemas urbanos se encontrará en una situación intermedia entre la insostenibilidad total y la sostenibilidad total, que podremos caracterizar en función de la distancia que lo separa de cada una de ambas situaciones.

*Mediante el modelo buscaremos calcular la posición del sistema urbano en un rango de valores situado entre dos límites: uno superior [sostenibilidad total] y otro inferior [insostenibilidad total]; buscaremos calcular su **Grado de Sostenibilidad**. Esto nos aleja de los planteamientos de la *Lógica Binaria* [Sostenibilidad/Insostenibilidad] llevándonos hasta los planteamientos de la *Teoría de Conjuntos Difusos/Lógica Difusa* [Grado de Sostenibilidad/Grado de Insostenibilidad].*

Las 'funciones difusas de pertenencia' de dicha teoría como funciones que permiten evaluar el 'grado de pertenencia' de un objeto a una clase [equivalentes al grado de verdad del 'conceptos' que implica dicha clase] serán la 'forma lógica' que nos permitirá modelizar la sostenibilidad.

Y no será por tanto necesaria una única definición exhaustiva de la Sostenibilidad Urbana, sino definiciones suficientemente precisas de los conceptos/cualidades relevantes para la misma, y su estructura para determinar el grado de verdad global del concepto/cualidad sostenibilidad.

2.1.3 CONCEPTOS/CUALIDADES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD SEGÚN CADA DIMENSIÓN

Hemos planteado una primera descomposición lógica de la sostenibilidad de los SSE en tres dimensiones, y seguir ‘descomponiendo’ la sostenibilidad de dichos sistemas va a requerir que revisemos exhaustivamente cada una de dichas dimensiones, estableciendo a su vez las cualidades relevantes para la sostenibilidad implícitas/vinculadas a cada una de ellas⁴⁷.

2.1.3.1 SOSTENIBILIDAD DEL MEDIOAMBIENTE

La Carta de Aalborg define la **sostenibilidad medioambiental** como “*la preservación del capital natural*”, indicando que requiere **tres cuestiones** [COA, 1994:2]:

- Que el *consumo de recursos* materiales, hídricos y energéticos renovables no supere la capacidad de los sistemas para reponerlos y que la velocidad a la que consumimos los recursos no renovables no supere el ritmo de sustitución de los recursos renovables duraderos.
- Que el ritmo de *emisión de contaminantes* no supere la capacidad del aire, del agua y del suelo de absorberlos y procesarlos.
- El mantenimiento de la *diversidad biológica [biodiversidad], la salud pública y la calidad del aire, el agua y el suelo*, a niveles suficientes para preservar la vida y el bienestar humanos, así como la flora y la fauna para siempre.

De las cuestiones anteriores podemos diferenciar dos tipos de aspectos que nos interesan:

- Dos *objetivos* que son:
 - La preservación del capital natural y la diversidad biológica [flora y fauna].
 - La salud pública y la calidad del aire, el agua y el suelo a niveles suficientes para preservar la vida y el bienestar humanos.
- Y dos *estrategias* para alcanzarlos:
 - el consumo de recursos por debajo de la tasa de regeneración del medio ambiente.
 - la emisión de contaminantes por debajo de la capacidad del medio de absorberlos.

Es importante tener en cuenta esta diferenciación, porque se alinea con cuestiones ya revisadas desde otras perspectivas:

- Con la diferenciación entre variables que describen el estado actual del sistema y variables que describen sus procesos [cuya evaluación conjunta nos permite predecir el estado futuro del sistema].
- Con la evaluación de variables que miden la presión de la comunidad humana sobre el medio ambiente como método para predecir el estado futuro del medio ambiente⁴⁸.

El interés de estas variables ‘predictivas’ es muy elevado porque el presente modelo se plantea para intervenir exclusivamente sobre los ámbitos urbanos, lo que implica que el porcentaje de territorio sobre el cual se puede actuar directamente es muy reducido [el territorio urbanizado constituye menos del 2% de la superficie del ecosistema global]. Pero iremos viendo que la capacidad de actuar

⁴⁷ La descomposición jerárquica implica un proceso vertical [arriba – abajo] y otro horizontal [Alvira, 2014a:76].

⁴⁸ Esto se relaciona con el hecho de que en la actualidad, el ser humano es el primer agente en cuanto a impacto de transformación del medio. Sin la sociedad humana, el medioambiente global no tendría problemas de Sostenibilidad.

indirectamente desde el medio urbano [utilización de recursos / emisión de contaminantes] será considerable.

El informe **Millennium Ecosystems Accounts [MEA]**, propone un enfoque dinámico que *busca actuar sobre las causas de la insostenibilidad medioambiental minimizando la reducción del bienestar humano* y que sintetiza en el siguiente gráfico.

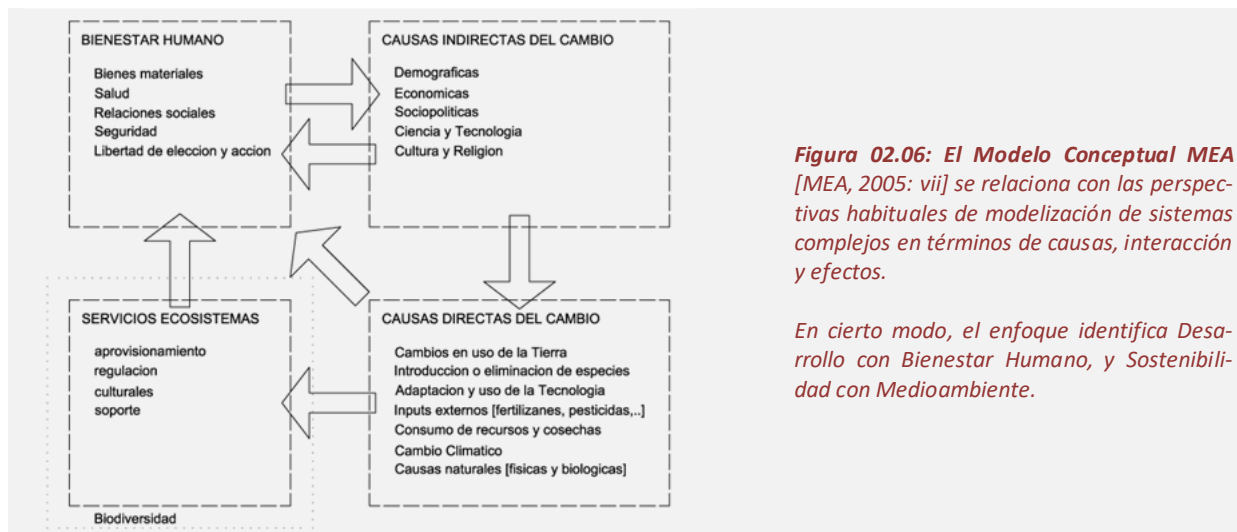


Figura 02.06: El Modelo Conceptual MEA [MEA, 2005: vii] se relaciona con las perspectivas habituales de modelización de sistemas complejos en términos de causas, interacción y efectos.

En cierto modo, el enfoque identifica Desarrollo con Bienestar Humano, y Sostenibilidad con Medioambiente.

World Wildlife Fund [WWF] propone la perspectiva **‘un planeta’** como modelo para preservar el ecosistema global, que incluye una serie de estrategias organizadas en **cinco grandes ejes**:

TABLA 02.03_ PERSPECTIVA ‘UN PLANETA’		
EJE	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN DETALLADA
PRESERVAR EL CAPITAL NATURAL	Extender significativamente las áreas protegidas en el planeta.	Proteger un 20% de territorio representativo, agua dulce y áreas marinas, incluyendo áreas clave por procesos ecológicos necesarios para la biodiversidad comida, agua y seguridad energética, así como resiliencia y adaptación al cambio climático.
	Detener la pérdida de hábitats prioritarios.	Alcanzar la deforestación y degradación cero, detener la fragmentación de ecosistemas de agua dulce, incrementar el área de áreas marinas protegidas hasta el 20%.
	Restaurar los ecosistemas o servicios de los ecosistemas dañados.	Priorizar la restauración de ecosistemas y servicios de los ecosistemas necesarios para comida, agua y seguridad energética, y resiliencia y adaptación al cambio climático.
PRODUCIR MEJOR	Reducir significativamente los consumos y residuos en los sistemas productivos.	Incrementar la eficiencia de la cadena productiva [energía, agua y materiales]. Maximizar el reciclaje y recuperación y minimizar las emisiones de GEL.
	Gestionar los recursos sosteniblemente.	Eliminar la sobreexplotación de los caladeros de pesca. Eliminar la sobreexplotación de los recursos hídricos e implementar políticas para asegurar el suministro de agua. Minimizar la reconversión de hábitat mediante la maximización del uso sostenible de la tierra productiva mejorar la selección genética adoptan-

<p>CONSUMIR INTELIGENTEMENTE.</p> <p>El objetivo inmediato es reducir drásticamente la huella ecológica de las poblaciones con mayores ingresos, en particular su huella de carbono.</p>	Incrementar la producción de energía renovable.	<p>do las mejores prácticas, incrementar la eficiencia, mejorar el suelo con materia orgánica y rehabilitar las tierras degradadas.</p> <p>Llegar hasta el 100% de la energía consumida</p>
	Modificar los patrones de consumo de energía.	<p>Reducir la demanda de energía un 15%;</p> <p>Incrementar la producción de energía renovable hasta alcanzar el 100%.</p>
	Promover modos de consumo saludables.	<p>Equilibrar los consumos de proteínas per cápita según recomendaciones de la OMS.</p> <p>Minimizar la comida desperdiciada en los países con ingresos medios y altos.</p> <p>Minimizar el consumo de recursos y producción de residuos por las personas con mayores ingresos;</p> <p>Maximizar el porcentaje de productos con certificación de sostenibilidad;</p> <p>Transición de las áreas urbanas hacia ciudades inteligentes con soluciones de baja huella para vivienda, comida, agua energía y movilidad.</p>
	Alcanzar modos de vida con baja 'huella'.	
<p>REDIRIGIR LOS FLUJOS FINANCIEROS:</p> <p>En la mayoría de los casos, la sobreexplotación de los recursos y destrucción de los ecosistemas proporcionan grandes beneficios económicos en el corto plazo, mientras que los beneficios en el largo plazo apenas son valorados.</p>	<p>Valorar la naturaleza.</p> <p>Contabilizar los costes medioambientales y sociales</p> <p>Apoyar y premiar la conservación, gestión sostenible de los recursos y la innovación.</p>	<p>Implementar un sistema inclusivo y aceptar globalmente para valorar económicamente y en unidades físicas el capital natural. Integrar esta valoración en el desarrollo de políticas y la toma de decisiones políticas.</p> <p>Eliminar todos los subsidios que reducen la conservación y uso de los recursos, particularmente todos aquellos que incrementan el consumo de petróleo y la agricultura, bosques y pesca insostenibles.</p>
<p>GOBIERNO EQUITATIVO DE LOS RECURSOS:</p> <p>Re-definición de los conceptos bienestar y éxito que deben incluir la salud personal, de la sociedad y medioambiental.</p>	<p>Compartir los recursos disponibles</p> <p>Tomar decisiones justas y ecológicamente informadas</p> <p>Medir el éxito 'más allá del PIB'</p> <p>Sostenibilidad poblacional</p>	<p>Minimizar la huella ecológica de las poblaciones con mayor ingreso</p> <p>Promover la transición hacia ciudades sostenibles, eficientes en el uso de recursos y reducir su impacto directo sobre los recursos hídricos y el suelo, limitando el sprawl, promoviendo la agricultura urbana y la gestión sostenible de las aguas residuales</p> <p>Incluir índices sociales y medioambientales en los indicadores nacionales para medir el desarrollo; contabilizar el impacto sobre el capital natural y el bienestar.</p> <p>Integrar las dinámicas poblacionales [tamaño, tasa de crecimiento, composición, localización y migración] y el consumo per cápita en las políticas de planificación nacional, buscando un equilibrio entre población y recursos disponibles.</p>

FUENTE: Compilación propia a partir de WWF [2012: 107-115]

El modelo que propone WWF, introduce varias cuestiones interesantes de las cuales destacamos dos:

- Profundiza en la necesidad de modificar comportamientos humanos como requisito para la sostenibilidad medioambiental, pero *la dimensión de la modificación propuesta hace que la*

podamos considerar un cambio de paradigma; no basta con modificar algunos aspectos del desarrollo, prácticamente se hace necesaria una revisión completa de cada aspecto.

- Busca que las modificaciones del modelo actual lleven a un *modelo alternativo que resulte igual de deseable*; el nuevo modelo debe resolver las necesidades humanas en un grado similar [o mayor] al modelo actual:
 - carecería de sentido cambiar el modelo actual por otro que no resuelva las necesidades que hay que resolver y...
 - en consecuencia, se hace urgente y necesario proponer alternativas que permitan hacerlo minimizando el daño sobre el medioambiente

Es por tanto un ‘modelo’ que explicita lo que se debería evitar y propone lo que se podría hacer en sustitución buscando obtener un grado de satisfacción similar de las necesidades humanas.

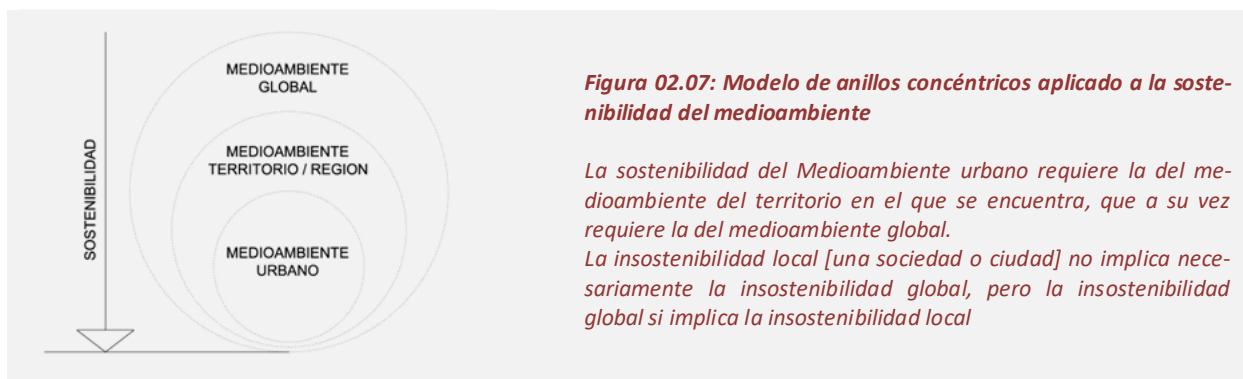
Por último, La **European Environmental Agency [EEA, 2012]** propone seis temas medioambientales comunes a los países de la UE:

- Cambio climático.
- Uso del suelo.
- Biodiversidad y protección naturaleza.
- Residuos sólidos.
- Recursos hídricos.
- Contaminación del aire.

El interés de esta breve enumeración, es que están presentes en la mayoría de propuestas para lograr la Sostenibilidad Medioambiental; i.e., *existe una aceptación generalizada de su relevancia.*

Vamos a revisar en mayor detalle las cuestiones relevantes para la sostenibilidad medioambiental, adoptando un enfoque similar al de los *anillos concéntricos* referido exclusivamente al medioambiente, lo que haremos diferenciando tres niveles ‘concéntricos’ que son:

- *Medioambiente global*; se refiere al medioambiente a nivel planetario, incluyendo elementos que no se circunscriben a un territorio determinado, [e.g., Ozono; agua de los mares,...]
- *Medioambiente territorial*: se refiere a unidades de dimensión variable, que incluyen agrupaciones de zonas urbanas y no urbanas, que permiten considerar una unidad de orden superior con identidad propia [áreas metropolitanas, regiones, países,...].
- *Medioambiente urbano*; se refiere a las áreas urbanas.



En el análisis, buscaremos identificar tres cuestiones:

- Conceptos/cualidades necesarias para la sostenibilidad del medioambiente en cada escala.
- Impactos principales de la sociedad sobre el medio natural.
- Causas de dichos impactos desde el ámbito urbano hacia el territorio.

Comenzaremos el análisis en el medioambiente no urbano [global/territorial], y posteriormente revisaremos el medioambiente en el nivel urbano.

2.1.3.1.1 LA SOSTENIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE NATURAL [NO URBANO]

Es importante indicar que cuando hablamos de la ‘sostenibilidad del medioambiente natural’ nos referimos al sostenimiento del medioambiente natural en condiciones óptimas para la vida/civilización humanas, y lo identificamos con su mantenimiento en un estado similar al que tiene en la actualidad [o mejorado en ciertos aspectos].

Y existen dos tipos de cuestiones que determinan la capacidad del medioambiente de sostenerse en el tiempo, que debemos valorar de diferente manera:

- *Aquellas que necesitan ser valoradas en el nivel global*, puesto que se refieren a elementos que ‘viajan’ libremente por el planeta [e.g.; el aire, el agua, la capa de ozono, etc...].
- *Aquellas que se refieren a aspectos geocalizados*, y que por tanto podemos revisar en relación a localizaciones geográficas determinadas.

Vamos a comenzar por revisar las primeras.

ASPECTOS DE LA SOSTENIBILIDAD QUE SOLO PUEDEN SER VALORADOS EN EL NIVEL GLOBAL:

Existen ciertos elementos del medioambiente que son ‘comunes’ a todas las sociedades/países de la Tierra y por ello requieren ser valorados desde una perspectiva global:

El Informe **Our Common Future** [UN, 1987: 178] propone tres elementos comunes a todos los países: *los océanos, el espacio exterior y la Antártida*.

Esta enumeración se halla considerablemente revisada y ampliada en el modelo **Fronteras Planetarias** [Rockstrom et Al, 2009], que realiza una enumeración de las variables relevantes para la sostenibilidad en este nivel.

Los autores sugieren que la civilización comienza a impactar perceptiblemente el funcionamiento de la Tierra con la Revolución Industrial, momento a partir del cual el medioambiente global se sitúa por primera vez fuera de los *rangos del periodo Holoceno* [aprox. 10.000 BCE-1.800 CE]. Sin estas ‘presiones’ derivadas de la industrialización el medioambiente podría mantenerse durante miles de años en un estado similar al que tenía en el ‘Holoceno’⁴⁹.

⁴⁹ Los autores consideran que la estabilidad del ecosistema global durante el Holoceno es una evidencia empírica de niveles que permiten a la Tierra funcionar correctamente. Esta estabilidad nos permite considerar que los rangos de variación existentes para dichos procesos durante el Holoceno serían en esencia ‘sostenibles’; puesto que podrían ‘mantenerse indefinidamente’.

En este sentido, los autores proponen una serie de ‘umbrales’ o ‘fronteras’ que no se deberían traspasar, puesto que se incrementaría en gran medida el riesgo de catástrofes o cambios medioambientales inaceptables, condicionando la estabilidad y supervivencia de la vida humana en el planeta:

- Los *umbrales* son puntos en los cuales ocurrirían transiciones no deseadas en los sistemas humanos-medioambientales que alejarían el medioambiente de su ‘estado deseable’⁵⁰.
- Las *fronteras* son valores situados a una distancia ‘segura’ de umbrales o niveles peligrosos [para aquellos procesos para los cuales no ha sido posible determinar ‘umbrales’].

En la actualidad el modelo propone ‘fronteras’ para nueve procesos:

Proceso	Variables de Control / parámetro	Frontera Propuesta	Situación Actual	Valor preindustrial
Cambio Climático	Concentración Atmosférica de CO ₂ [partículas por millón por volumen]	350	387	280
	Cambio en radiación recibida (W/m ²)	1.0	1.5	0
Tasa de pérdida de Biodiversidad	Tasa de Extinción [número de especies por millón de especies y año]	10	> 100	0.1–1
Ciclo del Nitrógeno [parte de una frontera junto con el ciclo del fosforo]	Cantidad de N retirado de la atmósfera para uso humano [millones de toneladas por año]	35	121	0
Ciclo del Fosforo [parte de una frontera junto con el ciclo del nitrógeno]	Cantidad de fosforo de origen antropogénico vertido a los océanos [millones de toneladas por año]	11	8.5–9.5	-1
Agotamiento del Ozono Troposférico	Concentración de Ozono [unidades Dobson]	276	283	290
Acidificación de los océanos	Saturación media global de aragonita en la superficie del mar	2.75	2.90	3.44
Agua dulce	Consumo global humano de agua dulce (km ³ /año)	4000	2600	415
Cambio de uso del suelo	Porcentaje de territorio en explotación agrícola	15 (2)	11.7	low
Aerosoles atmosféricos	Concentración de partículas en la atmosférica, media a nivel regional		Por determinar	
Contaminación química	Por ejemplo, cantidad emitida o concentración de contaminantes persistentes orgánicos, plásticos, metales pesados, y residuos nucleares en el medioambiente global,		Por determinar	

FUENTE: Steffen et Al; 2011. Notas:

- 1) El hecho de que la definición de los umbrales plantee zonas de incertidumbre, aumenta la importancia de mantenerse lejos de ellos.
- 2) Aunque el suelo tiene por supuesto una vinculación geográfica, lo que este modelo mide es ‘el porcentaje de suelo alterado en el nivel global’, que constituye un límite independiente de su ubicación geográfica.
- 3) Los autores sugieren más investigación en aquellas variables que informan de cambios muy lentos [como el uso de la tierra, la pérdida de biodiversidad o los flujos de nutrientes] [Rockström et Al, 2009:6]

Estas ‘fronteras planetarias’ delimitan un ‘espacio’ en el cual es posible escoger diferentes caminos para incrementar el bienestar y el desarrollo, siendo necesario profundizar en las causas de que la sociedad haya llegado hasta estas situaciones y proponer maneras de no traspasar las ‘fronteras’⁵¹.

⁵⁰ Estos umbrales pueden no ser determinables con exactitud “para la mayoría de los ecosistemas y la mayoría de cambios potenciales [no es posible] predecir con exactitud los umbrales en los que dicho cambio se producirá” [MEA, 2005: 11].

Complementariamente, los autores indican dos cuestiones importantes:

- Las fronteras son valores dinámicos que interactúan entre sí; a medida que un proceso se acerca a su frontera, las fronteras se ‘acortan’ para los demás procesos reduciendo la ‘zona de seguridad’⁵².
- Una de las dificultades de implementar estas fronteras en el nivel global radica en la dificultad de conseguir una buena gobernanca ‘global’⁵³.



Imagen 02.03: Ciertas funciones del ecosistema global requieren el mantenimiento de determinados ecosistemas [por ejemplo, la Amazonia] centrando por tanto la producción agrícola, explotación maderera,... en otras regiones del planeta. Ello hace necesario compensar a los habitantes de zonas que ven ‘limitadas’ sus posibilidades de explotación para mantener servicios de los cuales también se benefician habitantes de otras zonas que sí pueden poner en práctica la explotación productiva de su entorno. Se hace necesario un concepto de Gobernanca global capaz de hacer frente a estas situaciones.

Esta vinculación de Sostenibilidad y Gobernanca será recurrente desde todas las perspectivas.

ASPECTOS DE LA SOSTENIBILIDAD QUE PUEDEN SER VALORADOS EN EL NIVEL TERRITORIAL

Comprende todas aquellas cuestiones que es posible relacionar con una ubicación geográfica concreta, y que vamos a revisar desde tres perspectivas: *biodiversidad, fragmentación y funcionalidad de los ecosistemas*.

BIODIVERSIDAD

Aunque en sentido estricto cualquier especie viva dentro de un ecosistema se integra dentro de su ‘biodiversidad’, habitualmente con dicho término aludimos en mayor medida a la diversidad y mantenimiento de su fauna. El motivo es que la movilidad y sensibilidad de la fauna hace que generalmente constituya un indicador muy preciso del grado de conservación/alteración de los ecosistemas en su conjunto, y por ello consideramos que...

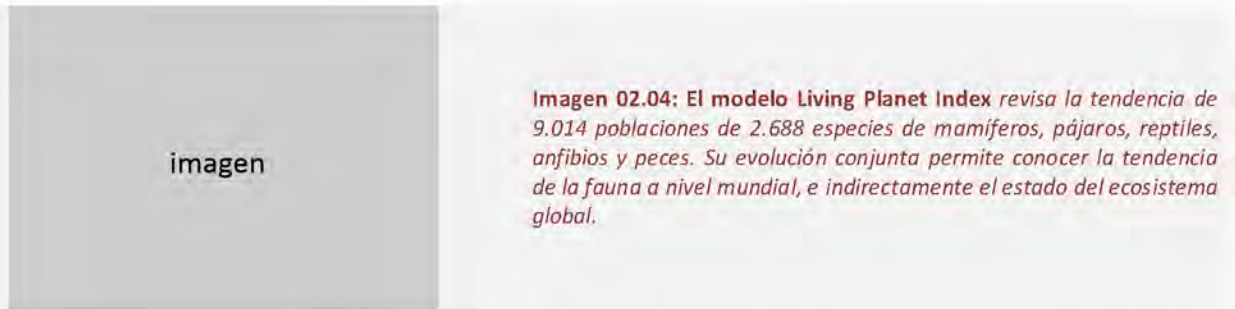
- ... El estado de la biodiversidad [fauna] puede ser monitorizado para tener una idea aproximada del estado del ecosistema en su conjunto.
- ... La pérdida de biodiversidad [fauna] es un indicador de grado de deterioro de los ecosistemas. A menor diversidad, mayor deterioro [alejamiento de sus condiciones óptimas] y menor resiliencia [menor capacidad de seguir recibiendo perturbaciones].

⁵¹ “El coste medioambiental del desarrollo no es fijo, y gran parte de la relación entre bienestar humano y estrés medioambiental es una cuestión de elección. El estrés medioambiental es un resultado no tanto del nivel de bienestar humano como del modo en que este bienestar es perseguido” [Prescott-Allen, 2001:114]. Esto indica la necesidad de buscar los caminos que permitan dicho desarrollo minimizando la presión sobre el medioambiente.

⁵² Traspasar una frontera, reduce la posibilidad de permanecer en la zona de seguridad para otros procesos; ninguna frontera puede ser traspasada demasiado tiempo sin poner en peligro la zona de seguridad.

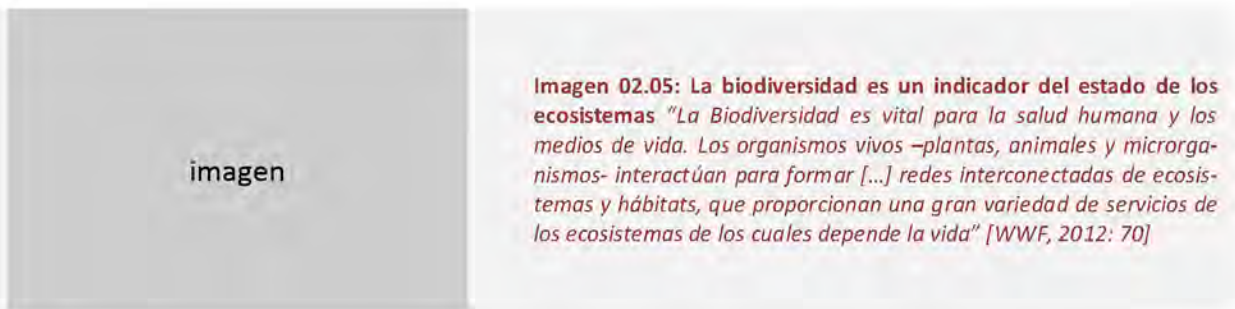
⁵³ Esto apunta a la necesidad de crear organismos supranacionales con poder suficiente para hacer a los países cumplir las restricciones, algo que se revisará posteriormente.

En esta línea, el modelo **Living Planet Index** [WWF, 2012] revisa la tendencia de un gran número de poblaciones de especies de mamíferos, pájaros, reptiles, anfibios y peces alrededor del mundo [tamaño, densidad y abundancia] que considera un indicador del estado de los ecosistemas.



Pero además de ser un indicador del estado de los ecosistemas, todas las especies biológicas presentes en un ecosistema cumplen alguna función en el mismo, y todos los ecosistemas proveen de servicios ecosistémicos e interactúan entre ellos.

Por tanto, *todas las especies biológicas cumplen alguna función en el mantenimiento del ecosistema tal como lo conocemos en la actualidad*, y la extinción de una especie biológica necesariamente modificará –mucho o poco– el ecosistema tal como lo conocemos.



En la actualidad, *las mayores amenazas a la biodiversidad se hallan en la alteración de los ecosistemas cuyas principales causas directas son* [MEA, 2005:14]:

- Modificación de los hábitats [cambio del uso de la tierra y modificación física o la extracción de agua de los ríos]
- Sobreexplotación
- Especies invasivas
- Polución
- Cambio climático

Estas causas frecuentemente presentan sinergias entre ellas y tienen diferente relevancia según el tipo de ecosistema, pudiendo diferenciar según ecosistemas:

ECOSISTEMAS	CAUSAS DE CAMBIO
TERRESTRES (1)	Cambio de uso del suelo [especialmente conversión a tierra agrícola] Aplicación de nuevas tecnologías que han contribuido a incrementar los servicios relacionados con el ‘aprovisionamiento’ [comida, fibra y madera] (2)

MARINOS (1)	Pesca
AGUA DULCE	Modificación de regímenes hídricos, especies invasivas, polución y elevados aportes de nutrientes.
Fuente: Compilación y traducción propia de MEA; 2005:67.	
0)	El estudio revisa el periodo comprendido en los 50 años anteriores a su realización.
(1)	El estudio indica que el exceso de aporte de nutrientes se ha configurado como un problema importante también en los ecosistemas Terrestres y marinos
(2)	Coincide aproximadamente con lo que denominaríamos como “uso más intensivo/sobreexplotación”

A su vez, las anteriores causas tienen su origen en otras causas que podemos denominar ‘**causas indirectas**’ que son las siguientes [MEA, 2005: 19]:

- Cambio demográfico [crecimiento poblacional y migración].
- Cambio en la actividad económica [crecimiento económico, disparidades en riqueza y patrones comerciales].
- Factores sociopolíticos [que van desde la presencia de conflictos hasta la participación pública en la toma de decisiones].

Según MEA [2005: 36] las tasas de extinción de especies que se están registrando son hasta 1.000 veces superiores a las registradas durante periodos estacionarios [estables], aproximándose a las tasas registradas durante eventos singulares que produjeron extinciones masivas⁵⁴. Entre los muchos aspectos negativos que implica esta pérdida constante de biodiversidad, podemos destacar dos:

- Produce una pérdida de ‘resiliencia’ de los ecosistemas, reduciéndose sus umbrales máximos de alteración⁵⁵.
- Se reduce la ‘funcionalidad’ de los ecosistemas, tanto parcialmente como a nivel global⁵⁶.

Complementariamente, la European Environmental Agency [EEA] propone un listado de **principales amenazas a la Biodiversidad**:

TABLA 02.06_ PRINCIPALES AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD	
PERDIDA Y DEGRADACIÓN DE HÁBITATS	<p>Ha sido la mayor presión sobre la biodiversidad global [GBO, 2010]. Las presiones sobre los hábitats incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La modificación y fragmentación de los ecosistemas acuáticos [son los ecosistemas que mayor presión sufren en la actualidad, según CBD 2010] • La modificación y fragmentación de los ecosistemas terrestres naturales mediante la transformación de la tierra • El abandono de tierras [de cultivo]
SOBREEXPLORACIÓN Y USO INSOSTENIBLE	<p>La sobreexplotación y prácticas de explotación destructivas, ejercen una presión significativa sobre la biodiversidad global [GBO-3, 2010]. Las presiones incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la creciente demanda sobre recursos hídricos limitados [por parte de la agricultura o el turismo] • la sobreexplotación de las reservas de pesca y otros organismos marinos

⁵⁴ Se estima que las tasas de extinción de especies en la actualidad constituyen el sexto mayor acontecimiento de ‘extinción de especies’ en la historia de la vida en la Tierra, y esta fundamentalmente producido por el impacto de las actividades humanas en el planeta [Chapin et Al, 2000 citado en Röckstrom et Al 2009].

⁵⁵ La pérdida de biodiversidad se considera una reducción de la resiliencia de los ecosistemas [que reduce sus umbrales máximos de alteración]mientras que al mismo tiempo las actividades humanas empujan a dichos ecosistemas hacia ‘umbrales’ que de otro modo no encontrarían [MEA, 2005: 12]

⁵⁶ “existe evidencia creciente de la importante función de la biodiversidad para sustentar el funcionamiento y servicios de los ecosistemas, y prevenir que los ecosistemas entren en estados no deseados” [Folke et Al 2004, citado en Röckstrom et Al, 2009].

	<ul style="list-style-type: none">• la gestión insostenible de bosques.
ESPECIES INVASIVAS	Se considera una de las mayores amenazas para todos los tipos de ecosistemas y especies. El número de especies invasoras en Europa es creciente, siendo el 90% introducida inintencionadamente [a través del transporte de mercancías].
POLUCIÓN Y CARGA DE MATERIA ORGÁNICA [DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO]	La contaminación con nutrientes [nitrógeno y fósforo] y de otras Fuentes, amenaza la biodiversidad en los ecosistemas terrestres, aguas continentales y costeros [GBO-3, 2010]. Durante las dos últimas décadas, la polución ha decaído significativamente en numerosos ríos europeos pero los micro-contaminantes [e.g., productos farmacéuticos, de limpieza, pesticidas y químicos industriales] son una cuestión de creciente preocupación.
CAMBIO CLIMÁTICO	El cambio climático está en la actualidad afectando a la biodiversidad y se prevé que su impacto se incremente significativamente en las próximas décadas [GBO-3, 2010]. Las temperaturas crecientes pueden limitar la disponibilidad de hábitat y se espera que se incrementen los fenómenos meteorológicos extremos y se modifiquen patrones climáticos, con impacto significativo sobre la biodiversidad. La creciente acidificación de los océanos y la elevación de los niveles marinos también tendrán un impacto considerable sobre la biodiversidad.

FUENTE: Traducción de EEA, 2010:17. Box 3.1 Threats to biodiversity citando a las siguientes Fuentes:

- (1) CBD, 2010: The Convention on Biological Diversity: Year in Review 2009. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Available at: www.cbd.int/doc/reports/cbd-report-2009-en.pdf [accessed 22 July 2010].
- (2) GBO-3, 2010: GBO-3, 2010. Global Biodiversity Outlook 3. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal. Available at: <http://gbo3.cbd.int> [accessed 16 August 2010].

Del listado anterior nos interesa destacar dos cuestiones:

- Vemos que *el listado de amenazas a la biodiversidad constituye en general un 'listado de amenazas a la sostenibilidad de los ecosistemas'*.
- La mayoría de amenazas incluidas en la lista anterior están relacionadas con la utilización de biocapacidad lo que nos permite considerar que *la apropiación de biocapacidad para uso humano es un indicador indirecto del estado futuro [i.e., predictivo] biodiversidad*.

Según UNEP [2010] podríamos dividir las actividades humanas con mayor impacto negativo sobre el medio ambiente en dos grupos⁵⁷:

- La *agricultura y el consumo de alimentos* cuyos impactos son la modificación de hábitats [re-estructuración física], cambio climático, uso del agua y emisiones tóxicas⁵⁸.
- El *consumo de combustibles fósiles* cuyos impactos son el cambio climático y emisiones GEI.

Vemos que la relación dominante entre el hombre y las demás especies naturales en la actualidad no es predador-presa sino de competición por el uso de los recursos naturales. Y en un mundo con recursos finitos, esta relación es mucho más capaz de producir la extinción de la especie más débil⁵⁹ [especies no humanas], haciendo imprescindible tomar medidas para evitarlo:

- Reducir el consumo de biocapacidad [recursos naturales] preservando suficiente cantidad para mantener la biodiversidad actual.
- Acotar espacios protegidos de la acción del hombre.

⁵⁷ En general, la movilidad y la producción de energía serán importantes para el cambio climático, mientras que la agricultura y el desarrollo urbano serán las dos amenazas principales para la biodiversidad [UNEP, 2010].

⁵⁸ La agricultura es responsable de más del 50% del uso de la tierra y del 70% del uso del agua globalmente. Agricultura y pesca son responsables de casi toda la extracción total de recursos naturales bióticos. Se estima que el 35% de la Producción Primaria Neta [PPN] es actualmente utilizada en procesos económicos.

⁵⁹ Volterra citado en Von Bertalanffy [1968].

Sin embargo, aunque la necesidad de proteger parte del territorio está mayoritariamente aceptada, todavía no se ha conseguido llegar a un acuerdo acerca del porcentaje que sería adecuado proteger:

- La ONU propone el 12% [UN, 1987] como porcentaje mínimo de territorio/bi capacidad asignado para mantenimiento de la biodiversidad.
- Graymore et al [2010] proponen el 25% de terreno ‘protegido’ de la actividad humana, y un 20% de terreno ‘no alterado’.
- WWF [2012: 107] propone preservar el 20% de territorio, área dulce y áreas marinas para protección de la biodiversidad [incluyendo áreas clave por procesos ecológicos necesarios para la biodiversidad].
- En otra línea, Rockstrom et al [2009] proponen limitar a un máximo del 15% el porcentaje de tierra dedicado al cultivo [descontando la superficie ocupada por hielo]⁶⁰.

La propia existencia de diferentes umbrales, con diferentes significados y no suficientemente justificados, dificulta establecer un objetivo común a nivel mundial⁶¹.

Como modelo para monitorizar el estado de la biodiversidad y los ecosistemas en la escala regional / global, la Environmental European Agency [EEA] propone el **Sistema Europeo de Indicadores de Biodiversidad [SEBI]**, que valora las siguientes cuestiones:

TABLA 02.07_ SISTEMA EUROPEO DE INDICADORES DE BIODIVERSIDAD [SEBI 2010]		
CBD FOCAL AREA	ÁREA	SEBI 2010 SPECIFIC INDICATOR
Estado y tendencia de los componentes de la biodiversidad biológica	Tendencias en la abundancia y distribución de especies seleccionadas	1. Abundancia y distribución de las especies seleccionadas. Pájaros y mariposas. 2. Índice de Listado Rojo para las especies europeas
	Cambio en el estado de especies amenazadas o protegidas	3. Especies de interés europeo 4. Cobertura de los ecosistemas 5. Hábitats de interés europeo
	Tendencias en la extensión de los biomas seleccionados, ecosistemas y hábitats	6. Diversidad genética del Ganado
	Tendencia en diversidad genética de animales domesticados, plantas cultivadas, y especies piscícolas de mayor importancia socioeconómica.	7. Áreas con protección de nivel nacional
	Cobertura de áreas protegidas	8. Lugares designados bajo la Directiva de Hábitats y ajaros de la UE
	Deposición de Nitrógeno	9. Superación de la carga crítica de Nitrógeno
Amenazas a la Biodiversidad	Tendencias en especies invasivas [número y costes de las especies invasivas]	10. Especies invasivas en Europa
	Impacto del cambio climático en la biodiversidad	11. Impacto del cambio climático en las poblaciones de pájaros
Integridad de los ecosistemas y bienes y servicios de los ecosistemas	Índice Trófico Marino	12. Índice Trófico Marino de los mares europeos
	Conectividad / fragmentación de los ecosistemas	13. Fragmentación de áreas naturales y seminaturales 14. Fragmentación de cuencas fluviales [sistemas de ríos]
	Calidad del agua en los ecosistemas acuáticos	15. Nutrientes en aguas de transición, costeras y marinas 16. Calidad del agua dulce
	Área de ecosistemas de bosque, agricultura, piscifactoría y acuicultura con sistemas de explotación sostenible	17. Bosque: stock en desarrollo, incrementos y talas.
	Uso Sostenible	

⁶⁰ Estaríamos llegando por tanto a una cifra radicalmente diferente a la anterior: un 85% de terreno no agrícola, del cual será necesario restar todavía otros usos antes de deducir el suelo en estado ‘natural’.

⁶¹ Para una revisión de esta cuestión se recomienda Yue et Al [2008: 169. Ecological thresholds]

18. Bosque: stock de madera
19. Agricultura: balance de nitrógeno

20. Agricultura: área con prácticas de gestión que potencialmente potencian la biodiversidad

21. Piscifactorías: Stock comercial Europeo

22. Acuicultura: Calidad del agua residual de las piscifactorías

23. Huella Ecológica de los países europeos

Huella Ecológica de los países europeos

FUENTE: traducción de EEA, 2012a: 14-15. La propuesta de actualización de indicadores para 2012 mantiene los mismos indicadores en líneas generales.

- 1) Se puede ver otro listado de indicadores de biodiversidad acordados por diferentes organismos o instituciones internacionales en <http://www.bipindicators.net/indicators>
- 2) Aunque es un listado de indicadores de biodiversidad, el modelo propuesto por SEBI incluye también cuestiones relacionadas con el estado de los ecosistemas, que hacen que pueda ser considerado como una valoración del 'estado global' del ecosistema natural en el nivel regional.

CONTINUIDAD / CONECTIVIDAD DE LOS ECOSISTEMAS / HÁBITATS

Los ecosistemas naturales presentan numerosas interconexiones entre ellos, que se reducen [o directamente desaparecen] con la *fragmentación del territorio*. Se trata por tanto de una cuestión que condiciona fuertemente su funcionalidad [CBD, 2004: 1]:

- Altera los flujos de radiación, viento, agua y nutrientes por el medioambiente.
- Reduce el tamaño de los fragmentos y aísla los diferentes hábitats, modificando considerablemente las características del hábitat:
 - se reduce el 'hábitat interior' a favor de un 'hábitat de borde', con distintas condiciones climáticas y que puede favorecer a especies diferentes de las habituales.
 - los fragmentos pequeños de 'hábitat interior' solo pueden alojar pequeñas poblaciones, que se vuelven 'vulnerables'.
 - las especies cuya capacidad de adaptarse a otros hábitats es reducida pueden verse en peligro de extinción.

La fragmentación del territorio implica por tanto transformar un gran hábitat único y continuo, en un conjunto de fragmentos separados con funcionalidad reducida. *El grado de conectividad y fragmentación de hábitats son por tanto indicadores importantes de la integridad de los ecosistemas: los ecosistemas más conectados y menos fragmentados mantienen en mayor grado sus funciones ecológicas y biodiversidad que los ecosistemas muy fragmentados* [CBD, 2004: 3].

Aunque en algunos casos la fragmentación del ecosistema puede deberse a causas naturales [e.g., un incendio...], en la actualidad las principales causas se relacionan con el desarrollo humano [carreteras, parcelación agrícola, urbanización...].

Es importante destacar que diferentes tratamientos del territorio/tipos de actuación pueden tener un impacto muy diferente en cuanto a fragmentación del territorio:

- No es lo mismo una explotación agrícola intensiva de monocultivo con un fuerte uso de pesticidas y fertilizantes químicos, que una explotación de agricultura orgánica con policultivo.
- No es lo mismo una construcción artificial [e.g., infraestructura, área urbana,...] que no considere su impacto sobre el territorio que una que prevea medidas para mantener la máxima conectividad posible de las áreas entre las que se ubica.

En Europa se estima que más del 30 % del territorio está muy ‘fragmentado’ [EEA, 2010: 43].

FUNCIONALIDAD DE LOS ECOSISTEMAS/ SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS

En los últimos tiempos ha tomado fuerza la consciencia de que los ecosistemas nos prestan ciertos servicios a los que designamos como ‘servicios ecosistémicos’⁶²:

TABLA 02.08_ CLASIFICACIÓN PROVISIONAL INTERNACIONAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS		
TEMA	CLASE	GRUPO
APROVISIONAMIENTO (1)	Nutrición	Productos alimenticios vegetales y animales terrestres
		Productos alimenticios vegetales y animales de agua dulce
		Productos alimenticios vegetales y animales marinos
	Materiales	Agua potable
		Materiales bióticos
		Materiales abióticos
		Biocombustibles renovables
	Energía	Fuentes de energía abiótica renovable
		Biorrecuperación [rehabilitación]
	Regulación de residuos	Absorción y dilución
REGULACIÓN Y MANTENIMIENTO (2)	Regulación de flujos	Regulación flujos de aire
		Regulación flujos de agua
	Regulación del ambiente físico	Regulación flujos de materiales
		Regulación de la Atmósfera
		Regulación de la calidad del agua
		Regulación de la pedogénesis y calidad del suelo
Regulación del ambiente biótico	Mantenimiento de los ciclos vitales y protección de los hábitats (3)	
	Control de plagas y enfermedades	
	Protección de la reserva genética	
CULTURAL (4)	Simbólico	Herencia Estética
	Intelectual y experimental	Religioso y espiritual
		Ocio y actividades comunitarias
Información y conocimiento		

FUENTE: Traducción propia de EEA [2011b: 15] con las siguientes notas:

- (1) Incluye todos los ‘recursos’ obtenidos de los ecosistemas
- (2) Incluye los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos de los ecosistemas
- (3) Incluye polinización de los cultivos
- (4) Complementariamente MEA [2005 :40] y WWF [2012: 71] amplían la lista de servicios culturales de los ecosistemas, incluyendo también: Diversidad Cultural, Valores educativos, Inspiración, Relaciones sociales, Sentido de pertenencia, Valores de herencia cultural, Recreación y ecoturismo
- (5) Adicionalmente, es importante destacar algunas cuestiones:
 - a. Según MEA [2005: 6] solamente cuatro de los servicios que proveen los ecosistemas han mejorado en los últimos 50 años: tres se relacionan con la producción de alimentos [agricultura, ganadería y acuicultura] y el cuarto con la absorción de CO₂.
 - b. Desde la perspectiva de ‘Huella Ecológica’ solamente estaríamos contemplando los servicios incluidos en nutrición, materiales, energía y regulación de residuos’, pero no estaríamos contabilizando los demás servicios ecosistémicos; i.e., el 50% de los servicios que proveen los ecosistemas no estarían siendo evaluados.

El interés de esta perspectiva, es que permite tener una visión más amplia de los beneficios que el hombre obtiene del medioambiente, que tradicionalmente se han identificado con los ‘servicios de aprovisionamiento’, ignorando el resto de servicios ecosistémicos.

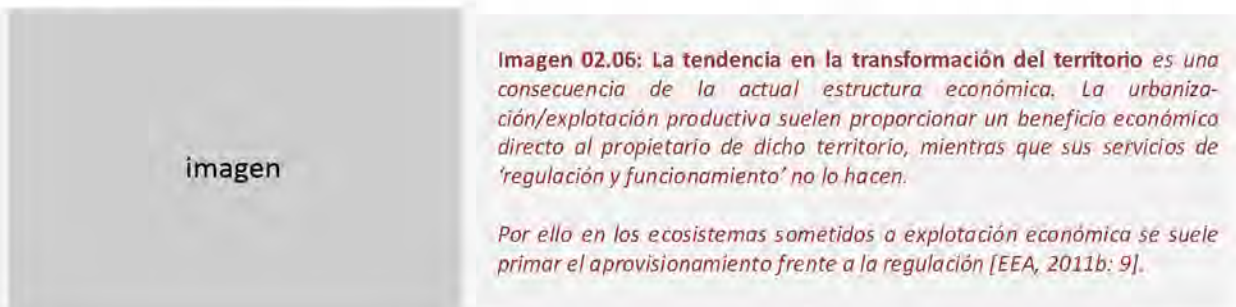
Complementariamente, vamos a valorar también el papel de las áreas urbanizadas/ciudades en el territorio, que incluiremos en la categoría que llamaremos ‘servicios urbanos’.

⁶² “Los ‘servicios ecosistémicos’ son el resultado de las funciones de los ecosistemas que son accesibles a los humanos” [EEA, 2011b: 13]

En correspondencia con esta denominación, podemos decir que la transformación del territorio producida por la civilización se ha concentrado fundamentalmente en los tres últimos servicios: aprovisionamiento, cultural y urbano:

- Los servicios de aprovisionamiento han ido vinculados al uso productivo del territorio [agricultura /ganadería].
- Los servicios culturales y urbanos han ido vinculados a su urbanización⁶³.

Por el contrario, los servicios de regulación y mantenimiento han sido tradicionalmente poco valorados en la conformación del territorio, en gran medida porque corresponden a bienes no comercializables⁶⁴.



Sin embargo, es importante indicar que los servicios que proporcionan los ecosistemas están relacionados entre sí. Un ecosistema sobre el cual se interviene para incrementar su 'productividad' [entendida como aprovechamiento] o para urbanizarlo, verá modificada su capacidad de regulación⁶⁵.

Cuando se decide potenciar unos servicios del territorio, se modifica su nivel de prestación de los otros. Las intervenciones habituales [urbanización o explotación agrícola intensiva] reducen la capacidad del territorio de mantener los ciclos naturales tal como los conocemos, y por tanto, *la capacidad del ecosistema global de 'sostenerse' en su estado actual en el tiempo.*

Aparece un conflicto entre la maximización de la rentabilidad económica del territorio [aprovisionamiento y/o urbanización], y la necesidad de preservar sus servicios de regulación y mantenimiento, que se transforman hacia situaciones no deseadas, surgiendo algunas propuestas para evitarlo:

- Establecer reservas de suelo que 'debe ser preservado en su estado natural'.
- Fomentar condiciones de explotación en los ecosistemas productivos que permitan reequilibrar sus funcionalidades.
- Reducir los impactos negativos de la emisión de contaminantes asociados al consumo.

⁶³ Excepcionamos algunos usos culturales vinculados precisamente a la conservación y disfrute del territorio en su estado natural.

⁶⁴ En términos económicos son 'bienes públicos'. No se puede restringir su acceso, y por tanto no suele poderse exigir su cobro. Sin embargo, es necesario indicar que *todos los bienes que se comercializan llevan implícita una cierta parte de servicios de los ecosistemas*, ya que sin ellos no se hubieran producido. "El comercio [...] de bienes [...] implica un 'comercio virtual' de servicios de los ecosistemas que son necesarios para producir estos bienes" [MEA, 2005: 59].

⁶⁵ "Los ecosistemas son multifuncionales, y la utilización más intensiva de una función o servicio particular usualmente redundando en la degradación o eliminación de algunas o todas las demás" [EEA, 2011b:20].

- Planificar y diseñar las áreas urbanas introduciendo criterios que busquen un funcionamiento adecuado de los servicios de regulación y mantenimiento [lo que en gran medida identificaremos con el concepto de 'Infraestructura Verde'].

Es importante indicar que todas las superficies del planeta ejercen un impacto sobre el medioambiente. Desde las superficies con vegetación [filtrado de polvo, retención de polucionantes, regulación hídrica, formación de biotopo...] hasta las totalmente artificiales [e.g.; una superficie asfaltada; escorrentía, retención y radiación de calor...]⁶⁶.

Cada transformación del territorio global tenderá por tanto a 'modificar' el estado del medioambiente global [en mayor o menor medida], y por tanto, el objetivo de sostenibilidad del medio ambiente va a requerir que cada **transformación del territorio cumpla dos requisitos**:

En primer lugar, debe satisfacer un **requisito de 'necesidad'**. La medida más eficiente para preservar el medioambiente en su estado actual/natural es evitar cualquier modificación no necesaria del mismo, y nos lleva a definir criterios de minimización de la cantidad de territorio que es alterada:

- En el caso de *territorio para explotación productiva*, la reducción de los consumos se plantea como la vía óptima para lograrlo.
- En el caso de *territorio para urbanización*, el establecimiento de densidades suficientemente elevadas y modelos de ciudad compacta se plantean como vías óptimas⁶⁷.



Imagen 02.07: El modelo de 'urbanización dispersa' o 'sprawl' requiere utilizar mucho más territorio que el modelo de ciudad compacta, tanto por su reducida densidad como por la mayor necesidad de infraestructuras. Es importante indicar que una de las causas del sprawl es el precio de los terrenos: "las áreas urbanas con precios del suelo muy elevados favorecen el 'sprawl' al desplazar a los residentes locales [y nuevos residentes] hacia áreas periféricas o rurales más asequibles [Ecological Institute & SERI, 2010: 45]. Las causas de la Insostenibilidad nos vuelven a mostrar la necesidad de cambios de paradigma como vía para la Sostenibilidad. ¿Por qué la construcción de vivienda se considera una actividad económica de inversión?"

En segundo lugar, se hace necesario establecer el requisito de **diseñar las transformaciones del territorio de forma que tienda a mantener el ecosistema global en un estado similar [o dirigirlo hacia un estado más beneficioso] que el que tenía previamente a dicha transformación**:

- En *explotaciones agrícolas*, priorizando técnicas orgánicas y policultivos.
- En *áreas urbanizadas*, mediante la introducción de elementos naturales que permitan tanto el acondicionamiento del clima en los entornos urbanizados como la creación de corredores verdes que minimicen el efecto barrera de las áreas construidas [Infraestructura Verde].

⁶⁶ La transformación de un territorio no elimina su capacidad de 'regular' el medio ambiente, sino que la modifica. El efecto Isla de Calor se debe de hecho a que la capacidad de regular el medio ambiente no disminuye con la urbanización, pero se modifica hacia efectos no deseables para nosotros.

⁶⁷ Es importante indicar que además de reducir el consumo de suelo, el modelo de ciudad compacta requiere consumir menor cantidad de recursos que otros modelos urbanos, con lo que se reduce también la cantidad de superficie productiva necesaria.

Los **Sistemas de Cuentas Económicas y Medioambientales** [en unidades físicas] constituyen una herramienta que nos permite valorar en el nivel agregado la funcionalidad de los ecosistemas terrestres, y su evolución nos permitirá evaluar la tendencia en relación con su sostenibilidad⁶⁸.

IMAGEN

Imagen 02.08: La configuración del suelo tiene un impacto fundamental sobre el estado y funcionalidad del ecosistema global. "El suelo [...] constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua y alberga la mayor parte de la biosfera [...] desempeña un papel central como hábitat y patrimonio genético. Almacena, filtra y transforma muchas sustancias, incluidos el agua, los nutrientes y el carbono. De hecho, es el mayor «almacén» de carbono del mundo [...] La estructura del suelo es determinante para su capacidad de ejercer las funciones que le corresponden" [CCE, 2006]

2.1.3.1.2 EL MEDIO URBANO COMO HÁBITAT

Hemos revisado el impacto de las áreas urbanas sobre el medioambiente no urbano, y se hace necesario indicar que *si bien el medioambiente no urbano es el hábitat principal de la mayoría de especies biológicas, el medio urbano es el hábitat principal de la especie humana.*

El medio urbano es un espacio que debe tener un grado elevado de habitabilidad para las personas; i.e., un 'hábitat' que debe tener ciertas cualidades.

Anteriormente hemos indicado que la sostenibilidad del medio ambiente global requiere diseñar las transformaciones buscando que éstas produzcan un impacto sobre el estado global del medioambiente similar al que tenía el territorio previamente a la transformación. Y en áreas urbanizadas, la introducción de elementos naturales se presenta como la mejor solución permitiendo...

- ... regular el microclima urbano hacia situaciones más beneficiosas [de mayor habitabilidad] para las personas.
- ... que las áreas urbanas constituyan también el hábitat del mayor número de especies biológicas compatibles con nosotros.
- ... reducir el efecto barrera de las áreas urbanizadas en el territorio [fragmentación del territorio], así como la modificación de su funcionalidad global, preservando los ciclos naturales.

Centrado en este último objetivo surge el concepto de **infraestructura verde**, que interpreta la globalidad del territorio [también las áreas no urbanas] en términos de las funciones que cada área desempeña para el mantenimiento del ecosistema actual en su estado actual: ciclos hidrológicos, temperatura, calidad del aire, etc...⁶⁹

⁶⁸ Los Sistemas de Cuentas Económicas y Medioambientales integran los Sistemas de Cuentas Nacionales [base para la elaboración del PIB, que no contabiliza los servicios de los ecosistemas] con los Land and Ecosystem Accounts [que contabiliza los stocks y flujos de materiales y energía, la salud de los ecosistemas y los servicios de los ecosistemas]. Proporciona tanto la contabilización en unidades física como su valoración en unidades monetarias.

⁶⁹ "La infraestructura verde es la red interconectada de espacios naturales, incluidos algunos terrenos agrícolas, como vías verdes, humedales, parques, reservas forestales y comunidades de plantas autóctonas, así como espacios marinos que regulan de forma natural los caudales de aguas pluviales, las temperaturas, el riesgo de inundaciones y la calidad del agua, el aire y los ecosistemas." [CCE, 2009:6].

Esta perspectiva nos permite comprender el funcionamiento del conjunto del territorio, y por tanto los servicios y funciones que las áreas urbanas deben desempeñar para mantener dicho buen funcionamiento del nivel global; llegando desde el nivel superior [funcionamiento del territorio] hasta el nivel local [funcionamiento y diseño de pequeñas áreas urbanas].



Imagen 02.09: El reconocimiento de que todas las superficies/espacios del planeta contribuyen a su funcionalidad, ha llevado a modificar la concepción de las estructuras biológicas en el medio urbano, que en la actualidad incorporan funciones que habitualmente asociamos con el término *infraestructura*: Control del clima, Infiltración de agua de lluvia, Filtrado del aire... Los elementos biológicos en las áreas urbanas permiten optimizar la habitabilidad del medio urbano y reducir la discontinuidad de los ciclos naturales generada por la urbanización.

Los elementos biológicos en la ciudad son elementos activos que deben ser utilizados para lograr su funcionamiento medioambiental óptimo, y su comprensión adecuada va a requerir combinar dos escalas en el diseño urbano:

- Una escala global que buscará mantener los ciclos naturales en su estado óptimo [generalmente será un estado lo más parecido posible al que tenía el territorio antes de ser urbanizado]. Para ello será necesario revisar el funcionamiento del territorio y las funciones que en dicho territorio deben asumir las áreas urbanizadas.
- Una escala local [distritos o barrios] que buscará lograr las condiciones óptimas de habitabilidad en los entornos urbanos. El efecto de los elementos biológicos sobre el microclima urbano es un fenómeno local, y debe realizarse mediante su distribución homogénea por toda la ciudad [Arlt et Al, 2008].



Imagen 02.10: El volumen de vegetación urbana “es un indicador sumamente agregado de numerosos aspectos de los servicios ecosistémicos en el medio urbano, especialmente en balance bioclimático y calidad del aire” [Arlt et Al, 2008: 326/328]. Su evaluación debe realizarse en la escala intermedia [barrio/distrito].

Las recomendaciones de diseño que numerosas ciudades han establecido para mitigar el Efecto Isla de Calor, buscan ‘restablecer la funcionalidad y habitabilidad óptima del ecosistema urbano’.

TABLA 02.09_ PRINCIPALES ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA VERDE

- Arbolado urbano
- Parques y zonas verdes públicas
- Zonas verdes privadas y patios interiores
- Zonas verdes deportivas
- Estanques y balsas de inundación
- Ríos, arroyos y sistemas de drenaje urbanos
- Jardines y huertos comunitarios
- Cubiertas, muros y fachadas verdes.

FUENTE: compilación propia partir de CEA [2012]

2.1.3.1.3 MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL

La sostenibilidad medioambiental presenta características diferentes de la Sostenibilidad Social ni la Económica. Mientras que la sostenibilidad [social y económica] de una sociedad/ciudad admite la insostenibilidad completa [desaparición] de muchas sociedades/ciudades del entorno, la sostenibilidad [medioambiental] de una sociedad/ciudad necesita la del medioambiente global.

Evaluar la Sostenibilidad Medioambiental real de una sociedad/ciudad requiere evaluar la del medioambiente global, introduciendo dos cuestiones de gran importancia:

- La extensión del ámbito que es preciso analizar excede mucho la extensión del ámbito que estamos revisando.
- La capacidad de actuación de las ciudades sobre dicho ámbito es reducida, y será necesario establecer cuáles son las variables sobre las que se puede actuar desde la ciudad.

Para ello, de la extensa revisión realizada de las cuestiones que determinan/posibilitan la sostenibilidad del medioambiente, nos va a interesar diferenciar dos tipos de variables:

- variables que informan *directamente* de las cualidades relevantes para la sostenibilidad medioambiental [**variables descriptivas**].
- variables que informan *indirectamente* de las cualidades anteriores, sobre las que es posible actuar [**variables operativas**].

Las *variables descriptivas equivalen a las cualidades* que implica la sostenibilidad medioambiental, que es necesario evaluar directamente en el ecosistema global, mientras que las *variables operativas equivalen a las estrategias* que nos permiten alcanzarla, que en gran medida podemos revisar en las propias ciudades.

TABLA 02.10_ VARIABLES DE SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL: DESCRIPTIVAS Y OPERATIVAS		
	VARIABLE DESCRIPTIVA	VARIABLE OPERATIVA
CIUDAD	Estado Medioambiente Urbano [habitabilidad, biotopo, biodiversidad]	Infraestructura Verde Compacidad
TERRITORIO	Estado Medioambiente territorial	Modelo de ciudad compacta [usos del suelo]
	Estado elementos comunes:	Consumo de biocapacidad
GLOBAL	<ul style="list-style-type: none"> • Terrestre • Marino • Atmosfera 	Consumo de biocapacidad Usos del suelo Biodiversidad Contaminación y Cambio climático

FUENTE: Elaboración propia

Por otra parte, nos encontramos con **tres posibilidades para la formulación operativa de la sostenibilidad medioambiental desde el ámbito urbano:**

- *Vincular la sostenibilidad urbana con la sostenibilidad del ecosistema global.* El modelo pierde operatividad, puesto que la calidad del ecosistema en regiones lejanas es difícil de contro-

lar y puede empeorar independientemente de que en el ámbito urbano se llegue a un modelo 'teóricamente sostenible'⁷⁰.

- Vincular la sostenibilidad urbana con la sostenibilidad del modelo territorial en el entorno cercano al sistema urbano evaluado [que deberá englobar al menos su área metropolitana]. El modelo tiene una operatividad intermedia, puesto que la sostenibilidad territorial se relaciona con numerosas variables del territorio, que no son directamente operativas desde el ámbito urbano. Además, no necesariamente será una medida de su sostenibilidad real:
 - Por una parte, en términos de biocapacidad la extensión del territorio revisado debería coincidir al menos con la huella ecológica del sistema urbano, i.e., tener una extensión entre 300 y 1.200 veces la del área urbana⁷¹.
 - Por otra parte, "las regiones no son unidades independientes" [Rees y Wackernagel, 1994]; no basta con que una región sea sostenible en términos de 'aprovechamiento'; su funcionalidad medioambiental requiere la de todo el conjunto.
- Vincular la sostenibilidad urbana con las condiciones del ecosistema urbano y sus consumos de biocapacidad. Esto supone asumir que lo que se está evaluando es la 'sostenibilidad del modelo'. Este es el planteamiento que vamos a desarrollar, dejando por tanto pendiente la evaluación de la sostenibilidad medioambiental en los niveles superiores al desarrollo de herramientas específicas para la aplicación en dichos ámbitos.

Por tanto, vamos a resumir las variables que condicionan la sostenibilidad medioambiental en los diferentes niveles, y son **operativas desde el ámbito urbano**:

TABLA 02.11_ VARIABLES OPERATIVAS DESDE EL ÁMBITO URBANO

MEDIOAMBIENTE URBANO	<ul style="list-style-type: none"> • Las emisiones de contaminantes locales [sobre todo atmosféricos] ligadas fundamentalmente al consumo de energía. • La infraestructura verde para garantizar la regulación del medio ambiente urbano
MEDIOAMBIENTE REGIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Las variables que más impactan sobre la sostenibilidad medioambiental en este nivel son consumos de recursos, emisiones de residuos y procesos de urbanización. • La compacidad y la infraestructura verde [incluyendo corredores verdes], reducen el impacto negativo asociado a la urbanización del suelo [reducen la pérdida de regulación, biodiversidad y fragmentación de los ecosistemas]. • Indirectamente, se ha comprobado que la calidad del medio urbano [compacidad adecuada, zonas verdes y habitabilidad del entorno] influye positivamente reduciendo la huella ecológica de los habitantes.
MEDIOAMBIENTE GLOBAL	<ul style="list-style-type: none"> • Las variables más relevantes para la sostenibilidad del medioambiente global son los consumos de recursos y las emisiones de residuos, que deben minimizarse. • Indirectamente, se ha comprobado que la calidad del medio urbano [compacidad adecuada, zonas verdes y habitabilidad del entorno] influye positivamente reduciendo dichos consumos.

FUENTE: Elaboración propia

Podemos por tanto resumir las variables en dos grupos:

TABLA 02.12_ TIPOS DE VARIABLES OPERATIVAS DESDE LOS ÁMBITOS URBANOS

VARIABLES DE ESTADO	Compacidad Zonas verdes
---------------------	----------------------------

⁷⁰ Complementariamente, choca con el criterio de que un modelo operativo debe valorar variables que pueden modificar el resultado de la decisión [ver A-0.2_ LA COMPLETITUD DE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN DE LOS SSE]. Las variables que informan de ámbitos sobre los cuales nuestras decisiones tengan una influencia nula [o casi nula] podrán ser excluidas de dichos modelos.

⁷¹ Depende del número de habitantes, consumos [huella ecológica], densidad del desarrollo,...

	Infraestructura verde
	Habitabilidad
VARIABLES DE PROCESO/FLUJO	Utilización del Territorio
	Utilización de Biocapacidad
	Generación/Emisión de residuos
FUENTE: Elaboración propia	

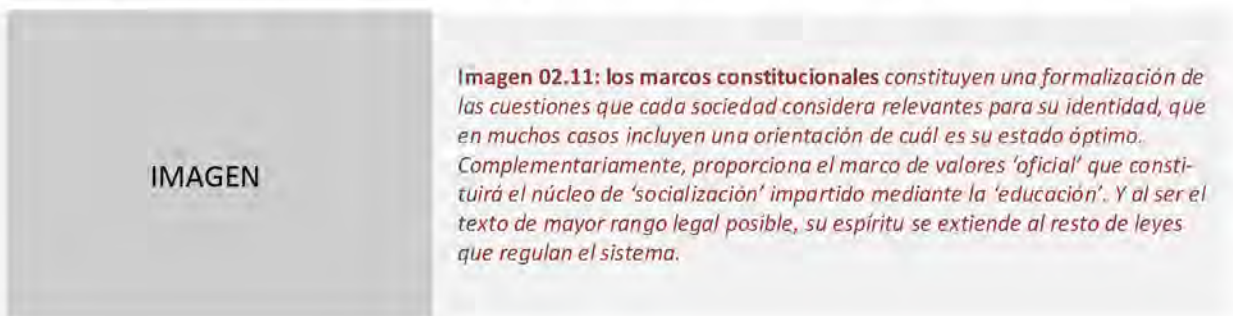
Estas variables cubren los dos impactos negativos sobre la sostenibilidad del medioambiente cuyo origen en las ciudades se considera mayoritariamente aceptado:

- **Indirectos**, a través de los consumos de sus habitantes [que condicionan la forma en que se estructura el territorio y reducen la biocapacidad disponible para otras especies] o de la emisión de residuos [que impactan dicho territorio].
- **Directos**, a través de la organización/ocupación del territorio, reduciendo la superficie de territorio en estado natural e interrumpiendo los ciclos naturales.

2.1.3.2 SOSTENIBILIDAD SOCIAL

Una sociedad es una **construcción cultural**⁷², y por tanto, su sostenibilidad es la de dicha construcción cultural; i.e., la de su identidad como sociedad. Esto nos permite acercarnos a las características que hacen sostenible a cada sociedad, a través de varias cuestiones:

- Su **cultura/sistemas de valores**, como ‘modelos’ -no necesariamente formalizados- de lo que constituye su identidad/normas que la llevan a su estado óptimo [sostenible].
- Sus **Constituciones** como modelos formalizados que describen lo que cada sociedad en su conjunto considera su ‘estado óptimo’, y que suelen aludir tanto a normas de funcionamiento como a las características de dicho estado óptimo.
- Las **Declaraciones de Derechos Fundamentales**, que incorporan los Principios y Derechos que todas las sociedades en su conjunto consideran básicos de las personas.



La importancia de los marcos culturales nos lleva hacia la **Contextualidad de la sostenibilidad**, que necesariamente se debe relacionar con las cuestiones que diferencian cada marco cultural. Sin embargo, los marcos culturales comprenden muchas cuestiones no formalizadas dificultando su ‘revisión formal’ [máxime si consideramos su elevado número]. Por ello, en el presente documento vamos a centrarnos en la revisión de modelos formalizados [Declaraciones Universales y Constituciones] de aplicación en España.

⁷² “las sociedades son construcciones culturales, [entendiendo como] cultura como el conjunto de valores y creencias que dan forma y motivan el comportamiento de las personas” [Castells, 2004].

Previamente, es necesario plantear una pregunta importante... **¿hasta qué punto una Constitución o una Declaración Internacional puede considerarse conocimiento ‘científicamente aceptable’?**

Contestarla hace necesario revisar la definición de conocimiento científico; *una Constitución será ‘conocimiento científico’ si constituye “el mejor conocimiento disponible” en la actualidad [Alvira, 2014b:96].* Y la probabilidad de que lo sea se maximiza si su redacción/mantenimiento se realiza siguiendo una **metodología científica** que podemos resumir en⁷³:

- Para su redacción se parte de la recopilación del *‘mejor conocimiento disponible’*, lo que podrá ser valorado según los efectos que diferentes reglas han producido en diferentes sociedades. Las Constituciones deberán basarse en el conocimiento/valores que producen los mayores niveles de *‘desarrollo y sostenibilidad’* en las sociedades.
- Se revisa su *Coherencia...*
 - ... *Interna*, interna al propio articulado y de unas partes con otras.
 - ... *Externa*, con otras regulaciones en dos niveles:
 - Convenciones internacionales como regulaciones de nivel superior que buscan el estado óptimo del conjunto de todas las sociedades.
 - Leyes nacionales y regulaciones locales como regulaciones de nivel inferior, que desarrollan aspectos parciales que se insertan en dicho modelo global.
- Se busca su *Perfectibilidad y Mejora Continua* [que garantice que con el paso del tiempo siga siendo el mejor conocimiento disponible], para lo cual será necesario:
 - *Contrastación/verificación periódica*. Lo que se deberá hacer en dos niveles:
 - Comprobando si el desarrollo de la sociedad según dichas normas *‘constitutivas’* es el deseado; i.e., si dichas normas hacen que la sociedad se dirija hacia su estado óptimo.
 - Comparando si otros *‘modelos de constitución’* posibles [e.g., en otras sociedades] proporcionan mejores resultados.
 - *Reformulación o corrección de errores* i.e., de aspectos que produzcan efectos sociales no deseados [o que se aparten de la evolución deseada por cada sociedad].
 - *Evolución*, como adaptación o concordancia con los *‘cambios sociales’*⁷⁴.

Esta última cuestión es fundamental; las sociedades están por naturaleza en constante cambio [evolución], por lo que *el cambio debe ser inherente a sus normas de regulación*. **Una Constitución solo puede ser óptima si se adapta a los cambios que experimentan tanto la sociedad que regula como el conjunto de sociedades con las que dicha sociedad interactúa.**

Por tanto, una *‘Constitución’* nunca debe ser considerada un texto terminado [no modificable], sino un *‘marco’* flexible cuyas adaptaciones sucesivas deben preservar la *‘identidad’* de la sociedad. **Su objetivo no debe ser definir la forma *‘acabada’* de cada *‘elemento’* sino las cualidades que en el**

⁷³ En cierto modo una Constitución es una *Teoría de lo que permite a una sociedad situarse en su ‘estado óptimo’*, y su proceso de formulación/contrastación puede [y debe] ser similar al de cualquier otra teoría científica.

⁷⁴ El conocimiento tiene carácter evolutivo, y cualquier constitución como *‘mejor conocimiento disponible’* incorpora dicho carácter evolutivo inherente al carácter evolutivo de la realidad que describe y busca regular.

momento actual se considera tendría dicha sociedad si se sitúa en su estado óptimo, así como los elementos y ‘estructura’ de relaciones que más la acercan a dicho estado.

Como conclusión podemos afirmar que *una ‘Constitución’ constituye el mejor conocimiento posible para alcanzar la ‘sostenibilidad social’* si...

- ... Su objetivo es dirigir a la sociedad hacia su estado óptimo.
- ... Verifica que sus supuestos proporcionan la mayor probabilidad de conseguirlo y...
- ... Los modifica cuando detecta errores o ineficiencias [e.g., una evolución no deseada de la sociedad o la existencia de formas mejores de regular la sociedad].

Esto nos proporciona un criterio de ‘demarcación’. Solamente podrán considerarse ‘conocimiento científico’ aquellas ‘Constituciones’ que partan del conocimiento más contrastado y contemplen su autoevaluación periódica/contraste con la realidad y acepten [e incorporen procedimientos adecuados] para el ‘cuestionamiento’ y revisión de sus enunciados⁷⁵.

A continuación vamos a revisar lo que podemos considerar ‘modelos de sostenibilidad social’, centrándonos en los marcos ‘formales’: Declaraciones Universales y Constituciones.

2.1.3.2.1 MODELOS DE SOCIEDAD SOSTENIBLE

Hemos definido una cierta ‘jerarquía’, que nos permite centrar la revisión en dos ‘modelos’ ubicados en dos escalones diferentes de la misma:

- En el nivel de las Declaraciones Universales revisamos la Declaración de Derechos Humanos.
- En el nivel de las Constituciones revisamos la Constitución Europea / Española.

Vamos pues a comenzar por el primero de dichos modelos; la **Declaración derechos humanos** [AG-NU, 1948]:

TABLA 02.13_ DECLARACIÓN DERECHOS HUMANOS (1)

- El derecho a la libertad y la igualdad de todos los seres humanos [Art 1-4 y 7] (2)
- La prohibición de la tortura [Art 5].
- El derecho a la ‘personalidad jurídica’ [Art 6]
- El derecho a la protección frente a la ley; la presunción de inocencia y a un juicio justo [Art 8-11].
- El derecho a la protección de la intimidad [Art 12].
- El derecho a la propiedad [Art 17].
- El derecho a la libertad de pensamiento, conciencia y religión [Art 18] (3)
- El derecho a la libertad de opinión y de expresión [Art 19]
- El derecho a la libertad de reunión y asociación pacífica [Art 20]
- El derecho a participar en el gobierno del país [Art 21] (4)
- El derecho a la seguridad social [Art 22]
- El derecho al trabajo y a igual salario por trabajo igual [Art 23]
- El derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure [...] la salud, el bienestar, la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales así como seguros de protección [Art 25]
- El derecho a igualdad en el acceso a la educación, que debe ser gratuita [Art 26] (5)
- El derecho a participar de la vida cultural de la comunidad, gozar de las artes y participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten [Art 27].
- Toda persona tiene deberes respecto a la comunidad, y estará sujeta a las limitaciones establecidas por la ley [Art 29].

⁷⁵ La ‘falibilidad’ y perfectibilidad’ son por tanto cualidades esenciales de una ‘Constitución’ aceptable como modelo de sostenibilidad social. Una constitución ‘dogmática’ [no ‘falible’], no podrá ser considerada ni conocimiento científico ni ‘la mejor Constitución posible’.

FUENTE: Compilación a partir de AGNU, 1948, con las siguientes notas::

- (1) Se ha realizado un resumen de los 30 artículos del texto original, incluyendo solo los artículos/partes que se han considerado más relevantes para el objetivo del presente texto.
- (2) La relevancia de este artículo se entiende mejor cuando se enuncia en forma negativa, i.e., referido a la Desigualdad [no-igualdad], que estará presente en gran parte de la revisión que seguiremos realizando, incluyendo su vinculación con el carácter más o menos democrático de las Decisiones Públicas.
- (3) Es cuestionable hasta qué punto pueden por tanto algunos estados declararse ‘confesionales’, puesto que en cierto modo ‘restringen’ la libertad de elección individual en lo tocante a la religión, al ‘preferir’ una religión a las otras.
- (4) La afirmación de que ‘la voluntad del pueblo es la base de la autoridad del poder público’ [Art. 21] se relaciona con los temas de gobernanza que veremos posteriormente.
- (5) Al menos la elemental. El acceso a los servicios superiores será igual para todos, en función de sus méritos respectivos.

La Declaración de Derechos Humanos se realiza al terminar la IIGM, tratando de constituir un marco que permita la relación entre las sociedades dificultando que vuelva a producirse otro conflicto de similares características, e incorpora dos objetivos que nos interesa destacar:

- **Busca la estabilidad de las sociedades** [tanto en su funcionamiento interno como en su relación entre ellas], que es una variable relevante para la Sostenibilidad: solo puede ser ‘sostenido’ aquello que posee cierta estabilidad.
- **Busca promover el progreso social y elevar la calidad de vida**, objetivos subyacentes al Desarrollo Sostenible.

Estos dos motivos se sitúan también en la base de la redacción del siguiente modelo que vamos a revisar; la **Constitución Española** [CGE, 1978]:

TABLA 02.14_ CONSTITUCIÓN ESPAÑOLA (1)

- El Estado propugna como valores superiores de su ordenamiento jurídico la libertad, la justicia la igualdad y el pluralismo político [Art 1]
- La soberanía reside en el pueblo y los partidos políticos expresan el pluralismo político [Art 1/6].
- [todos] los [miembros de la sociedad] son iguales ante la ley [Art 14] (2)
- Los poderes públicos deben promover las condiciones para que se cumpla el principio de igualdad y libertad [...] eliminando los obstáculos que impidan o dificulten su plenitud y facilitando la participación de todos los ciudadanos en la vida política, económica, cultural y social [Art 9] (3)
- Todos [...] tienen derecho a la educación cuyo objeto será el pleno desarrollo de la personalidad humana en el respeto a los principios democráticos de convivencia [Art 27].
- Todos contribuirán al sostenimiento de los gastos públicos de acuerdo con su capacidad económica mediante un sistema tributario inspirado en los principios de igualdad y progresividad [Art 31].
- Redistribución de la renta y Pleno Empleo. Los poderes públicos promoverán las condiciones favorables para el progreso social y económico y para una distribución de la renta regional y personal más equitativa, en el marco de una política de estabilidad económica. De manera especial, realizarán una política orientada al pleno empleo [Art 40].
- Seguridad Social. Los poderes públicos mantendrán un régimen público de Seguridad Social para todos los ciudadanos que garantice la asistencia y prestaciones sociales suficientes ante situaciones de necesidad [Art 41].
- Fomento del deporte. Los poderes públicos fomentarán la educación sanitaria, la educación física y el deporte. Asimismo, facilitarán la adecuada utilización del ocio [Art 43].
- Los poderes públicos promoverán el acceso a la cultura [así como] la ciencia y la investigación científica y técnica en beneficio del interés general [Art 44].
- Medio Ambiente y Calidad de Vida. Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona así como el deber de conservarlo. Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente [Art 45].
- Derecho a la vivienda y Utilización del Suelo. Los poderes públicos promoverán las condiciones necesarias [...] para hacer efectivo este derecho regulando la utilización del suelo de acuerdo con el interés general para impedir la especulación [Art 47].
- Función pública de la riqueza. Toda la riqueza del país en sus distintas formas y sea cual fuere su titularidad está subordinada al interés general [Art 128] (4)
- Deuda pública [Art 135]. Todas las administraciones adecuarán sus actuaciones al principio de estabilidad presupuestaria.
 - El Estado y las Comunidades autónomas no podrán incurrir en un déficit estructural que supere los márgenes establecidos por la UE para sus estados miembros [...]
 - Las entidades locales deberán presentar equilibrio presupuestario.
 - El volumen de deuda pública del conjunto de las administraciones públicas en relación con el producto interior bruto del Estado no podrá superar el valor de referencia establecido en el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (5)

FUENTE: compilación de CGE, 1978, con las siguientes notas::

- (1) Se incluyen solo los artículos/partes de artículos considerado más relevantes. La Constitución también reconoce todos los de-

- rechos fundamentales incluidos en la Declaración Universal de Derechos Humanos, por lo que no repetiremos su contenido.
- (2) Se ha adaptado el texto original. Se exceptúan los ‘extranjeros’ no nacionalizados en lo tocante al ‘Derecho de participación’ en los asuntos públicos [Art. 23].
 - (3) Podemos decir que sienta las bases de la ‘equidad y accesibilidad universal’.
 - (4) Este artículo y los siguientes se refieren a la Sostenibilidad Económica. El interés de este artículo es que una vez justificado el interés general del parámetro ‘Grado de Sostenibilidad’ [Alvira, 2014a], esta afirmación estaría justificando su utilización para la toma de decisiones públicas por encima de otros intereses.
 - (5) Se indica que los límites de déficit estructural y de volumen de deuda pública, solo podrán superarse en caso de catástrofes naturales, recesión económica o situaciones extraordinarias.

Complementariamente, vamos a revisar la **Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea** [UE, 2000]. Es interesante indicar que la Unión Europea es una institución que comprende un conjunto de países con identidades nacionales diferenciadas, de manera que constituye una ‘identidad’ común que se superpone a las ‘identidades’ propias de cada nación; aspecto que se plasma en sus regulaciones, que buscan crear un marco común [i.e., ‘unidad’] preservando la ‘diferenciación’⁷⁶.

El momento de la redacción de la ‘carta’ hace que el fomento de un “desarrollo equilibrado y sostenible” aparezca ya explicitado como uno de sus objetivos [Art. 37]:

TABLA 02.15_ CARTA DE LOS DERECHOS FUNDAMENTALES DE LA UNIÓN EUROPEA (1)

- Dignidad humana. Será inviolable, respetada y protegida [Art 1]
- Derecho a la libertad y a la seguridad [Art 6]
- Respeto a la vida privada, el domicilio y las comunicaciones personales [Art 7]
- Protección de datos de carácter personal [Art 8]
- Libertad de expresión y de información [Art 11]
- Libertad de las artes y de la investigación científica [Art 13]
- Derecho a la educación [Art 14]
- Igualdad ante la ley y No discriminación [Art 20 y 21]
- Diversidad cultural, religiosa o lingüística [Art 22]
- Seguridad social y ayuda social [Art 34]
- Acceso a los servicios de interés económico general [Art 36]
- Protección del medio ambiente y desarrollo de políticas con arreglo al principio del desarrollo sostenible [Art 37]
- Derecho a una buena administración que trate lo asuntos de cada persona imparcial, equitativamente y en un plazo razonable [Art 41]
- Derecho de acceso a los documentos [Art 42]
- Presunción de inocencia y derecho a la tutela judicial efectiva [Art 47]

FUENTE: compilación de UE, 2000, con las siguientes notas::

- (1) Se incluyen solo los artículos considerados más relevantes. La Carta de la UE reconoce [y repite] muchos de los Derechos fundamentales incluidos en la Declaración Universal de Derechos Humanos, por lo que no repetimos su contenido; solo incluimos aquí aquellos suficientemente diferentes.

La Carta de Derechos Fundamentales de la UE se basa en el Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y las Libertades, y ambos textos han sido corregidos varias veces desde que fueron formulados⁷⁷, permitiéndonos pensar que *son documentos que se verifican y perfeccionan a*

⁷⁶ Nos acerca a una característica esencial de cualquier construcción social. La ‘complejidad’ como carácter de estar ‘tejido en conjunto’ [Morín, 2008, Alvira 2014b] será una cualidad fundamental de las sociedades, que buscan crear ‘unidad’ respetando la ‘diferencia’. Este ser capaz de tejer los diferentes elementos que integran una sociedad para formar un conjunto armonioso ya está presente en Platón [367]

⁷⁷ El Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y de las Libertades ha tenido al menos 3 modificaciones.

*partir de los efectos ‘sociales’ que producen, apoyando así [al menos en parte] el carácter científico de su formulación*⁷⁸.

Complementariamente, resulta interesante incluir también uno de los ‘Principios’ incluidos en el **Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea** [UE, 2010: Art. 9]⁷⁹: “En la definición y ejecución de sus políticas y acciones, la Unión tendrá en cuenta las exigencias relacionadas con [...] la garantía de una protección social adecuada, la lucha contra la exclusión social y un nivel elevado de educación, formación y protección de la salud humana”.

Los tres textos anteriores proporcionan una enumeración amplia de cuestiones que en el momento actual se acepta mayoritariamente que definen el estado óptimo de una sociedad en dos escalas:

- Las *Constituciones* podemos considerar que tratan de establecer las características del estado óptimo de cada individuo compatibles con el conjunto de cada sociedad [equivalente a la identidad común] que regulan⁸⁰.
- La *Declaración de Derechos Fundamentales* podemos considerar que trata de establecer las características del estado óptimo de cada individuo compatibles con el conjunto de todas las sociedades.

Sin embargo, es necesario hacer algunas puntualizaciones en cuanto a las propuestas que incluyen:

- La mayoría no detallan su contenido específico⁸¹ que deberemos precisar revisando otras propuestas complementarias.
- Algunas están más relacionadas que otras con la forma urbana [y la toma de decisiones públicas], y son las que revisaremos con mayor detalle en el presente texto.
- Ciertas cuestiones relevantes para la sostenibilidad social no aparecen explicitadas [e.g., el equilibrio poblacional].

El modelo subyacente a las normas anteriores coincide aproximadamente con el modelo del *Estado del Bienestar*, y nos lleva hacia la revisión de dicho modelo y el concepto de ‘Bienestar Humano’, que nos permitirá describir con mayor detalle las cuestiones anteriores y su relación con la forma urbana.

2.1.3.2.2 BIENESTAR, DESARROLLO Y CALIDAD DE VIDA

El **bienestar humano** se considera un concepto ‘difuso’ que va desde la completa ausencia [privación] hasta el completo bienestar y agrupa numerosas dimensiones. Una propuesta de dichas dimensiones es la siguiente [MEA, 2005]:

⁷⁸ En realidad, todos los textos constitucionales que revisamos aquí presentan ciertas deficiencias importantes, tanto en su redacción, como en sus procedimientos de modificación, pero incluyen muchas cuestiones importantes.

⁷⁹ Junto con el ‘Tratado de la Unión’ son los dos textos fundamentales [y fundacionales] de la UE. Su contenido incluye muchas revisiones del Tratado de la Comunidad Europea.

⁸⁰ En la Constitución Española se refiere al Estado Español; en la Constitución Europea se refiere a la identidad común europea.

⁸¹ Esto se considera una cualidad necesaria de dichos textos. Una enumeración exhaustiva implicaría el objetivo de una elevada homogeneidad excesiva en los resultados [entre las diferentes sociedades] y en la necesidad de reformular los textos constantemente [cada vez que cada sociedad evolucionara].

TABLA 02.16_ COMPONENTES DEL BIENESTAR HUMANO

Las necesidades materiales básicas para una buena vida	Se refiere a la capacidad de tener asegurado un modo de vida adecuado, incluyendo ingresos económicos, suficiente alimento y agua, refugio [vivienda], energía para poder mantenerse a temperatura adecuada y acceso a bienes
Salud	Se refiere a la capacidad de un individuo para sentirse bien y fuerte, estar adecuadamente alimentado y sin enfermedades, tener acceso a agua potable y aire no contaminado, y tener la energía para poder mantenerse a temperatura adecuada [...] Es por tanto a la vez un producto y un determinante del bienestar.
Buenas relaciones sociales	Se refiere a la presencia de cohesión social, respeto mutuo, y la capacidad de ayudar a los demás.
Seguridad	Se refiere a la seguridad de una persona y sus posesiones, el acceso a recursos necesarios y la seguridad en relación con desastres ocasionados por causas naturales o artificiales.
Libertad de elección y acción	Se refiere a la capacidad de las personas de controlar lo que les pasa y alcanzar lo que valoran hacer o ser.

Fuente: compilación a partir de MEA, 2005: 50-54

Otra propuesta de *dimensiones del bienestar* es la de UNSRID [Alexandra, 2007: 6]:

TABLA 02.17_ AREAS DEL BIENESTAR SOCIAL

<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso • Riqueza y empleo • El medio en que se vive • Salud • Educación • Orden social • Relaciones sociales • Recreación

Fuente: UNSRID citado en Alexandra, 2007: 6. El Índice de Bienestar Social [UNSRID] comprende 20 indicadores agrupados en 7 áreas.

Podemos considerar que la utilización habitual del término **‘Desarrollo’** referido a una sociedad está por tanto ligada en esencia a un incremento del grado de bienestar en dicha sociedad [i.e., engloba los procesos que incrementan su grado de bienestar]. Una sociedad se *‘desarrolla’* cuando *incrementa su capacidad de ‘satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas’* [interpretando a UN, 1987:37] o cuando *“se amplían las oportunidades del ser humano”* [PNUD 1990 citado en Jiménez, 2007].

En cierto modo *‘progresar’* o *‘ampliar las oportunidades [posibilidades deseables] en el tiempo’*, se nos presenta como una necesidad humana más, que solo puede garantizar el desarrollo. Y existe una fuerte vinculación de las dos cuestiones anteriores con las características el marco en que se habita; *las ciudades deben constituir entornos que permitan a sus habitantes satisfacer sus **necesidades** en grado elevado y ofrezcan una variedad de **oportunidades**.*

El concepto de *Bienestar Social* es por tanto prácticamente sinónimo al de *Calidad de Vida* como *“grado en el que una sociedad posibilita la satisfacción de las necesidades de los miembros que la componen”* [Mideplan, 2003 citado en Orellana et Al, 2011:5], y cualquier proceso que los incremente en una sociedad constituirá *‘desarrollo’*.

Una propuesta de dimensiones que definen la *‘calidad de vida’* de una sociedad es el **Índice de Calidad de Vida de México:**

TABLA 02.18_ ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA DE MÉXICO

<ul style="list-style-type: none"> • Salud. • Economía. • Educación. • Seguridad. • Buen gobierno. • Vida comunitaria.
--

- Bienestar personal.

Fuente: De Jesús, 2011:86. El autor propone que el concepto de calidad de vida debe integrar: “el bienestar material, la salud, el bienestar subjetivo, la seguridad, la calidad del medioambiente, la educación, el buen gobierno, la democracia y otros” [De Jesús, 2011:84]

En mundo que concentra cada vez mayor porcentaje de la población en las ciudades, la calidad de vida está cada vez más definida por la calidad de vida urbana, que resulta de “las condiciones [objetivas y subjetivas, cuantitativas y cualitativas] en que se van desarrollando las diversas actividades del individuo” [Hernández Aja, 2001]. El autor propone tres ‘dimensiones’ de la Calidad de Vida:

TABLA 02.19_ DIMENSIONES DE LA CALIDAD DE VIDA

CALIDAD AMBIENTAL Área Territorial o Escala	Habitacional Residencial Urbana-Territorial
BIENESTAR Condiciones Objetivadas	Empleo Salud Educación
IDENTIDAD CULTURAL Vínculos e interacciones sociales	Tiempo disponible Participación y apropiación Relaciones sociales

Fuente: Hernández Aja, 2001: 51

Es importante destacar que *existe una vinculación fuerte entre las dimensiones de la sostenibilidad social y económica:*

- *En algunas cuestiones la componente social y la económica tienen un peso similar, y por tanto son difíciles de catalogar [e.g., empleo y distribución de la riqueza].*
- *Presentan una elevada interdependencia y aspectos sinérgicos [recursividad] entre ellas:*
 - los factores económicos determinan en elevado grado la Calidad de Vida.
 - los factores sociales [capital humano o social] posibilitan la existencia [o no] de algunas actividades económicas⁸².

Y esta interdependencia y sinergias también relacionan los momentos presentes y futuros, y con ello se vinculan con la sostenibilidad de las sociedades: “los resultados actuales de los ciclos económicos y del bienestar afectan a las posibilidades futuras de ‘producir’ bienestar. Los bienes de mañana son creados hoy [...] el conocimiento [de mañana] es creado por la investigación y desarrollo y la educación [de hoy]” [Van de Ven et al 1999: 13]

En este sentido, muchos autores consideran que el modelo del ‘Estado del Bienestar’ es el que mejor se adapta a las actividades económicas y de la sociedad del conocimiento.

Max Neef, Elizalde y Hopenhayn [1993 citados en Jiménez, 2007], proponen distinguir entre **necesidades** [fines determinados por la naturaleza humana] y **satisfactores** [medios determinados culturalmente], y proponen las siguientes necesidades humanas: Subsistencia, Protección, Afecto, Entendimiento, Participación, Ocio, Creación, Identidad y Libertad.

El interés de la diferenciación es que⁸³:

⁸² “Cada vez más se reconoce que el conocimiento en general y el ‘capital humano en particular’ puede ser la principal causa del crecimiento económico” [Van de Ven et Al 1999:15].

- *Suele ser más fácil medir los satisfactores [concretos] que las necesidades [abstractas].*
- *Los satisfactores suelen ser instrumentos mediante los cuales es posible actuar en la ciudad; se refieren a lo que denominamos ‘variables operativas’*
- Interpretar las ‘opciones’ en términos de ‘satisfactores’ proporciona una perspectiva diferente del valor de dichas ‘opciones’ en relación a la Calidad de Vida, que se relaciona con *la capacidad de cada bien de satisfacer necesidades, i.e., de la utilidad que proporciona.*

Esta última afirmación reviste una importancia fundamental y nos lleva a revisar [brevemente] una característica de la utilidad que proporcionan los bienes y servicios: su marginalidad decreciente.

LA MARGINALIDAD DECRECIENTE DE LA UTILIDAD

Las necesidades humanas son en parte objetivas y en parte subjetivas, y esta dualidad se transmite a la utilidad de los bienes que es en parte objetiva y en parte subjetiva. *La mayoría de los bienes que proveen utilidad a las personas lo hacen a un grupo numeroso de personas, i.e., su utilidad es objetiva [e.g., el dinero, una casa,...], pero la utilidad que proporciona utilizar un bien es diferente para cada persona e incluso para una misma persona en momentos temporales o situaciones diferentes.*

Y sabemos que en condiciones normales la utilidad que proporciona la utilización de bienes posee **‘marginalidad decreciente’** [Bernoulli, 1738]; la satisfacción de necesidades [utilidad] adicional obtenida por el usuario disminuye a medida que utiliza [o posee] una mayor cantidad del bien.

Alternativamente, lo podemos enunciar como que *la ‘relación marginal de sustitución’ de un bien o servicio es cada vez menor.* A medida que aumentamos la cantidad que tenemos del bien, la cantidad de utilidad que obtenemos de un mismo incremento del mismo es inferior, y podremos obtener una cantidad de utilidad equivalente mediante una cantidad más reducida de otro bien o servicio. Podemos enunciar lo anterior en relación a los conceptos de Calidad de Vida y ‘Satisfactores’:

- *Cuando exista una cantidad elevada de un ‘satisfactor’ determinado, incrementar una unidad adicional del mismo incrementará cada vez menos la cantidad de ‘necesidad’ adicional cubierta; i.e., incrementará cada vez menos la Calidad de Vida⁸⁴.*
- Cuando exista una elevada cantidad de un satisfactor la cantidad adicional de ‘necesidad’ cubierta por un incremento de una unidad del mismo, podrá ser conseguida con un incremento cada vez menor de otro satisfactor del cual exista una reducida cantidad.

Estos dos aspectos son fundamentales a la hora de plantear estrategias de intervención en la ciudad, que siempre deben buscar maximizar -para una cantidad similar de esfuerzo- el beneficio total obtenido. La ‘Calidad de Vida’ será optimizada cuando para una misma cantidad total de unidades de ‘satisfactores’ dicha cantidad sea distribuida lo más equilibradamente entre los diferentes tipos de satisfactores en relación a las necesidades [objetivos] para cada uno de ellos.

⁸³ Existe otro punto de interés, que iremos detallando posteriormente y que se relaciona con el hecho de que la confusión entre ‘Crecimiento’ y ‘Desarrollo’ alude muchas veces a la confusión entre ‘medios’ y ‘fines’, es decir, entre ‘satisfactores’ y ‘necesidades’.

⁸⁴ Cabe interpretar en esta línea a Alkire & Foster [2010]. En términos matemáticos, la marginalidad decreciente de la Sostenibilidad esta enunciada como Teorema en Alvira [2014a:161.Th. 09] y demostrada en Alvira [2014a. Anexo VI.3]. En términos de información, guarda semejanza con la propuesta de Allen et Al [2014].

Y hay que tener en cuenta que **casi todas las variables de diseño de las ciudades se refieren a ‘satisfactores’**, y con ello lo anterior adquiere gran relevancia, lo justificaremos posteriormente desde perspectivas complementarias.

Vamos a revisar con mayor detalle cuatro cuestiones cuya vinculación con el Bienestar y la Calidad de Vida se acepta generalmente: *libertad de elección, educación, equidad y estabilidad social*⁸⁵.

LIBERTAD DE ELECCIÓN

Existe una elevada vinculación de la Libertad de elección de cada individuo con su Calidad de Vida.

En general, podemos considerar que “un individuo es libre según lo significativas que le sean sus propias opciones de vida y el número de opciones para escoger” [Alexandra, 2007]. Y es importante indicar que ambas cuestiones se refieren a aspectos complementarios pero diferentes:

- La primera alude a la *deseabilidad de las opciones entre las cuales es posible escoger*. Existe una vinculación muy fuerte entre Libertad de elección, Sostenibilidad y Deseabilidad. La libertad de elección va aparejada a la deseabilidad de las opciones entre las que es posible escoger. Escoger entre opciones no deseables no constituye una situación de libertad.
- La segunda alude a la *cantidad de opciones ‘deseables’ entre las cuales es posible elegir*; a mayor número de opciones elegibles, mayor es la percepción de la propia libertad.

Y las sociedades como conjunto de individuos [o colectividad] actúan sobre los parámetros anteriores de dos maneras, proporcionando libertad por una parte y restringiéndola por otra:

- La acumulación de personas permite la aparición de elevada cantidad de opciones diferentes en espacios reducidos [en gran parte en las ciudades], que constituyen amplios espacios de oportunidades [opciones posibles y deseables a las personas].
- La coordinación de las relaciones individuo/colectivo lleva al establecimiento de numerosas regulaciones que limitan las acciones individuales; restringen el espacio de opciones posibles de las personas eliminando o limitando [o a veces simplemente reduciendo la deseabilidad de] aquellas que producen un perjuicio [reducen utilidad] en el nivel colectivo.

Las personas se mueven en un “espacio multidimensional de posibilidades de elección condicionadas” [Brito, 1998], y precisamente revisarlo en términos de ‘elecciones’ o ‘decisiones’ nos proporciona una perspectiva que ayuda a comprender la cuestión:

- Cualquier individuo que actúa racionalmente [las personas lo hacen la inmensa mayoría de las veces], lo hará buscando maximizar la utilidad que obtiene de cada una de sus acciones; buscará elegir la opción más racionalmente preferida [o deseable].
- Sin embargo, la maximización de la utilidad individual muchas veces choca con la maximización de la utilidad colectiva, por lo cual se establecen ‘contratos sociales o leyes’, que limitan la libertad de elección individual.

⁸⁵ Dejamos sin revisar en este apartado una variable fundamental del Bienestar y la Sostenibilidad Social: la Identidad, que revisaremos más adelante [ver 2.2.2.2 CUALIDADES DE UNA CIUDAD SOSTENIBLE].

Por tanto, las sociedades podrán maximizar la libertad de cada individuo de elegir, a partir de una combinación de dos cuestiones:

- La existencia de un *marco regulatorio que maximice la libertad individual compatible con la utilidad colectiva*⁸⁶.
- La existencia de un *marco con elevado número de ‘oportunidades’ [opciones deseables]*, que nos habla de *diferenciación y accesibilidad*, aspectos que podremos maximizar mediante un diseño adecuado del medio urbano.

Complementariamente, aparecen dos variables relevantes para la Libertad de Elección:

- La *Educación* que ayuda a definir los criterios de racionalidad y a establecer las bases de la vivencia colectiva.
- La *Equidad o Accesibilidad a Bienes y Servicios*. No solo la cantidad de opciones deseables que ofrece una sociedad es relevante; también lo es el grado en que dichas opciones son ‘posibles’ para sus individuos, i.e., en que son accesibles para ellos⁸⁷.

Vamos a revisar ambas cuestiones comenzando por la primera de ellas.

EDUCACIÓN

El término educación tiene un contenido muy amplio, y en el presente texto vamos a revisar cuatro de sus aspectos:

En primer lugar, **la educación es la principal herramienta de socialización de los miembros de una comunidad [sociedad]**. Debe impartir la visión aceptada en relación a todas aquellas cuestiones que permiten que un grupo de individuos desarrollen su vida en común, i.e., que permiten la ‘socialización’ de las personas.

La Educación construye en gran medida los paradigmas compartidos de cada grupo social; sirve para ‘dirigir’ a las personas hacia un modo de vida determinado, condicionando la elección de numerosos ‘satisfactores’ de la calidad de vida [asociación de necesidades y satisfactores]. Como consecuencia, tiene una influencia elevada en la definición de aspectos relevantes para su ‘sostenibilidad’

Y existe una aceptación mayoritaria de que la sostenibilidad requiere un cambio del paradigma actual, algo solo posible mediante la educación. *La sostenibilidad solo será posible si los sistemas de valores y sociedades se construyen sobre paradigmas sostenibles; i.e., fomentando modos de vida y paradigmas individuales que acerquen al conjunto a su estado óptimo.*

En segundo lugar, **la educación debe impartir criterios que permitan a las personas realizar decisiones racionales;** i.e., decisiones que les dirijan hacia su estado óptimo compatible con el estado óptimo del conjunto.

⁸⁶ “Toda persona debe poseer el mismo derecho al mayor esquema posible de libertades básicas compatible con un esquema similar para el resto de personas” [Rawls, 1971: 53].

⁸⁷ Una opción no posible, no es una oportunidad.

Esto se relaciona considerablemente con el punto anterior, puesto que *la propia percepción de 'lo que constituye el estado óptimo de cada uno y de la sociedad' constituye un paradigma*. Y esta cuestión tiene gran importancia porque vemos que casi siempre las personas actúan racionalmente [buscan maximizar la utilidad que obtienen de sus decisiones], pero los criterios de 'qué constituye utilidad' y cuál es el 'estado óptimo' no siempre son racionales ni consistentes con la Sostenibilidad.

En tercer lugar, se refiere a la **formación de capacidades específicas de los integrantes de cada sociedad**, lo que se vincula con su sostenibilidad social y económica:

- Se relaciona con la *Sostenibilidad Social* de dos maneras:
 - Las sociedades con mayores niveles educativos tienen mejor oferta de servicios [sus integrantes tienen acceso a mayor cantidad de oportunidades y capacidad de satisfacer sus necesidades], i.e., proporcionan a sus habitantes mayor calidad de vida.
 - Es especialmente relevante para la I+D, necesaria para el incremento constante de Eficiencia vinculado a la sostenibilidad de los SSE [Alvira, 2014. Anexo IV]
- Se relaciona con la *Sostenibilidad Económica* de dos maneras:
 - Posibilitando desarrollo de actividades económicas más especializadas.
 - Incrementa la resiliencia económica [Hausmann et al, 2007]

Y en cuarto lugar, **la Educación se relaciona con la Sostenibilidad en dos cuestiones**:

- Una sociedad con elevado nivel educativo está mejor preparada tanto para competir con otras sociedades si es necesario [lo podemos interpretar en términos de *coevolución y adaptación*] como para impactos futuros no predecibles [tendrá mayor *resiliencia*].
- Existe una aceptación mayoritaria de que la educación es un 'prerrequisito' para la equidad, accesibilidad universal y buena gobernanza; sin ella no suelen existir ninguna de las tres.

EQUIDAD

Todas las normas revisadas anteriormente [Constituciones y Declaración de Derechos] aluden a la 'igualdad de oportunidades entre las personas'. Pero es importante indicar que en ninguna sociedad es posible que todas las personas tengan exactamente las mismas 'oportunidades'. Esto se deriva en parte del hecho de que las sociedades asumen estructuras jerárquicas, que conllevan diferentes niveles de responsabilidad y esfuerzo, que son compensados mediante diferencias de oportunidades.

Las personas en niveles elevados de dichas jerarquías suelen tener mayor responsabilidad, pero también mayor nivel de oportunidades.

En general, se asume que cierta cantidad de desigualdad es necesaria para el correcto funcionamiento de las sociedades [Rawls, 1971; Alvira, 2014a:170-172] y por tanto la 'Equidad' que se busca en las sociedades no implica la 'igualdad absoluta' entre todos sus miembros sino la limitación de la desigualdad a aquella que está 'justificada'⁸⁸.

⁸⁸ "todos los valores sociales [libertad y oportunidad, ingreso y riqueza] deben repartirse de manera igualitaria salvo que una distribución no igualitaria de alguno, o todos, esos valores sea beneficiosa para todo el conjunto. La injusticia es entonces cualquier desigualdad que no produce ningún beneficio del conjunto" [Rawls, 1971:54].

Cierta desigualdad es necesaria para el correcto funcionamiento de la sociedad, pero *existen valores de desigualdad que hacen funcionar a las sociedades de manera óptima [sostenible] y valores que las desplazan hacia estados no deseados [insostenibles]*.

Por tanto, la 'Equidad' necesaria para la Sostenibilidad alude a la búsqueda de situaciones en las que los niveles de igualdad/desigualdad sitúan a una sociedad en su estado óptimo, y en este trabajo vamos a revisarla en términos de **equidad en el acceso a bienes y servicios o Accesibilidad universal**.

Esta equidad/accesibilidad alude al grado en que los integrantes de una sociedad pueden acceder a la 'utilidad' que proporciona los bienes y servicios que este ofrece. Si lo revisamos en relación al marco físico en que cada persona vive, podemos diferenciar *dos planos que se complementan*:

TABLA 02.20_ CONDICIONES PARA UNA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Necesidades de accesibilidad	Condiciones limitantes
Accesibilidad física	Condiciones físicas del medio Disponibilidad de Transporte Distribución física de los servicios
Accesibilidad económica	Coste económico Distribución de la riqueza /Renta

FUENTE: Elaboración propia

Vamos a revisar brevemente cada uno de ellos:

- La *Accesibilidad Física* se va a apoyar sobre tres pilares:
 - El primero es la concepción más clásica de la Accesibilidad, que se refiere a la no existencia de barreras al desplazamiento de las personas.
 - El segundo se basa en la necesidad de disponer de medios de transporte para acceder a aquellos servicios que no es posible alcanzar mediante desplazamientos peatonales, y suele estar vinculado a la existencia de servicios públicos de transporte.
 - El tercero se vincula a una distribución equilibrada de los servicios por las áreas urbanas.
- La *Accesibilidad Económica* se va a relacionar con el coste de los bienes/servicios en relación a los recursos económicos de cada habitante, vinculado a su vez con:
 - La distribución de la renta.
 - Existencia de costes de utilización diferenciados según la capacidad económica de cada persona.

Vemos que una variable económica [la **distribución de la renta**] va a entrar a definir en grado elevado la accesibilidad real de cada integrante de una sociedad a los bienes y servicios [utilidad] de dicha sociedad. *La Equidad en la 'Distribución del Ingreso' se configura como una variable fundamental por su capacidad limitante del acceso a los servicios urbanos de los habitantes.*

La posesión de dinero se vincula así al Bienestar, Calidad de Vida y Libertad de Elección de las personas, haciendo imposible revisar la sostenibilidad de una sociedad sin tenerla en cuenta.

Esta perspectiva nos permite conceptualizar la *exclusión social* como una situación límite en la que la mayoría de las opciones deseables para una persona en la sociedad que habita no le son accesibles [o

la mayoría de las opciones que le son accesibles en dicha sociedad no son deseables], y constituye un aspecto que reduce su sostenibilidad⁸⁹.

A partir de lo anterior, podemos definir la **Accesibilidad Universal** óptima como ‘la situación que permite el acceso en condiciones óptimas de los integrantes de una sociedad a la utilidad generada en dicha sociedad’.

Complementariamente, la equidad también se refiere al **reparto del poder**, cuya adecuada **distribución** tiene un papel central en muchos de los retos medioambientales y del desarrollo [UN, 1987:33]. La sostenibilidad de los SSE se refiere en esencia a las decisiones que dichas sociedades toman en el nivel colectivo, vinculadas a sus mecanismos de gobernanza⁹⁰.

Las cuestiones de equidad deben adoptar un papel central en las políticas de desarrollo sostenible, por varias cuestiones fundamentales:

- *Para una misma cantidad de utilidad total en un sistema, las distribuciones que buscan situaciones equitativas maximizan la utilidad total conseguida por sus individuos, y por tanto el grado de cobertura de sus necesidades. Según todas las definiciones de ‘desarrollo’, son sociedades más desarrolladas.*
- *La inequidad está vinculada a la pobreza, que constituye un obstáculo para la sostenibilidad no solo social, sino también ambiental⁹¹.*
- *La inequidad en el poder genera comportamientos que priman lo individual frente a lo común, y son en gran parte la causa de la importante degradación de los bienes comunes que no generan beneficios privados –atmosfera, servicios ecosistémicos, biodiversidad, ...-.*

ESTABILIDAD SOCIAL

Consideramos la estabilidad como aquella situación en la que una sociedad se mantiene alejada de las situaciones que implicarían un ‘cambio radical de consecuencias imprevisibles’, y se relaciona con la sostenibilidad social en dos niveles:

- La *estabilidad* es condición necesaria para la ‘identidad’ y esta es a su vez necesaria para el ‘desarrollo’ [o evolución]. Por tanto, la consecución de ‘estructuras socialmente estables’, es un prerrequisito de su sostenibilidad y desarrollo sostenible⁹².
- La *inestabilidad* conlleva inseguridad [o ausencia de seguridad], y hemos visto que la seguridad es una componente importante del bienestar humano [Maslow, 1943; MEA, 2005;...]

⁸⁹ “La exclusión social puede afectar directamente a las habilidades futuras y ‘deseo’ de las personas de participar en el mercado de trabajo. También puede afectar adversamente a la cohesión social de una sociedad. Como consecuencia, el potencial de producción futura puede reducirse” [Van de Ven et Al, 1999: 13]

⁹⁰ Adelantamos esta cuestión, que se puede revisar en mayor detalle en ALVIRA [2014a. Anexo IX]; 2.3_ ADAPTACIÓN DEL MODELO A LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES y ANEXO IV: DERECHOS FUNDAMENTALES, DEMOCRACIA Y ELECCIÓN PÚBLICA del presente texto.

⁹¹ “La pobreza [...] suele redundar en sobreexplotación de los recursos y crecimiento [insostenible] de las ciudades” [UN, 1987:26].

⁹² Una cuestión importante [y a veces difícil de modelizar] es que la identidad de los Sistemas Adaptativos implica cambio, y por tanto la estabilidad social no puede implicar mantener estructuras inamovibles. Se trata de fomentar una evolución estable.

Por ello, se hace conveniente revisar las cuestiones que determinan la *Estabilidad Social*, lo que podemos hacer revisando las que influyen sobre el **Conflicto social**, como concepto opuesto:

TABLA 02.21_ FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONFLICTO SOCIAL

Factores que aumentan la violencia	Tasa de urbanización (1) Polarización económica.
Factores que reducen la violencia (2)	La mayor tasa de escolarización. El incremento del ingreso per cápita. El mejoramiento del nivel de vida. La reducción de la marginalidad. Las mayores oportunidades. La mayor tasa de empleo.

FUENTE: Conte, 2008

- (1) “el aumento de la población urbana intensifica las interacciones sociales, entre ellas el conflicto social” [Conte, 2008:14]. Es interesante esta afirmación de la autora que nos sirve para matizar algunas afirmaciones de autores que sugieren que la ‘complejidad’ es una cualidad positiva para las ciudades. El ‘conflicto’ también es una manifestación de complejidad. La complejidad puede tener efectos positivos y negativos sobre la sociedad, y siempre deberemos buscar maximizar sus efectos positivos.
- (2) Todos ellos tienden a disminuir las tensiones y frustraciones y por ende la criminalidad. Complementariamente, el gasto militar aparece como un factor disuasorio del conflicto.

Una de las cuestiones que más ‘inestabilidad social’ produce es la **polarización** o división de la sociedad en grupos ‘antagonistas’; i.e., con identidades políticas, étnicas, religiosas o económicas diferentes que les llevan a ‘convivir sin mezclarse’, incrementando la probabilidad de enfrentamiento.

La polarización incrementa la probabilidad de aparición de conflicto, siendo caracterizable como la “suma de los antagonismos entre individuos pertenecientes a grupos distintos, concibiendo tales antagonismos como una medida de alienación entre grupos y una medida de identificación al interior de los grupos” [Esteban Ray y Duclos, 2004 citado en Conte, 2008:6]⁹³.

Se considera que los sentimientos de “identificación /alienación de los individuos respecto de los restantes miembros de la colectividad se definen sobre una base multivalente; un individuo se identifica con cualquier otro tomando en consideración las características de éste en cualquier dimensión posible” [Conte, 2008:21].

Dos grupos con identidades muy diferentes pueden ver reducida su polarización si se definen ‘áreas de coincidencia’, llevándonos a la importancia de los ‘espacios compartidos’ en la ciudad, así como de promover una ‘cultura ciudadana’ mediante la educación.

Otras cuestiones que reducen la polarización son respetar las diferencias culturales, pero poner de relieve al mismo tiempo el ‘patrimonio cultural común’ [UE, 2006: 113.Art.151] y fomentar la distribución suficiente de la riqueza y el equilibrio económico entre regiones y grupos sociales.

Es importante indicar que **existe una gran relación entre polarización y ciudad**:

- las ciudades concentran elevadas cantidades de población en espacios reducidos incrementando la probabilidad e intensidad de los conflictos⁹⁴.

⁹³ En este sentido, “la bi-polarización incrementa las posibilidades y gravedad del conflicto, especialmente cuando ambos ‘polos’ se encuentran a la máxima distancia posible” [Conte, 2008].

⁹⁴ “las ciudades son lugares de elevada concentración de problemas [...] las más elevadas tasas de desempleo se encuentran en las ciudades [...] Muchas ciudades se enfrentan a problemas de exclusión segregación y polarización” [EU, 2011: 5].

- la polarización puede plasmarse en [y potenciarse mediante] la **segregación espacial** como “separación creada por una estructura espacial impuesta sobre un espacio social que limita la interacción entre grupos raciales o sociales” [Koehler et Al, 2009:8]⁹⁵.

IMAGEN

Imagen 02.12: El marco físico puede favorecer la segregación social “creando problemas de inestabilidad: inseguridad, marginación y desobediencia civil [...] se constata una baja diversidad en las rentas, en las titulaciones, en las profesiones, [...] y en los demás aspectos incluidos en la idea de diversidad [...] Por contra, en las partes de la ciudad compacta donde los valores de diversidad son elevados, estos problemas se reducen” [Rueda, 2006: 12]

Por el contrario, la búsqueda de ‘**cohesión**’ o unidad [como opuesto a polarización y aproximadamente equivalente a estabilidad] requiere definir una identidad de ‘rango superior’ a las identidades de los diferentes grupos.

En términos de marco físico se considera que la herramienta más efectiva es compartir los espacios y servicios públicos; la mezcla de tipologías residenciales y usos, y la Accesibilidad Universal. **El modelo de ciudad compacta aparece como modelo que minimiza la polarización social, y maximiza la estabilidad de las sociedades/áreas urbanas.**

Complementariamente vamos a revisar brevemente el equilibrio demográfico.

EQUILIBRIO DEMOGRÁFICO

En un mundo de recursos finitos es evidente que el crecimiento demográfico no puede sostenerse indefinidamente; la sostenibilidad del planeta se vincula a la moderación del crecimiento de población, que debe tender a la estabilidad poblacional [Meadows et al, 1972].

IMAGEN

Imagen 02.13: El incremento exponencial de población desde la Revolución industrial es una de las principales causas de la insostenibilidad medioambiental, tanto en términos de ocupación del territorio, como de utilización de biocapacidad. Según GFN [WWW, 2012: 40] “la reducción de la biocapacidad por habitante que se ha producido en la Tierra entre 1961 y 2008 se debe fundamentalmente al aumento de la población global. Más habitantes tienen que compartir los mismos recursos. El aumento de la productividad no ha sido suficiente para compensar la demanda de esta población creciente”

Ello no quiere decir que las sociedades deban mantener en todo momento el equilibrio demográfico estricto. Incluso las comunidades biológicas más estables presentan variaciones de población; ciclos generalmente con periodos de variación superiores al anual, en el cual los incrementos de un periodo se equilibran con decrecimientos del siguiente.

⁹⁵ Para una revisión de Segregación Espacial por Renta, ver Alvira, 2017b.

Lo importante es evitar tasas elevadas de...

- ... *decrecimiento* que pongan en peligro la permanencia de una comunidad.
- ... *crecimiento* “que sobrepasen la capacidad de proveer alojamiento, asistencia sanitaria, alimento, o suministro de energía” [UN, 1987]⁹⁶

En una escala menor se sitúan los equilibrios demográficos sin modificación poblacional [por desplazamiento de personas], asociados al modelo ‘metropolitano’. En general, estas dinámicas urbanas se relacionan con diferenciales de deseabilidad [Calidad de Vida] de diferentes zonas, y por tanto se pueden ‘moderar’ incrementando la deseabilidad de las zonas que pierden población.

Complementariamente, en la actualidad las ciudades han ampliado su radio de atracción y los flujos migratorios pueden provenir de destinos muy lejanos. Crisis políticas o situaciones de pobreza extrema [a veces en destinos muy alejados]⁹⁷, pueden llevar a flujos de población que modifiquen la situación ‘social’ de una ciudad considerablemente.

2.1.3.2.3 LA MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD SOCIAL

Hemos revisado las variables que consideramos más relevantes para la sostenibilidad social, y es necesario indicar algunas cuestiones al respecto.

Aunque hemos diferenciado varios niveles de modelos [Declaraciones Universales, Constituciones...] en una estructura similar a los anillos concéntricos de Lowe, su significación es muy diferente; la sostenibilidad social presenta diferencias importantes en relación a la sostenibilidad medioambiental:

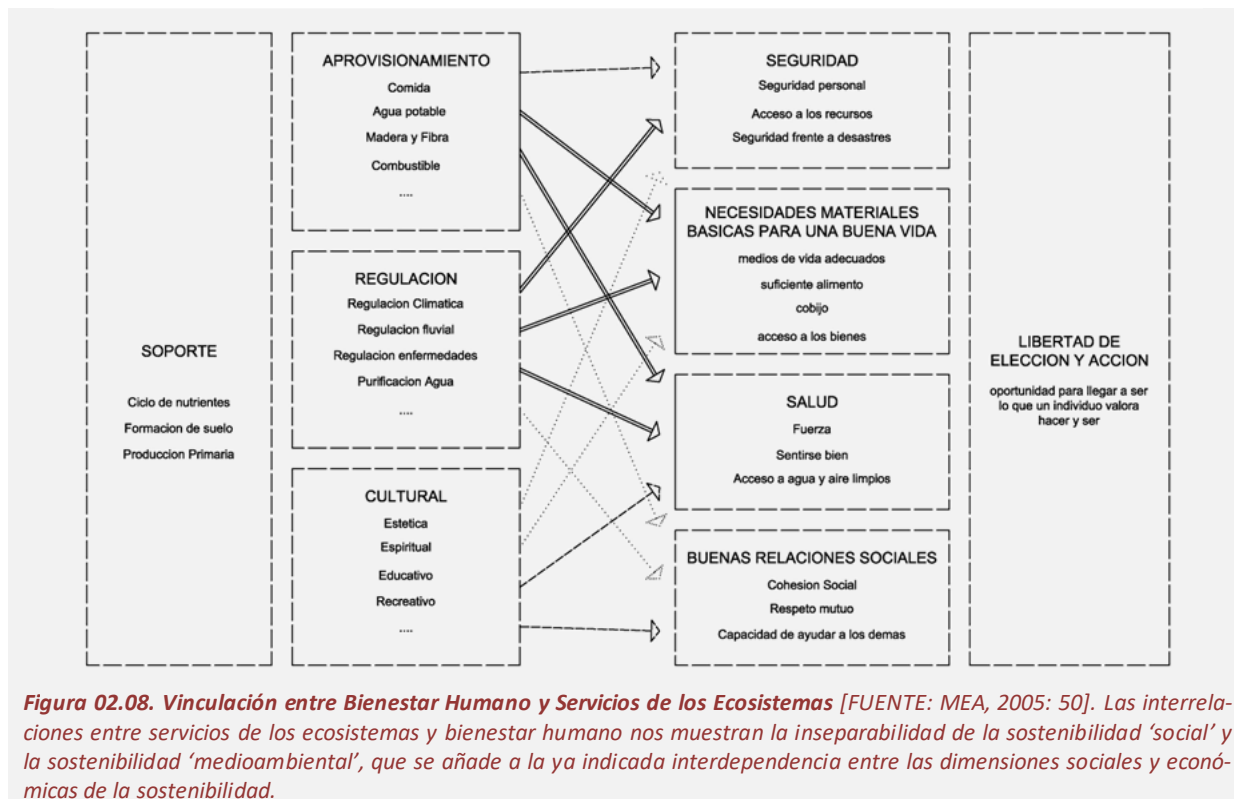
- El cumplimiento de los Derechos Humanos por todas las sociedades garantiza la sostenibilidad del conjunto de sociedades, pero no es condición necesaria [ni suficiente] para la sostenibilidad de cada una de ellas.
- El cumplimiento de la Constitución por todas las culturas que comparten dicho marco constitucional garantiza la sostenibilidad del conjunto de culturas, pero no es condición necesaria [ni suficiente] para la sostenibilidad de cada una de ellas.
- El cumplimiento de los valores culturales de cada sociedad, es requisito de su sostenibilidad.

Es decir, que **teóricamente una sociedad podría perdurar incluso aunque las demás sociedades desapareciesen, posibilitando evaluar la sostenibilidad de cada sociedad independientemente de la del resto de las sociedades**. Sin embargo, existen algunos cuestionamientos a este planteamiento:

⁹⁶ “El desarrollo sostenible solo puede ser alcanzado si el tamaño y crecimiento de la población están en armonía con el [cambiante] potencial productivo del ecosistema” [UN, 1987: 15].

⁹⁷ El diferencial de deseabilidad que motivó las dinámicas migratorias campo-ciudad a partir de la Revolución Industrial se produce ahora también en el nivel internacional, siendo la menor deseabilidad de los países subdesarrollados su principal motor. Por desgracia, habitualmente la respuesta de las sociedades desarrolladas es levantar muros cada vez más altos [un modelo similar al descrito en ‘Los Juegos del Hambre’] frente a incrementar el desarrollo de las zonas ‘productoras’ de emigrantes, mediante inversiones que incrementen las oportunidades para sus habitantes sin necesidad de desplazarse [el modelo que propugnó la iniciativa 0,7%PIB en los 90].

- La historia nos ha demostrado que en muchas ocasiones la insostenibilidad absoluta de una sociedad ha sido debida precisamente a la acción de otras sociedades [guerras, etc...]. La sostenibilidad de una sociedad no puede evaluarse sin considerar las demás.
- Existe una vinculación entre sostenibilidad social [como grado de desarrollo] y estado del medioambiente; las sociedades menos desarrolladas presentan frecuentemente un peor estado de su medioambiente⁹⁸.



Como resumen de todo lo anterior, vamos a proponer la siguiente enumeración de cuestiones relevantes de las ciudades para su sostenibilidad social:

TABLA 02.22_ VARIABLES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD SOCIAL	
Satisfacción de Necesidades (1)	Oferta urbana Accesibilidad universal / Equidad Seguridad
Educación	Acceso a educación formal e informal Investigación y desarrollo [incremento constante de eficiencia]
Estabilidad social	Cohesión Social / No polarización / no segregación física
Identidad (2)	Cultura, Elementos simbólicos, Forma Urbana
Sostenibilidad demográfica	Equilibrio población
Salud	Bioclima, actividad física [preventiva] Acceso a Asistencia Sanitaria
Fuente: Elaboración propia	
(1) Son las que más directamente se asocian con el término 'Calidad de Vida'.	
(2) Incluimos esta variable relacionada con la cultura, aunque su desarrollo lo realizamos más adelante.	
(3) Es importante indicar que la definición completa de salud equivale en gran medida a bienestar humano: "La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades" [OMS, 1948]	

⁹⁸ Y dado que la sostenibilidad del medioambiente debe ser global, esta condición se transmite 'indirectamente' a la sostenibilidad social.

2.1.3.3 SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Hemos revisado anteriormente la aparente contradicción [oxímoron] entre los términos ‘desarrollo’ y ‘sostenible’, y es importante indicar que en gran parte este oxímoron se origina desde una perspectiva económica, haciendo necesario volver a revisar esta cuestión brevemente.

2.1.3.3.1 CRECIMIENTO VS DESARROLLO: RIQUEZA VS UTILIDAD

Según el DRAE [2014] el ‘desarrollo’ [económico] es la “evolución progresiva de una economía hacia mejores niveles de vida”. Y a su vez relaciona el ‘nivel de vida’ con el “grado de bienestar, principalmente material, alcanzado por la generalidad de los habitantes de un país, los componentes de una clase social, los individuos que ejercen una misma profesión, etc.”

Vemos que el ‘desarrollo económico’ aparece vinculado al ‘nivel de vida’, que a su vez alude a la posesión de bienes ‘materiales’, en una referencia que imposibilita la sostenibilidad del incremento del desarrollo en el largo plazo. *En un mundo con límites [i.e., finito] es imposible aumentar indefinidamente la cantidad de bienes materiales que posee una sociedad.* En los términos anteriores, el desarrollo económico resulta por definición ‘insostenible’.

Para resolverlo, diferentes autores han propuesto diferenciar entre ‘crecimiento’ y ‘desarrollo’:

- El ‘crecimiento’ aludiría al incremento de ‘riqueza’, vinculada esencialmente a bienes materiales y renta.
- El ‘desarrollo’ aludiría en esencia al ‘incremento de potencialidades [oportunidades]’⁹⁹.

Según las definiciones anteriores, el crecimiento perpetuo no es posible pero sí lo es el desarrollo, entendido como “el cambio cualitativo de un sistema económico sin crecimiento físico en equilibrio dinámico con el medioambiente” [Daly y Cobb, 1989: 72].

“Existen [...] límites claros al crecimiento, pero no al desarrollo” [Castro, 2004: 97]. Consecuentemente, la sostenibilidad de las sociedades requiere ir *desplazando el foco de la economía desde el ‘crecimiento’ hacia el ‘desarrollo’* algo que ya se está tratando de conseguir bajo distintas denominaciones: Sociedad del conocimiento, ‘decoupling’, etc...

Y esta diferenciación entre crecimiento y desarrollo nos recuerda algo revisado anteriormente; *la diferencia entre satisfactores y necesidades; entre medios y fines.* Vincular el desarrollo económico al ‘nivel de vida’ equivale a en gran medida a vincularlo a los medios, no a los fines.

Se hace por tanto necesario modificar la definición anterior, lo que podemos hacer simplemente sustituyendo ‘nivel de vida’ por ‘calidad de vida’, de forma que el **desarrollo económico** sería la ‘evolución progresiva de una economía [sociedad] hacia una mayor calidad de vida’.

Y esta definición nos acerca a otra cuestión revisada anteriormente; la utilidad como medida de la cantidad de necesidades humanas satisfechas va a ser la unidad para medir el ‘desarrollo económi-

⁹⁹ “el crecimiento es un incremento cuantitativo en la escala física, en tanto que el desarrollo es una mejora o despliegue cualitativo de las potencialidades” [Daly, 1992:27]. Incrementar las potencialidades significa incrementar el espacio de lo que se pueden hacer [y es deseable hacer], i.e. el espacio de posibilidades ‘deseables’. Equivale a incrementar la ‘utilidad’ total accesible a los miembros de dicha sociedad.

co'; la economía no se va a relacionar con la sostenibilidad a través de los satisfactores [bienes materiales, dinero,...], sino a través de la utilidad que proporcionan.

El concepto de desarrollo económico propuesto nos aparta de la concepción clásica del crecimiento económico asociada al incremento de la riqueza de una sociedad, y existen dos razones complementarias que lo apoyan:

- Por una parte, la justificación final del desarrollo económico es satisfacer necesidades humanas; i.e., producir 'Bienestar Social'. Y *el bienestar social no puede ser relacionado directa e inequívocamente con el crecimiento económico*¹⁰⁰.
- Por otra parte, *el crecimiento económico en su concepción clásica no valora su propia sostenibilidad*¹⁰¹.

Por ello, será necesario sustituir el actual enfoque económico que busca contabilizar el 'incremento de riqueza' o crecimiento del sistema, por un enfoque que contabilice su 'incremento de utilidad' o desarrollo; las sociedades deberán buscar su 'desarrollo económico' mediante el incremento y maximización de su utilidad total.

TABLA 02.23_ FORMAS DE INCREMENTAR LA UTILIDAD TOTAL EN UN SISTEMA

- Incrementando el consumo de recursos (1)
- Incrementando la eficiencia en la utilización de los recursos [nuevos y existentes].
- Incrementando la accesibilidad a los recursos.
- Modificando los paradigmas de utilidad y deseabilidad (2).

FUENTE: elaboración propia

- (1) Equivale a 'crecimiento'; se incrementa el consumo de recursos para obtener mayor utilidad. El crecimiento constituye por tanto una forma de 'desarrollo' insostenible.
- (2) Supone reconocer que ciertos paradigmas actuales dificultan [mucho] la sostenibilidad. ¿Por qué consideramos que atravesar una ciudad en coche a 120 km/h pone en peligro al resto de ciudadanos y tener cinco coches no? ¿Por qué consideramos que tener cinco casas y cinco coches es deseable, cuando es claramente insostenible?

De las cuatro formas de incrementar la utilidad total en un sistema, solo la primera es claramente insostenible [se vincula al crecimiento], mientras que las tres últimas no implican insostenibilidad; constituyen formas de incrementar la utilidad en el sistema [i.e., desarrollarse] que no necesitan crecimiento.

Y la cuarta de ellas adquiere una importancia fundamental, permitiéndonos volver a insistir en algo ya comentado; *es muy difícil [quizás imposible] modificar los patrones de comportamiento sin modificar las causas que los guían, lo que alude al necesario cambio de paradigma para la sostenibilidad.*

Con esta intención, en los últimos años han surgido varios índices que buscan guiar el desarrollo económico por 'camino sostenibles', introduciendo criterios contables que implican una modificación de lo que debe y no debe ser 'valorado' en una sociedad; i.e., que se apoyan en un 'paradigma económico' diferente. Vamos a revisar algunos de ellos.

¹⁰⁰ Un ejemplo puede ser un incremento de la riqueza de una sociedad [i.e., un crecimiento económico] que se distribuya entre muy pocos de sus miembros, incrementando tanto la desigualdad como la polarización; i.e., reduciendo su sostenibilidad.

¹⁰¹ Los costes ambientales del crecimiento no suelen ser monetizados, pero además muchas veces no son monetizables, y los intentos de incluirlos en una misma cuenta proporcionan resultados sin sentido. ¿Cómo se puede valorar la reducción de una Ha de territorio natural con elevada biodiversidad? ¿Y la extinción de una especie?

ÍNDICES PARA MEDIR EL DESARROLLO ECONÓMICO

Los indicadores económicos clásicos [PIB, RBD...] contabilizan fundamentalmente el crecimiento y acumulación de capital, con la intención de evaluar la 'progresión' de las diferentes economías [sociedades]. Sin embargo, desde la perspectiva del desarrollo sostenible no son aceptables por¹⁰²:

- Contabilizan algunas cuestiones cuya 'utilidad' es discutible; i.e., que no incrementan el desarrollo de la sociedad.
- No contabilizan cuestiones no monetizables que generan utilidad [i.e., que incrementan el desarrollo de la sociedad].
- No descuentan la 'destrucción de utilidad' asociada al 'crecimiento' [e.g., daños medioambientales asociados al 'consumo' de recursos,...].
- No valoran si los procedimientos de producción de riqueza son sostenibles en el tiempo.

Frente a ello, algunos autores han propuesto una serie de índices que diferencian entre crecimiento económico que añade bienestar y el que no lo hace; i.e., entre 'crecimiento' que es 'desarrollo' y 'crecimiento' que no lo es. Se trata de propuestas que buscan valorar tres cuestiones:

- No todos los conceptos que producen 'desarrollo' están contabilizados en el 'crecimiento' y no todos los conceptos contabilizados en el 'crecimiento' implican 'desarrollo'.
- Existe una vinculación clara entre medioambiente y desarrollo económico: la degradación del medioambiente puede limitar o incluso revertir el desarrollo económico [UN, 1987:31]¹⁰³.
- La distribución del 'crecimiento' económico puede 'limitar' el 'desarrollo' generado por éste.



Imagen 02.14: Los indicadores de crecimiento miden la variación de riqueza [como renta + bienes], y no contemplan la utilidad que proporciona dicha riqueza; "a una unidad económica se le concede el mismo valor independientemente de quien la gane" [De Rus Mendoza et Al, 2006: 72]. Sin embargo, sabemos que la utilidad posee marginalidad decreciente, es decir, que dos bienes iguales casi nunca generan la misma cantidad de utilidad en una sociedad. "la medición de cambios en el bienestar social exige, además de definir algún tipo de función de bienestar que permita la agregación; medir los cambios en la utilidad individual que se experimentan como consecuencia del proyecto" [De Rus Mendoza et Al, 2006: 72]

La primera aproximación interesante la encontramos en el **Measure of Economic Welfare [MEW]** que se calcula con la fórmula [Nordhaus y Tobin, 1973]:

$$MEW = PIB + VTL + VTNR - VDM \quad (2)$$

Siendo: PIB_ Producto Interior Bruto; VTL_ Valor del Tiempo Libre; VTNR_ Valor del Tiempo No Remunerado y VDM_ Valor de Daños al Medioambiente.

¹⁰² "La posición predominante de los principales indicadores económicos es desafiada cada vez más. Las principales razones son la no consideración de otros aspectos del bienestar así como de la sostenibilidad del crecimiento económico" [Van de Ven et Al, 1999: 17]

¹⁰³ "El Medioambiente y el Desarrollo no son cuestiones separadas [...] El Desarrollo no puede subsistir a costa de la degradación de la base medioambiental; el medioambiente no puede ser protegido si el crecimiento deja fuera de sus cuentas los costes de la destrucción ambiental" [UN, 1987:32]

Lo que más nos interesa del MEW es que plantea que el PIB no refleja todas las cuestiones que deben contabilizarse desde el punto de vista del desarrollo económico, y propone contabilizar la destrucción de capital natural como coste a deducir del PIB.

Sin embargo, introduce la valoración de cuestiones ‘no monetizadas’ en los mismos términos que cuestiones que sí lo son; algo ‘cuestionable’ desde la perspectiva de sostenibilidad económica.

Otra aproximación interesante [derivada de la anterior] es el **Índice de Bienestar Económico Sostenible [IBES]** que se calcula con la fórmula siguiente [Daly y Cobb, 1989]:

$$ISEW = C_{adj} + VTD + GP - GPD - CDA - DCN + AC - G_{Privd} \quad (3)$$

Siendo: C_{adj} Consumo personal ajustado por desigualdad [multiplicado por $1 -$ Coeficiente de GINI]; VTD Valor del Trabajo Doméstico; GP Gasto Público excluyendo los gastos de defensa; GPD Gasto Público en Defensa; CDA Costos por Degradación Ambiental; DCN Depreciación del Capital Natural; AC Ajustes de Capital y G_{Privd} Gasto Privado en Seguridad.

El IBES supone un desarrollo del MEW, que busca completarlo, introduciendo algunas cuestiones interesantes:

- Introduce la valoración de la desigualdad económica, acercándonos a su consideración como ‘función social del bienestar’¹⁰⁴.
- Apunta la necesidad de revisar el uso que las Administraciones Públicas [AAPP] hace de los recursos económicos.

No obstante, presenta también algunos aspectos cuestionables desde la perspectiva de sostenibilidad económica:

- Valorar económicamente cuestiones que no generan beneficio directo [e.g., el trabajo doméstico] puede proporcionar una valoración incorrecta de la situación económica real.
- No parece razonable entender ‘negativamente’ el importe total del gasto de defensa, puesto que al menos una parte suele considerarse necesaria para la ‘prevención de conflictos’¹⁰⁵.

Otro indicador que resulta del desarrollo del IBES es el **Índice de Progreso Genuino [IPG]**, que mide el bienestar económico y el progreso social de un país, calculado con la fórmula siguiente:

$$GPI = A + B - C - D + I \quad (4)$$

Siendo: A ingreso del consumo privado ponderado por la desigualdad¹⁰⁶; B valor de los servicios no de mercado generadores de bienestar; C costo privado de evitar el deterioro del medio ambiente; D costo de la degradación de la naturaleza y los recursos naturales e I aumento del stock de capital y balance del comercio internacional.

¹⁰⁴ La importancia de esta cuestión se revisará posteriormente [ver 2.3.2.1 TOMA DE DECISIONES COLECTIVAS: TEORÍA ELECCIÓN SOCIAL]

¹⁰⁵ Aparte de lo ya comentado en el apartado anterior [disuasión de ‘conflictos internos’], los ejércitos contribuyen a disuadir de conflictos externos [Stiglitz, 2000]. Conflictos y guerras suponen una destrucción de ‘capital artificial, humano y natural’ enorme, y pueden incluso llevar a la desaparición [insostenibilidad total] de una sociedad, permitiéndonos afirmar que el gasto en defensa necesario para ejercer un efecto disuasorio que minimice el riesgo de conflictos es un requisito de la sostenibilidad.

¹⁰⁶ “Multiplicar la RBD por la Distribución de dicha Renta indica el nivel de Recursos Económicos Disponibles per Cápita, que si se distribuyera según los criterios de desigualdad considerados óptimos, produciría el mismo nivel de bienestar económico que

Los componentes individuales, que aumentan (+) y reducen (-) el valor de GPI, son los siguientes:

TABLA 02.24_ COMPONENTES INDIVIDUALES QUE AUMENTAN O REDUCEN EL VALOR DE GPI	
AUMENTAN	+ Consumo Personal índice ponderado por la distribución del ingreso + Valor del trabajo doméstico + Valor de la educación superior + Valor del trabajo voluntario + Servicios de bienes de consumo duradero + Servicios de carreteras y calles
REDUCEN	- El costo de la delincuencia - Pérdida de tiempo libre - Costo de desempleo - Costo de bienes de consumo duradero - Coste de los desplazamientos - El costo de la reducción de la contaminación del hogar - Costo de los accidentes automovilísticos - El costo de la contaminación del agua - El costo de la contaminación del aire - Coste de la contaminación acústica - La pérdida de los humedales - La pérdida de tierras de cultivo - El agotamiento de los recursos energéticos no renovables - Las emisiones de dióxido de carbono daño - El costo del agotamiento del ozono
AUMENTAN O REDUCEN	- / + La pérdida de superficie forestal y el daño de los caminos forestales + / - Inversión de capital neto + / - Endeudamiento externo neto

Fuente: wikipedia.org

Van de Ven et al [1999: 17] hacen varias críticas a estos índices alternativos para medir ‘desarrollo’, de las cuales nos interesan dos¹⁰⁷:

- *Metodológica*, ya que ponen ‘precio’ a muchos aspectos del ‘bienestar’ que en realidad no tienen precio.
- *Operativa*, ya que los indicadores sintéticos no tienen relación con las decisiones políticas, que se relacionan con diferentes dimensiones y necesitan información desagregada.

Independientemente de las críticas, estos índices constituyen un intento interesante de acercamiento económico a la sostenibilidad, origen de varias propuestas posteriores [incluyendo cuestiones incorporadas por los actuales Sistemas de Cuentas Nacionales].

2.1.3.3.2 OTRAS CUESTIONES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Los índices revisados realizan aportaciones interesantes pero también otras más cuestionables, haciendo necesario complementarlos con otra revisión de las cualidades necesarias para la sostenibilidad a partir de otra propuesta diferente; las condiciones de convergencia que planteó la Unión Europea para la ‘**unión monetaria**’ [zona euro].

la Recursos Económicos Disponible totales en su distribución actual” [Alkire y Foster, 2010:6]. A mayor desigualdad en la concentración de la renta, más fácil sería conseguir el mismo bienestar con menor RBD per cápita eficientemente distribuida.

¹⁰⁷ Los autores añaden una ‘crítica ideológica’ [con la cual no estamos de acuerdo], sugiriendo que al incorporar ponderaciones [índices de desigualdad], estos indicadores renuncian a la mera recolección de datos. Nuestra disconformidad alude a que los índices de desigualdad constituyen un dato objetivo y no ‘ideológico’.

Estas condiciones constituyen un repertorio de ‘condiciones de sostenibilidad económica’, puesto que en esencia constituye una enumeración de las condiciones que se consideraban necesarias para el desarrollo económico estable y sostenible del conjunto.

En este sentido, el *Tratado Constitutivo de la Unión Europea* [UE, 2006: 44. Art.2]¹⁰⁸ describe el ‘desarrollo [económico] sostenible’ como “un desarrollo armonioso, equilibrado y sostenible de las actividades económicas en el conjunto de la Comunidad, un alto nivel de empleo y de protección social, la igualdad [...], un crecimiento sostenible y no inflacionista, un alto grado de competitividad y de convergencia de los resultados económicos, un alto nivel de protección y de mejora de la calidad del medio ambiente, la elevación del nivel y de la calidad de vida, la cohesión económica y social y la solidaridad entre los Estados miembros”.

Para lograrlo, indica como objetivo de los países integrantes conseguir “precios estables, finanzas públicas y condiciones monetarias sólidas, y balanza de pagos estable” [UE, 2006: 46. Art.4], que aparecen como condiciones de ‘**estabilidad económica**’ que revisamos con mayor detalle:

- Para establecer si existe *estabilidad en los precios* el Tratado no propone valores fijos, sino evaluar cada estado comparándolo con los tres estados con precios más estables, siendo admisibles desviaciones monetarias inferiores al 1,5% [UE, 2006: 293. Protocolo 21].
- Para determinar la *estabilidad en la balanza de pagos y de las finanzas públicas*, el Tratado propone que los estados eviten déficits/deuda públicos excesivos, estableciendo los siguientes parámetros [UE, 2006: 293. Protocolo 20]:
 - El Déficit público se considera excesivo si supera el 3% del PIB.
 - La Deuda pública se considera excesiva si supera el 60% del PIB.

Complementariamente, el párrafo anterior alude a dos componentes del desarrollo económico:

- La ‘igualdad’ que en términos económicos interpretamos como **Distribución de la riqueza** [Accesibilidad Económica a Bienes y Servicios].
- Un **alto nivel de empleo**¹⁰⁹.

La lista anterior proporciona una serie consistente de criterios de sostenibilidad económica, pero la reciente crisis económica internacional, que ha afectado a numerosos países de la UE [algunos más que a otros] hace conveniente ampliarla con algunas cuestiones no contempladas en estos criterios:

La primera se refiere a la ya comentada ‘**insostenibilidad**’ del PIB que plantea la siguiente cuestión... ¿Puede evaluarse la ‘sostenibilidad económica’ de un país a partir de un indicador que no valora la sostenibilidad de los aspectos medidos? La respuesta parece evidentemente que no, y nos acerca a la necesidad de evaluar Déficit/Deuda en relación a un PIB sostenible¹¹⁰.

¹⁰⁸ Es importante indicar que se ‘mezclan algunas cuestiones sociales’, i.e., el tratado tiene una orientación ‘socioeconómica’.

¹⁰⁹ En relación al empleo, el Tratado en su artículo 125 indica la necesidad de contar con “una mano de obra cualificada, formada y adaptable y mercados laborales con capacidad de respuesta al cambio económico”.

¹¹⁰ En este sentido, parece necesario que la UE proponga un ‘PIB’ sostenible, que puede elaborarse en relación a los SEEA, valorando las reducciones de capital natural, pero también la sostenibilidad [renovabilidad] de los recursos utilizados.

La segunda se refiere a la **necesidad de añadir algunas condiciones complementarias a las anteriores**, que sirvan para evitar crisis futuras, entre los cuales parecen interesantes las siguientes:

- *Vigilar crecimientos económicos excesivos*. La historia nos ha demostrado que un crecimiento económico de una sociedad mucho mayor que el de las demás sociedades no puede ser sostenido durante mucho tiempo, y lleva inevitablemente a posteriores periodos de ‘recesión’.
- *Evitar estructuras económicas inadecuadas; la excesiva concentración de la economía en algunos sectores* implica elevada vulnerabilidad, y por tanto reducida resiliencia económica.
- *Evitar el endeudamiento elevado de los ciudadanos*, de manera similar a como se limita el endeudamiento de los estados.

Complementariamente, hemos indicado que es necesario un cierto cambio de paradigma económico, y vamos a revisar brevemente tres cuestiones que debería contemplar un paradigma económico más sostenible.

LA EFICIENCIA ECONÓMICA DE LAS SOCIEDADES

Sabemos que la sostenibilidad de los SSE requiere el incremento constante de su eficiencia [Alvira, 2014a] lo que desde la perspectiva de sostenibilidad económica se refiere a su **Eficiencia económica**, que podemos plantear como cantidad de ‘utilidad’ creada por unidad monetaria empleada:

$$EFE = \frac{U}{R} \quad (5)$$

Siendo: U_ utilidad total [generada en un proceso o en la totalidad del sistema] y R_ los recursos económicos empleados para producirla.

El objetivo del desarrollo económico será por tanto incrementar la Eficiencia de los sistemas, aumentando la utilidad o reduciendo los recursos necesarios, i.e., **‘hacer más con menos’**. **Incrementar la Eficiencia económica del sistema es una condición del desarrollo económico sostenible, que deberá ser incorporada como condición restrictiva en cualquier actuación colectiva¹¹¹**.

Y lo anterior es importante, porque no solo se extiende a la toma de decisiones en relación a nuevas actuaciones, sino que nos permite revisar los criterios vigentes, detectando cuáles de ellos son inconsistentes con la sostenibilidad.

En dicho cálculo será necesario contabilizar las **Externalidades** de la actividad económica, que podemos dividir en [adaptado de Stiglitz, 2000: 96]:

- *Externalidades negativas* cuando los actos de una persona imponen costes [reducciones de utilidad] a otras, por los que éstas no reciben compensación económica.
- *Externalidades positivas* cuando los actos de una persona benefician [proporcionan utilidad] a otras, por los cuales estas no proporcionan compensación económica.

¹¹¹ Incluimos en este concepto tanto las iniciativas públicas como las privadas que estén condicionadas al interés general [es decir, condicionada a la obtención de aprobación/licencia]. Esta cuestión se desarrolla posteriormente [ver 2.3 ADAPTACIÓN DEL MODELO A LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES].

Desde la perspectiva de eficiencia lo que nos interesa es la 'utilidad' total del sistema y ambos tipos de externalidades constituyen 'variaciones de utilidad' y por tanto deben contabilizarse:

- Si una actividad genera *externalidades positivas* incrementa la utilidad total en el sistema, haciéndola más 'eficiente' desde la perspectiva de sostenibilidad.
- Y si una actividad genera *externalidades negativas* produce una pérdida de utilidad en el sistema, reduciendo su 'eficiencia' desde la perspectiva de sostenibilidad.

PATRIMONIO INMOBILIARIO, ESPECULACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

La revisión de esta cuestión reviste una importancia doble para el presente trabajo:

- Constituye en gran medida la razón de la crisis económica actual de varios países de la Unión Europea [incluido especialmente España]; *el paradigma actual que considera la vivienda un área de inversión conlleva elevada insostenibilidad económica.*
- Tiene gran importancia en [y puede ser enfrentado en gran medida desde] las ciudades, que concentran en gran medida dicho patrimonio [puesto que concentran a la población].

Para revisarlo nos vamos a apoyar en la conceptualización de eficiencia propuesta.

Determinados índices plantean la contabilización del patrimonio inmobiliario dentro del 'crecimiento económico de las sociedades'. Sin embargo, esta cuestión está íntimamente ligada a su consideración como 'producto de inversión', fundado a su vez en la continua 'producción de bienes inmobiliarios' e 'incremento de su valor monetario', algo incompatible con la sostenibilidad en dos niveles:

- *La urbanización de nuevo territorio para su desarrollo inmobiliario es por definición una actividad insostenible, puesto que el territorio es finito.*
- *La utilización del patrimonio inmobiliario como 'producto de inversión' reduce la 'eficiencia económica de las sociedades', puesto que la utilidad que proporciona se mantiene constante pero 'acceder' a ella requiere consumir cada vez más recursos económicos.*

IMAGEN

Imagen 02.15: *La especulación inmobiliaria reduce la eficiencia económica de las sociedades. La utilidad que obtiene una persona de su vivienda se mantiene constante [o prácticamente constante], mientras que los recursos necesarios para acceder a dicha utilidad se incrementan; la utilidad total creada por unidad económica es cada vez menor. El incremento del valor de un inmueble por encima de la tasa de inflación supone una reducción de Eficiencia Económica del sistema, y por tanto de su sostenibilidad económica.*

Pero además, la creación de 'patrimonio inmobiliario' tiene un 'coste de oportunidad' [equivalente a una reducción de utilidad] que no suele tenerse en cuenta, que es el de *renunciar a los beneficios que los recursos empleados podrían haber producido de haberse invertido en otros sectores.*

Cuanto mayor haya sido el 'coste monetario' de dicho patrimonio, mayor habrá sido su coste de oportunidad en términos económicos. Cuanto mayor haya sido el empleo generado, mayor habrá

sido su coste de oportunidad en términos de capital humano y formación¹¹². Cuanto mayor sea el volumen generado, mayor habrá sido el coste de oportunidad en términos de materias primas [que se podrían haber utilizado para otros fines o simplemente no haber extraído] y suelo ocupado [directamente o por las infraestructuras que le dan servicio].

Complementariamente, la creación de 'patrimonio inmobiliario' no siempre crea utilidad [e.g., un edificio de viviendas puede estar vacío], o ésta puede ser muy reducida [e.g., un edificio puede estar desocupado la mayor parte del año, como sucede en la mayor parte del litoral español].

IMAGEN

Imagen 02.16: El patrimonio construido desocupado [totalmente o gran parte del año] implica una elevada ineficiencia económica, puesto que la cantidad de utilidad creada es nula o muy reducida pero se habrán inmovilizado recursos económicos, naturales –materiales, energía y suelo-. El gasto de recursos siempre implica al menos la 'desutilidad' equivalente a su coste de oportunidad; i.e., al potencial perdido de creación de utilidad. Por ejemplo, si esos recursos económicos se hubieran invertido en I+D, se hubiera podido producir tecnología que suele incrementar la sostenibilidad económica y presentar mayor estabilidad en los ciclos económicos.

La especulación en el sector inmobiliario tiende a reducir la Eficiencia y Sostenibilidad Económica de las sociedades, haciendo necesario modificar el paradigma actual:

- Las cuentas Económicas de la Sostenibilidad no deben valorar el patrimonio inmobiliario.
- Las sociedades deben evitar la especulación asociada al sector inmobiliario y la vivienda¹¹³.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Una parte importante de la actividad económica de las sociedades se basa en la explotación de los servicios de los ecosistemas. Sin embargo, muchos de los servicios de los ecosistemas necesarios para la sostenibilidad no son explotables directamente [son 'bienes públicos']¹¹⁴, y su interrelación con otros servicios de los ecosistemas que sí lo son ['bienes privados'], hace que estos últimos sean priorizados por el mercado [viéndose reducidos los primeros] cuya dinámica habitual atenta así contra su propia sostenibilidad.

Desde esta perspectiva podemos diferenciar entre tres tipos de servicios de los ecosistemas¹¹⁵:

- Los servicios de regulación y soporte son en su mayoría 'bienes públicos', y por tanto no admiten la explotación económica directa.

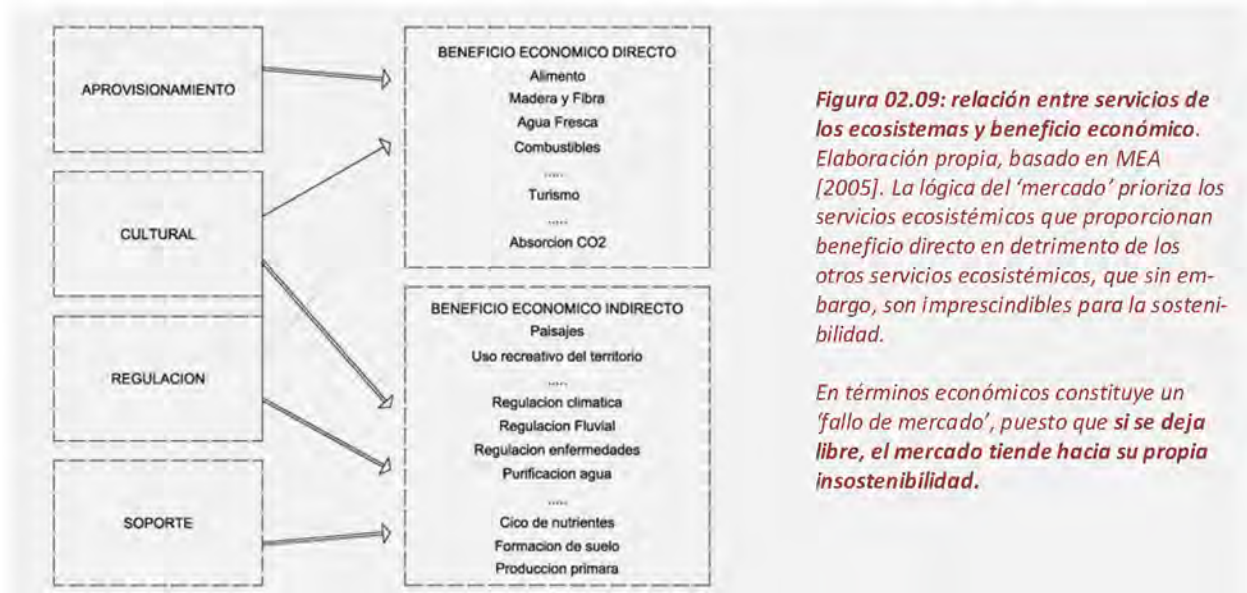
¹¹² El trabajo implica formación continua, y una concentración no sostenible del empleo en un sector, implica una formación inadecuada de muchas personas, cuya recolocación en otros sectores será difícil en el futuro.

¹¹³ Existen numerosas maneras de limitar la especulación inmobiliaria: elevar el porcentaje de vivienda protegida es la más sencilla [¿porque la vivienda protegida es la excepción y no la norma?]. Otras posibilidades son gravar progresivamente los beneficios inmobiliarios [para desincentivar márgenes muy elevados], incrementar los gastos de compraventa e IBI de la segunda y sucesivas viviendas [y reducir los de la primera] para limitar la propiedad de más de una vivienda,... La mayor dificultad no es corregir los fallos del mercado, sino modificar la percepción actual del patrimonio inmobiliario como bien de inversión.

¹¹⁴ Un 'bien público' es aquel cuyo acceso no se puede restringir [e.g., el O₂ producido por un bosque,...].

¹¹⁵ No hemos incluido el uso para 'urbanización' en la presente revisión.

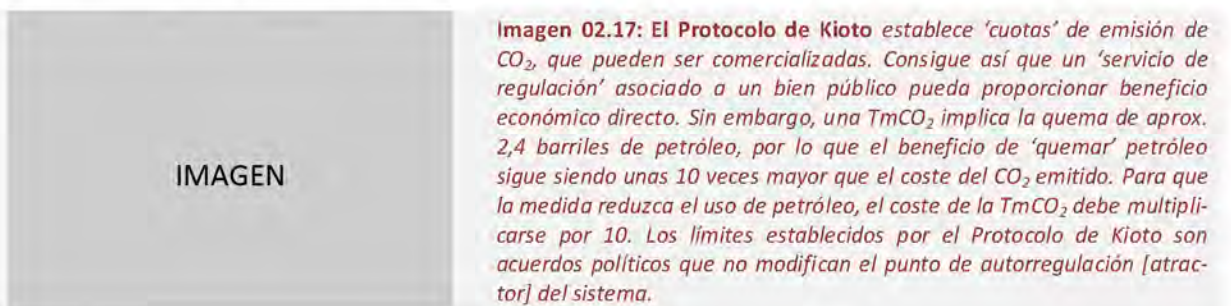
- Los *servicios de aprovisionamiento*, en su mayoría son *'bienes privados'* por lo que tienden a ser explotados comercialmente buscando el beneficio económico privado.
- Por último, los *servicios culturales pueden ser de ambos tipos*; *'bienes públicos'* –utilizables por toda la sociedad- o *'bienes privados'*, con acceso regulado mediante precio.



Esto nos permite comprender que *la dinámica natural del mercado lleva en la mayoría de los casos a una intensificación de los servicios de aprovisionamiento o culturales, y como consecuencia una reducción de los servicios de regulación y soporte*¹¹⁶.

El planteamiento económico actual tiende a producir un desequilibrio en las funciones medioambientales del territorio, y solo modificándolo podremos conseguir que este equilibrio se mantenga sin necesidad de ajuste continuo; i.e., que el sistema se 'autorregule' en la dirección adecuada.

Ello requerirá valorar de manera completa todos los costes de las actividades económicas, considerando la reducción de servicios ecosistémicos un coste a valorar, lo que podremos hacer en términos económicos [como externalidades] o de utilidad.



¹¹⁶ Ya hemos visto anteriormente que intensificar unos servicios suele redundar en empeoramiento en los otros [ver FUNCIONALIDAD DE LOS ECOSISTEMAS/ SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS].

2.1.3.3.3 LA MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Hemos revisado las variables que consideramos más relevantes para la sostenibilidad económica, que presenta diferencias importantes respecto a la sostenibilidad medioambiental y social.

La Sostenibilidad Económica presenta en común con la Sostenibilidad Social una cierta ‘autonomía’ de cada sociedad respecto al resto de sociedades; la insostenibilidad completa de una [o varias] sociedad[es] no implica la insostenibilidad completa de las demás sociedades.

Sin embargo, la economía actual implica una gran cantidad de interrelaciones entre las diferentes sociedades que hace necesario matizar lo anterior:

- Existe una vinculación entre actividad económica y sostenibilidad medioambiental. La actividad económica está en gran medida relacionada con la utilización de los recursos naturales y si ésta es insostenible, la actividad económica también lo es¹¹⁷.
- Las sociedades cuyo consumo de recursos supera su biocapacidad, suelen tratar de compensarlo mediante el control de recursos externos, lo que muchas veces lleva a conflictos armados con las sociedades que poseen dichos recursos: i.e., situaciones de elevada insostenibilidad [e.g., el petróleo en el Golfo Pérsico].
- La sostenibilidad económica de una sociedad/ciudad requiere la de aquellas otras sociedades/ciudades con las cuales realiza intercambios económicos.

Todo esto nos lleva a afirmar que la Sostenibilidad Económica de cada sociedad está en gran medida vinculada a [y deberá por tanto ser evaluada conjuntamente con] la sostenibilidad del resto de sociedades. Esta evaluación requerirá introducir ciertas peculiaridades en el modelo que revisamos más adelante¹¹⁸, por lo que de momento indicamos solo las variables que nos permiten evaluar la sostenibilidad de cada sociedad aisladamente, que son las siguientes:

TABLA 02.25_ VARIABLES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Accesibilidad Económica a Bienes y Servicios	Distribución de la Renta/Renta Disponible después de sufragar gastos fundamentales	
	Endeudamiento/Carga Económica	Administración Ciudadanos
Estabilidad Económica	Equilibrio presupuestario	Administración Ciudadanos
	Inflación Crecimiento	
Diferenciación Económica	Diversificación Actividad Económica	
Mercado de Trabajo	Tasa de empleo Estructura/Diversificación Empleo	
Fuente: Elaboración propia		
(1) Para una revisión extensa de la crisis de la Deuda de la UE28 en base términos de sostenibilidad, ver ANEXO IX		

¹¹⁷ Georgescu-Roegen [1971] revisa la actividad económica en términos de Segunda Ley de la Termodinámica, vinculada a la entrada de Neguentropía/salida de Entropía, y por tanto a un flujo necesario del sistema con su entorno. La sostenibilidad del sistema requerirá la de dicho flujo, y por tanto la de su entorno.

¹¹⁸ Ver 2.3.3.2.1 RELACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LAS CIUDADES CON EL ENTORNO

2.1.4 MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS SOCIEDADES HUMANAS

Hemos visto diferentes posibilidades de descomposición lógica de la sostenibilidad, y justificado porqué el modelo de descomposición en tres dimensiones nos parece el más coherente con la realidad y adecuado para los objetivos del modelo:

- En términos de *evaluación*, la descomposición en tres dimensiones proporciona resultados más coherentes con la sostenibilidad real de las diferentes sociedades.
- En términos *operativos*, la descomposición en tres dimensiones proporciona mejor capacidad de actuación, ajustándose a las áreas en que se puede intervenir.

Por otra parte, no vamos a establecer relaciones de contención entre dimensiones, porque si bien la sostenibilidad medioambiental es prerequisite para la sostenibilidad social, y ésta es prerequisite para la sostenibilidad económica, lo que queremos evaluar es la 'sostenibilidad de una sociedad', por lo que todas las dimensiones son en realidad un prerequisite.

De hecho, la interpretación de que una dimensión reviste más importancia que las demás puede simplemente estar 'escondiendo' cuestiones con significado 'diferente':

- Puede significar que dicha dimensión 'admite niveles de perturbación inferiores', cuestión que simplemente será necesario tener en cuenta al establecer los límites de perturbación del sistema [límites de insostenibilidad].
- Puede significar que en determinados contextos, indicadores que habitualmente identificamos con una dimensión son a la vez indicadores indirectos de otra dimensión.

IMAGEB

Imagen 02.18: En un contexto agrícola, los indicadores de precipitación [cantidad total de agua, granizo, etc...] que habitualmente consideraríamos indicadores medioambientales, puede tener también una fuerte significación 'socioeconómica' puesto que condicionan la productividad agrícola, y por tanto la economía y bienestar de la población. La fuerte 'correlación' [poca o mucha lluvia o presencia de granizo igual a poca cosecha y pocos ingresos, frente a lluvia adecuada y ausencia de granizo igual a buena cosecha e ingresos] los convierte en indicadores socio-económicos indirectos.

Por último, es importante indicar que las fórmulas de agregación otorgan una influencia relativa a cada dimensión en función de su valor en relación a las otras dimensiones, convirtiendo la dimensión en la que una sociedad presenta mayor insostenibilidad en la más importante [Alvira, 2014a:A.VI].

Complementariamente, hemos justificado la posibilidad de revisar la sostenibilidad del desarrollo de una sociedad entre dos momentos temporales a partir de la variación de su Grado de Sostenibilidad entre dichos momentos, lo que nos lleva a completar la descomposición con varios indicadores de variación, que constituyen un 'nivel transversal' [Nivel 0].

Llegamos así a una primera representación jerárquica de la sostenibilidad de una sociedad como:

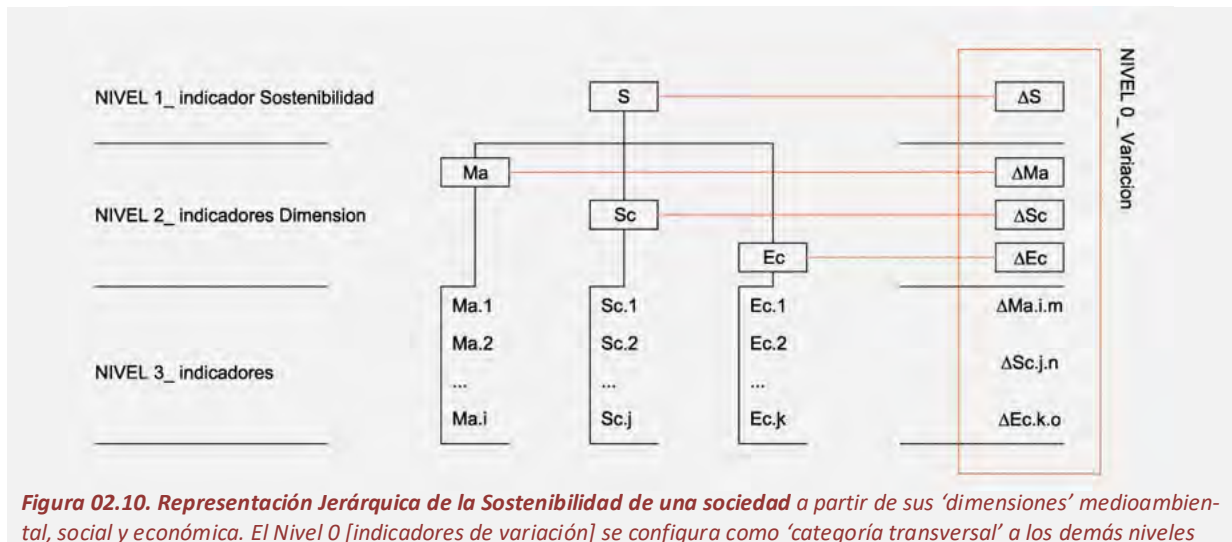


Figura 02.10. Representación Jerárquica de la Sostenibilidad de una sociedad a partir de sus 'dimensiones' medioambiental, social y económica. El Nivel 0 [indicadores de variación] se configura como 'categoría transversal' a los demás niveles

Y la enumeración detallada de los indicadores de sostenibilidad será la siguiente:

TABLA 02.26_ INDICADORES RELEVANTES				
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	
SOSTENIBILIDAD	MEDIOAMBIENTAL [MA]	Biodiversidad		
		Consumo de biocapacidad		
		Usos del suelo	Compacidad	
		Contaminación y Cambio climático		
			Infraestructura Verde	
	SOCIAL [SC]	Satisfacción de Necesidades	Oferta urbana	Accesibilidad universal / Equidad
		Educación		Seguridad
		Estabilidad social		Acceso a educación formal e informal
		Identidad		Investigación y desarrollo
		Sostenibilidad demográfica		No polarización / no segregación física
		Salud		Cultura, Elementos simbólicos, Forma Urbana
	ECONÓMICA [EC]	Acceso a Bienes y Servicios		Equilibrio población
				Bioclima, actividad física [preventiva]
		Estabilidad Económica		Acceso a Asistencia Sanitaria
				Distribución de la Renta
		Diversificación Económica		Renta Disponible después de gastos básicos
				Endeudamiento / Carga Económica
		Mercado de Trabajo		Equilibrio presupuestario
				Inflación
			Crecimiento	
		Diversificación Actividad		
		Tasa de empleo		
		Diversificación Empleo		
		Educación mercado de trabajo		

FUENTE: Elaboración propia.

2.2 LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES

Hemos revisado las cuestiones que determinan la sostenibilidad de las sociedades, y es importante indicar que en la actualidad cualquier intento de alcanzar la sostenibilidad de la sociedad humana a escala planetaria está supeditado a lograr la sostenibilidad de sus ciudades, por varios motivos:

- Las ciudades aglutinan a un *cada vez mayor porcentaje de la población mundial*, y su sostenimiento es responsable de un porcentaje todavía mayor de los recursos consumidos a nivel global, ya que la mayor concentración de renta incrementa los consumos per cápita.

IMAGEN

Imagen 02.19: “Las ciudades nunca albergaron poblaciones de la magnitud actual. Entre 1950 y 1990 la población urbana mundial se ha multiplicado por diez, desde los 200 millones hasta más de 2000. El futuro de la civilización estará determinado por y en las ciudades” [Rogers, 2000]. En la actualidad la población urbana en los países desarrollados es “superior al 75%, y en ocasiones al 85%. Sin embargo, aunque en los países en vías de desarrollo el porcentaje sea más reducido, el número total de habitantes hace que las cifras puedan ser mayores, destacando los 559 millones de habitantes urbanos en China o los 329 millones de la India” [WWF, 2012: 59]

- Las ciudades se han convertido en *centros de poder y decisión*; en ellas se ‘decide’ la organización de la mayor parte del territorio mundial, que se pone al servicio de sus necesidades.
- La *superficie urbanizada ha crecido en los últimos años* de manera considerable, teniendo en la actualidad un impacto directo apreciable en la organización física del espacio.
- Las ciudades tienen una *alta capacidad comunicativa*; son capaces de exportar su modelo de consumo/desarrollo a otras áreas, con un efecto multiplicador de su insostenibilidad actual.

Las cuatro cuestiones anteriores nos indican el carácter prioritario/urgencia de actuar sobre las ciudades, y nos permiten afirmar que *una reducción generalizada de la insostenibilidad de las áreas urbanas tendría un efecto positivo casi inmediato y multiplicado en el nivel global*.

La sostenibilidad de la sociedad se ‘decide’ en la actualidad en la sostenibilidad de sus ciudades, que se presenta como tarea ‘prioritaria’ y ‘prerrequisito’ de la sostenibilidad global: “las ciudades dan forma al mundo y nunca podremos implementar el desarrollo sostenible hasta que lo vinculemos a las ciudades” [Yanarella y Levine 1992, citado en Newman; 1999: 220].

Afortunadamente, “las ciudades tienen características que las convierten en el entorno idóneo para llevar a cabo acciones que busquen un modelo de desarrollo sostenible” que son¹¹⁹:

- Ofrecen un *marco institucional* adecuado para realizar políticas concretas y afrontar la heterogeneidad de los problemas de la sostenibilidad.
- Al ser unidades descentralizadas, permiten mayor *rapidez en la toma de decisiones*.
- Es posible elaborar estadísticas y establecer medidas de *seguimiento de las políticas realizadas de manera más rápida y sencilla* que en la escala regional o global.

¹¹⁹ Castro, 2004: 90 citando a Camagni et al 1998.

Además, la ciudad constituye una unidad para la cual es posible definir objetivos de sostenibilidad globales, concretos y cuantificables.

Cada ciudad constituye un ámbito para el cual podemos definir objetivos cuantificables de sostenibilidad y sobre el cual podemos actuar de manera coordinada mediante las instituciones que la gestionan.

Y se hace importante revisar una característica ya anticipada de las ciudades; *se organizan espacial, funcional e institucionalmente de manera jerárquica*. Hernández Aja [2000] propone que los sistemas urbanos se pueden interpretar como una **jerarquía [no estricta] con cuatro tipos de ámbitos espaciales [y posibles combinaciones intermedias]:**

TABLA 02.27_ JERARQUÍA DE ÁMBITOS DEL SISTEMA URBANO				
	VECINDARIO	BARRIO	CIUDAD	METRÓPOLI
VECINDARIO	Misma trama, Mismas promociones Límites claros Biografía común. Homogeneidad demográfica 1.500-2.500 hab Un diámetro inferior a 400 m y distancias inferiores a 5 minutos andando	BARRIO VECINDARIO Misma trama, Mismas promociones Límites claros Biografía común. Homogeneidad demográfica Hasta 5.000 hab		
BARRIO		BARRIO Niveles de apropiación. Límites percibidos 10.000 a 15.000 hab. Un diámetro inferior a 1.000 m y distancias inferiores a 15 minutos andando		
CIUDAD		BARRIO CIUDAD Percibido. Escalón Peatonal. Todos los equipamientos cotidianos. Máximo 20-50.000 hab. Un diámetro inferior a 2.000 m y distancias inferiores a 30 minutos andando	CIUDAD Equipamientos de rango superior. Universidad Heterogeneidad social. 100-200.000 hab	
METRÓPOLI				ÁREA METROPOLITANA Más de 400.000 hab.

FUENTE: Hernández Aja, 2000: 24.

- (0) Para el autor la metrópolis ha de entenderse como un mosaico de subculturas, cada una fuertemente articulada, con valores nítidamente delineados y diferenciados de los demás, [lo que] no implica inaccesibilidad ni que cada subunidad esté cerrada.
- (1) El autor propone “el barrio ciudad como unidad básica de la estructura urbana, capaz de sostener una calidad de vida ciudadana”; es decir, como una unidad [o escala de actuación] en la que es posible observar la complejidad de las funciones urbanas en un espacio concreto, reconocible y aprehensible.

Aja afirma que “la ciudad es el espacio que mejor ha sido capaz de dar satisfacción a las necesidades del hombre” y nos acerca a su revisión desde una multidimensionalidad que la interpreta como una superposición de escalas, cuya comprensión requiere tanto revisar las partes que la componen como las relaciones que se establecen entre ellas.

La organización espacial-funcional y administrativa [institucional] de las ciudades adquiere importancia porque se relaciona con dos cuestiones claves para el modelo que aquí proponemos:

- *el modelo operativo deberá orientarse a su utilización en el marco institucional de la ciudad;* i.e., adaptarlo a sus diferentes niveles/escalas de organización institucional.
- *actuar sobre las ciudades requerirá identificar zonas con cierta similitud morfológica y/o suficiente entidad funcional.* Esto nos llevará a diferentes criterios de actuación según el tamaño [y a veces morfología] de ciudades/áreas urbanas. Mientras en pequeñas ciudades [10.000-25.000 hab.] los análisis y planteamientos de actuación podrán/deberán ser con frecuencia globales, en áreas urbanas de mayor dimensión será necesario, en general, manejar diferentes escalas de aproximación:
 - *la escala global de la ciudad en su conjunto*, que constituirá un enfoque arriba-abajo.
 - *la escala intermedia del Barrio/Barrio-ciudad* como unidades con suficiente entidad/autonomía funcional, cuya articulación permite conformar una actuación/unidad global [enfoque abajo-arriba]

Estas dos escalas de aproximación serán complementarias [las actuaciones deberán detallarse, pero relacionarse adecuadamente en el nivel global], si bien el modelo que propondremos en este trabajo se centrará en la evaluación en la escala *barrio* y *barrio-ciudad* como piezas básicas de articulación [Zarza, 1996: Hernández Aja, 2000] a partir de las cuáles podremos afrontar la mejora del conjunto urbano.

Complementariamente la elección de la escala de aplicación del modelo en el nivel barrio ciudad también se justifica porque constituye una escala que permite validar –al menos en parte- los efectos obtenidos.

Sin embargo, el modelo también podrá en ocasiones aplicarse en el nivel global de la ciudad, por lo que no limitaremos el análisis a ámbitos tipo barrio-ciudad, sino que revisaremos las cualidades que la ciudad debe poseer en su conjunto, considerando que para que estas cualidades emerjan en el conjunto, deben estar “presentes” en cada una de sus partes¹²⁰.

Vamos pues a revisar la sostenibilidad de las ciudades, desde dos perspectivas complementarias a las ya revisadas para las sociedades:

- En primer lugar, revisaremos diferentes propuestas de **cualidades que ‘debe tener’ una ciudad sostenible**, que nos permitirán *evaluar el grado en que una ciudad pertenece a la ‘clase de las ciudades sostenibles’ a partir del grado en que pertenece a las diferentes sub-clases contenidas en dicha clase [Alvira, 2014a]¹²¹.*
- En segundo lugar, revisaremos las propuestas de la **Ecología Urbana** que interpreta la sostenibilidad de las ciudades en términos *Sistema-Entorno*.

A la revisión ya realizada de la sostenibilidad de las sociedades [principalmente desde la perspectiva de tres dimensiones] vamos a incorporar así en el nivel urbano las descripciones de ‘ciudades sostenibles’ y su revisión en términos sistema-entorno, considerando que la combinación de las tres perspectivas nos permitirá una modelización/representación muy completa de la sostenibilidad urbana.

¹²⁰ Se relaciona con el Principio Hologramático [Morín, 1979 y 1990], la Autosemejanza [Mandelbrot, 1983].

¹²¹ O dicho de otra manera; podemos determinar el grado en que ‘una ciudad es sostenible’ a partir del grado en que posee las diferentes cualidades que consideramos necesarias para su sostenibilidad.

2.2.1 LA CARACTERIZACIÓN DE UNA CIUDAD SOSTENIBLE¹²²

2.2.2.1 LA CIUDAD COMO LUGAR DE CAMBIO

Hemos afirmado que el ‘cambio’ es una cualidad inherente a la Sostenibilidad de las Sociedades como SSE, y se hace necesario revisar esta cuestión de manera más directamente relacionada con las ciudades, cuyo marco físico está en continuo cambio que podemos relacionar con dos cuestiones:

- La *continua falta de adaptación de la ciudad a las necesidades y exigencias del presente*; la ciudad como proceso histórico siempre está adaptada a las necesidades del momento anterior [Fariña, 2010].
- El *desarrollo tecnológico conlleva la aparición de nuevas posibilidades* que son incorporadas a la oferta urbana.

El cambio es por tanto inherente a las ciudades; “la forma de la ciudad nunca está acabada [...] las ciudades continuarán cambiando, creciendo o encogiéndose, expandiéndose o contrayéndose, para adaptarse a las condiciones [...] cambiantes” [Frey, 1999]. El cambio llega a ‘definir’ la ciudad, lo que podemos revisar en tres afirmaciones con similares connotaciones:

- Rogers [2000] define la ciudad como una “una matriz compleja y cambiante de actividades humanas y efectos medioambientales”.
- Hough [1998:19] afirma que “la forma urbana es la consecuencia de un constante proceso evolutivo impulsado por los cambios económicos, políticos, demográficos y sociales [...] El concepto de proceso tiene unas implicaciones radicales sobre el paisaje de la ciudad”.
- Frey [1999] sugiere que “la ciudad en la actualidad es conformada más que nunca por nuestro modo de vida, las comunicaciones y el transporte, la tecnología que usamos y las fuerzas económicas”.

Podemos considerar que la afirmación de Bettini [1998:68] de que “la ciudad [...] no se puede encajar en un proyecto” también alude a este ‘cambio continuo’ de lo urbano.

Este carácter cambiante de las ciudades deberá ser interiorizado por cualquier modelización de su sostenibilidad, que deberá modificarse de manera acorde al objeto modelizado; *cualquier modelo para monitorizar/modelizar la sostenibilidad urbana deberá estar continuamente actualizándose*. El cambio incrementa la dificultad de modelizar la sostenibilidad urbana, pero también constituye una ‘herramienta’ para dirigir la ciudad en la dirección deseada. La ciudad siempre está en cambio, y éste cambio ‘constante’ puede ser aprovechado para dirigirla con menor esfuerzo hacia situaciones de mayor sostenibilidad.

Se hace necesario recordar una cuestión importante; la ciudad como SSE posee teleología. Muchos de sus procesos de cambio llevan implícita una ‘meta’¹²³, y resulta evidente que el desarrollo [cam-

¹²² En términos de ‘Lógica de Clases Difusas’ constituye la ‘Caracterización de la Clase de las Ciudades Sostenibles’.

¹²³ “No puede concebirse [...] el comportamiento y la sociedad humanos- sin tener en cuenta lo que variada y vagamente se llama [...] intencionalidad, persecución de metas y cosas semejantes [...] la finalidad implica que] el comportamiento actual está determinado por previsión de la meta [...] la meta futura está ya presente en el pensamiento y dirige la acción presente” [Von Bertalanffy, 1968: 46/81]. Sin embargo, no hay que olvidar que ciertos procesos de cambio se deben a comportamientos no necesariamente teleológicos [comportamientos adaptativos, de complejidad desorganizada o caóticos] propios de los SCA.

bio] urbano será sostenibles si dichas metas lo son. El camino hacia la sostenibilidad urbana comienza necesariamente eligiendo ‘metas’ adecuadas’.

Esto es interesante, porque la idea de ‘meta’ nos acerca a un término ampliamente utilizado en Diseño/Proyecto Urbano: el diseño de escenarios. Elegir una meta -y describirla suficientemente- será en gran parte equivalente a diseñar un ‘escenario de futuro’.

Nuestra capacidad de dirigir el cambio urbano hacia futuros más sostenibles va a relacionarse con nuestra capacidad de elegir escenarios de futuro que lo sean, para lo cual será necesario tanto ‘diseñarlos’ como ‘evaluarlos’ [cuantificar la sostenibilidad de diversos escenarios posibles], para poder establecer cuáles de ellos son más sostenibles que el actual –o previsto- y convertirlos en ‘metas’¹²⁴.



Imagen 02.20: El nombre del modelo ‘meta_S’ [Modelo Estratégico para la Transformación de Asentamientos para su Sostenibilidad] alude tanto a la importancia de las metas para el desarrollo de los SSE/SA, como a que solamente estableciendo metas ‘Sostenibles’ se puede avanzar hacia la sostenibilidad. Y la racionalidad de los SSE nos lleva a insistir en algo fundamental; la elección racional requiere establecer un orden de preferencia entre opciones [i.e., ordenarlas según el grado en que cada una es ‘deseada’], y nos obliga a cuestionar el paradigma de ‘deseabilidad’ actual: *¿puede llegar a ser sostenible una sociedad en la que poseer cinco coches y cinco casas se considere ‘deseable’?*

Se trata por tanto de tener una ‘meta’ o ‘visión global’ de hacia dónde se desea llevar la ciudad, teniendo en cuenta que para que eso pueda producirse, será necesario contar con al menos **tres ‘imágenes’ diferentes de la ciudad:**

- Una imagen de *donde está la ciudad* en el momento de la evaluación.
- Una imagen de *hacia dónde se dirige la ciudad* según la tendencia de cambio actual.
- Una imagen o *visión del futuro que se quiere para la ciudad*¹²⁵, con una idea –al menos general- de cómo se puede llegar hasta él [las estrategias necesarias para lograrlo].

La ‘visión’ se constituye en meta que señala la ‘evolución’ que se quiere para la ciudad, permitiendo dirigir el cambio hacia ella.

Las cuestiones anteriores nos permiten extraer algunas conclusiones importantes:

- La ciudad está en proceso continuo de ‘adaptación’, que se presenta como motor fundamental de sus cambios/evolución.

¹²⁴ Este es el principio de la teleología de los Sistemas Adaptativos; considerar que el fin está implícito en las acciones que se toman para alcanzarlo, y es el que nos permite considerar que los SA actúan racionalmente. Solo una entidad capaz de prever los resultados de sus acciones puede elegir racionalmente entre ellas, y dicha elección vendrá determinada por aquel resultado que se prefiera alcanzar.

¹²⁵ Esta visión de futuro coincide con “el modelo de ciudad que la comunidad desea para los años venideros’ [...] Esta ‘visión’ se convierte en ‘sinónimo de imaginación de futuro [...] Una ciudad necesita reflexionar sobre la visión o el modelo que debe guiar su desarrollo físico, económico y social. En otras palabras, necesita imaginar su futuro” [Fernández Güell, 2006: 209-210]. Por otra parte, es importante indicar que “No existe una única visión de un modelo de ciudad. De hecho, puede haber tantas como habitantes haya [...] se corresponde con lo que querrían que fuese su futuro’ [EU, 2011:10].

- Este cambio continuo se transmite a la medida de su grado de sostenibilidad confirmando su carácter de estado estacionario o equilibrio dinámico [Daly, 1972; Meadows et Al, 1972].
- Debido a lo anterior, tan importante como conocer el grado de sostenibilidad de un área urbana en un momento dado será poder prever su evolución.
- Dado que la ciudad es un lugar en continuo cambio, las estrategias más eficaces para lograr la sostenibilidad urbana serán aquéllas que aprovechen esa necesidad de cambio [y estructuras existentes para gestionarlo] para dirigirlo hacia ‘futuros’ más deseables / sostenibles¹²⁶.

Se hace necesario aprovechar el carácter de ‘cambio continuo’ [o ‘continua evolución’] de la ciudad, para que sus transformaciones habituales se dirijan siempre hacia la sostenibilidad, i.e., se realicen siempre buscando dirigir el cambio hacia las situaciones con mayor grado de sostenibilidad posible.

Para ello será necesario identificar tanto futuros más deseables [más sostenibles], como estrategias que permiten alcanzarlos. Y podremos interpretar que las cualidades de la ciudad sostenible permitirán diseñar ‘metas o visiones de futuros más deseables’, mientras que las estrategias para hacer más sostenibles las ciudades nos proporcionarán los ‘cursos de acción’ que nos permitan alcanzarlos

Vamos pues a revisar ambas cuestiones empezando por la primera de ellas.

2.2.2.2 CUALIDADES DE UNA CIUDAD SOSTENIBLE

La descripción de las cualidades que debe tener una ciudad sostenible se considera clave, puesto que proporciona ‘visiones’ o ‘metas’ hacia las cuáles dirigir el ‘cambio urbano’.

Por otra parte, el carácter dinámico de la ciudad y la sostenibilidad hace que por fuerza esas visiones deban ser descripciones ‘dinámicas’ y no ‘estáticas’; se tratarán por tanto más de cualidades que de características físicas concretas, puesto que estas últimas se modifican en el tiempo¹²⁷.

Vamos a hacer una selección de cuatro propuestas que nos permiten acercarnos a las cualidades que debe tener una ciudad sostenible:

Frey revisa la ciudad relacionándola con la Pirámide de Maslow como ‘herramienta’ para poder medir el nivel de aspiraciones y necesidades humanas que una ciudad es capaz de ‘satisfacer’, enunciando una serie de principios que definen/debe cumplir una ‘buena ciudad’ [Frey, 1999:17]:

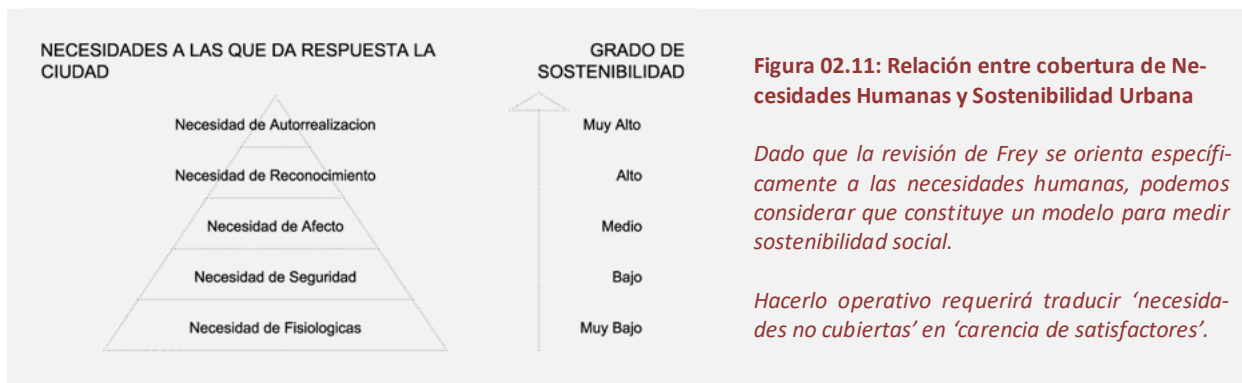
- Satisface las necesidades físicas de sus ciudadanos, proporciona un lugar para vivir y trabajar, unos ingresos razonables, educación y aprendizaje, transporte y la posibilidad de comunicación, acceso a servicios y equipamientos.
- Debe ofrecer seguridad y protección, un entorno visual y funcionalmente ordenado, libre de contaminación, ruido y accidentes, y crímenes.

¹²⁶ Ya hemos explicado la vinculación entre ‘Sostenibilidad’ y ‘Deseabilidad’, que podemos apoyar en el desarrollo social como ampliación de opciones deseables [y por tanto de deseabilidad], o simplemente por la condición de ‘Racionalidad’ de los SA [Alvira, 2014a].

¹²⁷ Cada cualidad equivalen a una clase y su cambio puede ser de dos tipos. Se pueden modificar las clases que incluimos en el concepto Sostenibilidad, o se pueden modificar las variables que definen la pertenencia a dichas clases. Cualquiera de dichos cambios implicará con elevada probabilidad características físicas diferentes.

- Tiene un entorno social ‘conductivo’. Un lugar donde las personas encuentren sus raíces y [...] permita al individuo ser parte de la comunidad y proporcione el sentido de pertenencia a un lugar, a un territorio.
- Tiene una imagen adecuada, una buena reputación y prestigio, proporcione a las personas sensación de confianza y fuerza, un ‘status’ y dignidad.
- Ofrece a las personas la oportunidad de ser creativos, conformar su espacio personal y expresarse a sí mismos, ofrece a las comunidades la posibilidad de conformar sus distritos y barrios según sus propias necesidades y aspiraciones.
- Está bien diseñada, es estéticamente agradable, físicamente representable, [...] es un lugar de cultura, y una obra de arte.

Los principios anteriores nos permiten caracterizar el Grado de Sostenibilidad [social] de una ciudad en función de su capacidad de dar respuesta a las necesidades humanas, relacionándolo con su posición en la pirámide de Maslow:



Es importante indicar que la jerarquía implica una diferente relevancia de las necesidades; las necesidades en escalones más bajos son más importantes, lo que podemos interpretar de dos maneras complementarias:

- Poder satisfacer necesidades situadas en escalones superiores requiere haber satisfecho en grado suficiente las necesidades de escalones inferiores¹²⁸.
- La ‘marginalidad decreciente de la utilidad/sostenibilidad’ implica que incrementa en mayor medida la sostenibilidad cubrir en mayor grado las necesidades elementales que resolver en igual grado necesidades más elevadas en la jerarquía.

Por ello, en cualquier sistema siempre será necesario resolver en mayor medida las cuestiones que afectan a necesidades más elementales. Hemos dicho que la ciudad es un medio para satisfacer necesidades humanas, y esta asociación entre ‘cobertura de necesidades humanas’ y sostenibilidad se presenta como una ‘escala’ de medición indirecta de su ‘grado de sostenibilidad’, permitiéndonos establecer objetivos en función de las ‘necesidades no cubiertas’.

¹²⁸ Maslow [1943] indica que la pirámide no es una jerarquía estricta: un escalón de necesidades no se debe cubrir al 100% para poder satisfacer escalones superiores [sugiere que un ciudadano medio tiene un 85% cubiertas sus necesidades fisiológicas; un 70% su necesidad de seguridad; un 50% su necesidad de amor; un 40% su necesidad de reconocimiento y un 10% su necesidad de autorrealización].

Además, Frey hace referencia a tres cuestiones que debe resolver una ‘buena ciudad’ y que están íntimamente relacionadas:

- Proporcionar ‘sentido de pertenencia’
- Tener una buena ‘imagen y estética urbana’
- Ser ‘físicamente representable’ [equivale a la ‘imageability’ que propone Lynch, 1965].

Estas tres cuestiones aluden a aspectos cuya relevancia para la sostenibilidad hará necesario definir variables que nos permitan valorarlas en el modelo.

Rogers [2000] propone una descripción interesante de una **ciudad sostenible**, que según el autor debe ser...

- ... *una ciudad justa*, donde la justicia, los alimentos, el cobijo, la educación, la sanidad y las posibilidades se distribuyan debidamente y donde todos sus habitantes se sientan partícipes de su gobierno.
- ... *una ciudad bella*, donde el arte, la arquitectura y el paisaje fomenten la imaginación y remuevan el espíritu.
- ... *una ciudad creativa*, donde la amplitud de miras y la experimentación movilicen todo el potencial de sus recursos humanos y permita una más rápida capacidad de respuesta ante los cambios.
- ... *una ciudad ecológica*, que minimice su impacto ecológico, donde la relación entre espacio construido y paisaje sea equilibrada y donde las infraestructuras utilicen los recursos de manera segura y eficiente.
- ... *una ciudad que favorezca el contacto*, donde el espacio público induzca a la vida comunitaria y a la movilidad de sus habitantes y donde la información se intercambie tanto de manera personal como informáticamente.
- ... *una ciudad compacta y policéntrica*, que proteja el campo de alrededor, centre e integre a las comunidades en el seno de vecindarios y optimice su proximidad.
- ... *una ciudad diversa*, en la que el grado de diversidad de actividades solapadas anime, inspire y promueva una comunidad humana vital y dinámica.

Esta descripción insiste sobre algunos aspectos comentados anteriormente, y vamos a destacar tres de ellos:

- La *belleza* [comentado anteriormente en Frey] que podemos relacionar con los conceptos de *identidad* y *sentido de pertenencia*, fundamentales para la Sostenibilidad urbana¹²⁹.
- La *creatividad* como *capacidad humana de respuesta para enfrentar los cambios*, y que está relacionada íntimamente con el desarrollo de la *sociedad del conocimiento*¹³⁰.

¹²⁹ El autor afirma que “es necesario que [la sociedad] este convencida del valor de la belleza de la ciudad y sentirse orgulloso de ella”. También es interesante la afirmación del Grupo de Expertos de la Unión Europea “la identidad es una de las cuestiones más importantes para preservar en las Ciudades y Pueblos Europeos” [EU, 2004].

¹³⁰ Según el autor, el camino hacia la sostenibilidad para por “movilizar el pensamiento creativo y la tecnología para asegurar el futuro de la humanidad en este pequeño planeta de recursos finitos” [Rogers, 2000]. Esta necesidad de ‘creatividad’ la hemos justificado en Alvira [2014a. Anexo IV] en la relación existente entre ‘Sostenibilidad’ y ‘Eficiencia’. Mantener la sostenibilidad de

- La idea de *ciudad compacta* como “ciudad densa y socialmente diversa, donde las actividades sociales y económicas se solapan y donde las comunidades puedan integrarse con su vecindario” y por tanto *esencialmente ‘compleja’* [Rogers, 2000].

La ciudad compacta sigue apareciendo como modelo físico capaz de proporcionar respuesta a un número elevado de cuestiones relevantes para la sostenibilidad.

Otra propuesta interesante es la ‘**ciudad del mañana**’ [UE, 2011] que propone un modelo de ciudad europea ‘referido al pasado’ [identidad] y al ‘futuro’ [valores], que describe de la siguiente manera:

TABLA 02.28_ CUALIDADES DE LA CIUDAD DEL MAÑANA

<p>Es un lugar de progreso social avanzado...</p>	<p>... con una alta calidad de vida y el bienestar en todas las comunidades y barrios de la ciudad.</p> <p>... con un alto grado de cohesión social, equilibrio e integración, seguridad y estabilidad en la ciudad y sus barrios, con pequeñas disparidades dentro y entre los barrios y reducido nivel de segregación espacial y marginación social.</p> <p>... con una justicia social fuerte, protección, bienestar y servicios sociales, sin pobreza, exclusión social o discriminación, y una existencia digna para todos, con buen acceso a los servicios generales, preventivos la atención médica y tratamiento médico.</p> <p>... con vivienda socialmente equilibrada, saludable y decente, vivienda social adecuada y asequible, con alta calidad arquitectónica, diversidad e identidad.</p> <p>... con buena educación, formación profesional y continua oportunidades de formación, incluso para las personas que viven en los barrios desfavorecidos.</p> <p>... donde [todos] pueden llevar una vida digna e independiente y participar en la vida social y cultural, los barrios son atractivos y existe igualdad de derechos para [todos].</p>
<p>Es la plataforma para la democracia, el diálogo y la diversidad cultural...</p>	<p>... con una rica diversidad cultural y lingüística y un diálogo social e intercultural.</p> <p>... donde el derecho a la libertad de expresión, de pensamiento, de conciencia y de religión y el derecho a manifestar la religión o las creencias, el culto, la enseñanza, la práctica y observancia sean respetados.</p> <p>... con buena gobernanza basada en los principios de apertura, participación, responsabilidad, eficacia, coherencia y subsidiariedad, donde los ciudadanos tienen oportunidades para la participación social y democrática y están implicados en el desarrollo urbano junto con otros interesados.</p>
<p>Es un lugar de regeneración ecológica o ambiental...</p>	<p>... donde la calidad del medio ambiente está protegida, la eco-eficiencia es alta y la huella ecológica pequeña, donde los recursos materiales y los flujos son manejados de manera sostenible y el progreso económico se ha desacoplado del consumo de recursos.</p> <p>... con una alta eficiencia energética y uso de energías renovables, energías de bajas emisiones de carbono, y ‘resiliencia’ los efectos del cambio climático.</p> <p>... con reducida dispersión urbana y consumo de territorio, donde los campos verdes y las áreas naturales se dejan sin explotar mediante la ‘reutilización de suelos’ y planificación de ‘ciudad compacta’.</p> <p>... con transporte sostenible, no contaminante, accesible, eficiente y asequible para todos los ciudadanos en las zonas urbanas, metropolitanas y de escala interurbana con buena interconexión entre diferentes modos de transporte.</p> <p>... donde la movilidad no motorizada es favorecida por una buena infraestructura peatonal y ciclista</p> <p>... donde las necesidades de transporte se han reducido mediante la promoción de esquemas de proximidad y uso mixto y la planificación integrada del transporte, la vivienda, áreas de trabajo, el medio ambiente y los espacios públicos.</p>
<p>Es un lugar de atracción y motor del crecimiento económico...</p>	<p>... donde la creatividad y la innovación tiene lugar y el conocimiento es creado, compartido y difundido, la excelencia es estimulada mediante la innovación proactiva y políticas educativas y de formación continua de los trabajadores, y sofisticadas tecnologías de información y comunicación se utilizan para la educación, el empleo, los servicios sociales, la salud, la seguridad y el gobierno de la ciudad.</p> <p>... con una alta calidad de vida, arquitectura de alta calidad y alta calidad funcional del espacio, infraestructuras y servicios públicos orientados al usuario; donde los aspectos culturales económicos tecnológicos, sociales y ecológicos se integran en la planificación y la construcción</p> <p>... donde la vivienda, el empleo, la educación, los servicios y el ocio se mezclan, atrayendo a empresas e industrias basadas en el conocimiento, una cualificada y creativa mano de obra y turismo.</p> <p>... con economías urbanas locales regeneradas, sistemas locales de producción diversificados,</p>

una sociedad constante, requiere un incremento constante de eficiencia, y será la motivación principal del gasto en I+D en las diferentes Sociedades.

políticas de mano de obra local y desarrollo y explotación de las fuerzas económicas endógenas en los barrios, consumo productos ecológicos locales con ‘reducidos’ circuitos de consumo.

... donde el valor patrimonial y arquitectónico de los edificios históricos y espacios públicos se explota junto con el desarrollo y la mejora de la escena urbana, y donde los residentes locales se identifican sí mismos con el entorno urbano.

FUENTE: UE, 2011:10-11

Lo exhaustivo de la propuesta de la UE hace que nos sirva como referencia de cuestiones relevantes para la sostenibilidad urbana del cual extraeremos muchas variables para el modelo. Y se hace interesante destacar cuatro cuestiones:

- El hincapié en la *Equidad*.
- La importancia otorgada a la *Gobernanza*.
- La referencia al modelo de *Ciudad Compacta*.
- La búsqueda de *Identidad*, vinculada al ‘paisaje, patrimonio arquitectónico y escena urbana’.

Por último, aunque no se puede considerar un modelo global, Corraliza [1998] propone una lista de diez cualidades que definen ‘la organización social y la vida humana’ relacionados con la **exclusión social y ‘vulnerabilidad’ de las áreas urbanas**, que una ‘ciudad socialmente sostenible’ deberá poseer/proporcionar a sus habitantes:

- Accesibilidad a los recursos económicos.
- Accesibilidad al empleo e inclusión laboral.
- Accesibilidad a los recursos educativos y a la formación.
- Accesibilidad a la vivienda, equipada y adecuada a las necesidades personales y familiares.
- Disponibilidad de equipamientos básicos del entorno residencial.
- Participación, formal e informal, en las redes sociales y grupos.
- Participación en la planificación y desarrollo de la comunidad, con especial incidencia de los recursos de compensación social de situaciones de desigualdad o diversidad de partida.
- Accesibilidad a los recursos y posibilidades de movilidad y flujo.
- Accesibilidad a los recursos sociales, sanitarios y de promoción de la salud para el bienestar físico y emocional, personal y colectivo.
- Accesibilidad a los sistemas de garantía, previsión y seguridad futura.

2.2.2.3 ESTRATEGIAS PARA HACER MÁS SOSTENIBLES LAS CIUDADES

Hemos revisado las ‘cualidades’ que mayoritariamente se acepta debe tener una ‘ciudad sostenible’ [o en otras palabras, ‘que hacen sostenible a una ciudad’], y se hace necesario revisar también las estrategias más aceptadas para dirigir las áreas urbanas hacia la sostenibilidad¹³¹.

¹³¹ Las cualidades de la ciudad sostenible constituyen en cierto modo ‘la visión’ para el cambio, y en este apartado veremos posibles estrategias [cursos de acción] para que el cambio se dirija hacia esa ‘visión’.

Complementariamente, si los apartados anteriores nos daban las características que debe reunir el modelo de cuantificación de la sostenibilidad [y cualidades que debe valorar], este apartado nos proporciona una enumeración extensa de los ‘contenidos detallados’ que debe valorar el modelo.

En primer lugar, nos interesa revisar la enumeración que propone Frey [1999] de **cualidades de la ciudad sostenible que se pueden resolver desde la forma urbana** [constituye una mezcla de cualidades/estrategias], que agrupa en:

TABLA 02.29_ ESTRATEGIAS ASOCIADAS AL MODELO ‘BUENA CIUDAD’

Propiedades físicas de la Ciudad y la Ciudad Región	...	La reutilización de zonas interiores deterioradas, (evitando la dispersión y ocupación de áreas exteriores a la ciudad), una razonablemente alta densidad de población que permita la viabilidad de los servicios, equipamientos locales y el transporte público, y creen un lugar vibrante y lleno de actividad
	...	Un entorno con usos mixtos, con mayor concentración entorno a los nodos de transporte público accesibles peatonalmente o en bicicleta, para incrementar el acceso a los servicios y equipamientos y generar una sensación de comunidad
	...	Adaptabilidad a las condiciones socioeconómicas cambiantes de manera que la ciudad pueda modificarse sin ‘convulsión’.
Servicios de la Ciudad / Ciudad Región	...	Transporte público para incrementar el acceso a servicios e instalaciones y así reducir la dependencia del coche y consecuentemente la congestión y la polución, conseguir una reducción del consumo de energía y ayudar a mantener los altos niveles de eficiencia energética y movilidad no dañina con el medio ambiente en la ciudad o la ciudad región y entre ciudades.
	...	Volúmenes de tráfico reducidos, como consecuencia de la disponibilidad de transporte público y el diseño de las calles, para evitar la congestión de calles y áreas urbanas.
	...	Jerarquía de servicios y equipamientos de diferente capacidad y tamaño, desde servicios locales hasta servicios para toda la ciudad, conjuntamente con un cierto grado de movilidad, que sirvan para aumentar el número de opciones.
Condiciones ambientales y ecológicas	...	Accesibilidad a espacios abiertos y zonas verdes recreativas o deportivas, reservas naturales, granjas urbanas, etc...
	...	Un medio ambiente libre de polución, ruido, accidentes y crímenes; proporcionar espacio privado exterior para cada vivienda (jardín, azotea ajardinada, terrazas, soportales,...) sin volver a los suburbios de baja densidad.
	...	Relación simbiótica de la ciudad con el medio natural mediante la inclusión de espacio abierto vinculado directamente con la naturaleza (espacios para ser usado como lugares de recreo pero también como granja o para producción de madera –para construcción, combustible,...) y que ayuden a hacer la ciudad lo más autosuficiente posible.
Aspectos Socio-económicos	...	Una mezcla social que reduzca la localización según clases sociales en la ciudad, que se pueda alcanzar mediante altas densidades de población y un amplio rango de tipologías de vivienda
	...	Un grado de autonomía local, la capacidad de los individuos de conformar su medioambiente conforme a sus necesidades y aspiraciones, permitiendo generar una sensación de lugar y comunidad, una sensación de pertenencia
	...	Un grado de autosuficiencia, en términos de empleo, energía, agua, bienes,.. la ciudad no solo como consumidora, sino también productora de bienes.
Calidad Visual y Formal	...	Imaginabilidad de la ciudad como un todo, y de partes de la ciudad, sus barrios, distritos,... Y provisión de sensación de centralidad o lugar.

FUENTE: Frey, 1999:17

Al igual que vimos al revisar las cualidades de la ciudad sostenible, vuelve a ponerse de manifiesto la importancia que otorga Frey a algunos aspectos no tangibles de la ciudad: adaptabilidad, calidad visual de la forma urbana, creación de lugar y sensación de pertenencia, etc...

Por su parte, Rogers sugiere una serie de estrategias que enlazan con el **urbanismo ecológico**, de las cuales destacamos las siguientes [Rogers, 2000]:

- Asumir el enfoque ‘ecológico’ de la ciudad, para planificarla y gestionar la explotación de sus recursos, superando el funcionalismo y el predominio del automóvil.

- Recuperar la idea de 'ciudad compacta' como ciudad densa y socialmente diversa, donde las actividades sociales y económicas se solapen y donde las comunidades puedan integrarse con su vecindario, i.e., un modelo que incorpora “las ventajas sociales de la proximidad y de vivir en compañía”¹³².
- La accesibilidad, la existencia de buenos espacios públicos, la presencia del paisaje natural y la explotación de las nuevas tecnologías urbanas.
- Orientar los poderes económicos y políticos desde la actual erosión de la vida urbana hacia la consecución de objetivos tendentes a la sostenibilidad medioambiental y la equidad social¹³³.

Rogers afirma que “la construcción de una ciudad sostenible requiere una disciplina totalizadora de planeamiento”¹³⁴ cuya meta debe ser “idear una estructura flexible que haga posible una comunidad sólida en el seno de un entorno saludable y sin contaminación”. Las propuestas de Rogers se acercan por tanto al enfoque ecosistémico de la Ecología Urbana, que revisaremos en detalle más adelante.

Con voluntad de avanzar hacia la sostenibilidad urbana, en 1994 se ponen en marcha los **Compromisos de Aalborg**, que abarcan casi todas las áreas de la realidad urbana [medio físico y construido, formas de gestión y gobernanza,...]:

TABLA 02.30 _ COMPROMISOS DE AALBORG

Gestión Municipal para la sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar [...] procesos de sostenibilidad local y enraizarlos en la gestión municipal. • Posibilitar una gestión integrada hacia la Sostenibilidad, basada en los principios preventivos y en línea con la Estrategia Temática Urbana de la UE. • Fijar objetivos y determinar plazos en el marco de los Compromisos de Aalborg y crear instrumentos de monitorización que faciliten su seguimiento. • Asegurar que los temas de sostenibilidad son parte central de los procesos de toma de decisión municipal y que la asignación de recursos está basada en criterios sólidos y amplios de sostenibilidad. • Cooperar con la Campaña Europea de Ciudades Sostenibles y sus redes para que supervise y evalúe nuestro progreso hacia la consecución de nuestros objetivos de sostenibilidad.
Bienes naturales comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el consumo de energía primaria y aumentar el porcentaje de energías limpias y renovables. • Mejorar la calidad del agua, ahorrar agua y hacer un uso más eficiente de la misma. • Promover y aumentar la biodiversidad y aumentar y cuidar los espacios verdes y las áreas naturales. • Mejorar la calidad del suelo, preservar la tierra de producción ecológica y promover la agricultura y la silvicultura sostenible. • Mejorar la calidad del aire’.
Consumo y formas de vida responsables:	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar y reducir los residuos y aumentar el reciclaje y la reutilización. • Gestionar y tratar los residuos de acuerdo a los estándares de buenas prácticas. • Eliminar el consumo innecesario de energía y mejorar la eficiencia en el destino final de la misma’. • Promover el consumo [...] sostenible.
Planificación y diseño urbanístico	<ul style="list-style-type: none"> • Regenerar y reutilizar las zonas degradadas y abandonadas.

¹³² Rogers propone que la ciudad compacta puede generar elevada calidad de vida en un entorno tan bello como el campo, en una configuración que ofrece trabajo y servicios al alcance de la comunidad local, reduciendo la necesidad de desplazarse en automóvil diariamente.

¹³³ “Para ello, la sociedad necesita explotar las comunicaciones y la moderna tecnología, involucrar a los ciudadanos y asimilar la complejidad dinámica de la ciudad moderna. Al mismo tiempo, es necesario que esté convencida del valor de la belleza de la ciudad y sentirse orgulloso de ella” [Rogers, 2000].

¹³⁴ El autor sugiere que “planificar una ciudad sostenible requiere la más amplia comprensión de las relaciones entre ciudadanos, servicios, política de transporte y generación de energía, así como su impacto total tanto sobre el entorno inmediato como sobre una esfera geográfica más amplia. Para que una ciudad genere una autentica sostenibilidad, todos esos factores deben entrelazarse, porque no habrá ciudades sostenibles hasta que la ecología urbana la economía y la sociología queden integradas en la planificación urbana” [Rogers, 2000].

(1)	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el crecimiento urbano desmesurado, logrando densidades urbanas apropiadas y priorizando el desarrollo urbano en zonas ocupadas frente a zonas verdes. • Asegurar un urbanismo de usos del suelo mixtos, con un balance equilibrado entre la actividad laboral, residencial y de servicios, dando prioridad a un uso residencial en el núcleo urbano. • Asegurar una conservación, renovación y reutilización apropiada de nuestra herencia cultural urbana. • Aplicar requerimientos para un diseño y construcción sostenibles y promover la arquitectura de alta calidad favoreciendo las nuevas tecnologías de construcción.
Mejor movilidad y reducción del tráfico (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la dependencia del transporte privado motorizado y promover alternativas atractivas que sean accesibles para todos. • Aumentar el porcentaje de desplazamientos en transporte público, peatonal y en bicicleta. • Promover el cambio a vehículos con bajas emisiones • Desarrollar planes integrados de movilidad urbana sostenible. • Reducir el impacto del transporte en el medio ambiente y en la salud pública.
Economía local viva y sostenible	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar medidas que estimulen y apoyen el empleo local y la creación de empresas; • Desarrollar e implantar principios de sostenibilidad en la localización de las empresas.
Igualdad y justicia social	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar e implementar medidas para prevenir y reducir la pobreza. • Asegurar un acceso equitativo a los servicios públicos, educación, empleo, formación e información, así como a las actividades culturales; • Promover la inclusión social y la igualdad entre hombres y mujeres; • Mejorar la seguridad ciudadana. • Asegurar condiciones de vida y alojamiento de buena calidad y socialmente integradas.
'De lo local a lo global'	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y seguir un enfoque estratégico e integrado para mitigar el cambio climático, y trabajar para conseguir un nivel sostenible de emisión de gases invernadero. • Integrar la política de protección medioambiental en el núcleo de nuestras políticas en el área de la energía, el transporte, el consumo, los residuos, la agricultura y la silvicultura. • Reducir nuestro impacto en el medio ambiente global, y promover el principio de justicia ambiental.
<p>FUENTE: COA ET AL, 2004 [www.aalborgplus10.dk], con las siguientes Notas:</p> <p>(0) Los compromisos se agrupan en diez apartados, de los cuales incluimos los relevantes para el presente trabajo. Como fuente, se ha utilizado la revisión en 2004 de los compromisos originales.</p> <p>(1) En este apartado se expresa el compromiso de “asumir un papel estratégico en el diseño y planificación urbana y a enfocar los temas ambientales, sociales, económicos, de salud y culturales hacia el beneficio común”.</p> <p>(2) En este apartado se reconoce “la interdependencia del transporte, la salud y el medio ambiente” y se busca “promover firmemente los modelos de movilidad sostenibles”.</p>	

Estos compromisos constituyen una propuesta extensa de ‘líneas de actuación’ [estrategias] para avanzar hacia la sostenibilidad urbana.

Por otra parte, la Unión Europea [EU, 2005] propone una serie de **Temas Clave para la Sostenibilidad urbana**:

- Re-Utilización y Regeneración del Suelo (prioridad de recuperación de áreas degradadas).
- Densidad Apropiada de los nuevos desarrollos (en función del contexto local y tipología urbana).
- Localización de los nuevos desarrollos en relación con la Provisión de Transporte Público.
- Diseño de Estructuras Verdes y Paisaje Urbano.
- Calles y estructura urbana.
- Diseño con mezcla de usos.
- Diseño de vivienda asequible.
- Servicios públicos accesibles.
- Adecuada conservación, renovación y reutilización del patrimonio cultural.
- Arquitectura y Tecnologías de la Construcción Sostenibles y de Alta Calidad.

- Definición de Estándares Máximos y Mínimos¹³⁵.

En dicho informe se indica la importancia de considerar estos temas en las distintas escalas posibles: Centros urbanos de alta densidad, Ciudad y Periferia Urbana y Región Funcional. Esto se relaciona con dos cuestiones ya revisadas y que incorporaremos en el modelo:

- La Contextualidad de la sostenibilidad
- La necesidad de diferenciación y creación de zonas con identidad diferente dentro del continuo urbano¹³⁶.

Higueras [2009] hace una revisión de las cuestiones clave enunciadas desde diferentes organismos y autores, llegando a proponer la siguiente enumeración:

- Estudio adecuado de la densidad urbana.
- Diversidad de Tipologías Edificatorias.
- Propuestas de usos mixtos.
- Favorecer la cohesión social.
- Sistema de zonas verdes y espacios libres estructurantes.
- Optimización de redes de abastecimiento de infraestructuras urbanas.
- Equipamientos integrados.
- Gestión sostenible del tráfico urbano.
- Reducción y reutilización de los residuos sólidos.
- Valorización ambiental del suelo circundante.

Un listado bastante extenso y detallado de estrategias lo encontramos en los ‘Diez Principios’ que propone el movimiento norteamericano **New Urbanism**:

TABLA 02.31_ PRINCIPIOS DEL ‘NEW URBANISM’	
Accesibilidad peatonal [ciudad paseable]	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de las necesidades deben estar cubiertas a una distancia inferior a 10 minutos caminando desde la vivienda o el trabajo • Diseños de calles orientado al peatón: edificios cerca de la calle, porches, puertas y ventanas, calles arboladas [también árboles en los estacionamientos], aparcamientos ocultos, calles estrechas de velocidad reducida • Calles peatonales en algunos casos.
Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Red en rejilla interconectada para distribuir el tráfico y facilitar desplazamientos peatonales. • Jerarquía de calles estrechas, bulevares y callejones • Una red peatonal y espacio público de alta calidad para hacer más atractivos los desplazamientos peatonales.
Diversidad y mezcla de usos	<ul style="list-style-type: none"> • Variedad de tiendas, oficinas, apartamentos, y hogares en el emplazamiento. Mezcla de usos en barrios, manzanas y edificios. • Diversidad social; edades, ingreso, culturas y razas.
Mezcla de viviendas	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de tipos, tamaños y de precios en proximidad.
Arquitectura de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Énfasis en la belleza, estética, la comodidad de las personas y la creación de “sensación de lugar”. Situación especial de los usos y localizaciones cívicas dentro del barrio. La arquitectura con escala humana y un entorno bello, alimentan el espíritu del hombre.
Estructura de barrio tradicional	<ul style="list-style-type: none"> • Con un centro y un borde diferenciados • Espacio público en el centro. • Importancia de la calidad del Espacio Público: abierto y diseñado como arte cívico • Disponiendo una amplia gama de usos y de densidades en una distancia de 10 minutos caminando.

¹³⁵ Este aspecto será recogido en nuestra propuesta de modelización mediante funciones de pertenencia con cuatro límites.

¹³⁶ Para una revisión de la importancia de esta cuestión se recomienda Lynch [1965]

	<ul style="list-style-type: none"> • “Transect Planning”: las densidades más altas se sitúan en el centro de ciudad y disminuyen progresivamente hacia el borde. Esta jerarquía desde lo urbano a lo rural, debe contar con los tipos de edificios y calles apropiados para cada área a lo largo del “continuum”.
Aumento de la densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Más edificios, viviendas, tiendas, y servicios más cercanos, para facilitar desplazamientos peatonales, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de los servicios y recursos, y creando un lugar más atractivo y cómodo para vivir. • Los Principios de diseño del “Nuevo Urbanismo” son aplicables a cualquier rango de densidades; desde pequeños pueblos a grandes ciudades.
Transporte “verde”	<ul style="list-style-type: none"> • Una red de trenes de alta calidad para conectar ciudades, pueblos y barrios entre sí. • Diseño amistoso con el peatón que fomente un mayor uso de la bicicleta, patines, motocicletas y desplazamientos andando como formas de desplazamiento habitual.
Sostenibilidad (1)	<ul style="list-style-type: none"> • Minimización del impacto medioambiental del desarrollo y sus operaciones. • Tecnologías respetuosas con el medio ambiente, respeto por la Ecología y valoración de los sistemas naturales. • Eficiencia energética. • Reducción del uso de combustibles finitos. • Mayor producción local. • Más caminar, menos conducir.
Calidad de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Estos principios en conjunto llevan a una elevada Calidad de Vida y crean lugares que enriquecen, elevan e inspiran el espíritu humano.
FUENTE: traducción propia de www.newurbanism.org. Consulta Diciembre 2014 (1) Resulta interesante que en estas fechas todavía se considere que la ‘sostenibilidad’ sea un apartado del diseño, algo que sin duda se debe a la falta de actualización del documento.	

Por último, vamos a revisar una última enumeración de estrategias o líneas de actuación orientadas específicamente a reducir la insostenibilidad de las áreas urbanas españolas [Fariña y Naredo, 2010]:

TABLA 02.32_ ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA INSOSTENIBILIDAD URBANA EN ESPAÑA

Reducir significativamente el consumo de suelo	El aumento del consumo del suelo [...] se produce básicamente por el aumento de la superficie urbanizada necesaria para dar servicios a [las] viviendas, particularmente por las infraestructuras de comunicaciones y atención al tiempo libre en la naturaleza. [...] parte de la causa está en que la mayor parte de los equipamientos e infraestructuras están sobredimensionados y mal situados [...] los equipamientos deberían cumplir una serie de condiciones que casi nunca se plantean: de mínimos, pequeños, multiuso, gestionados por los propios vecinos y distribuidos por todo el tejido urbano. Y respecto a las infraestructuras: prioridad al transporte colectivo con carriles de uso exclusivo y sistema combinado de alta velocidad y pocas paradas con los de baja velocidad y muchas paradas; diseño del viario para el transporte privado basado en las horas valle y nunca en las horas punta; utilización del subsuelo si la ciudad es lo bastante compacta.
Evitar la dispersión	[La dispersión] supone un mayor consumo de energía, mayor contaminación, utilización de más suelo y mayor segregación social y espacial
Complejizar las áreas urbanizadas	Sustituir la forma de organización arborescente de la ciudad que tradicionalmente ha venido proponiendo el planeamiento urbanístico por la tradicional de la ciudad histórica: la semirreticulada, en el cual cada elemento podía depender a la vez de varios conjuntos o subconjuntos dando lugar a una estructura mucho más flexible y eficiente (1).
Controlar los estándares y densidades	Se ha llegado a un punto en el cual que la fijación de un solo límite [en los estándares urbanísticos] de forma indiscriminada y no diferenciando ‘caso a caso’, ha conducido a perversiones y dilapidación de recursos [...] en la mayoría de los casos será necesario que estándares y densidades cuenten con una horquilla de valores y no exclusivamente con uno de mínimos como hasta el momento (2)
Rehabilitar	La puesta en carga de la ciudad existente debería ser un objetivo prioritario a conseguir [...] los edificios han de ser rehabilitados con criterios de eficacia y eficiencia: [...] se impone una rehabilitación con criterios de sostenibilidad. Y los criterios de sostenibilidad no son tan sólo criterios de mejora del ambiente local, sino que son criterios de huella ecológica. [...] Además también resulta necesario un aumento de calidad del entorno urbano. [...] Cada vez más el entorno urbano se entiende como una prolongación del espacio privado habitado.
Renovar partes de la ciudad	Probablemente, en algunos casos, [...] la solución más adecuada será su derribo y reconstrucción posterior [...] En estos casos habrá que tirar y reconstruir con criterios de sostenibilidad. [...] se trata de un tipo de operaciones difíciles en las que existe siempre el peligro de que renovar signifique, en realidad, sustituir cuerpos sociales complejos por otros de iguales y, generalmente, correspondientes a capas sociales de mayor poder adquisitivo.
Diseñar con criterios bioclimáticos.	Se trata de un criterio realmente importante para conseguir ciudades más eficientes y [...] además, está demostrado que el ser humano responde mejor a elementos contruidos de acuerdo al ambiente en el que están situados, que ante aquellos otros que se establecen como un elemento extraño a ese ambiente. [...] el Diseño Bioclimático no debería ser exclusivo de los edificios sino que también habría que aplicarlo a los espacios urbanos. [...] además a las consideraciones de sostenibilidad estricta y de defensa del medio natural se unen los

costes de mantenimiento de forma que la racionalidad debería imponerse.

FUENTE: compilación a partir de Fariña y Naredo, 2010

(1) Se relaciona con Alexander, 1965.

(2) Se relaciona con las anteriormente comentadas funciones de pertenencia con cuatro límites [Alvira, 2014a y 2014c].

De las observaciones aportadas por Fariña y Naredo vamos a recalcar **tres cuestiones especialmente interesantes**:

- La *dificultad de conseguir generar ‘complejidad’ desde el urbanismo clásico de estándares*¹³⁷. Como solución, los autores proponen diseñar buscando incrementar las interacciones y la diversidad de elementos, la diversidad y la compacidad [proximidad].
- La *necesidad en determinadas situaciones de establecer objetivos mínimos y máximos*; en muchos aspectos de la realidad urbana la carencia puede ser tan perjudicial como el exceso.
- La *prioridad de actuar sobre las áreas urbanas existentes*, cuestión sobre la que nos detendremos en el apartado siguiente; rehabilitar frente a nueva construcción, lo que se relaciona con la insostenibilidad inherente a la urbanización de nuevo territorio.

El conjunto de estrategias incluido constituye una base amplia de estrategias cuyo impacto beneficioso sobre la sostenibilidad urbana se considera mayoritariamente aceptado, y que nos permitirán evaluar cada uno de los escenarios posibles en relación a las estrategias que posibilitan alcanzarlo.

Complementariamente, en algunos casos el listado anterior nos permite validar algunas variables utilizadas para el diseño de los indicadores del modelo, desde la perspectiva del conocimiento mayoritariamente aceptado en la actualidad.

2.2.2 ECOLOGÍA URBANA

La Ecología Urbana constituye una aproximación sistémica a la ciudad, que considera un Sistema abierto a [que interactúa con] un Entorno, lo que puede ser expresado de varias maneras:

- “La ciudad es un ‘sistema incompleto heterótrofo’, dependiente de amplias zonas limítrofes [y no limítrofes] para la energía, los alimentos, las fibras, el agua y otros materiales” [Odum, 1983 citado en Bettini, 1998: 77]
- “Desde el punto de vista entrópico una ciudad debe ser considerada un sistema abierto, capaz de intercambiar materia y energía con los sistemas que la circundan” [Bettini, 1998: 113]
- “Es posible estudiar las ciudades como ecosistemas, considerándolas como unos posibles artefactos que consumen y transforman grandes cantidades de materia y energía” [Fariña et Al en Fariña, 2001: 284]

¹³⁷ “conseguir ciudades complejas con el actual sistema de estándares es difícil pero se puede intentar incrementando tanto las interacciones como la variedad de los elementos, siendo requisito una adecuada ‘compacidad’ de la ciudad, para permitir que las distancias sean reducidas” [Fariña y Naredo, 2010].

Las ciudades dependen de su entorno, y ello nos obliga a revisar la sostenibilidad de las primeras en relación a la del segundo. “La ciudad no tiene una ecología separada del campo que la circunda [...] una ciudad solo puede ser considerada un ecosistema completo si se consideran completamente incluidos en ella los ambientes de entrada y salida” [Odum citado en Bettini, 1998: 79].

Las ciudades son sistemas abiertos a su entorno, desde los que importan Neguentropía u orden [en forma de materia, energía e información] y exportan Entropía o desorden¹³⁸ [en forma de residuos], y para modelizarlo la Ecología urbana propone el **modelo Sistema – Entorno**:

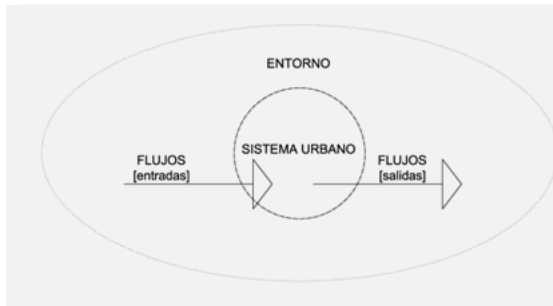


Figura 02.12: El modelo Sistema-Entorno revisa la ciudad como sistema abierto cuya existencia [y permanencia] requiere un entorno. Desde esta perspectiva, el Grado de Sostenibilidad de una ciudad dependerá tanto de su estado como de la capacidad del Entorno de seguir sosteniendo los flujos [entradas y salidas] que el sistema necesita. Además de los intercambios de materia o energía, existen otros tipos de intercambio, como pueden ser los flujos monetarios o de información.

Pero, las interacciones de las ciudades con sus entornos no se limitan a importar materia/energía y exportar residuos. Las ciudades extienden “sus conexiones por todo el planeta reestructurando espacios lejanos de los que obtienen productos que necesitan. Se caracterizan por su capacidad de transformación [...] pero también por concentrar el poder y el conocimiento, siendo capaces de idear y liderar la transformación de los territorios que las abastecen” [Fariña 2001:284]

Las ciudades se configuran en centros que ‘estructuran’ su territorio cercano directamente, pero también el territorio no tan cercano, lo que hacen indirectamente mediante su interacción con otras ciudades. *Las ciudades funcionan como un sistema no solo con el entorno ‘natural’ [i.e., ‘no urbano’] sino también [y en algunos aspectos sobre todo] con los demás sistemas urbanos.*

Vamos a revisar la sostenibilidad desde la Ecología, agrupando las cuestiones relevantes en tres apartados:

- En primer lugar, las cuestiones que se refieren a la ciudad, como principal hábitat de la especie humana; *ecosistema urbano o ‘hábitat’*, incluyendo las que se refieren a sus habitantes.
- En segundo lugar, las cuestiones que se refieren a la interacción de la ciudad con el *entorno*, que dividiremos en dos partes:
 - Interacciones con otras ciudades del entorno
 - Interacciones con el entorno natural
- Y en tercer lugar, las cuestiones que se refieren al *funcionamiento del conjunto [ecosistema urbano + entorno]*.

¹³⁸ “En los sistemas abiertos, como los sistemas urbanos, resulta fundamental calcular, además de la entropía negativa, producida en el interior del sistema la entropía positiva creada en el medio ambiente exterior” [Bettini, 1998: 114/116].

2.2.3.1 LA CIUDAD COMO ECOSISTEMA

En la revisión realizada hasta ahora hemos señalado algunos aspectos asociados a la sostenibilidad de las ciudades, y vamos ahora a revisarlas [y completarlas] desde la perspectiva de ecosistema urbano, dividiéndolas en dos grupos:

- Habitabilidad.
- Calidad.

Aunque consideramos que la Habitabilidad es una componente [necesaria] de la Calidad Urbana, las cuestiones que integramos en dicho concepto tienen connotaciones muy diferentes de otras que incluimos en el concepto 'Calidad', haciendo conveniente su revisión independiente.

Utilizamos el término **habitabilidad**¹³⁹ para referirnos a la capacidad de un ámbito de ser utilizado como *hábitat* por un grupo humano¹⁴⁰:

- Un ecosistema podrá 'sostener' un asentamiento humano si es 'habitable'.
- Un ecosistema 'inhabitable' será aquel incapaz de 'sostener' un asentamiento humano.

Incluimos por tanto en este concepto aquellas cuestiones que se refieren en esencia a la adecuación de las características de un ámbito a las necesarias para la salud humana; i.e., todas aquellas cuestiones para las que existe un límite [puede ser más o menos difuso] a partir del cual un asentamiento no es habitable [e.g., 'toxicidad' del aire -polución atmosférica-, contaminación acústica,...].

La Habitabilidad se diferencia así de otros parámetros que determinan la 'Calidad' de un hábitat en dos aspectos fundamentales:

- Se refiere a *cuestiones esencialmente objetivas*, i.e., independientes -en gran medida- de la persona y el contexto.
- *Son las únicas variables de estado del 'ecosistema' que pueden suponer por sí solas la insostenibilidad absoluta* [e.g., diversos tipos de contaminación en grado elevado -radioactiva, química,..., temperaturas extremas, etc...].

Frente a ello, el concepto de **Calidad Urbana** [revisado anteriormente] alude a la capacidad de un ecosistema [urbano] de proporcionar 'Calidad de Vida' a sus habitantes; i.e., de satisfacer las necesidades humanas. Su importancia para la Sostenibilidad de dicho ecosistemas, es triple:

La primera es que el *Grado de Calidad que percibimos / otorgamos a un Ecosistema depende del nivel de nuestras necesidades al que es capaz de dar respuesta.*

Esto es importante porque *si un grupo humano [o una persona] puede acceder a varios asentamientos habitables, elige aquel capaz de satisfacer sus necesidades en mayor grado.* El Grado de Calidad de un ecosistema urbano relacionable con su Sostenibilidad debe evaluarse mediante su compara-

¹³⁹ Según al DRAE [2014] Habitable es "que se puede habitar" y Habitar es "vivir". Un emplazamiento 'habitable' es por tanto 'aquel en el cual es posible vivir'.

¹⁴⁰ En el presente texto utilizaremos el término habitable en relación a la especie humana, y cuando calificamos un entorno como 'inhabitable' no excluimos que dicho entorno pueda ser 'habitable' para otras especies diferentes.

ción con otros ecosistemas urbanos accesibles y se vincula a su 'Grado de Sostenibilidad' social; a la existencia de un 'grupo humano que desee sustentar dicho asentamiento en el tiempo'.



Imagen 02.21: El modelo de los tres imanes [Howard, 1898] nos permite explicar tres ideas importantes [que se relacionan con la teoría de sistemas]:

- La importancia de la 'deseabilidad'. Las personas tratan de asentarse en el emplazamiento [ecosistema] más deseable; i.e., que más les 'atrae'.
- Los imanes 'atraen' a las personas acercándonos a la Teoría del Caos. Si la distribución de personas entre las opciones es [o presenta una tendencia] estable, constituye un 'atractor' del sistema.
- Las fuerzas que modelan la sociedad no siempre son visibles, pero [casi siempre] actúan en función de la cercanía/conectividad/accesibilidad [en este caso los campos de atracción magnética decrecen con el cuadrado de la distancia].

La segunda hace necesario revisar el concepto de *vulnerabilidad urbana*, que describe "situaciones urbanas de degradación a niveles críticos, que cuestionan su propia pervivencia en el tiempo" [Corraliza, 1998]. Se trata de un fenómeno que va generalmente ligado tanto a una 'muy baja calidad del medio urbano' como a una fuerte 'exclusión social' [y por ende, espacial]¹⁴¹, destacando dos efectos negativos sobre el conjunto:

- Reducción de la Estabilidad Social [aparición de conflictos sociales].
- Reducción de la Diferenciación [formación de grupos sociales homogéneos], y por tanto de la Resiliencia.

IMAGEN

Imagen 02.22: El término *vulnerable* "indica que el espacio se encuentra frente a una posible situación crítica, de forma que de no actuarse sobre las bases del problema el área entrará en crisis, pudiéndose producir una degradación funcional y social del ámbito que lo conduzca a la marginación [...] un hábitat degradado, tanto si afecta a las viviendas como al entorno vecinal, son expresiones de condiciones desfavorables que pueden propiciar la aparición de sentimientos de vulnerabilidad" [Hernández Aja, 2007]

Podemos por tanto entender que la Calidad y Habitabilidad de una Área Urbana es opuesta a su vulnerabilidad, y que una reducción de la Calidad supone de hecho un aumento de la vulnerabilidad, i.e. de su 'insostenibilidad' [Idrus et Al, 2008].

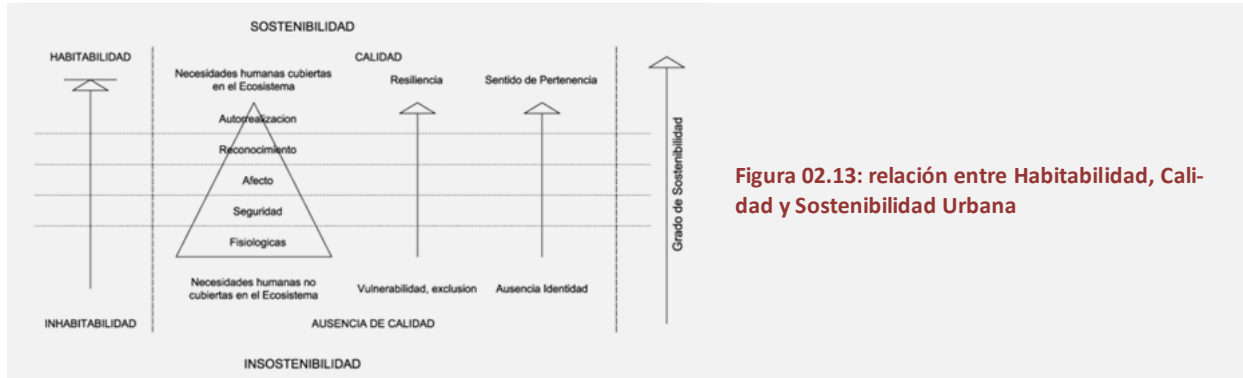
Frente a este concepto de 'vulnerabilidad urbana' se sitúa su '**resiliencia**' o capacidad de adaptarse a los cambios y sobreponerse a ellos, que se relaciona así con altos valores de Calidad Urbana.

Y la tercera se refiere al hecho de que gran parte del deseo de un grupo de sustentar un asentamiento se relaciona con su '**sentido de pertenencia**' a dicho asentamiento. Pueden existir varios ecosistemas urbanos [i.e.: ciudades] que nos permitan satisfacer niveles elevados de necesidades, pero

¹⁴¹ "la exclusión social es un fenómeno producido por muchas causas; pero siempre se manifiesta paralelamente a la exclusión espacial. Exclusión social y exclusión espacial constituye, en la mayor parte de los casos, las dos caras de una misma moneda" [Corraliza, 1998].

solo uno –o unos pocos- de ellos que nos generen ‘sensación de pertenencia’ y/o ‘deseo de establecernos’ en ellos.

El sentido de pertenencia se vincula en gran medida a la existencia de una ‘*identidad urbana*’, que se confirma como aspecto relevante para la sostenibilidad urbana.



Vamos por tanto precisando la relación existente entre Habitabilidad, Calidad y Sostenibilidad/ Insostenibilidad Urbana, que podemos resumir como:

- La **Habitabilidad** como requisito de sostenibilidad de un ecosistema urbano y condición cuya total ausencia o ‘inhabitabilidad absoluta’ implica ‘insostenibilidad absoluta’.
- La **Calidad urbana** como conjunto de valoraciones y percepciones –incluyen cuestiones en cierta medida ‘subjetivas’-, cuya ausencia total produce ‘insostenibilidad’, y que considera al menos tres aspectos del ecosistema:
 - su capacidad de ‘dar respuesta a las necesidades humanas’.
 - su capacidad de ‘evitar la exclusión espacial/social’.
 - su capacidad de generar ‘sensación de pertenencia’.

Ambas cuestiones se diferencian considerablemente, y deberemos enfrentarlas de forma también diferente:

- Maximizar el grado de habitabilidad de un entorno urbano se referirá en gran medida a lograr condiciones óptimas para la salud humana.
- La multiplicidad de necesidades individuales o colectivas [incluyendo su componente de subjetividad] que integrarán las necesidades de ‘Calidad Urbana’, deberá ser resuelta mediante...
 - ... la combinación adecuada [en cantidad, variedad, localización y conexión] de los diferentes elementos urbanos.
 - ... eliminando la segregación espacial [algo en parte implícito en lo anterior]

La combinación adecuada de los elementos urbanos [que engloba los conceptos de Mezcla de Usos y Diferenciación Urbana] se convierte en una herramienta para incrementar la sostenibilidad urbana, permitiendo ‘multiplicar’ el número de ‘necesidades cubiertas’ para una misma cantidad de elementos, reduciendo la segregación espacial e incrementando la resiliencia de las áreas urbanas.

Esta cuestión es muy importante y nos acerca a la idea de Complejidad. **La ciudad como ‘todo’ no es igual a la suma de sus partes.** “Cada uno de esos elementos que conforman el ecosistema urbano

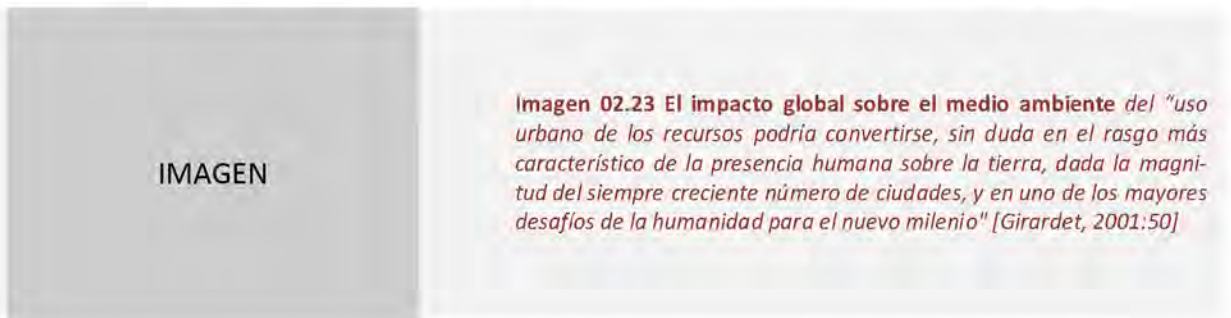
cumple sus funciones complejas y no deben entenderse como meros elementos cuyo sumatorio es igual al todo” [Hernández Aja, 2000: 21]

Sin embargo, la Complejidad se refiere en esencia a una relación no lineal entre un todo y unas partes -o entre unas causas y un efecto-, pero es necesario indicar que sus efectos no siempre acercan los sistemas a la sostenibilidad [Alvira, 2014b]. Los elementos de la ciudad pueden interactuar de muchas maneras, algunas positivas y otras negativas para la ciudad [e.g., el conflicto social]. Por ello, evitaremos utilizar el término Complejidad y aludiremos directamente a los efectos buscados.

2.2.3.2 EL ENTORNO DE LAS CIUDADES

La Ecología Urbana conceptualiza la ciudad como un ‘sistema’, y con ello por definición abierto a su ‘entorno’ [von Foerster, 1960] con el cual interactúa. Por tanto, evaluar la sostenibilidad de la ciudad va a requerir revisar no solo la propia ciudad, sino también la sostenibilidad de su entorno que revisamos desde dos perspectivas:

- Desde la perspectiva del *entorno como ecosistema natural [perspectiva medioambiental]*, sobre el cual las ciudades actúan indirectamente, mediante el consumo de recursos [renovables y no renovables] y emisión de contaminantes [agua, agua residual y atmosféricos]. Para revisarlo, nos ayudará el análisis de las ciudades en términos de **metabolismo urbano**.



- Desde la perspectiva del *entorno como red de ciudades interconectadas*, que condiciona la sostenibilidad social y económica de la ciudad evaluada. Para revisarlo nos ayudará el análisis desde la **Teoría de los Juegos**.

Comenzaremos por la segunda de ellas, aunque previamente se hace conveniente revisar una cuestión que hemos avanzado parcialmente antes... **¿Cuál es el entorno que determina/posibilita la sostenibilidad de una ciudad?** La respuesta requiere revisar diferentes dimensiones de la ciudad, puesto que *los límites del entorno son diferentes según el tipo de ‘interacción’ [dimensión]:*

TABLA 02.33 LÍMITES DEL ENTORNO DE UNA CIUDAD

PERSPECTIVA MEDIOAMBIENTAL	...	La sostenibilidad de una ciudad requiere un ‘sistema de soporte para aprovisionamiento’, que comprende aquellas áreas cuya biocapacidad necesita utilizar la ciudad (1).
	...	La habitabilidad del ecosistema urbano requiere <i>servicios de regulación y funcionalidad de los ecosistemas exteriores</i> . Ninguna ciudad [ni su sistema de soporte para aprovisionamiento] puede sobrevivir sin O ₂ , o sin lluvia, o sin que su CO ₂ sea absorbido por la atmósfera, etc... Desde esta perspectiva, la existencia de interrelaciones entre áreas alejadas del planeta y deslocalización de algunos servicios nos llevan a considerar que el ‘entorno’ de cualquier ciudad sea el planeta en su globalidad (2).
PERSPECTIVA SOCIAL	...	La sostenibilidad de las ciudades tiene una fuerte vinculación con su ‘ <i>deseabilidad</i> ’, y esta es en esencia comparativa; cada persona la evalúa en relación a otras ciudades. Y la globalidad de las comunicaciones en la actualidad, hace que cualquier ciudad pueda ser ‘comparada’ con todas las demás ciudades (3).

	...	La insostenibilidad de las ciudades muchas veces ha sido producida por <i>conflictos con otras ciudades [o sociedades] del entorno</i> . La globalización también se ha extendido al carácter de estos conflictos, cuya escala excede actualmente lo local.
PERSPECTIVA ECONÓMICA	...	Las ciudades establecen <i>relaciones comerciales</i> en el nivel global, cuya sostenibilidad requiere cierta sostenibilidad del conjunto.
	...	El <i>comercio constituye un intercambio de bienes y servicios que implican biocapacidad y servicios de regulación</i> , vinculando la sostenibilidad de dichos intercambios a la sostenibilidad medioambiental, y con ello la de las ciudades a la del medioambiente global.

FUENTE: elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) No obstante, el comercio [que constituye un intercambio de biocapacidad] ha hecho difícil calcular las fronteras de este sistema de soporte; para ello sería necesario considerar todas las relaciones comerciales de la ciudad.
- (2) Hay que matizar sin embargo, que mientras cualquier ciudad necesita la sostenibilidad del planeta en su conjunto, su insostenibilidad se puede producir como consecuencia de la insostenibilidad de áreas más reducidas de territorio.
- (3) Esto explica por qué las sociedades más desarrolladas [más deseables] ponen barreras a la inmigración [limitan su accesibilidad].
- (4) Además, existen algunas interacciones difícilmente conceptualizables, como la autoorganización supra-ciudad subyacente a la Teoría del Lugar Central [Christaller] o las leyes de potencia población/ranking urbano [Berry en Wily, 2012], que no revisamos ya que se apartan de los objetivos de este trabajo.

Vemos que, excepto en algunos casos puntuales o cuestiones en las que podamos precisar un ‘entorno’ más reducido, **la sostenibilidad de cualquier ecosistema urbano requiere la sostenibilidad del ecosistema global, y con ello la perspectiva más correcta es considerar que el entorno cuya sostenibilidad es necesaria para la sostenibilidad de la ciudad es la totalidad del planeta.**

Esto constituye un obstáculo para nuestro objetivo de diseñar un modelo que permita incorporar la sostenibilidad como criterio de decisión en las actuaciones urbanas. La capacidad de intervención desde una ciudad sobre el resto del planeta es muy reducida, y revisar el estado global del planeta [si ello fuera posible] para evaluar el impacto de las transformaciones urbanas haría que el estado global adquiriera tanta importancia que no permita [o dificulte mucho] dos cuestiones:

- Apreciar el hecho de que en un mismo entorno unas ciudades pueden tener mucha mayor sostenibilidad que otras [pueden ser mucho más sostenibles].
- Valorar las diferencias entre dos propuestas de transformación urbana [cuyos efectos sobre el planeta pueden ser casi inapreciables], imposibilitando así el objetivo del modelo.

La solución que planteamos [anticipada anteriormente] es revisar la sostenibilidad de la ciudad como ‘modelo’, i.e., evaluando la sostenibilidad del entorno considerando que ‘todas las ciudades fueran iguales a la evaluada’, punto de vista que seguiremos justificando desde diferentes perspectivas.

Vamos pues a revisar los aspectos del entorno que influyen sobre la sostenibilidad de las ciudades, comenzando por el segundo de ellos: el entorno como red de ciudades interconectadas.

2.3.3.2.1 RELACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LAS CIUDADES CON EL ENTORNO

Las relaciones de una ciudad con su entorno no se refieren solo a su medioambiente. También incluyen aspectos sociales y económicos, y debemos diferenciar dos escalas de interacción:

- *ciudad - entorno cercano*, que suele coincidir con el territorio del cual la ciudad es responsable institucionalmente. En esta escala, la ciudad interactúa con ‘agentes’¹⁴² de tamaño reducido; pueblos, explotaciones agrarias, empresas,...

¹⁴² Denominamos ‘Agente’ a ‘cualquier entidad/organismo con capacidad de decisión propia’, incluyendo desde una persona hasta un país.

- *ciudad – entorno no cercano*, que se materializa en conexiones con otras ciudades, como centros que ‘dirigen’/organizan cada uno de los territorios.

Integrar ambos tipos de interacciones en el presente modelo resulta extremadamente difícil, por varias cuestiones:

- En términos sistémicos, no se trata de interacciones con ecosistemas naturales que siguen tendencias de cambio -al menos en el corto plazo- predecibles, sino con ‘agentes’ cuyo futuro incorpora elevada impredecibilidad implícita en su capacidad de decisión autónoma.
- La gran cantidad de relaciones que mantienen las ciudades con ‘agentes’ externos [y su elevada variación temporal] hace imposible recopilar /modelizar tal cantidad de información.

En esencia nos acerca al dialogo determinismo/posibilismo [necesidad/contingencia], el Demonio de Laplace y la pregunta... **¿podría existir una inteligencia capaz de predecir con total exactitud el futuro si conociera todos los datos del pasado?** En general, se acepta mayoritariamente que ‘nosotros’ no podemos; tanto por las dinámicas caóticas [que amplifican errores infinitesimales hasta producir desviaciones enormes] como por la capacidad de decisión autónoma de los diferentes agentes¹⁴³.



Imagen 02.24: La sociedad en red nos acerca a la investigación actual de las Ciencias de la Complejidad, que trata de modelizar los comportamientos de ‘redes complejas’, mediante diferentes instrumentos: ‘modelos basados en agentes’, leyes de potencia, análisis estadísticos...

Aunque está relativamente aceptado que el Entorno no puede ser modelizado con total exactitud [entre otras cosas, porque una vez conocida la predicción, los agentes pueden realizar decisiones que invaliden la predicción], diversas herramientas nos permiten hacer algunas predicciones ‘aproximadas’.

Intentar modelizar con total exactitud dichas relaciones en el modelo carece por tanto de sentido, debiendo buscar otras soluciones para lo cual nos apoyaremos en dos cuestiones:

La primera será utilizar **herramientas estadísticas** que nos permiten predecir aproximadamente el comportamiento agregado independientemente del comportamiento exacto de cada ‘agente’.

La estadística nos permite modelizar ciertos aspectos de las dinámicas caóticas y de complejidad desorganizada [e.g., sistemas con numerosos agentes], que presentan regularidad estadística [Lorenz, 1960; Von Bertalanffy, 1968; Gleick, 1988]. Posibilitando realizar predicciones que en muchos casos serán ‘suficientemente aproximadas’:

- Mediante la revisión de parámetros estadísticos [Medias, Desviaciones, tendencias,...]
- Mediante su revisión grafica que nos permitirá detectar la presencia de ‘atractores’.

¹⁴³ La Teoría del Caos es en esencia ‘determinista’ y por tanto no imposibilita la existencia de un ‘Demonio de Laplace’ [Laplace, 1814] que podría superar el problema de la Dependencia Sensible [i.e., podría modelizar una situación dada con total exactitud]. Pero dado que nosotros no podemos [y nunca podremos] conocer la posición y velocidad de todas las partículas del universo en un momento dado, confirma nuestra incapacidad de modelizar con total exactitud este tipo de sistemas. Sin embargo, la ‘capacidad de decisión’ autónoma si imposibilita el Demonio de Laplace; lo contrario sería afirmar que no existe la libertad de elección individual.

Y la segunda es mediante las **Teorías de la Decisión Racional y de los Juegos**¹⁴⁴. La [inmensa] mayoría de los agentes en la [inmensa] mayoría de ocasiones realiza ‘decisiones racionales’, i.e., que buscan maximizar la utilidad individual que esperan conseguir mediante sus acciones [Von Neumann Morgenstern 1944; Nash 1950; Savage 1954; Rawls, 1971], llevándonos a dos situaciones:

- Cuando un agente debe tomar una decisión, busca que el resultado de la misma maximice su utilidad individual esperada.
- Cuando un agente debe aceptar una imposición [una decisión externa, e.g., un Acuerdo Internacional] busca que dicha imposición le reste tanta o menos utilidad que al resto de agentes sujetos a la misma [alude a la equidad de la imposición].

IMAGEN

Imagen 02.25: El Tratado Antártico establece numerosas restricciones [reducciones de utilidad posible] a las actividades que las diferentes naciones pueden realizar en la Antártida, pero incorpora dos cualidades fundamentales:

- *Las restricciones [limitaciones a la utilidad individual máxima] son iguales para todas las naciones.*
- *Las restricciones buscan maximizar la utilidad del conjunto [i.e., su sostenibilidad].*

Nos acerca por tanto al tipo de acuerdos necesarios [y posibles] para la sostenibilidad del conjunto de sociedades.

La primera de las cuestiones nos acerca a la afirmación de que *el Grado de Sostenibilidad de un SSE es una función de utilidad colectiva apta para la toma de decisiones en los SSE* [Alvira, 2014a]. Si está bien modelizado, el grado de sostenibilidad podrá ser utilizado como parámetro para la toma de decisiones por parte de cada uno de los agentes. Esto nos proporciona un criterio para el presente trabajo; el modelo que se proponga debe proporcionar un valor de grado de sostenibilidad equivalente a la máxima utilidad individual compatible con la del conjunto:

- Si el conjunto de ‘agentes’ del entorno toman sus decisiones en base al modelo propuesto, el resultado estable de su interacción [solución del juego] deberá representar situaciones de máxima sostenibilidad individual y del conjunto.
- Si el conjunto de ‘agentes’ que interactúan con la ciudad evaluada toma sus decisiones basándose en maximizar su ‘Grado de Sostenibilidad’, serán agentes con elevado grado de sostenibilidad, lo cual se transmitirá a sus interacciones con la ciudad evaluada.

La sostenibilidad de las interacciones de la ciudad con otras ciudades u organismos externos deberá valorarse en dos niveles:

- El de la propia ciudad evaluada que deberá mantener relaciones con los agentes externos que preserven el estado del conjunto, y podremos revisar en términos de metabolismo:
 - La sostenibilidad social deberá evaluarse en términos de dinámicas poblacionales [equilibrio demográfico, etc...] vinculados en parte a mantener diferenciales de ‘deseabilidad’ [grado de sostenibilidad] moderados con el entorno.

¹⁴⁴ La Teoría de los juegos nos permite modelizar las decisiones de agentes cuando el resultado de dicha decisión depende de lo que haga al menos otro agente [ver ANEXO II_ TEORÍA DE LOS JUEGOS]

- La sostenibilidad económica deberá evaluarse en términos de equilibrio de los intercambios monetarios, y niveles de endeudamiento aceptables.
- El de las relaciones con los agentes con que interactúa, que deberá evaluar la sostenibilidad de dichos agentes; limitando la cantidad de relaciones que se mantienen con agentes con reducida sostenibilidad¹⁴⁵.

La segunda cuestión nos sitúa en otro nivel que alude a la *necesidad de marcos globales* que establezcan reglas adecuadas [acuerdos internacionales, etc...] *que busquen la ‘autorregulación’ de las interacciones en la dirección ‘deseable’*.

La posición de máxima utilidad [i.e., ‘sostenibilidad’] del conjunto implica restricciones a la máxima utilidad individual de cada agente, y por tanto nunca puede ser un resultado espontáneo y estable de las interacciones [i.e. un Equilibrio de Nash]. Cada agente estará renunciando a una cierta utilidad individual, que podría incrementar si se aleja de la situación de máxima sostenibilidad del conjunto.

La única forma de que las interacciones entre los agentes se regulen hacia situaciones que maximicen la sostenibilidad global es establecer acuerdos globales que deben tanto explicitar las limitaciones a la utilidad individual como establecer sanciones [reducciones de utilidad] que hagan preferible respetar dichas limitaciones que infringirlas; i.e., que redefinan el *punto de equilibrio o solución del juego*.

De lo contrario, las situaciones de ‘equilibrio’ no coincidirán con los puntos que maximizan la utilidad colectiva, sino con los que maximizan la utilidad de aquellas sociedades con mayor control de los recursos [i.e., con mayor poder militar o económico].

Esta cuestión la podemos comprender de manera sencilla relacionándola con la Teoría del Caos. Si al representar varias variables en un gráfico [espacio de fases] aparece una figura definida, entonces existe un atractor o un ‘espacio’ al cual tienden las soluciones de la interacción. En términos sistémicos, constituye la situación hacia la cual se ‘autorregula’ el sistema según las reglas de juego actuales.

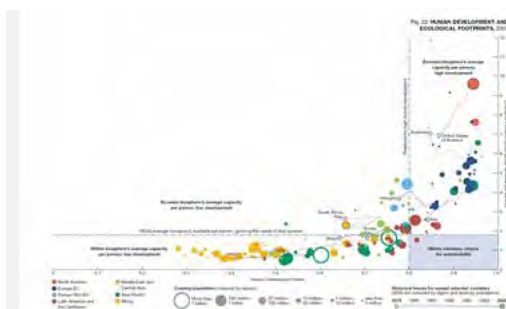


Imagen 02.26: La relación entre ‘bienestar humano’ y utilización de biocapacidad [Fuente: WWF] muestra un atractor al cual se ajustan de manera sorprendentemente precisa las diferentes sociedades [en este caso una curva]. Representa la solución estable a su interacción según las ‘reglas del juego’ actuales. El hecho de que tanto las sociedades más desarrolladas socioeconómicamente como las sociedades con menor huella ecológica se alejan asintóticamente de la zona ‘sostenible’ [zona en gris abajo a la derecha] nos muestra que **nuestro modelo de desarrollo actual es claramente insostenible.**

Las cuestiones anteriores nos llevan a proponer el siguiente criterio para el modelo:

- Por una parte, buscaremos que el modelo operativo maximice la utilidad individual compatible con el conjunto. *Si todas las ciudades toman sus decisiones utilizando el modelo que se propone, alcanzarán una elevada utilidad individual y el conjunto será en esencia ‘sostenible’*.

¹⁴⁵ No se busca eliminar dichas relaciones, lo que implicaría excluir del desarrollo las sociedades actualmente menos desarrolladas, pero cada ciudad deberá valorar la sostenibilidad global del conjunto de sus interacciones.

- Por otra parte, aceptamos que para que el modelo propuesto lleve a los resultados buscados, *será necesario fomentar su utilización generalizada en el nivel global* [puede ser este modelo u otros similares], *lo que requerirá acuerdos internacionales*, cuestión que evidentemente excede el alcance del presente trabajo.

2.2.3.3.2 FLUJOS DE MATERIA Y ENERGÍA CON EL ENTORNO: METABOLISMO URBANO

Las ciudades realizan ingentes intercambios de materia y energía con su entorno, que desde la perspectiva ecológica incluimos en el concepto de **metabolismo urbano** que podemos definir como “*el conjunto de todos los materiales y servicios necesarios para ‘sostener’ a los habitantes de la ciudad en sus hogares, lugares de trabajo, y en el ocio*” [Wolman, 1965:1].

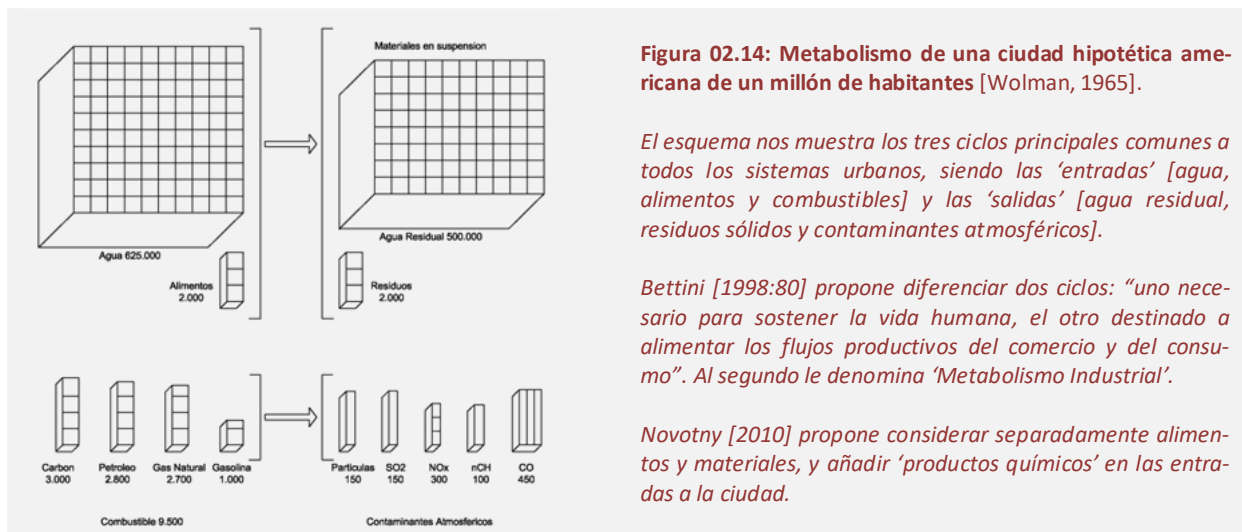


Figura 02.14: Metabolismo de una ciudad hipotética americana de un millón de habitantes [Wolman, 1965].

El esquema nos muestra los tres ciclos principales comunes a todos los sistemas urbanos, siendo las ‘entradas’ [agua, alimentos y combustibles] y las ‘salidas’ [agua residual, residuos sólidos y contaminantes atmosféricos].

Bettini [1998:80] propone diferenciar dos ciclos: “uno necesario para sostener la vida humana, el otro destinado a alimentar los flujos productivos del comercio y del consumo”. Al segundo le denomina ‘Metabolismo Industrial’.

Novotny [2010] propone considerar separadamente alimentos y materiales, y añadir ‘productos químicos’ en las entradas a la ciudad.

El gráfico anterior nos muestra que lo que ‘sale’ es proporcional [y bastante similar] a lo que ‘entra’ en la ciudad; *cuanto mayor es la cantidad de recursos consumida, mayor es la cantidad de residuos producida*¹⁴⁶. Y como consecuencia, nos *permite relacionar los ‘consumos’ de la ciudad con los impactos negativos de sus residuos*.

El análisis del metabolismo nos permite evaluar la presión que el funcionamiento habitual de un área urbana [consumo de recursos y producción de residuos] ejerce sobre el medioambiente, que se manifestará mayormente en dos tipos de impactos:

- **Reestructuración física y sobreexplotación de los ecosistemas** si el sistema necesita consumir mayor cantidad de recursos naturales de los disponibles en el medio.
- **Degradación del medio** si el sistema produce cantidades de residuos o contaminantes superiores a la capacidad del medio de absorberlos.

Por tanto, las ‘entradas’ al sistema urbano nos estarán informando de la presión para la reestructuración y sobreexplotación del medioambiente, mientras que las ‘salidas’ nos estarán informando de su degradación.

¹⁴⁶ Se relaciona con la Ley de la Conservación de la Energía [Primer Principio de la Termodinámica]. “En un sistema biológico la cantidad de residuos depende de la cantidad de recursos utilizados” [Newman, 1999: 220].

TABLA 02.34_ PRINCIPALES IMPACTOS DEL CONSUMO DE RECURSOS/PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

Impactos causados por el consumo excesivo de recursos	<ul style="list-style-type: none">• Agotamiento de los recursos abióticos [combustibles fósiles y metales]• Agotamiento de recursos bióticos [fundamentalmente caladeros de pesca y bosques]• Modificación de hábitats y competición por el acceso al agua y utilización de la tierra.
Impactos causados por la producción excesiva de residuos/emisiones	<ul style="list-style-type: none">• Cambio climático [causado por emisiones GEI]• Eutrofización [causado por la polución con nitrógeno y fósforo] (1)• Toxicidad del medio ambiente causada por la polución atmosférica urbana y regional y otras emisiones tóxicas.
FUENTE: UNEP, 2010	
(1) La Eutrofización y eco toxicidad del agua está causada en más de un 80% por la agricultura [UNEP 210: 14], y por tanto indirectamente por las ciudades, que consumen un elevado porcentaje de dicha producción agrícola.	

Sin embargo, no es posible establecer una relación inequívoca entre cantidades físicas [masa o volumen] de entradas/salidas a la ciudad e impacto medioambiental, ya que *no todos los consumos de recursos ni residuos producen los mismos impactos sobre el medioambiente*:

- En términos de ‘reestructuración física’ y/o ‘sobreexplotación’, diferentes entradas a la ciudad conllevan diferentes presiones sobre el medio.
- En términos de ‘degradación’, diferentes salidas de las ciudades producen diferentes impactos sobre el medio.

Además, el modelo input/output no contabiliza los consumos indirectos, i.e., aquéllos que no ‘traspasan’ las fronteras de las ciudades, pero cuya existencia previa es condición para que pueda ocurrir el consumo posterior¹⁴⁷.

Esto quiere decir, que al impacto directo sobre el medioambiente de cada ‘entrada’ o ‘salida’ de la ciudad, será necesario añadir los impactos producidos durante su proceso de elaboración; i.e., hasta que el bien o servicio ha podido ser accesible para su uso. Sin embargo, la evaluación de los impactos producidos por los consumos indirectos entraña considerable dificultad ya que:

- No es fácil contabilizar todos los procesos que implica la producción de un bien, ni los procesos indirectos asociados a cada uno de ellos.
- Dos productos que implican los mismos procesos de producción, pueden haber tenido diferentes consumos indirectos o haber generado diferente impacto si se han producido utilizando diferente tecnología o en diferentes contextos [físicos o temporales].

Adicionalmente, es interesante comentar tres cuestiones:

La definición de ‘**metabolismo**’ propuesta relaciona lo que entra, lo que sale y lo que ‘sostiene’ [la ciudad], y nos lleva a afirmar que los consumos de recursos/producción de residuos deben revisarse en relación al modelo urbano que sostiene, acercándonos a su evaluación en términos de Eficiencia. *Si el metabolismo de las ciudades expresa sus consumos, el ecosistema sostenido representa el producto obtenido, permitiéndonos evaluar la eficiencia con que cada ciudad utiliza los recursos.*

¹⁴⁷ Un estudio hecho en Gales, indica que los impactos directos solo constituyen el 22,6% de la huella ecológica de los hogares, mientras que la mayoría de esta huella [el 74%] proviene de la compra de bienes y servicios con impactos indirectos [Dawkins et Al, 2008:9].

La propuesta de Wolman muestra un **metabolismo lineal**; i.e., los recursos que entran del exterior son utilizados por la ciudad y devueltos al exterior transformados en residuos, y nos avanza una de las propuestas fundamentales de la Ecología Urbana; transformar las ciudades para que adopten un *metabolismo circular*. Un modelo que maximice el 'cierre de los diferentes ciclos' convirtiendo la mayor cantidad posible de salidas [residuos] en entradas [recursos] para el siguiente ciclo, imitando el funcionamiento de los ecosistemas naturales en los que no existen residuos¹⁴⁸.

Por último, es importante destacar que **el exceso de consumo de recursos suele implicar problemas de abastecimiento y una elevada producción de residuos**, que llevan a una pérdida de calidad y habitabilidad del ecosistema urbano 'sostenido'¹⁴⁹.

LA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRITORIO

Las personas necesitan utilizar recursos naturales, pero la cantidad de recursos que puede producir cada territorio es limitada, y en consecuencia, existe un límite a la cantidad de población que puede sustentar un territorio; su '**capacidad de carga**'.

El concepto de capacidad de carga se configura como un límite que nos indica la sostenibilidad o no de una ciudad por su entorno; la ciudad dejará de ser sostenible cuando 'supere la capacidad de carga' del entorno que la sustenta¹⁵⁰. *La sostenibilidad del metabolismo urbano requerirá que el consumo de recursos sea menor que la capacidad del entorno de proporcionarlos, y dependerá de los recursos disponibles en el entorno, el consumo por habitante y el número de habitantes.*

IMAGEN

Imagen 02.27: Los ciclos **predador presa** son un mecanismo de autorregulación que adapta las poblaciones a la capacidad de carga del territorio; hacen que las poblaciones se sitúen en rangos de equilibrio. Si una especie supera la 'capacidad de carga' del entorno en un periodo, reduce su población durante los periodos siguientes. Es necesario considerar que en los sistemas naturales los consumos per cápita tienen reducida variabilidad [cada individuo consume lo necesario para su supervivencia], las especies tienen reducida [o nula] capacidad de modificar la productividad del territorio, y existe cierta especialización: cada especie se alimenta de un reducido tipo de presas.

La sostenibilidad vuelve a configurarse como un 'estado de equilibrio dinámico', en el cual la cantidad de población, los consumos de recursos por habitante, y la productividad del territorio tienen que encontrarse en equilibrio, y cualquier modificación de una variable requerirá el ajuste de las otras variables que intervienen en la ecuación anterior.

En los ecosistemas naturales, si hay recursos que puedan ser consumidos por varias especies, la capacidad de carga del territorio para cada especie estará relacionada con la población existente de las

¹⁴⁸ "las ciudades tienen un metabolismo lineal [...] que toma lo que necesita en una zona extensa sin pensar en las consecuencias [...] Un metabolismo circular sería aquel que [...] actuase en el sentido de completar los ciclos naturales de forma que todos sus residuos fueran reutilizables" [Fariña et Al En Fariña, 2001: 284].

¹⁴⁹ Wolman [1965] señala la aparición de problemas de abastecimiento de agua y polución atmosférica. Rueda [2012: 128] afirma que "el consumo de materiales, agua y energía está suponiendo a escala local una merma de la calidad urbana y de vida de los ciudadanos", lo que apunta a que estos problemas no han disminuido con el paso del tiempo.

¹⁵⁰ "La insostenibilidad se produce cuando se supera [...] la 'capacidad de carga' del ambiente" [Bettini, 1998: 62].

otras especies. Si calculamos la capacidad de carga del planeta en un momento dado, una especie solo podrá incrementar su número de manera ‘sostenible’ mediante tres opciones:

- Reducir sus consumos per cápita.
- Incrementar la productividad del entorno.
- Reducir la capacidad de carga para otras especies.

Anteriormente hemos visto que el incremento de productividad no ha sido capaz de compensar el incremento espectacular de población humana en el planeta en los últimos 200 años, que ha ido acompañado de fuertes incrementos de consumo per cápita. Y uno de los mecanismos para sustentar este crecimiento de población ha sido reducir la capacidad de carga para otras especies biológicas, permitiéndonos explicar de otra manera *el principal peligro para la biodiversidad; el incremento de población humana y sus consumos per cápita*.

LAS ‘HUELLAS’ DEL CONSUMO

El modelo I/O tiene una crítica importante desde la perspectiva de la sostenibilidad del medioambiente; no contabiliza los consumos de biocapacidad indirectos [aquellos producidos fuera de los ‘límites’ del sistema urbano]. Estos consumos pueden llegar a constituir un porcentaje elevado del consumo e impactos ambientales asociados al metabolismo urbano, y para evaluarlos se han propuesto varios indicadores denominados ‘huellas’.

Las ‘huellas’ no contabilizan la cantidad de recursos consumidos sino el impacto de dicho consumo sobre el entorno; *miden la ‘presión’ que una sociedad ejerce sobre los ecosistemas*¹⁵¹, introduciendo tres diferencias en relación a los modelos I/O:

- Contabilizan *consumos indirectos*.
- *Permiten atribuir ‘consumos’ al uso de servicios*, que aparentemente no implican consumo de recursos [Wiedmann et Al, 2006].
- Permiten establecer *‘objetivos de sostenibilidad’*, que reciben el nombre de *‘umbrales ecológicos o de consumo’*.

Los ‘umbrales ecológicos’ nos indican a partir de qué punto los consumos de recursos o producción de residuos comienzan a tener impacto negativo sobre los ecosistemas. Se calculan a partir de estimaciones de la cantidad total de biocapacidad existente en los ecosistemas, restando la parte necesaria para sostener a las demás especies biológicas [i.e., la necesaria para sostener la capacidad de carga actual para las demás especies].

Cuando los consumos de una ciudad superan dicha biocapacidad significa que presenta un déficit ecológico, con un impacto ambiental que será mayor cuanto mayor sea el mismo¹⁵², y nos indica el

¹⁵¹ Las ‘huellas’ miden [...] la apropiación humana de los recursos naturales del planeta y su capacidad de carga [Ercin y Hoekstra 2012].

¹⁵² Al proveer un ‘umbral ecológico’, las huellas permiten calcular el ‘superávit o déficit ecológico’ de una sociedad; lo que se relaciona con su ‘grado de sostenibilidad o insostenibilidad’. Sin embargo, hay que diferenciarlo del grado de insostenibilidad total que dicho sistema aporta al medioambiente global, que dependerá tanto de su déficit ecológico por habitante como de su número de habitantes.

grado de insostenibilidad ecológica de dicha ciudad como modelo; lo que el mundo se degradaría si todos los sistemas consumieran así.

$$DE = BCd - N * h = BCd - H \quad (6)$$

Siendo: DE_ Déficit Ecológico; BCd_ Biocapacidad Disponible; h_ Huella por habitante [H_ Huella de toda la población] y N_ nº habitantes

Y la sostenibilidad requiere que no exista déficit, i.e., que los consumos metabólicos no superen la biocapacidad disponible¹⁵³.

$$\frac{BCd}{N * h} = \frac{BCd}{H} \geq 1 \quad (7)$$

En la actualidad existen tres tipos de huellas con elevado grado de utilización, y un cuarto tipo que está empezando a elaborarse [Ercin y Hoekstra, 2012:4]:

- *Huella Ecológica*. Mide el uso de territorio bioproductivo.
- *Huella Hídrica*. Mide el consumo y contaminación de recursos hídricos [agua dulce].
- *Huella de Carbón*. Mide la emisión de gases que contribuyen al calentamiento global.
- *Huella de Nitrógeno*. Mide la cantidad de nitrógeno liberado al medio ambiente.

Vamos a revisar los dos primeros, que tienen mayor recorrido y se complementan interesantemente.

HUELLA ECOLÓGICA

La **huella ecológica** [Rees y Wackernagel, 1990] de una población se define como “*el área de territorio y ecosistema acuático necesaria para producir los recursos que dicha población consume y asimilar los residuos que produce, donde quiera que dicha superficie se localice en la Tierra*” [Rees, 2003:9].

Es por tanto el concepto inverso a la capacidad de carga; contabiliza la cantidad de territorio necesaria para sustentar un modelo urbano con los patrones de consumo de dicho modelo urbano.

Según Rees [2003:9] “*existen muchos factores que influyen en el área necesaria para la huella ecológica de una población: su tamaño, estilo medio de consumo, productividad de la tierra/agua y eficiencia de la recolección, procesado y uso de recursos*”.

El cálculo de la huella ecológica requiere ‘traducir’ la utilización de recursos naturales en seis tipos de huella utilizando una unidad de medida propia: las *hectáreas globales [hag]*¹⁵⁴.

- *Territorio Agrícola*: representa la superficie de cultivos agrícolas destinados a consumo humano o uso en ganadería y acuicultura, aceites y cauchos.
- *Tierras de Pastoreo*: representa la superficie de pastos utilizada para ganadería.

¹⁵³ MARM, 2008:22 y SEI, 2010:10. Complementariamente, puede ser necesario revisar otras cuestiones no incluidas en las ‘huellas’, como: la Toxicidad de los contaminantes o el Mantenimiento de la Biodiversidad.

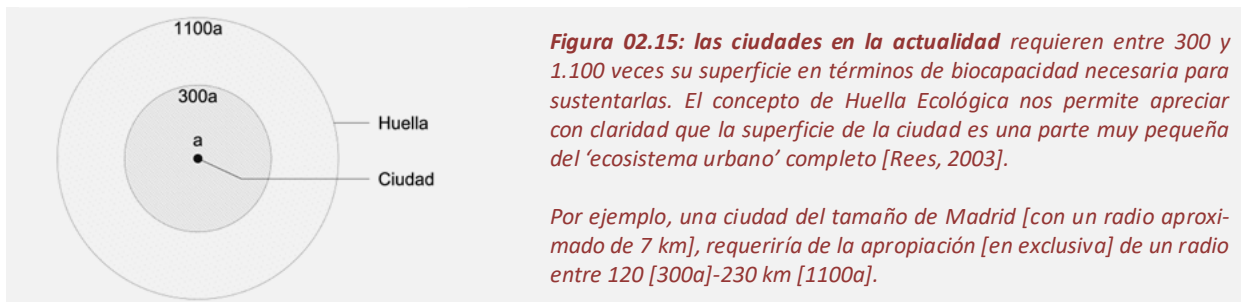
¹⁵⁴ Borucke et Al, 2013. Hay que indicar que mientras la Huella Ecológica propone seis categorías de consumo de biocapacidad, solo propone cinco categorías de terreno bioproductivo, estableciendo una única categoría [superficie de bosque] para hacer frente tanto a la Huella CO2 como al uso de productos forestales.

- *Caladeros de Pesca*: representa la superficie de plataforma continental necesaria para proveer el pescado consumido.
- *Huella CO₂*: representa la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ de origen antrópico¹⁵⁵.
- *Territorio Forestal*: representa la superficie de bosque necesaria para proveer productos forestales: madera para papel, construcción o como biocombustible.
- *Territorio Construido*: representa la superficie ocupada por infraestructuras de transporte, edificaciones y embalses para la generación de energía hidroeléctrica.

El modelo de la Huella Ecológica introduce dos cuestiones interesantes frente a modelos previos:

- Mide el territorio necesario de forma ‘deslocalizada’ en relación a la ciudad que ‘que utiliza su capacidad’; i.e., considera que *la ‘cercanía’ ya no es una condición necesaria para la utilización del territorio*.
- Considera dos tipos de territorio natural ‘utilizados’ en los procesos de metabolismo:
 - territorio necesario para satisfacer el consumo de recursos naturales
 - territorio necesario para asimilar los residuos producidos por el sistema urbano¹⁵⁶.

Ambos términos se refieren a la ‘capacidad’ biológica del territorio; es decir, su ‘**biocapacidad**’ o “capacidad de los ecosistemas de producir materiales biológicos útiles y absorber residuos generados por el hombre, usando los esquemas de gestión y tecnologías actuales” [Global Footprint Network].



El concepto de biocapacidad nos proporciona un ‘umbral máximo de utilización del territorio’ contra el cual comparar la huella ecológica de cada ciudad permitiendo evaluar su grado de sostenibilidad¹⁵⁷. Para ello bastará comparar el ‘territorio productivo’ que necesita su metabolismo [equivalente a Huella Ecológica en hag] con el territorio productivo accesible [equivalente a biocapacidad accesible], que nos indicará si sus consumos de recursos/producción de residuos son sostenibles o no.

¹⁵⁵ Según WWF, en 2008 una hag podía absorber el CO₂ emitido por la quema de aproximadamente 1450 litros de gasolina; es una medida del área de bosque medio que es necesaria para absorber las emisiones GEI que no son absorbidas por los océanos. Sin embargo, WWF indica que la capacidad de absorción de CO₂ por los bosques puede variar con el tiempo, y que tiende a reducirse a medida que los bosques maduran, pudiendo llegar convertirse en ‘emisores’ de GEI si los bosques se degradan o desaparecen [WWF, 2012: 137]

¹⁵⁶ Aunque el modelo actual de la Huella Ecológica plantea la crítica de que solamente considera el CO₂, no teniendo en cuenta el impacto de los demás Residuos producidos no reciclados [Moore, 2011: 4]

¹⁵⁷ WWF, 2012: 38 y MARM, 2007. “Una ciudad sostenible no debe explotar recursos a un ritmo superior a su regeneración o sustitución, ni producir niveles de contaminación por encima de su asimilación natural” [Rueda, 2012: 129].

Aunque la Huella Ecológica puede ser utilizada como un **indicador biofísico**, es necesario considerar que no contabiliza algunas cuestiones importantes que deberán ser completadas para dicho uso:

- Aspectos del consumo de recursos y producción de residuos para los cuáles la Tierra no posee capacidad regenerativa.
- Residuos diferentes al CO₂, no contabilizados actualmente.
- Impactos 'cualitativos' importantes para la sostenibilidad medioambiental¹⁵⁸.
- Servicios ecosistémicos necesarios para el desarrollo humano que no sean de 'aprovisionamiento'.

La huella ecológica nos permite evaluar la sostenibilidad del metabolismo de un modelo urbano a partir de la sostenibilidad de sus flujos, pero excluye ciertas interacciones Sistema-Entorno y sólo evalúa parcialmente la sostenibilidad del Entorno [Sostenibilidad Medioambiental].

LA HUELLA HÍDRICA

La Huella Hídrica mide "el total de agua usada para producir los bienes y servicios utilizados por un grupo de individuos" [Chapagain y Hoekstra, 2004]. Se presenta así como un indicador complementario a la Huella Ecológica, permitiéndonos evaluar la sostenibilidad del uso del agua.

Y podremos calcular el grado de **sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos** "relacionando la huella hídrica con los recursos hídricos disponibles, de manera similar a como se relaciona la Huella Ecológica con la biocapacidad disponible" [Hoekstra et al, 2012: 73], produciéndose el 'déficit hídrico' cuando la Huella Hídrica supera los Recursos Hídricos disponibles.

IMAGEN

Imagen 02.28: La Huella hídrica es también un indicador biofísico:
"El uso insostenible de los recursos hídricos se manifiesta en todo el mundo por acuíferos que gradualmente se agotan, ríos que se secan, y calidad del agua deteriorándose... La sobreexplotación de los recursos hídricos por las actividades humanas afecta a la sociedad pero también pone en peligro la salud de los ecosistemas" [Ercin y Hoekstra, 2012:3].

Sin embargo, "la Huella Hídrica es un indicador explícito en cuanto a ubicación geográfica y temporal, indicando no solo los volúmenes de agua utilizada y su contaminación, sino también sus ubicaciones" [Ercin & Hoekstra, 2012:3/6]¹⁵⁹.

*El objetivo de sostenibilidad por tanto es mantener el uso de recursos hídricos por debajo de los niveles que el sistema puede suministrar **en cada lugar y en cada momento***¹⁶⁰. La sostenibilidad del con-

¹⁵⁸ "Una parte importante de los impactos de la artificialización del suelo tienen una componente cualitativa que no se ve reflejada en la huella ecológica [paisaje, biodiversidad y fragmentación de hábitats, ciclo del agua, etc...]" [MARM, 2007: 39].

¹⁵⁹ La Huella hídrica de una cuenca hídrica se tiene que poner en relación con los recursos hídricos de dicha cuenca. Esto quiere decir que "la máxima Huella Hídrica sostenible a nivel mundial será la suma de las máximas Huellas Hídricas sostenibles en todas las cuencas hídricas del mundo. Más aun, el momento en que se realiza el consumo a lo largo del año también importa [...] por tanto, las Huellas Hídricas sostenibles se deben establecer para cada cuenca hídrica considerando periodos mensuales" [Ercin y Hoekstra, 2012].

sumo de una misma cantidad de recursos hídricos depende en parte del contexto geográfico y momento temporal en el que se realice dicho consumo [Hoekstra et Al, 2012: 74].

La Huella Hídrica se descompone en **tres tipos de ‘huella hídrica’** que es necesario evaluar por separado para poder evaluar la sostenibilidad hídrica del sistema. Los dos primeros se relacionan con la utilización de agua y el tercero con la producción de agua residual, siendo los objetivos de sostenibilidad diferentes para cada uno de ellos:

TABLA 02.35_ TIPOS DE HUELLA HÍDRICA Y OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD

	TIPO DE HUELLA	OBJETIVO DE SOSTENIBILIDAD
UTILIZACIÓN DE AGUA	VERDE (1)	Apropiación humana de recursos hídricos ligados al agua de lluvia retenida en los suelos, o por los cultivos, que retienen parte y liberan el resto mediante evapotranspiración. Se vincula a la ocupación del suelo, y por tanto el objetivo de sostenibilidad es preservar el porcentaje de Recursos Hídricos verdes suficiente para el territorio cuyo uso humano está excluido i.e., territorio reservado para el resto de biodiversidad], que podemos situar en un 20-30% aprox. (2)
	AZUL	Apropiación humana de recursos hídricos de aguas superficiales o subterráneas. El objetivo en el nivel local es evitar la ‘Escasez Hídrica’, es decir, que durante periodos temporales concretos la Huella Hídrica supera los Recursos Hídricos Disponibles. El objetivo en el nivel global es que el uso de Recursos Hídricos Azules se sitúe por debajo de los Recursos Hídricos disponibles per cápita. (3)
PRODUCCIÓN AGUA RESIDUAL	GRIS	Apropiación humana de la capacidad de asimilación de contaminantes en los cursos de agua (4). El Objetivo es que los cursos de agua no presenten niveles de contaminación incompatibles con sus uso humano y con el resto de biodiversidad/ecosistemas (5)

FUENTE: elaboración propia a partir de varios autores [Hoekstra, 2011; Erçin y Hoekstra 2012; Röckstrom et Al 2009, ...]

- (1) Se advierte una cierta falta de datos, así como algunas dudas metodológicas en torno a este indicador, cuyo diseño actual valora su apropiación como recurso hídrico, sin contemplar que en ocasiones dicha apropiación puede ayudar a preservar los ciclos hidrológicos. Los flujos de agua verde influyen, en la escala regional, sobre los niveles de lluvia al aportar ‘vapor’, y consecuentemente sobre la disponibilidad de recursos hídricos azules. “Las estimaciones indican que es necesario mantener al menos el 90% de los flujos globales de ‘agua verde’ para mantener servicios críticos de los ecosistemas” [Röckstrom et Al, 1999 citado en Röckstrom et Al, 2009]
- (2) Hoekstra et Al [2011:79-80] sugieren que ese porcentaje debe rondar el 30% de territorio y por tanto de los Recursos hídricos disponibles.
- (3) La sostenibilidad en el uso de recursos hídricos requerirá valorar la cantidad de agua que es necesario no extraer del medio para preservar su funcionalidad, sobre la cual existen diferentes propuestas.
 - a. Rueda [1999:23] propone “reservar un tercio para ecosistemas terrestres, un tercio para ecosistemas acuáticos y un tercio para consumo humano [también riego agrícola]”
 - b. Hoekstra [2008:31] señala que diferentes autores proponen rangos entre el 20% y el 50% según cuenca hídrica con una media del 30% del caudal de los ríos libre de explotación, e indica la necesidad de seguir investigando acerca de los límites.
 - c. WWF [2012:65] propone limitar la utilización de los recursos hídricos superficiales para consumo humano a un máximo del 20%.
 - d. Steffen et Al [2015:16. Table 1] proponen los siguientes como Objetivos de Sostenibilidad en uso de recursos hídricos azules, no retirar más de los siguientes porcentajes de agua de los ríos:
 - i. hasta el 25% en periodos de bajo caudal
 - ii. hasta el 30% en periodos intermedios
 - iii. hasta el 55% en periodos de alto caudal.
- (4) “Cuando la huella hídrica iguala el caudal de un curso de agua, significa que todo el potencial de asimilación de contaminantes de dicho curso de agua ha sido utilizado” [Hoekstra et Al, 2012: 34].
- (5) Es importante indicar que esta contaminación se mide de forma más rigurosa diferenciando contaminantes. Sin embargo, la Huella Gris posee dos utilidades muy interesantes:
 - a. permite valorar la utilización total de los recursos hídricos, al trabajar con una misma unidad de medida que las huellas verdes y azul
 - b. permite hacer predicciones del estado futuro del sistema.

¹⁶⁰ “El agua es un recurso renovable, pero su disponibilidad no es ilimitada [...] durante un periodo concreto no se puede consumir más cantidad de agua de la que está disponible [durante dicho periodo]” [Hoekstra et Al, 2011: 25].

LÍMITES AL CONSUMO: LA SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO URBANO

A partir de los aspectos revisados podemos redefinir la ‘sostenibilidad urbana’ como la situación en que *un ecosistema urbano proporciona la máxima habitabilidad y calidad a sus habitantes, y su metabolismo no sobrepasa la biocapacidad del territorio que lo sustenta [su sistema de soporte]*.

Parece así posible evaluar la sostenibilidad de un sistema urbano, siendo necesario en primer lugar establecer la biocapacidad disponible para ser utilizada por dicho sistema [equivalente a ‘trazar’ los límites de su ‘sistema de soporte’], pero sabemos que esto entraña una dificultad considerable:

- Los límites del territorio con el que las ciudades intercambian ‘biocapacidad’ se modifican continuamente.
- El comercio internacional hace que los flujos de recursos se establezcan con regiones del planeta cada vez más alejadas¹⁶¹.
 - este comercio internacional comprende un número cada vez mayor de productos manufacturados; el trasvase actual de ‘biocapacidad virtual’ sobrepasa al físico.
 - un bien producido en un territorio suele incorporar a su vez ‘elementos’ producidos en otros territorios diferentes, creando una red de interrelaciones que en muchas ocasiones hace imposible definir un límite exacto del sistema de soporte que no sea el planeta en su totalidad.
- En determinados aspectos el sistema de soporte del metabolismo urbano lo constituye todo el planeta¹⁶².

Por tanto la solución más coherente es considerar que la Tierra en su conjunto es el sistema de soporte de todas las sociedades. Dado que el territorio productivo total de la Tierra es finito, su biocapacidad total también lo es, cuestión que reviste enorme importancia por dos motivos:

- Las evaluaciones indican que los consumos actuales sobrepasan la capacidad disponible globalmente.
- El consumo de biocapacidad es muy diferente entre las distintas sociedades [e incluso entre grupos sociales en una misma sociedad].

En consecuencia, existe un cierto debate en la actualidad, en relación a los límites de consumo que hacen insostenible [medioambientalmente] a una sociedad:

- Una opción es considerar la *biocapacidad ‘accesible’* por cada ciudad. Equivale a reconocer que las sociedades/ciudades con mayor riqueza pueden utilizar mayor biocapacidad.
- Otra opción es considerar como umbral de consumo la *biocapacidad media global*. Equivale a reconocer que la sostenibilidad global requiere el compromiso de todos [i.e., impone cargas a todos] y por tanto sus beneficios se deben repartir entre todos.

Ninguno de los dos planteamientos carece de críticas:

¹⁶¹ “El análisis de las áreas urbanas desde la perspectiva de la Ecología Sistémica [revela] la total dependencia de las ciudades de la productividad de tierras lejanas” [Rees, 1992: 125]. “los sistemas urbanos se sustentan cada vez más en la explotación de recursos de los sistemas naturales ubicados en mayor o menor lejanía” [Rueda, 2012: 128].

¹⁶² Especialmente en los residuos: la contaminación del agua puede desplazarse a sitios muy alejados de su origen, mientras que la de los gases [CO2 y otros] viaja libremente por la atmósfera.

- El primero se basa en considerar sostenible [y por tanto, justificar y perpetuar] una situación fundada en la desigualdad, que además choca con varias cuestiones:
 - La desigualdad extrema incrementa la inestabilidad y probabilidad de conflictos.
 - El medioambiente de las sociedades con menos recursos está degradándose en mayor medida que el de las sociedades ricas¹⁶³.
 - La mayoría de conflictos/crisis mundiales están relacionados con el acceso o control de biocapacidad; equiparar ‘control’ con ‘derecho de uso’ equivale a justificarlos.
- El segundo no considera factores locales, e ignora que la variación de población de diferentes países puede modificar continuamente el valor de biocapacidad media global, obligando a naciones demográficamente estables a ajustar continuamente su uso de recursos por dinámicas demográficas de otras naciones sobre las cuales carecen de capacidad de actuación.

Sin embargo, globalmente el segundo enfoque nos parece más ‘sostenible’:

- Si el conjunto de sociedades que habitan la tierra necesita más recursos de los que dispone, se trata de una situación que tarde o temprano provocará inestabilidad política y conflictos.
- Evaluar la sostenibilidad de las sociedades en relación a la biocapacidad media supone evaluar tanto la sostenibilidad de cada una como la del conjunto de todas las sociedades.

Por ello, la interpretación que consideramos adecuada es que *toda la Tierra constituye un único sistema de soporte de todos los sistemas urbanos y el objetivo de sostenibilidad de una sociedad debe ser no superar la biocapacidad media mundial, umbral que no obstante deberá ser revisado en cada situación concreta, que puede establecer limitaciones que hagan necesario considerar umbrales inferiores [nunca superiores], a los que denominamos ‘biocapacidad accesible’.*

IMAGEN

Imagen 02.29: Una ciudad junto a un oasis nos permite explicar que la biocapacidad media mundial se configura como un ‘umbral de sostenibilidad, por encima del cual no cabe considerar ‘sostenibles los consumos, pero esto no quiere decir que cualquier sociedad tenga acceso a dicha cantidad. La biocapacidad que deberá siempre considerarse será la ‘biocapacidad accesible’ con un límite superior igual a la biocapacidad media global.

Complementariamente, la accesibilidad de un asentamiento puede ser diferente para distintos tipos de biocapacidad, haciendo necesario criterios diferentes para evaluar cada tipo de consumo.

2.2.3.3 LA EFICIENCIA DEL SISTEMA URBANO

En los apartados anteriores hemos revisado las cualidades que nos permiten evaluar la sostenibilidad de una ciudad diferenciando ‘ecosistema’ y ‘metabolismo’ urbanos, pero también hemos indicado que no se debe evaluar la sostenibilidad de uno independientemente de la del otro. La ‘Habitabilidad y Calidad’ del ecosistema urbano es a la vez ‘causa’ y ‘resultado’ de su Metabolismo¹⁶⁴; sin compren-

¹⁶³ En los últimos años ha aparecido una relación entre subdesarrollo e insostenibilidad medioambiental [Emerson et Al, 2012].

¹⁶⁴ “El ecosistema urbano obtiene de los ecosistemas naturales los recursos, materias primas y energía necesarias para el desarrollo de sus actividades [...] la población y sus cualidades (residencia, trabajo, salud, rentas, educación) son las variables motoras en último extremo de estos procesos dinámicos” [Castro, 2004: 203].

derla y evaluarla no es posible comprender el sistema y prever alternativas sostenibles de uso recursos que no reduzcan la calidad/Habitabilidad del ecosistema¹⁶⁵.

Complementariamente, interpretar el estado del 'ecosistema' como resultado del 'metabolismo' del sistema urbano, nos avanza la posibilidad de revisarlo en términos de **Eficiencia** considerando que la Calidad y Habitabilidad del Ecosistema Urbano sea el producto obtenido, y las Entradas y Salidas al sistema urbano [Metabolismo Urbano] sean los recursos empleados¹⁶⁶:

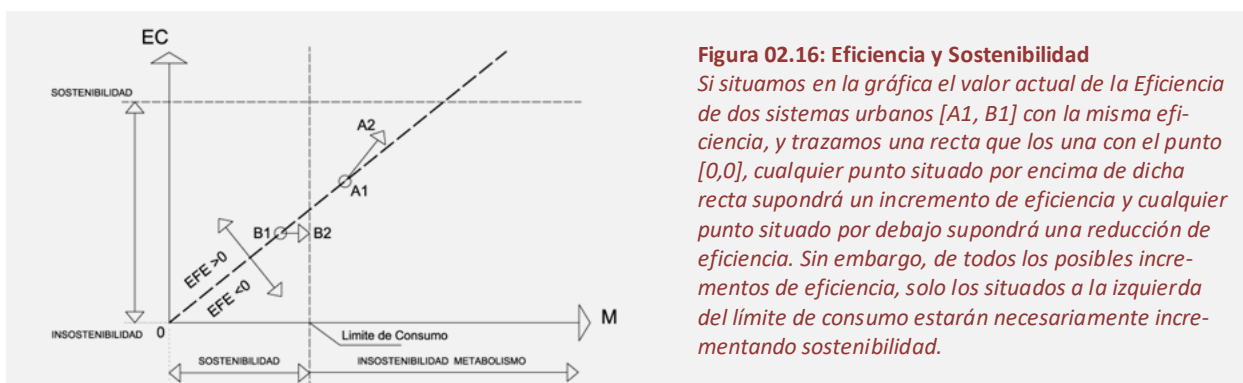
$$EFE = \frac{ec}{m} \quad (8)$$

Siendo: EFE_ eficiencia del sistema urbano; ec_ variable agregada que resume el 'estado' del sistema [Ecosistema Urbano] y m_ variable agregada que resume los 'flujos' del sistema [Metabolismo Urbano].

En general se acepta mayoritariamente que los organismos biológicos evolucionan incrementando su eficiencia, y por ello *la Ecología considera que el sucesivo incremento de Eficiencia de las ciudades a través de sus transformaciones es un requisito de su evolución [desarrollo] sostenible*.

Si revisamos las variables que intervienen en la fórmula anterior vemos que la Eficiencia se puede incrementar tanto reduciendo los consumos de recursos como mejorando las características del sistema urbano. Sin embargo, la variación que dichas modificaciones producen en la Eficiencia del sistema no es igual que la variación que producen en su Grado de Sostenibilidad:

- ... *Un sistema puede incrementar su Sostenibilidad reduciendo su Eficiencia*, si su utilización de biocapacidad era muy reducida. Este sería el caso general de ciudades poco consumidoras de recursos [países poco desarrollados].
- ... *Un sistema puede incrementar su Eficiencia reduciendo su Sostenibilidad*, si sus consumos de biocapacidad superan las reservas disponibles. Este sería el caso de ciudades muy consumidoras de recursos [países desarrollados].



¹⁶⁵ Esto nos acerca a la propuesta de 'Metabolismo Extendido' [Newman, 1990; Idrus et Al, 2007: 132]; que afirma que para tener una visión completa del Metabolismo urbano hay "que considerar no solo los flujos exteriores sino también los flujos interiores del sistema [...] el patrón de los flujos de actividades pueden considerarse las dinámicas interiores del sistema".

¹⁶⁶ Esta formulación es similar a la 'función guía de la sostenibilidad' [Rueda, 1996] o al 'Building Environmental Efficiency of the urban development / of the city' [JSBC, 2007 y 2011].

Los aumentos de eficiencia solo implican aumentos de sostenibilidad si los consumos metabólicos se mantienen por debajo de los límites o los consumos totales se reducen. No existe una relación inequívoca entre la Eficiencia de un sistema y su Grado de Sostenibilidad [Alvira, 2014a: Anexo IV], lo que nos lleva a realizar dos afirmaciones:

- ... **El incremento constante de Eficiencia solo es ‘condición suficiente’** de incremento de Sostenibilidad, para aquellos sistemas que utilicen menor biocapacidad de la disponible.
- ... **El incremento constante de Eficiencia solo es ‘condición necesaria’** de incremento de Sostenibilidad para los sistemas urbanos que utilicen mayor biocapacidad de la disponible, pero no lo es para los sistemas cuya utilización de recursos sea inferior a la biocapacidad disponible.

El camino hacia la sostenibilidad urbana no puede únicamente guiarse por el parámetro Eficiencia, sino que debe priorizar la reducción de los consumos metabólicos por debajo de la biocapacidad disponible. Sin embargo, en general resulta conveniente considerar **el incremento constante de Eficiencia una condición necesaria para la Sostenibilidad**, lo que podemos apoyar en:

- ... El modelo que proponemos en el presente texto se orienta a ciudades de países desarrollados, que en general utilizan mayor biocapacidad de la disponible.
- ... Un sistema urbano que evolucione sin incrementar [manteniendo constante o reduciendo] su eficiencia, alcanzará en algún momento su límite de uso de biocapacidad, a partir de lo cual el incremento constante de eficiencia será condición necesaria para su sostenibilidad.

Incrementar el grado de sostenibilidad sin incrementar la Eficiencia puede ser posible para algunos sistemas temporalmente, pero no como estrategia en el largo plazo [que es lo que en esencia valora la medida de sostenibilidad].

Los objetivos humanos se ‘incrementan’ en el tiempo, y con ello la ‘sostenibilidad’ de los sistemas urbanos tiende a reducirse salvo que su Calidad esté en continua mejora, lo cual solo se puede hacer sin incrementar los consumos si la Eficiencia está en constante aumento; **la sostenibilidad urbana se configura en esencia como un ‘estado de eficiencia creciente’¹⁶⁷**.

2.2.3.3.1 LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL COMO ESTRATEGIA PARA INCREMENTAR EFICIENCIA

El análisis de la relación entre Sostenibilidad Social y Eficiencia nos permite evaluar la Accesibilidad Universal como estrategia para incrementar la Eficiencia y Sostenibilidad Social en los sistemas urbanos sin necesidad de incrementar los consumos. Utilizamos los recursos por la ‘utilidad’ que proporcionan, que posee ‘marginalidad decreciente’, y por tanto la distribución adecuada [equitativa] de los recursos maximiza la utilidad total que se obtiene de su uso. La **‘equidad’¹⁶⁸** se configura como una herramienta para la eficiencia:

¹⁶⁷ Sin embargo, hemos visto en la gráfica anterior que el incremento de eficiencia puede incumplirse en el corto plazo. Por ello, será un criterio que deberá *guiar* las transformaciones urbanas, pero no será un criterio restrictivo para aprobarlas.

¹⁶⁸ Es importante recordar que la equidad no implica absoluta igualdad, solo limitar la desigualdad a aquella que está justificada

- *Cuanto mayor sea la equidad en la utilización de los recursos en un sistema urbano, mayor será la ‘utilidad’ total obtenida de dicho consumo, y por tanto su Eficiencia, puesto que menor cantidad de recursos proporcionará la misma cantidad de utilidad total.*
- *Y cuanto mayor sea la inequidad en la utilización de los recursos en un sistema urbano, mayor será su ineficiencia, puesto que será necesario consumir más cantidad de recursos para lograr la misma cantidad de utilidad total.*

Esto no quiere decir que en condiciones de inequidad no se pueda matemáticamente alcanzar la sostenibilidad, sino que *la Eficiencia del sistema tendrá que ser superior a la estrictamente necesaria, en un porcentaje equivalente al de la ‘inequidad’ existente, condición prácticamente imposible de cumplir si la inequidad y/o el consumo de recursos son elevados.*

Maximizar la equidad permite optimizar la cantidad de recursos utilizados en relación a la utilidad total obtenida; optimizar el grado de desarrollo para un mismo impacto ambiental. Y podremos redefinir la sostenibilidad del metabolismo urbano como *aquella situación en la cual el consumo es igual o inferior a la biocapacidad disponible en equidad para todos los habitantes que dependen de los mismos sistemas de soporte.*

Esto nos permite apoyar la propuesta anterior de que los límites máximos de consumo de biocapacidad por habitante deben establecerse considerando condiciones de equidad para los habitantes abastecidos por un mismo sistema de soporte.

2.2.3.4 EL CAMBIO DESDE LA PERSPECTIVA ECOLÓGICA: LA EVOLUCIÓN

Las ciudades están en perpetuo cambio. Pero se trata en gran parte de un cambio intencionado; i.e., dirigido hacia ‘metas’. La existencia de estas metas, que generalmente corresponden a estados de mayor desarrollo [deseabilidad y resiliencia/coevolución] es lo que nos permite entender el cambio como **evolución**, perspectiva que nos aporta algunas cuestiones importantes.

Ruiz [2001:54] propone que la ciudad “se debe incluir junto a los objetos cuya morfogénesis es debida sobre todo a acciones internas a la misma, por tanto junto a los seres vivos”. La ciudad consigue ‘cambiar’ [modificar su estructura] preservando su identidad mediante procesos de desorganización parcial y reorganización consiguiente [conformación y mantenimiento de la forma]¹⁶⁹.

La idea de ‘diferencia’ es la que posibilita los conceptos de ‘identidad’ y ‘evolución’:

- *La diferenciación es requisito de la identidad; sin diferencia ‘todo’ es lo mismo [idéntico].*
- *La diferenciación es requisito de la evolución; sin estados diferentes no hay evolución.*

Así, un proceso evolutivo será aquel que sucede entre dos estados que, pese a sus diferencias, preservan la identidad del sistema; i.e., será “aquel que permite que un sistema se presente ante un observador de manera que, pese a las diferencias éste lo reconozca [lo ‘identifique’] como una [misma] entidad” [Ruiz, 2001:50].

¹⁶⁹ Ruiz, 2001:8. “Esta complementariedad vinculada a la vez a procesos de organización y a procesos caóticos es característica tanto de los sistemas vivos como de los ecosistemas y es, también característica del sistema urbano [...] Lo fundamental es la capacidad del sistema urbano para organizarse y desorganizarse en un continuo proceso auto organizador y evolutivo”.

Odum [1963] propone que las ciudades –como ecosistemas- siguen los principios de la **sucesión ecológica**, cuya estrategia “a corto plazo es básicamente la misma estrategia de desarrollo evolutivo a largo plazo que se da en la biosfera —es decir, aumento de control sobre el entorno físico, o bien autorregulación con el mismo en el sentido de alcanzar un máximo de protección frente a posibles perturbaciones”. Esta definición nos acerca a dos ideas interesantes:

A los conceptos de **Adaptación** [autorregulación al entorno] y **Resiliencia** o “capacidad de los sistemas de adaptarse a perturbaciones externas modificando su estructura pero preservando su identidad”¹⁷⁰. O en otras palabras, ‘la capacidad de los sistemas de asumir interacciones con el entorno diferentes a las habituales e incorporarlas en su desarrollo evolutivo habitual’¹⁷¹.

Al concepto de **sucesión ecológica**, caracterizado por ser [Odum, 1963]:

- Un proceso ordenado de crecimiento de una comunidad, lo bastante ‘direccional’ como para poder considerarlo ‘predecible’.
- Resultado de la modificación del entorno físico por parte de la comunidad, que controla el proceso de sucesión [aunque el entorno físico determine los patrones, el ritmo de los cambios y a menudo establezca los límites del crecimiento].
- Culmina en un ecosistema estable con un máximo de biomasa [maximiza el contenido de información ‘organizada’ –o complejidad-] y de relaciones de simbiosis entre los organismos por unidad de flujo energético disponible [i.e., maximiza la eficiencia].

Anteriormente, hemos planteado si un estado podría ser ‘sostenible’ aunque no fuera ‘deseable’, y la revisión desde la perspectiva evolutiva permite explicar, a partir de la ideas de complejidad y resiliencia, porqué los estados menos desarrollados [menos deseables] son menos sostenibles.

En primer lugar, *la resiliencia también es una componente de la deseabilidad* [nadie ‘desea’ estar en un estado en el cual un estado el menor contratiempo le derrumbe]. Los estados de reducida resiliencia [muy vulnerables/perturbables ante factores externos] son estados poco deseados.

En segundo lugar, *un estado poco desarrollado requerirá de un mayor esfuerzo para desarrollarse que un estado desarrollado, lo que constituye una vulnerabilidad en términos de coevolución*. Las ciudades establecen relaciones -en parte- competitivas con otras ciudades/sociedades del entorno¹⁷², y asentamientos ‘aparentemente sostenibles’ pueden no serlo si mantienen niveles de desarrollo muy reducidos en relación a otros asentamientos, lo que podemos resumir en:

- En términos de *coevolución*, su inferior grado de desarrollo se plasmará en:

¹⁷⁰ La Resiliencia es “la capacidad de un sistema de asimilar las perturbaciones y reorganizarse mientras cambia manteniendo esencialmente la misma función, estructura, identidad y retroalimentación” [Hollings 1973 citado en Karakiewicz, 2011:8].

¹⁷¹ La resiliencia de los sistemas será clave para su sostenibilidad, puesto que determina cuán vulnerables son a impactos imprevistos; i.e., en presencia de perturbaciones decide que sistemas ‘perdurarán’.

¹⁷² “Las ciudades compiten entre sí por explotar recursos” [Rueda, 2012: 129]

- Menor Resiliencia; serán más vulnerables ante sucesos imprevistos [e.g., una crisis económica, el deshielo de los polos,...].
- Menor capacidad de control del medio.
- 'Competitividad' más reducida y por tanto Sostenibilidad más reducida, si depende de recursos 'deseables' para otras sociedades con mayor grado de desarrollo.
- Presentaran una 'deseabilidad' más reducida, que a su vez se plasmará en:
 - Dificultad para mantener su sostenibilidad demográfica, si aparecen dinámicas de despoblamiento/emigración.
 - Reducida capacidad de atracción/retención de personas más cualificadas, lo que reducirá su competitividad y capacidad de desarrollarse al mismo ritmo de las otras ciudades; su estado de menor desarrollo tenderá a perpetuarse en el tiempo.

IMAGEN

Imagen 02.30: Un poblado esquimal tiene aparentemente una sostenibilidad muy elevada; constituye una entidad con elevado grado de autosuficiencia y perfectamente compatible con su entorno cercano. Comprender su 'insostenibilidad' requiere revisarlo desde las perspectivas de deseabilidad y coevolución. Paralelamente, la otra causa importante de su posible insostenibilidad, estaría relacionada con el cambio climático, sobre el cual dicho pueblo carece de control [el control sobre el cambio climático reside de hecho en la actualidad en los países 'desarrollados'].

Hemos revisado algunas cualidades del cambio de las ciudades como evolución, destacando que es en gran parte un cambio 'dirigido'. Y para dirigir adecuadamente este cambio, el sistema necesitará:

- ... Fijar una dirección para el cambio, equivalente a *elegir una visión de futuro deseable o meta*.
- ... Resistir 'fuerzas' que le lleven hacia estados 'no deseados', lo que se relaciona con la optimización de su 'Resiliencia' y Estabilidad.

2.2.3.5 EL MODELO DE CIUDAD SOSTENIBLE DEL URBANISMO ECOLÓGICO

Hemos revisado las cualidades de una sociedad sostenible y algunas enumeraciones de cualidades que debe tener una ciudad sostenible [algunas de las cuales incluían algunas ideas de la Ecología Urbana]. Por ello, para evitar repetir otra vez las mismas –o similares– ideas, en este apartado nos centraremos en dos aportaciones complementarias [a las anteriores y entre sí] en el marco de la ecología urbana: el modelo de ciclos cerrados [Girardet] y el urbanismo ecológico [Rueda].

Girardet [2001] propone que las ciudades deben adoptar el **modelo de ciclos cerrados que se inspira en el comportamiento de los ecosistemas naturales**, que "tienen un metabolismo esencialmente circular en el que cualquier emisión generada por un organismo se convierte en una entrada que renueva y sostiene la continuidad de todo el entorno viviente del que forma parte" [Girardet, 2001]¹⁷³.

¹⁷³ "Una tendencia importante en el desarrollo sucesional es el cierre de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes más importantes, el nitrógeno, el fósforo y el calcio" [Odum, 1969:6].

El modelo de ciclos cerrados se puede extender a casi todos los procesos que utilizan energía o materia dentro del sistema urbano, transformando el actual metabolismo lineal [producción, consumo y eliminación], en un proceso circular o cíclico, en el que las salidas o residuos de cada ciclo se incorporen como entradas o materias primas en el siguiente ciclo¹⁷⁴.

Se busca romper así la actual ‘separación’ Sistema/Ciudad [como lugar de consumo]-Entorno [como lugar de producción/eliminación]; transformando el sistema [la ciudad] para que también produzca parte de los recursos que consume [mediante la recuperación de parte de sus residuos], y que los residuos no recuperables en el Sistema sean entradas para su Entorno [abonos, etc...].

El modelo de ciclos cerrados trata de convertir los “actuales ecosistemas urbanos en ecosistemas [más] completos” [Rees, 2003:14], reduciendo su dependencia de áreas exteriores¹⁷⁵, aportando muchas ventajas que podemos revisar desde dos perspectivas:

Incrementa la Resiliencia de las ciudades y sus entornos:

- Al reducir la explotación del entorno/vertido de residuos, *se minimiza la degradación del entorno*, preservando su umbral de perturbación/resiliencia.
- Al reducir la importación de recursos *se reduce la dependencia de la ciudad* respecto a áreas exteriores y por tanto su vulnerabilidad ante impactos o sistemas externos.

Incrementa la ‘eficiencia’ y ‘utilidad total’ en el sistema. El metabolismo lineal [consumo de recursos] de las ciudades supone una destrucción de utilidad constante, puesto que cada ciclo convierte recursos o materias ‘útiles’ en residuos o materias ‘inútiles’; *la producción de residuos constituye una medida de la ineficiencia de los sistemas en la utilización de los recursos*, que obliga a las ciudades a utilizar mayor cantidad de recursos de la necesaria por unidad de utilidad obtenida.

Además, si la cantidad de recursos/residuos que se extraen/vierten al entorno sobrepasa su capacidad de asimilación, aparecen ‘utilidades negativas’ que se hace necesario considerar. El metabolismo lineal es en esencia ‘ineficiente’ puesto que reduce [y mucho] la ‘utilidad total’ que sería posible obtener en el proceso, funcionando en contra de la lógica subyacente a la utilización de recursos que debe ser ‘maximizar la utilidad total obtenida mediante su uso’.



Imagen 02.31: Es o no es un residuo? Según la RAE [2014] un Residuo es un “Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación”. La cualidad de ‘Residuo’ no es una propiedad ‘objetiva’ [no es una propiedad de los objetos] sino ‘subjetiva’. Es atribuida por las personas a un objeto en función de si son o no capaces de encontrar alguna ‘utilidad’ para dicho objeto en un lugar y momento dado. La cantidad de residuos producidos en una sociedad es una medida de su falta de interés [o quizás creatividad] en diseñar ciclos cuyas salidas sean ‘útiles’ para ciclos posteriores.

¹⁷⁴ En los ecosistemas naturales, “existe un continuo ‘reciclaje’ de los nutrientes entre los organismos” [Rees, 2003].

¹⁷⁵ Este objetivo se puede extender a las áreas económicas buscando que la ciudad “más que ser únicamente un lugar de consumo, podría producir parte de la comida y energía que necesita así como convertirse en un lugar de trabajo para sus residentes” [Van der Ryn & Calthorpe 1986 citado en Rees, 2003: 14].

Hay una tercera perspectiva, que podríamos denominar ‘política’, en la cual reducir el consumo de recursos afecta de manera negativa a la sostenibilidad de las ciudades al reducir su necesidad de control sobre los territorios exteriores [y como consecuencia, su control efectivo sobre los mismos]¹⁷⁶. Sin embargo, basar la propia sostenibilidad en un consumo insostenible de recursos constituye una estrategia cuya clara insostenibilidad no parece necesario revisar en mayor profundidad¹⁷⁷.

Las perspectivas anteriores nos permiten apoyar el modelo de ‘ciclos cerrados’, que en términos lingüísticos nos lleva a preferir **sustituir la expresión ‘consumo de recursos’ [que presupone un solo uso] por la de ‘utilización de recursos’ [que admite un número muy elevado de usos]**.

El objetivo será transformar el máximo porcentaje posible de los actualmente considerados ‘Residuos’ en ‘Recursos’ mediante su reincorporación al circuito de los materiales [como materias primas secundarias], transformando el actual metabolismo fundamentalmente lineal de las ciudades en un metabolismo en gran medida circular.

Rueda [1996] propone una **función guía de la sostenibilidad urbana**, definida por la relación entre el consumo de recursos y la ‘complejidad’¹⁷⁸ de los sistemas urbanos [constituye una medida de ‘eficiencia del sistema urbano’] cuya evolución nos informa si una ciudad evoluciona sosteniblemente:

$$\text{Funcion guía sostenibilidad} = \frac{H}{E} \quad (9)$$

Siendo: E_ Consumo de energía [como indicador sintético de consumo de recursos] y H_ nº de organizaciones con entidad jurídica propia.

A partir de la ecuación anterior, Rueda propone el ‘desarrollo urbano sostenible’ como aquellas transformaciones urbanas que reducen E incrementando H, y establece dos cuestiones interesantes:

- Evalúa diferentes modelos urbanos y llega a la conclusión de que la *ciudad mediterránea compacta* es uno de los modelos que mejor resuelve la ‘función guía de la sostenibilidad’.
- Considera que el modelo óptimo de ciudad es la *ciudad del conocimiento*, proponiendo que “reducir el consumo de recursos y a la vez aumentar la información y el conocimiento, forman parte de la misma ecuación” [Rueda, 2006:5].

En concordancia, Rueda propone un modelo de **urbanismo ecológico** que integra el modelo de ‘ciudad del conocimiento’ con otros aspectos de la sostenibilidad, estructurándolo en *cuatro ejes o principios fundamentales* que deben regir el funcionamiento de una ciudad sostenible [Rueda, 1999]:

¹⁷⁶ El consumo de recursos requiere el ‘control’ [político, económico, militar...] del territorio asociado a su producción. Por ello presenta una correlación elevada con el poder; a nivel mundial, las sociedades con más ‘poder’ son las que más consumen.

¹⁷⁷ “mientras las [sociedades] basen su estrategia para competir en el consumo de recursos, ‘Desarrollo y sostenible’ serán palabras contradictorias [...] La única posibilidad de acercarlas vendría, necesariamente, de [...] una estrategia basada en el aumento de la información que sustituya a la actual fundamentada en el consumo de recursos” [Rueda, 2006].

¹⁷⁸ El autor hace una interpretación personal de la complejidad, orientada a la sociedad del conocimiento, que relaciona con la cantidad de organizaciones con entidad jurídica propia en la ciudad, su diversidad y posibilidades de interacción.

- la *compacidad*, que expresa la idea de proximidad de los componentes que conforman la ciudad, es decir, la reunión en un espacio más o menos limitado de usos y funciones urbanas, facilitando el “contacto, el intercambio y la comunicación que son la esencia de la ciudad”¹⁷⁹.
- la *complejidad*, con la que alude a la ciudad como un “tejido de constituyentes homogéneos inseparablemente asociados”, ligada así a una cierta mezcla de orden y desorden. Incrementar la complejidad supone...
 - ... incrementar la mixticidad de usos y funciones urbanas, lo cual redundará en una mayor accesibilidad a la ciudad.
 - ... incrementar las trayectorias de relación entre individuos portadores de información [lo que posibilita la aparición de ‘sinergias’ y la ‘creatividad’].
- la *eficiencia* que pretende conseguir el máximo rendimiento de los recursos y por otro lado, la mínima perturbación de los ecosistemas, y que se verifica por la evolución de la ‘función guía de la sostenibilidad’.
- la *estabilidad* social que se refiere al aumento de la diversidad [de gentes y usos], y a generar una cohesión social que permita crear las condiciones para fundamentar la igualdad de oportunidades¹⁸⁰.

Vamos a destacar tres cuestiones especialmente interesantes que se deducen de lo anterior:

- La compacidad urbana [o grado en que una ciudad es ‘compacta’] no solo reduce los consumos del metabolismo urbano [i.e., es un ‘medio’] sino también una situación ‘deseable’ en sí misma [i.e., un ‘fin’]. Se refiere a la mayor probabilidad de interacción [y evolución] que tienen los componentes de un sistema ecológico cuando existe proximidad física.
- La ciudad como ‘tejido de constituyentes heterogéneos’ [unidad compleja] se relaciona con dos cuestiones que nos interesan considerablemente:
 - la accesibilidad universal y el aumento de las trayectorias posibles [que se vincula a la calidad de vida y eficiencia de los sistemas].
 - el desarrollo de un modelo de ciudad del conocimiento [y por tanto, relacionado con la creatividad, necesaria para el incremento constante de eficiencia].
- Destaca la importancia de la eficiencia del sistema urbano, que debe maximizarse.

Complementariamente, el autor propone que este modelo puede ser implantado en una ciudad a partir de las unidades que lo componen; sus barrios [que denomina eco-barrios], coincidiendo por tanto con la escala de aplicación que indicamos al principio del trabajo.

2.2.3.6 ESTRATEGIAS PARA HACER MÁS SOSTENIBLES LOS ECOSISTEMAS URBANOS

Lo exhaustivo de las propuestas ya revisadas previamente, nos lleva también a minimizar la extensión de este apartado, que realizamos agrupando las estrategias en tres apartados:

¹⁷⁹ La compacidad potencia la probabilidad de contactos o ‘interacciones’ entre los elementos del sistema urbano.

¹⁸⁰ “La Estabilidad social está aquí definida en términos ecológicos como la capacidad del sistema social de soportar perturbaciones sin perder su cohesión” [Rueda, 2010:9].

La primera cuestión necesaria es **maximizar el ‘cierre’ de los ciclos del sistema urbano** [i.e., autosuficiencia en recursos y eliminación de residuos], especialmente en los ciclos con mayores impactos: agua, materiales/alimentos y energía. En general se basan en dos principios:

- Moderar los consumos [reducir las entradas]
- Reaprovechar los residuos [reconvertir las salidas en entradas, lo que muchas veces requerirá separarlos en origen].

Sin embargo, es importante indicar que es prácticamente imposible que un sistema urbano cierre totalmente los ciclos

- por imposibilidad de hacerlo dentro de su ‘perímetro físico’:
 - No dispone de superficie suficiente para producir todos los alimentos necesarios para sustentar su población.
 - Ciertas actividades productivas requieren condiciones diferentes o son incompatibles con su localización en el medio urbano.
- por ciertas características del sistema
 - Todos los procesos implican cierta ineficiencia; la recuperación de residuos siempre aportará menor cantidad de recurso que aquel a partir del cual se han generado.
 - En las ciudades existe cierta ‘acumulación de bienes’ que no son devueltos al ciclo.

Por ello, la expresión ‘cerrar los ciclos’ no debe interpretarse en sentido estricto, sino referida a dos cuestiones complementarias:

- A la minimización del volumen de entradas a/salidas de la ciudad [e.g., en el ciclo del agua es posible aprovechar agua residual para ciertos usos que no requieren agua potable].
- A que las ‘salidas’ de la ciudad no lo hagan como ‘residuos’ para el medio sino como ‘entradas’ que el medio¹⁸¹ pueda aprovechar para el siguiente ciclo.

Ambas cuestiones las detallamos posteriormente.

En segundo lugar debemos lograr que **los consumos sean inferiores a la biocapacidad disponible**. En general, si los consumos han superado esta biocapacidad, la estrategia más sencilla y eficiente es también *reducir los consumos*; no consumir más que lo estrictamente necesario.

En el caso de ciertos tipos de huella puede ser posible *incrementar la biocapacidad disponible*, generalmente mediante alguna de dos estrategias [independientemente o de manera combinada]:

- *Incrementar la capacidad destinada a satisfacer dicha huella* [e.g., transformar terrenos naturales en terrenos agrícolas para proveer alimentos; construir embalses para garantizar el suministro de agua en verano; construir parques eólicos para obtener electricidad,...].
- *Incrementar la productividad* [e.g., intensificación agrícola; mejora de especies; mayor eficiencia de paneles fotovoltaicos,...].

¹⁸¹ Puede ser el medio ambiente natural o agrícola [e.g., materia orgánica como abono para los siguientes ciclos] o instalaciones productivas situadas en el medio [e.g., fábricas situadas fuera de la ciudad,...].

Sin embargo, es necesario indicar dos cuestiones:

- Aunque se pueden plantear incrementos puntuales de capacidad para algunos tipos de huella, siempre existe un valor máximo o límite de consumo¹⁸².

IMAGEN

Imagen 02.32: Utilizar azoteas vacías para producción agrícola incrementa la biocapacidad total. Además, hace más sostenible la composición de la Huella Hídrica [al producir donde los recursos hídricos verdes y azules son más abundantes]; mejora los ciclos hidrológicos [al devolver hasta un 40% de recursos hídricos a la atmósfera mediante la evapotranspiración de las plantas]; reduce el EIC y los consumos energéticos asociados, etc... Sin embargo, si suponemos hasta un 20% de espacio urbanizado de azoteas disponibles, y un 2% de territorio mundial urbanizado, obtenemos un límite máximo de incremento de Biocapacidad Agrícola de un 0,4% gracias a esta estrategia. La sostenibilidad requiere la moderación del consumo.

- incrementar la productividad para abastecer un tipo de huella puede [y suele] llevar implícitas dos cuestiones:
 - incrementar otro u otros tipos de huellas diferentes [e.g., sustituir combustibles fósiles por biocombustibles reduce la Huella Gei, pero incrementa la Huella Hídrica].
 - reducir la capacidad disponible para otros tipos de huella

Ambas cuestiones deben ser valoradas específicamente en cada caso.

IMAGEN

Imagen 02.33: Energía vs Utilización del suelo y recursos hídricos “si toda la demanda de materia prima [biocombustibles] fuera cubierta dentro del ámbito europeo, la consecución del objetivo de biocarburantes (5,75% a 2010) significaría una ocupación de entre el 4% y el 13% del total de las tierras de cultivo de la EU-25 [en función de la elección de cultivos y del desarrollo tecnológico]” [APPA citado en Cárdenas, 2006: 9]
Dado que [en Europa] en la actualidad casi la mitad de la tierra está dedicada a la agricultura, si se quisiera producir el 100% de la energía necesaria mediante biocombustibles, no existiría suelo ni recursos hídricos suficientes.

Por ello, en cualquier actuación urbana *siempre será necesario valorar los efectos de las estrategias revisadas sobre todas las huellas en conjunto.*

En tercer lugar, vamos a revisar las recomendaciones de Rueda que propone una enumeración de criterios para un ‘urbanismo ecológico’ [Rueda, 2010]:

TABLA 02.36_ CRITERIOS PARA UN URBANISMO ECOLÓGICO

<i>Biodiversidad y preservación de valores geográficos y naturales</i>	<ul style="list-style-type: none">• El urbanismo ecológico en altura permite la creación de una capa de biodiversidad que se añade a la capa en superficie, restituyendo, en parte, la capacidad biológica que la urbanización le ha arrebatado (1).• El urbanismo ecológico subterráneo incluye el suelo estructural para obtener la habitabilidad adecuada para la vegetación fundamentalmente arbórea.• La planificación urbanística debería incluir, entre los Planes especiales, uno dedicado a la definición del verde urbano.• El urbanismo ecológico se acomoda desde el diseño mismo, a las condiciones naturales del lugar, puesto que se trata de aprovechar al máximo lo que la naturaleza ofrece; sol, lluvia, una
--	--

¹⁸² Ampliar la capacidad para cualquier tipo de consumo [agua, materiales/alimentos, energía, emisiones CO₂] suele requerir incrementar la ocupación de territorio, chocando con el hecho de que el territorio es finito.

	capa de agua subterránea o la condición de un substrato rocoso.
Metabolismo urbano (2)	<ul style="list-style-type: none"> Autosuficiencia del agua con un consumo que se aproxime a la capacidad de captación y reutilización. Autosuficiencia energética con captación de energías renovables: solar, eólica, geotérmica, etc... almacenamiento y dispositivos e instalaciones que actúan como sistemas pasivos para el ahorro y la eficiencia energética. Autosuficiencia de materiales y su reciclaje
Servicios y la logística urbana	<ul style="list-style-type: none"> Se ordenen los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones en galerías. Se ordena la distribución urbana a través de plataformas logísticas liberando de ésta al espacio público. El tamaño de estas plataformas logísticas está en función de la masa crítica para asegurar su viabilidad, relacionado con la densidad de actividades (3).
Movilidad y funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> Establecer redes propias para cada medio de transporte, fomentando las redes de transporte masivo público en el subsuelo y en superficie. Creación de super-manzanas [400x400] para la ordenación de las redes de movilidad. Ello permite reducir las infraestructuras de movilidad en vehículo privado a las mínimas imprescindibles sin poner en riesgo la funcionalidad y organización urbana (4). Reducir a la mínima expresión el aparcamiento en superficie [en el espacio público].
Espacio público	<ul style="list-style-type: none"> Multiplicar los usos y funciones del espacio público en superficie, con el fin de que el ciudadano ocupe 'toda' la ciudad y pase de la categoría de peatón a ciudadano. Incorporar una nueva dimensión de espacio público en altura y subsuelo. Incorporar en el diseño del espacio público el conjunto de variables del entorno: confort térmico, luz y sombras, canalización del aire, paisaje de colores o de sonidos.
Complejidad urbana y sociedad del conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> El urbanismo ecológico se acomoda al modelo de ciudad mediterránea compacta, compleja y eficiente y cohesionada socialmente, haciendo factible la proximidad entre usos y funciones potenciando su 'mixticidad', y multiplicando la complejidad organizativa. El urbanismo ecológico ubica las actividades en los tres planos, privilegiando en superficie las más atractivas y evitando aquéllas que generan 'desiertos urbanos'. Las mezclas adecuadas de actividad diversa y residencia aumentan la complejidad organizativa; potencia la proliferación de actividades de proximidad ligadas a la residencia y se incrementan la autocontención y autosuficiencia laboral. La sociedad de la información y el conocimiento se articula fundamentalmente a través de la complejidad urbana (5). Los flujos de información, como los metabólicos, deben también integrarse en la concepción de las distintas piezas urbanas y su desarrollo.
FUENTE: Compilación a partir de Rueda [2010] con las siguientes notas:	
(1) El autor propone "la definición de dos niveles de verde urbano, uno en altura y otro en superficie [...] modificando la concepción actual de la biodiversidad urbana" [Rueda, 2010: 11]	
(2) El objetivo es integrar los flujos metabólicos minimizando el consumo e impacto en la edificación y en el espacio público.	
(3) "Un área de 9 manzanas [400x400] es suficiente para albergar una plataforma logística" [Rueda, 2010: 13]	
(4) El autor afirma que el "tráfico motorizado es uno de los factores que mayores disfunciones genera al sistema urbano", y por ello propone la organización de 'super-manzanas', como agrupaciones de manzanas llegando hasta una dimensión de 400 x 400m. Esta dimensión la fija considerando que la diferencia de velocidad entre peatones y coches, hace que los conductores perciban una distancia de 400 m de manera equivalente a como los peatones perciben una distancia de 100 m, que se ha demostrado óptima para el funcionamiento de la red a nivel peatonal. El tráfico en el interior de las super-manzanas se restringe a los vehículos de los residentes, transporte público, carga y descarga, peatones y bicisetas [son áreas 10km/h]	
(5) El autor entiende que la complejidad urbana 'interesante' es aquella que se canaliza a través de las personas jurídicas que atesoran el conocimiento, que se amplifica a medida que lo hace la complejidad de la red, y que para cada ámbito manifiesta una determinada masa crítica. El aumento de la complejidad atrae a nuevas personas físicas y jurídicas con conocimiento que a su vez hacen aumentar la diversidad y la densidad de conocimientos distintos [Rueda, 2010: 16]	

Es interesante que el autor afirma que "los modelos de producir ciudad son hoy muy parecidos en todos los sistemas urbanos de la Tierra" [Rueda, 2010: 7], acercándonos a una cierta *'universalidad de las propuestas'* que también es apoyada por otros autores.

Una cuestión que es importante destacar es que aunque el grado en que un sistema cierra sus ciclos puede repercutir en su 'Huella' sobre el entorno, en realidad son valores independientes; i.e., *el valor de uno no nos permite intuir [mucho menos calcular con exactitud] el valor del otro.*

IMAGEN

Imagen 02.34: Si los habitantes de una ciudad fueran totalmente vegetarianos y los de otra fueran totalmente carnívoros, sus huellas sobre el territorio serían muy diferentes. Incluso si todos sus residuos orgánicos fueran reincorporados al medio como entradas [abonos orgánicos] la primera ciudad requeriría un entorno mucho menor que la segunda. El cierre de ciclos sería el mismo, pero su 'huella' sería muy diferente. Otro ejemplo [más frecuente] son dos ciudades cuyos consumos sean muy diferentes. La huella del sistema urbano no guarda relación directa con el grado en que los ciclos se cierran, sino con la dimensión del entorno necesario para completar los ciclos del sistema urbano.

Por último es interesante comentar que la perspectiva ecológica nos acerca a la *equifinalidad de los sistemas que evolucionan*; dos sistemas urbanos pueden alcanzar un estado final similar partiendo de condiciones diferentes y siguiendo distintos itinerarios; i.e., implementando estrategias diferentes¹⁸³.

Y esto se relaciona con algo que revisaremos posteriormente; **la toma de decisiones para la sostenibilidad no debe basarse en la preferencia por unas estrategias u otras, sino en sus efectos sobre el sistema urbano en su conjunto; i.e., por el estado final que dicho sistema alcanza.**

2.2.3 MODELIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES

Hemos revisado exhaustivamente la sostenibilidad urbana, pudiendo extraer ideas en dos niveles:

- Requerimientos derivados de la 'operatividad' del modelo
- Aspectos que debe evaluar la descomposición de la sostenibilidad urbana.

Vamos a revisar ambas, comenzando por la primera de ellas.

2.2.3.1 REQUERIMIENTOS DE LA OPERATIVIDAD DEL MODELO

El objetivo del presente trabajo es plantear un modelo 'operativo', que debe cumplir dos condiciones: *permitir predecir la variación de la sostenibilidad de un ámbito urbano en función de modificaciones intencionadas de su estado, y utilizar los datos que proporciona en procesos habituales del urbanismo.*

Pero estas dos condiciones chocan con el hecho de que no todos los indicadores relevantes para la sostenibilidad urbana las cumplen, pudiendo diferenciar tres tipos de indicadores:

- *Indicadores operativos* que satisfacen las condiciones anteriores y por tanto podremos integrar directamente en el modelo.
- *Indicadores que no son operativos pero podemos sustituir por otros que sí lo sean*¹⁸⁴.

¹⁸³ "Una importante característica de los sistemas biológicos se encierra en términos como "intencionalidad", «finalidad», «persecución de metas», etc. [...] [en los procesos organizmicos] puede alcanzarse el mismo estado final, la misma «meta», partiendo de diferentes condiciones iniciales y siguiendo distintos itinerarios" [Von Bertalanffy, 1968: 136].

¹⁸⁴ Los indicadores deben ser 'intercambiables' según el Ax. 05 [Alvira 2014a]. La intercambiabilidad entre indicadores presenta simetría; igual que podemos sustituir indicadores no operativos por otros que sí lo sean, posteriormente podremos volver a sustituir a la inversa para 'contrastar' las predicciones. Esto constituirá una parte importante del método de contrastación y mejora del modelo.

- *Indicadores que no son operativos y no podemos sustituir por otros que lo sean, y por tanto necesitamos proponer métodos diferentes para informar dichos aspectos*¹⁸⁵.

Dado que lo que nos interesa es el estado del sistema urbano en un momento dado, muchos indicadores podrán estar basados en indicadores de 'planeamiento o diseño urbano', y cuando estemos evaluando el impacto de posibles transformaciones urbanas, el estado final será conocido para dichos indicadores, puesto que coincidirá con cada transformación/diseño evaluada.

IMAGEN

Imagen 02.35: Muchos indicadores de planeamiento o diseño urbano son indicadores indirectos y operativos de sostenibilidad. Nuestra aceptación de su utilidad para valorar la idoneidad del diseño urbano implica la aceptación de que el diseño del medio físico es una herramienta para posibilitar [y hacer más probable] un modelo de sociedad determinada. No podemos modificar directamente las características de la sociedad, pero podemos [maximizar la probabilidad de] lograrlo indirectamente mediante la conformación del medio idóneo para un tipo determinado de sociedad, al cual orientamos los estándares de planeamiento.

Por último, pueden existir **indicadores relevantes** que no sea posible calcular [o cuyo cálculo sea extremadamente difícil], **que se refieren a variables sobre las que no se va a actuar** y cuyo estado futuro se puede predecir a partir de la tendencia¹⁸⁶.

Complementariamente, **los indicadores deberán estar estructurados en la forma adecuada para tomar decisiones**, y en concreto poder ser utilizados para evaluar y tomar decisiones en diferentes procesos de transformación urbana, por lo que el modelo deberá poder evaluar varias situaciones:

- Áreas urbanas existentes [fragmentos o ciudades completas].
- Proyectos de nuevos desarrollos.
- Proyectos de renovación urbana.
- Políticas urbanas [Normativas, Planes Estratégicos, Agendas 21...].

Estas cuestiones deberán ser contempladas en la descomposición jerárquica, lo que hacemos y justificamos a continuación.

2.2.3.2 DESCOMPOSICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

Hemos revisado la sostenibilidad urbana desde dos perspectivas diferentes:

- Propuestas de autores/organismos reconocidos de cualidades que hacen sostenible a una ciudad.
- Aproximaciones en el marco de la Ecología Urbana.

¹⁸⁵ En algunos casos podremos suponer que se está en situación de 'sostenibilidad para dichos indicadores [e imponer una monitorización posterior que lo corrobore], mientras que en otros casos podremos comprobar que 'no se reduce sostenibilidad para dichos indicadores'.

¹⁸⁶ Cuando no exista ninguna tendencia de cambio apreciable [ni previsible] para dichas variables, podremos suponer su estado futuro igual al del momento de la evaluación.

Vamos a revisar las implicaciones de ambas con más detalle.

2.2.3.2.1 LAS CUALIDADES DE UNA CIUDAD SOSTENIBLE

Las enumeraciones/descripciones que diferentes autores han realizado de la sostenibilidad nos aportan gran cantidad de cuestiones relevantes para la sostenibilidad, mostrando dos características:

Existe una **elevada coincidencia acerca de muchas de las cuestiones relevantes** [especialmente en relación a las cualidades del marco físico], que se repiten en las diferentes propuestas, y que aluden a ciertas características comunes a [casi] todos los sistemas urbanos, destacando dos cualidades que complementan otras revisadas anteriormente:

- La *'resiliencia'* como cualidad opuesta a la vulnerabilidad, y vinculada a:
 - la Calidad y Habitabilidad Urbana, relacionada con las características del medio físico.
 - el 'Grado de Estabilidad Social', relacionado con la 'cohesión social'/polarización.
- *Cuestiones 'subjetivas'* relativas a la estética, el sentido de pertenencia, la imagen o la cualidad de las ciudades de ser 'representables físicamente'.

Sin embargo, **cada autor estructura las cuestiones relevantes [descompone la sostenibilidad] de diferente manera**. Las enumeraciones revisadas no nos proporcionan una base compartida para la descomposición lógica de la sostenibilidad, que deberemos construir a partir de la combinación de las perspectivas de la Ecología Urbana y las Tres Dimensiones de Sostenibilidad.

Previamente, vamos a revisar con mayor profundidad una cuestión importante que hemos ido viendo superficialmente: la diferencia entre medios y fines

MEDIOS vs FINES [ESTRATEGIAS vs CUALIDADES]

La revisión realizada pone de manifiesto la importancia *de no confundir los medios con los fines*; los medios son 'estrategias' para llegar a estados sostenibles mientras que los fines son 'cualidades' de dichos estados. Sin embargo, en algunos casos la línea que los separa puede diluirse. El motivo es que estamos revisando la sostenibilidad de las ciudades, que pueden ser interpretadas a la vez como 'medio' y como 'fin':

- ... Como **'medio'** supone considerar que el 'fin' es la sostenibilidad de la comunidad humana que lo habita. Desde esta perspectiva, casi todas las cualidades que atribuimos al 'estado urbano sostenible' son en sentido estricto 'medios', no 'fines'.
- ... Como **'fin'** supone considerar que la sostenibilidad urbana requiere [implica] la de la comunidad humana que debe sostenerla; ninguna ciudad es sostenible sin una comunidad humana que la sostenga. Nos permite comprender de otra manera la 'deseabilidad' y 'sensación de pertenencia' como aspectos relevantes de la sostenibilidad urbana.

Y, en este trabajo hemos adoptado [y seguimos adoptando] el siguiente enfoque:

- Cuando hablamos de *cualidades que debe tener una ciudad sostenible*, lo consideraremos **fines**. Se refiere a cualidades 'necesarias' para la sostenibilidad de dicha ciudad; constituyen 'clases' contenidas en la clase 'Sostenibilidad urbana'.
- Cuando hablamos de *estrategias que posibilitan que una ciudad adquiera dichas cualidades*, lo consideraremos **medios**. En una mayoría de casos, existirá más de una estrategia posible

para ello, por tanto, las estrategias no son 'necesarias' sino 'contingentes'; no constituyen 'clases' contenidas en la Sostenibilidad Urbana sino cursos de acción posibles [funciones o transformaciones de variables que pueden proporcionar la pertenencia a dichas clases].

IMAGEN

Imagen 02.36: *La calidad del aire es un medio para la salud humana, pero una calidad 'necesaria' para la habitabilidad urbana, y por ello lo consideramos un 'fin'. Una ciudad completamente inhabitable no podrá tener ninguna comunidad humana que la sustente, y será por tanto, insostenible.*

Sin embargo, para conseguir una calidad del aire adecuada existen diferentes 'estrategias' [actuar sobre el reparto modal, incrementar la vegetación urbana, sustituir elementos contaminantes como calderas u otros...], que pueden ser o más o menos convenientes según la situación concreta de cada ciudad, y que consideramos 'medios'.

2.2.3.2.2 LA CIUDAD COMO ECOSISTEMA

Frente a las enumeraciones de diferentes autores presentadas antes, la Ecología urbana nos aporta un modelo que -junto con la perspectiva de las tres dimensiones de la sostenibilidad- nos permite revisar de manera más estructurada la sostenibilidad de las ciudades: el modelo Sistema-Entorno.

El modelo Sistema-Entorno constituye un modelo conceptual potente para revisar la sostenibilidad, pero también hace evidentes algunas de las dificultades de dicha revisión, especialmente aquellas relacionadas con **el entorno**, destacando:

- ... su sostenibilidad es necesaria para la sostenibilidad de la ciudad, pero *la ciudad apenas posee capacidad de actuar sobre ella*. Requiere subir a un nivel superior de *acuerdos* entre los diversos 'agentes' para actuar hacia posiciones globales sostenibles.
- ... *es difícil de modelizar*, y tratar de hacerlo complicaría enormemente el modelo operativo.

Por otra parte, el carácter 'sistémico' de la sociedad global [íntimamente ligado a su carácter de 'sociedad red'] y por tanto con autorregulación y retroalimentación, ha contribuido activamente a la expansión global de modelos de desarrollo urbano/paradigmas insostenibles, pero también *puede contribuir a expandir modelos sostenibles* [una vez que se consiga proponer modelos adecuados].

Sin embargo, la sostenibilidad del conjunto de ciudades/sociedades requiere limitar la utilidad máxima individual de cada sociedad/ciudad, y ello quiere decir que sin acuerdos globales [que impliquen amenazas creíbles], el sistema no puede tender espontáneamente [no puede autorregularse] hacia soluciones sostenibles, planteando dos cuestiones de la máxima importancia:

- los sistemas que no se autorregulan requieren un esfuerzo de supervisión constante [muchas veces no posible] innecesario si se establecen las 'regulaciones' [normas o acuerdos globales] adecuadas¹⁸⁷. Una autorregulación inadecuada convierte los sistemas ineficientes.
- si el sistema no puede autorregularse hacia soluciones sostenibles, entonces la autorregulación del sistema es hacia soluciones insostenibles.

¹⁸⁷ La sostenibilidad global requiere acuerdos globales que hagan que adoptar modelos sostenibles sea la solución más beneficiosa para cada sociedad; es decir, que impongan reducciones de utilidad [sanciones] a quienes no respeten dichos acuerdos mayores que la utilidad que pueden obtener si los incumplen.

IMAGEN

Imagen 02.34: La búsqueda de autorregulación *subyace a muchos comportamientos humanos habituales. Por ejemplo, cuando se comparte un pastel, se tiene asumido que es imposible cortar todos los trozos de la misma dimensión. Pero para lograr el mejor reparto posible, se establece la regla de que el que corta los trozos se sirve el último [que previsiblemente será el más pequeño]. Si éste actúa racionalmente, buscará cortar todos los trozos iguales, para minimizar su pérdida de utilidad [maximizar su ganancia de utilidad]. La regla hace que el reparto se autorregule hacia la situación más equitativa posible, sin necesidad de control externo.*

Es evidente que el contenido y forma de dichos acuerdos excede el presente trabajo, que centramos en la propuesta de un 'modelo sostenible'. Pero el planteamiento anterior provee un criterio para decidir en cuestiones en las que no podemos calcular el valor de algunas variables relevantes o modelizar con suficiente precisión la relación entre la variable que podemos medir y la sostenibilidad.

En dichos casos, el criterio es que la utilización del modelo operativo debe *garantizar que las transformaciones urbanas mantendrán o incrementarán el grado de sostenibilidad del sistema en su conjunto*, y lo aplicaremos en:

- La evaluación de la sostenibilidad del entorno, compuesto por otras comunidades así como un gran porcentaje de territorio no urbano.
- La evaluación de ciertos aspectos sociales [demografía] y económicos [sostenibilidad financiera] de la sostenibilidad de la ciudad.

Vamos a revisar estas cuestiones.

LA SOSTENIBILIDAD DEL ENTORNO

Dado que es imposible modelizar el sistema en su conjunto, el planteamiento que seguiremos será suponer que todos los sistemas son igual de sostenibles que el evaluado [i.e., se 'comportan' igual], lo que podemos justificar en el criterio de racionalidad propuesto para que una sociedad considere aceptable un acuerdo global; no ver reducida su utilidad individual más que las demás sociedades.

Dado que el grado de sostenibilidad es una medida de 'utilidad', **el grado de insostenibilidad de cada ciudad constituye una imposición de utilidad negativa o 'desutilidad' a las demás sociedades**, y *cabe considerar racional que una ciudad deba esperar [o no pueda exigir] recibir del resto de ciudades [entorno] una cantidad de desutilidad similar a [o diferente de] la que dicha ciudad aporta.*

La 'condición de racionalidad' nos lleva a que el acuerdo global más 'aceptable' por todas las sociedades será aquel que reduce la utilidad máxima de cada sociedad de manera equitativa, que será el planteamiento con mayor 'probabilidad' de acuerdo y cumplimiento. Y *atribuir a las demás ciudades un grado de sostenibilidad similar al de la ciudad evaluada equivale a considerar la existencia de un acuerdo de estas características:*

- Adopta el planteamiento de considerar que la sostenibilidad global debe apoyarse en un grado de compromiso similar de todos los miembros de la 'comunidad global'.
- Equivale a considerar que la sostenibilidad de cada ciudad evaluada sea la que resultaría si dicha ciudad se adoptara como '**modelo**' para dicho acuerdo.

Complementariamente, es necesario considerar que las ciudades solo constituyen el 2% del territorio mundial, y por tanto existe un 98% de territorio 'no urbano' cuya sostenibilidad solo estamos revisando indirectamente. Esto hará conveniente complementar el modelo que aquí proponemos con herramientas para revisar la sostenibilidad en escalas mayores [regional, nacional e internacional], que estarán por tanto evaluando la sostenibilidad del territorio no urbano¹⁸⁸.

La sostenibilidad del entorno se considera por tanto suficientemente modelizada en relación a las posibilidades de actuación sobre el mismo desde la ciudad [independientemente de que para lograr que el sistema global se autorregule serán necesarios los acuerdos comentados].

LA SOSTENIBILIDAD DE LA CIUDAD

En esta escala, se hace necesario revisar dos dimensiones de la sostenibilidad por separado:

En la **Sostenibilidad Social** vemos que muchos indicadores relevantes no pueden considerarse operativos, y se hace necesario evaluar esta dimensión indirectamente, lo que haremos identificando 'sostenibilidad social' con aquellas cualidades del medio que hacen sostenible socialmente a una ciudad y que englobamos en el término 'Calidad y Habitabilidad del Ecosistema Urbano'.

Equivale a evaluar el 'grado de sostenibilidad' de la ciudad como su 'grado de pertenencia a la clase de las ciudades sostenibles' [Alvira 2014a]. Y *la historia ha demostrado que las ciudades con elevada Calidad y Habitabilidad 'pertenecen en grado elevado a la clase de las [son en grado elevado] ciudades socialmente sostenibles'*.

En la **Sostenibilidad económica**, haremos algunas simplificaciones que permitirán medir suficientemente los aspectos necesarios manteniendo la operatividad del modelo:

La primera es que *eliminaremos la valoración de las variables 'inflación' y 'crecimiento económico'*, por considerar que la capacidad de actuar sobre ellas se sitúa en una escala mayor o no son modificables directamente mediante el tipo de transformaciones que pretende evaluar este modelo, y que la modelización sin ellas, proporciona suficiente parecido con la realidad¹⁸⁹.

La segunda es que *introduciremos la valoración del Esfuerzo Económico necesario para la implementación de cada escenario*. Las ciudades están continuamente tomando decisiones que implican coste económico y que no es posible coordinar entre sí en el momento en que son tomadas¹⁹⁰.

Como forma de garantizar el funcionamiento del conjunto se establecen presupuestos globales [que asignan recursos económicos a cada unidad de decisión independiente], y parciales [una misma unidad distribuye sus recursos económicos entre las diferentes actuaciones que prevé realizar durante el periodo para el cual tiene asignados dichos recursos].

¹⁸⁸ Existen en la actualidad diversas herramientas que permiten hacerlo, por ejemplo en la escala regional el SHCC [Graymore et Al, 2008]; en la escala regional/nacional el HWI [Prescott Allen, 2001] o el SSI [Geut van Verk et Al, 2004].

¹⁸⁹ Suponemos que desde la escala adecuada se actúa para que se mantengan en valores adecuados. De todas formas, obtener un valor elevado en las variables económicas que propondremos implica generar un marco económico estable, y por tanto permite presuponer en grado elevado valores adecuados de inflación y crecimiento.

¹⁹⁰ Puede ser porque las toman unidades independientes; porque se toman en momentos temporales diferentes o ambas.

Por tanto, consideraremos que existe un tope de gasto disponible para cada transformación a evaluar [decidido externamente y previamente a la utilización del modelo], contra el cual evaluaremos el coste o *Esfuerzo Económico* de cada transformación urbana posible; solo serán posibles/viables aquellas cuyo Esfuerzo Económico sea igual o inferior a dicho tope de gasto.

RESUMEN SIMPLIFICACIONES PLANTEADAS

Hemos planteado pues diversos criterios para resolver la imposibilidad de medir directamente la modificación de algunos aspectos [indicadores] relevantes de la Sostenibilidad:

- Monitorizarlos mediante indicadores referidos a aspectos equivalentes que sean operativos
- Suponer que la sostenibilidad en aspectos de modelización complicada sea equivalente a la de la ciudad evaluada, y utilizar modelos complementarios para monitorizar [comprobar que esta sostenibilidad sea igual o superior a la estimada] con suficiente frecuencia.

Vamos a resumir los supuestos considerados:

TABLA 02.37_ ASPECTOS CUYO GRADO DE SOSTENIBILIDAD SE PRESUPONE IGUAL AL DE LA CIUDAD EVALUADA	
MEDIOAMBIENTE [Ma]	• Estado del medioambiente no urbano [incluyendo los 'commons']
SOCIEDAD [Sc]	• Relaciones políticas/demográficas con otras comunidades
ECONOMÍA [E]	• Inflación / Crecimiento
	• Sostenibilidad relaciones económicas con otras comunidades

Fuente: Elaboración propia. Esta lista constituye un resumen de las cuestiones principales que deberán evaluarse mediante otros modelos.

Vamos a revisar la modelización de la sostenibilidad con mayor detalle, incluyendo las modificaciones indicadas, para lo cual nos adentramos en el modelo de la Ecología Urbana.

2.2.3.2.3 EL MODELO DE LA ECOLOGÍA URBANA

El modelo de la Ecología Urbana nos lleva hacia una descomposición Sistema-Entorno, que nos permite dividir las cuestiones relevantes para la sostenibilidad en:

- ... *Ecosistema Urbano* como indicador indirecto de la sostenibilidad de una ciudad/comunidad
- ... *Metabolismo* como indicador indirecto de la sostenibilidad del entorno.

Si lo revisamos desde la perspectiva de Tres Dimensiones de Sostenibilidad, podemos dividir las cuestiones revisadas entre:

Calidad y Habitabilidad Urbana [Dimensión Q] que agrupa aquellas cuestiones que aluden esencialmente al estado del 'ecosistema urbano' como indicador indirecto del estado de la comunidad que lo habita; informa de la **dimensión social de la sostenibilidad urbana**. Una primera enumeración de las cuestiones que debe valorar es:

TABLA 02.38_ CUALIDADES QUE HACEN SOSTENIBLE A UNA CIUDAD
<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad y Movilidad • Biodiversidad e Infraestructura Verde • Compacidad • Diversidad Social • Equipamientos • Estructura Urbana • Habitabilidad / Bioclima • Paisaje e Identidad • Mezcla de usos • Zonas Verdes

Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente, la ya mencionada ‘Dotación, diferenciación, distribución espacial y conectividad de los elementos urbanos’, constituirá una cualidad transversal que deberá ser implementada/valorada mediante condiciones específicas en cada uno de los indicadores.

Metabolismo Urbano [Dimensión M], que agrupa aquellas cuestiones que aluden a las interacciones de la ciudad con el entorno natural que pueden tener impacto negativo sobre este último [i.e., pueden modificar su ‘grado de sostenibilidad’]; informa de la **dimensión medioambiental de la sostenibilidad urbana**.

Y la enumeración de indicadores que vamos a proponer va a respetar aproximadamente los tres ciclos comunes a todos los sistemas urbanos [Wolman 1965], si bien utilizaremos indicadores tipo ‘huella’, que contabilizan consumos e impactos indirectos. En cierto modo se trata de combinar un análisis E/S con la Huella Ecológica¹⁹¹, y nos lleva a la siguiente enumeración de indicadores:

TABLA 02.39_ INDICADORES DE METABOLISMO

CICLOS	INDICADORES	IMPACTOS
Uso de los recursos hídricos	Aprovisionamiento agua	Hav_ huella hídrica azul y verde
	Producción agua residual	Hhg_ huella hídrica gris
Uso de los recursos sólidos	Utilización recursos sólidos y territorio	He_ huella ecológica
	Producción residuos sólidos	Hr_ producción de residuos
Uso de la energía	Utilización energía	He_ huella energética
	Producción emisiones GEI	Hc_ huella GEI

FUENTE: Elaboración propia.

- (1) El vertido de agua contaminada como residuo indirectamente también lleva a una sobreexplotación de los recursos hídricos, ya que si el agua vertida se reaprovecha, se reduce la necesidad de extracción de nuevos recursos hídricos.
- (2) En este caso podríamos añadir que la transformación en residuos también implica sobreexplotación y reestructuración física, puesto que implica destrucción de materiales que podrían reducir las entradas en el siguiente ciclo.

El objetivo de sostenibilidad será no superar las *biocapacidades disponibles/accesibles para cada una de dichas huellas*, y será necesario evaluar el impacto de la ‘población flotante’¹⁹².

Una cuestión interesante es por qué incluimos los aspectos de *Infraestructura verde, Biodiversidad y Bioclima* en la dimensión Q y no en la dimensión M, lo que justificamos por:

- La ocupación del territorio global por las ciudades ronda el 2% del territorio en los países occidentales; aunque a veces se asientan sobre emplazamientos ecológicamente importantes, su importancia desde el punto de vista del medioambiente global es reducida¹⁹³.

¹⁹¹ Algo que sugiere Wiedmann [2010:1652].

¹⁹² Así Graymore et al [2010:7] incluye en sus evaluaciones el impacto de los turistas [contabilizados a partir de las noches de hotel], mientras que JSBC [2011] considera también necesario evaluar también el impacto de la población trabajadora que se desplaza al municipio evaluado. Hay que indicar, que el impacto de un turista puede ser considerablemente mayor que el de la población residente. Así, el estudio de Wiedmann et al [2006] indica que un turista medio en el Reino Unido tiene una huella de 8,5 frente a la huella de 5,3 de un habitante regular. Esto se debe a que los turistas consumen más servicios y realizan más viajes que los residentes [y a la mayor huella de las comidas en restaurantes que en el hogar].

- La población humana en las ciudades llega en algunos países a un porcentaje del 80%, y la influencia del Bioclima Urbano [asociado a infraestructura verde/biodiversidad] hace que éste adquiera gran importancia para la salud de la población, i.e., su sostenibilidad social.

En términos de clases difusas, podemos decir que su grado de pertenencia a la dimensión Medioambiental es aprox. el 2% mientras que a la dimensión social es aprox. el 80%.

Hemos dividido las cuestiones que aporta la Ecología en dos grupos, llegando a proponer que...

... La *Sostenibilidad del Medioambiente* es en gran medida deducible de la *Sostenibilidad del Metabolismo Urbano*.

... La *Sostenibilidad Social* es en gran medida deducible de la *Calidad y Habitabilidad del ecosistema urbano*.

Y nos queda un grupo de cuestiones relevantes no incluidas en el análisis; aquellas que nos permiten evaluar la sostenibilidad económica de la ciudad. El motivo de no haberlas incluido en la revisión anterior, es que no se ajustan bien a la división Sistema-Entorno [Metabolismo]¹⁹⁴. Mientras que los indicadores de Q informan del estado del sistema urbano, y los indicadores de M informan de sus procesos, los indicadores económicos van a informar tanto de estado como de procesos.

Por ello, es más conveniente analizarlos desde la perspectiva de tres dimensiones de la sostenibilidad, y dado que *por definición cualquier indicador relevante para la sostenibilidad lo es independientemente de la perspectiva considerada*, podemos aprovechar la revisión de la sostenibilidad económica realizada anteriormente [actualizando las cuestiones revisadas posteriormente].

Conformamos así una **Dimensión Economía [E]** que complementa las dos anteriores y que constituirá la **dimensión económica de la sostenibilidad urbana**.

TABLA 02.40_ VARIABLES RELEVANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Accesibilidad a Bienes y Servicios	Distribución de la Renta/ Renta Disponible después de sufragar gastos fundamentales	
Estabilidad Económica (1)	Endeudamiento / Carga Económica	Administración Ciudadanos
	Equilibrio presupuestario	Administración Ciudadanos
Diferenciación Económica	Diversificación Actividad	
Mercado de Trabajo	Tasa de empleo	
	Diversificación Empleo	
	Educación mercado de trabajo	

Fuente: Elaboración propia con las siguientes notas:

(1) Por los motivos comentados anteriormente, hemos eliminado la Inflación y el Crecimiento económico.

Complementariamente, aparecen un indicador económico que no cumple la condición de contención [no es un indicador de sostenibilidad]: el Esfuerzo económico.

¹⁹³ Otra cuestión diferente, es que muchas veces la infraestructura urbana implica una reducción de huellas del consumo, que deberá ser contabilizada en los indicadores de metabolismo.

¹⁹⁴ A diferencia de otros autores, hemos excluido los ciclos económicos del Metabolismo Urbano, por considerar que son muy diferentes.

TRES DIMENSIONES OPERATIVAS PARA LA SOSTENIBILIDAD URBANA

Hemos llegado pues a una descomposición operativa de la sostenibilidad urbana, en la que M, Q y E se configuran como **tres dimensiones operativas de la sostenibilidad en el ámbito urbano**:

- [Q] Calidad y Habitabilidad del Área Urbana
- [M] Metabolismo Urbano
- [E] Economía

Transversalmente a estas tres dimensiones se sitúa la **Accesibilidad a la utilidad que ofrece la sociedad o 'Accesibilidad Universal'**:

- Desde *una perspectiva física*, estará relacionada con la posibilidad de que los habitantes de una ciudad puedan acceder físicamente a todos sus espacios y servicios, que requerirá...
 - ... la ausencia de barreras físicas.
 - ... la combinación y distribución espacial equilibrada de los elementos urbanos.
- Desde *una perspectiva de uso de biocapacidad* exigirá fijar límites para que el consumo total del sistema sea inferior a su biocapacidad si todos sus habitantes desarrollan patrones de consumo similares; los recursos deben ser accesibles a la mayoría de las personas.
- Desde *una perspectiva económica* estará relacionada con la Accesibilidad a Bienes y Servicios, que requerirá...
 - ... valores óptimos de desigualdad en la Distribución de la Renta.
 - ... la disposición de una Renta Disponible suficiente una vez sufragados los gastos correspondientes a necesidades elementales.

Y podemos interpretar el significado de estas tres dimensiones con mayor claridad en el siguiente gráfico:

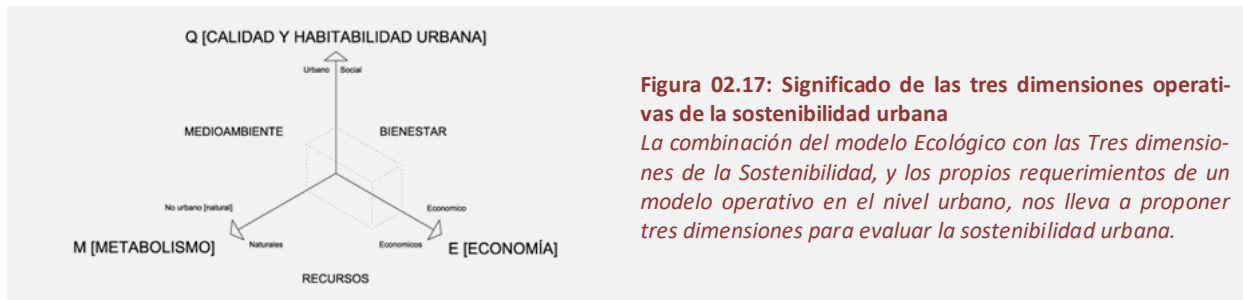


Figura 02.17: Significado de las tres dimensiones operativas de la sostenibilidad urbana
La combinación del modelo Ecológico con las Tres dimensiones de la Sostenibilidad, y los propios requerimientos de un modelo operativo en el nivel urbano, nos lleva a proponer tres dimensiones para evaluar la sostenibilidad urbana.

Que nos lleva a la siguiente descomposición 'operativa' de la Sostenibilidad Urbana:

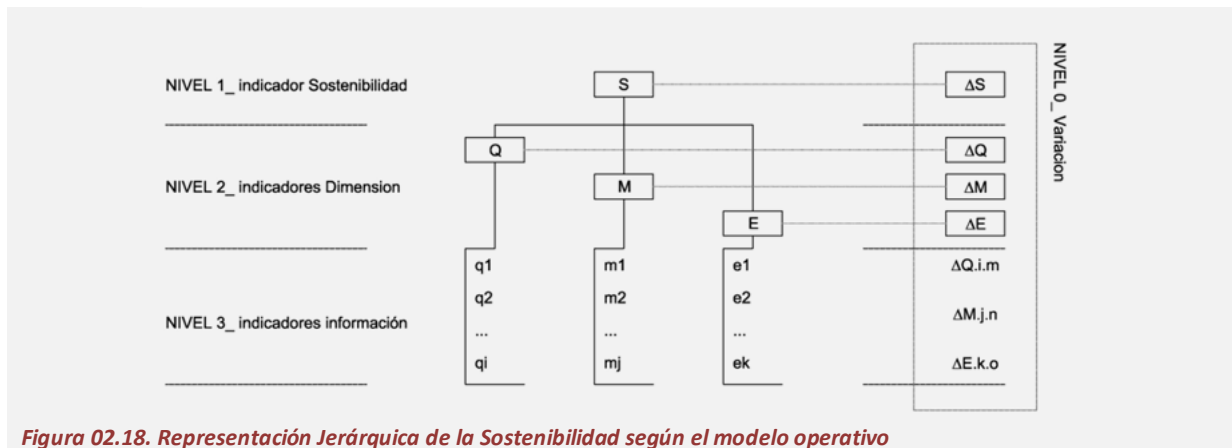


Figura 02.18. Representación Jerárquica de la Sostenibilidad según el modelo operativo

Y la enumeración detallada de los indicadores de sostenibilidad urbana [incluyendo su correspondencia con las Tres Dimensiones de Sostenibilidad] será la siguiente:

TABLA 02.41_ INDICADORES DEL MODELO OPERATIVO			
NIVEL 1	NIVEL 2		NIVEL 3
	ECOLOGÍA	TRES DIMENSIONES	
SOSTENIBILIDAD	METABOLISMO [M]	MEDIOAMBIENTE [Ma]	Huella hídrica azul y verde
			Huella hídrica gris
			Huella ecológica
	ESTADO ECOSISTEMA URBANO [Q]	SOCIEDAD [Sc]	Producción de residuos
			Huella energética
			Huella GEI
ECONOMÍA [E]	ECONOMÍA [Ec]	Accesibilidad y Movilidad	
		Biodiversidad e Infraestructura Verde	
		Compacidad	
		Diversidad Social	
			Equipamientos
			Estructura Urbana
			Habitabilidad
			Paisaje e Identidad
			Mezcla de usos
			Zonas Verdes
			Empleo
			Accesibilidad a Bienes y Servicios
			Diversificación Económica
			Carga Económica

FUENTE: Elaboración propia. Esta enumeración nos permite ver que la propuesta equivale a una representación jerárquica de la sostenibilidad combinando las perspectiva sistémica y tres dimensiones.

Es importante insistir en que las dimensiones de sostenibilidad tienen límites 'difusos'; los indicadores relevantes pueden informar de [o pertenecer a] varias dimensiones de sostenibilidad¹⁹⁵:

- Los indicadores de empleo y distribución del ingreso informan a la vez de bienestar social y económico.
- Los indicadores de habitabilidad [contaminación, zonas verdes,...] y biodiversidad urbana informan a la vez de Medioambiente y de Sociedad.

¹⁹⁵ Se deriva del carácter de 'semirretículo' de la realidad urbana [Alexander, 1965], que hace necesario entender las dimensiones como conjuntos 'difusos' en la que los indicadores suelen tener un 'grado de pertenencia' a más de una dimensión.

- Los indicadores de calidad del medio construido, informan a la vez de Sociedad [calidad de vida] y Economía [capital fijo/artificial].
- Los indicadores de Compacidad informan a la vez de Medioambiente [preservación del suelo natural] y de Sociedad [Calidad urbana].

Por otra parte, es importante indicar que priorizar el cálculo del grado de sostenibilidad de la ciudad como modelo, implica que en la mayoría de los casos, ninguna dimensión podrá producir el valor 0 de 'S' considerada aisladamente de las otras dos. El valor 0 de S solo podrá producirse como consecuencia del valor 0 para las tres dimensiones¹⁹⁶.

2.2.3.2.4 EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL DESARROLLO

En general, los sistemas urbanos van a estar siempre localizados entre la situación de total Sostenibilidad y la de total Insostenibilidad. Por ello, nunca se estarán desarrollando de manera totalmente sostenible ni insostenible. Lo harán de manera en 'cierto grado sostenible o insostenible', o alternativamente estarán desarrollándose hacia la 'sostenibilidad' o hacia la 'insostenibilidad'¹⁹⁷.

Si los 'umbrales de sostenibilidad/insostenibilidad' y formulaciones de los indicadores de sostenibilidad son correctos, en general un valor $S_2 > S_1$ supone un incremento del grado de sostenibilidad del sistema urbano, independientemente de que algunas dimensiones no incrementen [o incluso reduzcan] su sostenibilidad.

Sin embargo, considerar exclusivamente el valor agregado del Grado de Sostenibilidad plantea al menos dos inconvenientes para evaluar la evolución de una ciudad:

- *Un valor global positivo puede esconder un empeoramiento en alguna dimensión, que pueda indicar una tendencia desfavorable de la ciudad que deba ser corregida lo antes posible.*
- *Nos permite valorar el recorrido realizado, pero no nos permite planificar el recorrido a realizar o actuaciones futuras; las actuaciones urbanas se planifican de manera desagregada, y para diseñarlas adecuadamente es necesario conocer el estado desagregado de la ciudad.*

Por tanto, tan necesario como revisar la evolución del Grado de Sostenibilidad de la ciudad [nivel agregado] será revisar las variaciones de los diferentes indicadores de la descomposición de la Sostenibilidad, i.e., realizar un **análisis multivariable**.

Sin embargo, la cantidad de información suministrada por el modelo va a obligar a establecer criterios que permitan comprender qué información debe valorarse desagregadamente y con qué criterios. Esto lo veremos en el siguiente apartado en el cual revisamos las cuestiones relevantes en los procesos de toma de decisiones, y detallamos la Metodología de utilización del modelo en diferentes casos en que se prevé su uso.

¹⁹⁶ En consecuencia la mayoría de formulaciones de agregación serán de tipo f2 [Alvira, 2014a].

¹⁹⁷ Esta última situación [el sistema dirigiéndose hacia su insostenibilidad] también podría darse sin necesidad de que el sistema se hubiera desarrollado [evolucionado]; de hecho, la falta de desarrollo de un sistema podría ser causa de su insostenibilidad.

2.3 ADAPTACIÓN DEL MODELO A LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES

Hemos realizado una revisión de los indicadores relevantes para la sostenibilidad urbana, llegando a una propuesta para su estructuración jerárquica que combina aspectos de los modelos ‘tres dimensiones’ y Sistema-Entorno, sobre la cual seguimos desarrollando el modelo.

Y es necesario considerar que el objetivo de este modelo es ser utilizado en procesos muy específicos cuyo resultado equivale a ‘decisiones públicas’, lo que requiere dos cuestiones adicionales:

- Revisar las características que se exigen de un modelo para que sea aceptable para la toma de decisiones públicas, y
- Preparar el modelo para que proporcione [desagregadamente] toda la información necesaria para hacer posible su utilización en dichos procesos de decisión.

Complementariamente, esta revisión nos permitirá proponer la metodología para la utilización del modelo en los procesos indicados.

2.3.0 EL OBJETIVO DEL MODELO OPERATIVO

El objetivo de un modelo operativo debe ser “introducir la sostenibilidad como criterio en procesos de toma de decisiones, de manera que su resultado siempre sitúe al SSE lo más cerca posible de su estado sostenible u óptimo. Su objetivo es por tanto evaluar el efecto de las diferentes opciones posibles, y establecer cuál incrementa más la sostenibilidad” [Alvira, 2014a:95].

Para ello, estos modelos deberán permitir la toma de decisiones en diferentes procesos en los cuales se plantea su uso, considerando que el objetivo de cualquier transformación urbana dirigida debe ser siempre incrementar la sostenibilidad respecto a la situación que se alcanzaría si se implementa una transformación diferente o no se interviene sobre el sistema¹⁹⁸.

Y hemos propuesto una serie de procesos de aplicación del presente modelo que tienen una característica común: son procesos en su mayoría promovidos y/o regulados desde las Administraciones Públicas; i.e., representan las decisiones que la sociedad debe tomar [y a veces desarrollar] en su conjunto, y deben reunir dos cualidades:

- *Ser racionales*; lo que implica elegir entre el abanico de opciones posibles, la que mayor utilidad proporciona, aspecto que englobamos dentro de la ‘Teoría de la Decisión’.
- *Maximizar el beneficio público/colectivo* cuando exista conflicto con el beneficio individual, aspecto estudiado desde diferentes perspectivas dentro de la ‘Teoría de Elección Social’

Vamos a revisar estas dos cuestiones.

¹⁹⁸ O en otras palabras; el grado de sostenibilidad que hubiera alcanzado el sistema siguiendo cualquier opción descartada o imposibilitada [incluido el que se alcanzaría si no se interviene sobre el sistema] deberá ser menor al obtenido mediante la opción elegida. De lo contrario, el curso de acción más sostenible sería no intervenir sobre el sistema [i.e., dejar que el sistema siga su curso actual] o plantear una transformación diferente.

2.3.1 LA TOMA DE DECISIONES RACIONALES: MAXIMIZACIÓN DE LA UTILIDAD ESPERADA

La Teoría de la Decisión tiene gran importancia para entender a los ‘agentes’ [personas, ciudades, sociedades,...] como entidades que están continuamente tomando decisiones. La mayoría de sus acciones permite más de un curso de acción y el ‘agente’ debe elegir entre ellos. **Prácticamente cada vez que un ‘agente’ realiza una acción lo hace después de tomar una decisión**¹⁹⁹.

Esta toma de decisiones se realiza siguiendo un proceso sencillo. Antes de elegir que acción desarrollar en cada momento, el decisor valora las *consecuencias esperadas* de cada una de las acciones que podría desarrollar, evalúa en qué grado prefiere las consecuencias de cada acción en relación a las demás [establece una ‘relación de preferencia’ entre consecuencias], y emprende el curso de acción [puede ser una única acción o una combinación de varias] cuyas consecuencias prefiere.

Y considerar que dicha decisión sea ‘racional’ requiere que establezcamos una serie de condiciones en el proceso anterior²⁰⁰:

La primera es que **las consecuencias de una acción no se pueden valorar aisladamente, sino en el contexto en que se producen**, y ello nos obliga a decir que lo que cada decisor compara no son las consecuencias concretas que se derivan de cada acción, sino el ‘estado del mundo’ [estado global del sistema] anterior y posterior a cada una de las acciones posibles²⁰¹.

Esta será la primera condición de racionalidad; un decisor racional no valora únicamente las consecuencias directas de su acción sino como se modifica su ‘estado global’. Hemos visto anteriormente que planificar el cambio urbano requiere establecer ‘visiones’ que equivalen a ‘estados del mundo’, y la racionalidad de las decisiones en sistemas urbanos va a requerir entender y modelizar el sistema en su globalidad, valorando sus [estados] futuros posibles, equivalentes a escenarios o visiones urbanas.

La segunda es que la mayor o menor preferencia del decisor por cada ‘estado del mundo’ deberá corresponderse con la mayor o menor ‘utilidad’ que dicho estado proporciona al decisor. El decisor asigna ‘utilidad’ a cada opción posible, las ordena de acuerdo a dicha utilidad, y elige la opción [o combinación de opciones] que mayor utilidad le proporciona.

A este proceso se le llama **maximización de la utilidad y es la segunda condición para que consideremos que un ‘decisor’ toma decisiones racionales**.

El concepto de Utilidad adquiere importancia y podemos definirlo como la cualidad de los objetos o cursos de acción de ser aprovechados o servir para algún fin. Por tanto, la Utilidad no es una propie-

¹⁹⁹ Decimos prácticamente porque en el caso de agentes que sean Sistemas Adaptativos, existen ciertas acciones que simplemente corresponde al concepto de autorregulación, es decir, que no necesitan una ‘decisión consciente’ [racional] por parte del agente.

²⁰⁰ No existe una definición globalmente aceptada de *decisión racional*. Arrow [1951:406] propone que “un comportamiento racional es simplemente un comportamiento de acuerdo a algún ordenamiento de las opciones en términos de su deseabilidad relativa”. En Alvira [2014a:95] proponemos que un decisor toma una decisión racional cuando “*busca situarse lo más cerca posible de su estado óptimo*”.

²⁰¹ Algunos autores diferencian entre ‘estados del mundo’ como situación anterior a la toma de decisiones, y ‘consecuencias’ como efecto de las decisiones. El carácter de las decisiones que aquí se propone hace que designemos ambas como ‘estados del mundo’.

dad o consecuencia universal de los objetos o cursos de acción, sino de éstos en relación a un 'decisor' concreto.

Y añadimos una tercera condición para considerar racional una decisión; **la valoración de la utilidad** que cada estado/curso de acción proporciona al decisor **debe realizarse mediante funciones** [transformaciones matemáticas] **sobre variables que informan del grado en que dicho estado sea óptimo para el decisor**, equivalente a una medida de su *deseabilidad racional* por parte del decisor. Esto nos permite introducir dos condiciones de racionalidad en el proceso:

- Los diferentes estados del mundo posibles se valoran mediante las mismas funciones matemáticas, que no dependen por tanto de cada 'estado del mundo' [sujeto] valorado y nos permiten considerar que el proceso incorpora suficiente 'objetividad'.
- La definición de óptimo como 'mejor posible' implica que cualquier decisor que utilice un criterio diferente no estará decidiendo racionalmente. Sería irracional que un decisor 'desease' un estado en una medida diferente de la que dicho estado sea óptimo [el mejor posible] para dicho decisor.

Por tanto, asignar valor o utilidad a diferentes opciones basándonos en criterios racionales para una clase de decisores nos permitirá calcular su preferencia racional respecto a dichas opciones y ordenarlas para decidir racionalmente entre ellas, i.e., escoger la más útil o preferida.

Hemos definido el grado de sostenibilidad como el "grado en que el estado de un sistema es óptimo", y una medida del *grado de deseabilidad racional de cada estado posible de cada sistema*. Por tanto, resulta evidente que S es una función óptima para valorar la utilidad que un decisor obtiene de diferentes estados del mundo, permitiéndole tomar decisiones racionales.

Adicionalmente, vamos a revisar si el Grado de Sostenibilidad cumple las condiciones requeridas a funciones de utilidad.

2.3.1.1 EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD COMO FUNCIÓN DE UTILIDAD

Una función de utilidad 'u' es una formulación que nos permite calcular la utilidad que un decisor obtiene de cada opción dentro de un conjunto de opciones posibles, permitiendo establecer una relación de preferencia entre dichas opciones.

El Grado de Sostenibilidad mide el grado en que el estado de una sociedad es óptimo, y por tanto cumple los criterios de racionalidad propuestos; *si un estado de una sociedad es más sostenible que otro, ese estado es 'mejor' para dicha sociedad y necesariamente será racionalmente preferido.*

$$\forall I_1, I_2 \in I: S_T[I_1] < S_T[I_2] \leftrightarrow I_1 < I_2 \quad (10)$$

Siendo I_1 e I_2 dos estados posibles de una sociedad I , y $<$ la relación de preferencia racional.

Y esto quiere decir que cualquier problema de decisión se podrá resolver eligiendo el estado I_i que tenga mayor Grado de Sostenibilidad $S_T[I_i]$ dentro de los estados posibles para una sociedad I , y desarrollando el curso de acción que nos permite alcanzarlo.

El parámetro de Grado de Sostenibilidad $S_T[I]$ constituye la mejor función de utilidad posible para la toma de decisiones de una sociedad, satisfaciendo las cuatro condiciones matemáticas que se exige a las funciones de utilidad²⁰²:

- Es **completa** [está conectada]. Permite asignar un valor $S[I_i]$ a cualquier estado posible de una sociedad/ciudad I_i y por tanto compararlos entre sí mediante una relación de preferencia. Si un sistema I tiene dos estados I_1 e I_2 posibles, o I_1 es preferido, o I_2 es preferido o ambas situaciones son igual de preferidas.
- Es **transitiva**. Si I_2 es preferido a I_1 , e I_3 es preferido a I_2 , entonces I_3 es preferido a I_1
- Es **continua**. Proporciona un valor en el rango 0-1²⁰³.
- Es **independiente de opciones irrelevantes**. Si un estado I_2 es preferido a un estado I_1 , la aparición [posibilidad] de otro estado I_3 no altera el orden de preferencia entre I_2 e I_1 .

$$\text{Completa} \quad \forall I_1, I_2 \in I: S_T[I_1] \leq S_T[I_2] \leftrightarrow I_1 \preceq I_2 \quad (11)$$

$$\text{Transitiva} \quad \forall I_1, I_2, I_3 \in I: I_1 \preceq I_2 \wedge I_2 \preceq I_3 \leftrightarrow I_1 \preceq I_3 \quad (12)$$

$$\text{Continua} \quad \forall I_i \in I: S[I_i] \rightarrow [0,1] \quad (13)$$

El parámetro ' S puede ser considerado una medida de la utilidad total que el estado de una sociedad/ciudad proporciona a sus integrantes/habitantes, que podremos utilizar tanto en el marco de la Teoría de la decisión como la Teoría de los Juegos:

- *La Teoría de la Decisión*, nos permitirá definir algoritmos para la toma de decisiones públicas.
- *La Teoría de los Juegos* nos proporcionará un marco para la evaluación de las relaciones entre agentes [personas, empresas, ciudades, países,...] y ' S ' será la *utilidad* que permita encontrar *solución* a situaciones donde existe *conflicto de intereses* en escalas muy diferentes.

Es importante indicar que se trata de una relación de preferencia 'débil' [Arrow, 1951] en el sentido de que una sociedad/ciudad puede ser indiferente entre dos estados [i.e., considerar que ambos le proporcionan la misma utilidad], lo que puede deberse a diversos motivos:

- A que *las diferencias entre dichos estados no afecten a ninguna variable relevante para la sostenibilidad*, en cuyo caso su grado de sostenibilidad será el mismo, y el sistema será 'racionalmente indiferente entre dichos estados'.
- A que *las variaciones de unas variables relevantes compensen las de otras*. El sistema también debe ser indiferente ante dichos estados²⁰⁴.

Si los valores de S para dos estados posibles de una sociedad/ciudad son iguales, la utilidad que ambos estados le proporcionan es igual y ésta es a priori 'indiferente entre ambos'.

²⁰² Compilación a partir de Von Neumann-Morgenstern [1944], Arrow [1951] y Binmore [1994].

²⁰³ Implica la Propiedad Arquimedea; ningún estado puede ser infinitamente más preferido/sostenible que otro.

²⁰⁴ Sin embargo, no todas las variables relevantes se compensan entre sí, lo que nos obligará a incluir ciertas condiciones que limitan la compensabilidad, que detallaremos posteriormente.

Complementariamente, la revisión de la participación de los diferentes indicadores en el cálculo del el *Grado de Sostenibilidad* muestra *Marginalidad Decreciente* [Alvira, 2014a: Anexo VI]; permitiéndonos considerar que la función *S* valora que la utilidad que se obtiene con una unidad de *'algo'* depende de la cantidad de ese *'algo'* que ya tengamos y se reduce cuanto mayor sea dicha cantidad²⁰⁵.

2.3.1.2 UTILIDAD COMO 'UTILIDAD ESPERADA'

Decidir racionalmente requiere valorar la utilidad que obtendría el decisor en un conjunto de 'estados futuros' posibles, y choca con la incertidumbre inherente a cualquier predicción acerca del estado futuro de un sistema²⁰⁶; **podemos 'esperar' lo que va a suceder pero no 'saberlo con seguridad'**.

Cuando una sociedad/sistema urbano toma una decisión, lo hace en base a la utilidad que **'espera'** obtener de un estado que **'espera'** alcanzar siguiendo un curso de acción determinado, y deberemos aludir a la **utilidad 'esperada'** de diferentes *estados y cursos de acción*²⁰⁷.

El **primer 'espera'** se refiere a la incertidumbre en cuanto a la valoración de diferentes 'estados del mundo' en términos de utilidad, que es esencialmente un valor **'subjetivo'**; *un mismo objeto o estado del mundo puede representar diferente utilidad para diferentes decisores*.

Esta valoración en términos de utilidad de cada estado posible del mundo es el objetivo del modelo operativo, y para hacerla de manera 'consistente', hemos recurrido a tres herramientas suficientemente aceptadas en la actualidad en el ámbito científico:

- Para su formulación hemos partido del conocimiento científico disponible, permitiéndonos apoyar su valor como propuesta científica en el momento actual.
- En su utilización hemos considerado medidas de contrastación de los resultados mediante procedimientos alternativos.
- Para su mantenimiento hemos considerado cuestiones de autoevaluación y mejora continua, que -si se cumplen-, nos permitirán apoyar su validez en el futuro.

Además, la estructura jerárquica de los indicadores nos permite interpretar **el parámetro 'S' como una función de 'utilidad esperada'**, puesto que los indicadores pueden ser considerados medidas parciales de utilidad [Goguen, 1967], mientras que su estructura jerárquica implica una asignación de probabilidades [Alvira, 2014a]²⁰⁸.

²⁰⁵ Supone una generalización del *Principio de Utilidad Marginal Decreciente* [Bernoulli, 1738] que alude a que "en ausencia de circunstancias 'inusuales', la utilidad obtenida de cualquier incremento en riqueza será inversamente proporcional a la cantidad de bienes que se posea previamente". Este principio es re-enunciado por Laplace [1814:22]: "un franco tiene un valor mucho mayor para el que posee solo cien que para un millonario".

²⁰⁶ Para una revisión detallada de la impredecibilidad de los estados futuros de Sistemas ver Alvira [2014a:52-58].

²⁰⁷ La sociedad/sistema para decidir debe 'establecer' dos relaciones: una entre 'estados del mundo' y 'utilidad' y otra entre 'acciones' y 'estados como consecuencias de acciones'. Y ambas valoración implican tanto subjetividad como incertidumbre.

²⁰⁸ No obstante aunque la estructura jerárquica de *S* es una estructura en la que se multiplican utilidades por probabilidades [i.e., constituye una función de 'utilidad esperada'] en ciertas ocasiones puede ser necesario o conveniente establecer probabilidades complementarias.

El **segundo ‘espera’** se refiere a la incertidumbre inherente a la valoración de la probabilidad de alcanzar un estado futuro determinado siguiendo un curso de acción.

La Teoría de la Decisión surge vinculada al estudio de las ‘decisiones con incertidumbre’ [fundamentalmente juegos de azar y comportamientos económicos], motivada por el hecho de que *emprender un curso de acción casi nunca garantiza totalmente al decisor alcanzar un estado determinado*; casi siempre existe la probabilidad de emprender un curso de acción y alcanzar un estado diferente.

Esta incertidumbre se podrá modelizar introduciendo ‘ponderaciones’ que valoren la probabilidad de obtener la utilidad que podríamos alcanzar mediante cada curso de acción, ponderándola por la probabilidad de conseguirla mediante dicho curso de acción.

Y llegamos así a proponer que **un decisor será racional si y solo si emprende un curso de acción cuando la utilidad que espera obtener [utilidad esperada] supera la utilidad que espera perder [desutilidad esperada]**²⁰⁹. La racionalidad exige que la ‘utilidad por probabilidad de éxito’ sea mayor que el ‘esfuerzo [desutilidad] por la probabilidad de fracaso’²¹⁰.

Sin embargo, en las decisiones que no atañen a juegos de azar, la probabilidad de cada curso de acción no suele ser un valor ‘objetivo’ [obtenido mediante ensayo o deducible matemáticamente], sino esencialmente ‘subjetivo’. Se refiere al ‘grado de creencia’ de un decisor en que un determinado curso de acción le permita alcanzar un ‘estado del mundo’²¹¹.

Cualquier decisión se deberá basar tanto en cuestiones objetivas [lo que sabemos] como en supuestos o creencias [lo que consideramos ‘probable’ para lo que no sabemos], ponderando la utilidad que comporta cada opción por la medida de su probabilidad –subjetiva y objetiva–; la que le asigna el decisor con la información de que dispone²¹².

IMAGEN

Imagen 02.37: La expresión ‘**Más vale pájaro en mano que ciento volando**’ alude al concepto de ‘utilidad esperada’, que no solo considera la utilidad posible en cada ‘estado del mundo’ [100 pájaros implican mayor utilidad que uno solo], sino también la probabilidad de alcanzarla [un pájaro en mano implica ‘certeza’].

“Cuando todos los casos son favorables a un evento la probabilidad se transforma en certidumbre y su expresión es igual a 1. En estas condiciones, certidumbre y probabilidad son comparables” [Laplace, 1902:7]

²⁰⁹ Esta afirmación se relaciona con la de Bernoulli [1738:29] “cualquiera que apueste una parte, incluso pequeña, de su fortuna en un juego de azar matemáticamente justo, actúa irracionalmente”. Si la ‘utilidad esperada’ no supera la ‘desutilidad esperada’ carece de sentido apostar. Además, es necesario considerar la ‘marginalidad creciente de la desutilidad’ [Alvira, 2104b: Anexo VII].

²¹⁰ Es decir, que ‘la utilidad esperada menos desutilidad esperada de cualquier otro curso de acción posible es menor [incluido la opción de no hacer nada]’. Esto nos permite entender situaciones en que todas las opciones posibles son ‘malas’ o su probabilidad de éxito es muy reducida [e.g.; en una guerra una misión casi ‘suicida’ puede ser la mejor opción elegible,...]

²¹¹ Para una revisión del origen y diferentes conceptualizaciones de la ‘Probabilidad se recomienda Hacking [1975].

²¹² “Un problema de decisión requiere un cálculo de esperanzas que involucra no solo utilidades sino también probabilidades [...] deberíamos temer o esperar un acontecimiento no solamente en proporción a la ventaja o desventaja sino también en base a alguna consideración acerca de la verosimilitud de la ocurrencia” [Hacking, 1975: 101].

Esto es importante porque nos va permitiendo relacionar la toma de decisiones racionales con dos cuestiones que solo pueden ser establecidas en relación a cada decisor:

- Sus *preferencias*, que definen la utilidad que dicho decisor obtiene de cada ‘estado del mundo’, y cuando hablamos de sociedades/ciudades nos acercan a la Contextualidad de la Sostenibilidad.
- Sus *capacidades*, que le permiten otorgar mayor o menor probabilidad de éxito a cada curso de acción, y nos lleva a la importancia de evaluar la viabilidad de las diferentes estrategias.

La probabilidad subjetiva como Grado de Creencia en la probabilidad de éxito de un curso de acción, se configura como un concepto aproximadamente igual al de [el grado de creencia en] su ‘viabilidad’²¹³, utilizado habitualmente al evaluar transformaciones urbanas, y nos acerca al interés de un modelo para la evaluación de decisiones: el Modelo SEU [Savage 1954].

2.3.1.2.1 MODELO SEU: MAXIMIZACIÓN DE LA UTILIDAD SUBJETIVA ESPERADA

Savage estructuró las condiciones que permiten a un decisor tomar una decisión y demostró que cualquier decisión racional requiere que el decisor asigne probabilidades subjetivas a cada una de las opciones posibles; i.e., *para decidir racionalmente el decisor debe valorar la utilidad que espera obtener como consecuencia de cada acción, pero también la probabilidad de obtenerla.*

TABLA 02.42_ AXIOMAS DEL MODELO SEU [SUBJECTIVE EXPECTED UTILITY]

01	La relación de preferencia es completa [todas las acciones/consecuencias son comparables] y transitiva (1)
02	La preferencia entre acciones depende únicamente de las consecuencias en estados en los que las ganancias de los dos actos que se comparan son distintas (2)
03	La clasificación ordinal de las consecuencias es independiente del evento y acción que las producen.
04	La probabilidad subjetiva asignada a cada ‘estado del mundo’ es independiente de las características de dicho estado
05	El decisor no puede ser indiferente a todos los actos [las consecuencia de unos actos deben ser preferidas a las de otros, o la probabilidad de éxito mediante unas acciones ser mayor que la probabilidad de éxito mediante otras] (3)
06	No existe una consecuencia que sea infinitamente mejor o infinitamente peor que otra (4)
07	Si todas las consecuencias de una acción son estrictamente mejores [o peores] que las de otra, entonces la primera acción es estrictamente preferida [o menos preferida] que la segunda (5)

FUENTE: adaptado de Karni [2005] con las siguientes notas:

- (0) La validez del modelo SEU es aceptada por algunos autores y discutida por otros. Entre los autores que lo consideran un marco adecuado para la toma de decisiones racionales es posible citar a: Binmore, 1994; Karni, 2005; Aguiar, 2007.
- (1) Savage propone un conjunto S de ‘estados del mundo’, un conjunto C de ‘consecuencias’, y un conjunto F de ‘acciones’ o funciones del conjunto de ‘estados’ al conjunto de ‘consecuencias’ [Karni 2005]
- (2) Se puede interpretar en términos de ‘apuestas’, considerando que lo que mide es el riesgo [complementario de la probabilidad subjetiva] y recompensa [utilidad] asociado a cada curso de acción. La elección se convierte en una ‘apuesta’ que realiza el decisor por un curso de acción determinado.
- (3) Excluye la posibilidad de que el problema de decisión y asignación de probabilidades subjetivas sea trivial; es decir, de que cualquier alternativa sea una solución válida.
- (4) Equivale a la propiedad Arquimedea.
- (5) Equivale al Principio de Pareto aplicado a la toma de decisiones.

Savage propone que si “una relación de preferencia cumple los siete postulados, entonces dicha relación es equivalente a la que resultaría de otra que maximiza la utilidad total esperada en relación a la probabilidad de conseguida” [Karni, 2005: 7].

²¹³ La definición de la RAE [2014] de Viabilidad es “cualidad de viable” y la de Viable es “Dicho de un asunto: Que, por sus circunstancias, tiene probabilidades de poderse llevar a cabo”.

Es decir, que “un decisor que siga los axiomas anteriores tomará decisiones como si maximizara una función de utilidad de Von Neumann y Morgenstern relativa a una función de probabilidad subjetiva²¹⁴, de manera que elegirá el valor máximo de la siguiente ordenación” [Binmore, 1994: 117]:

$$\max[S[I_1] * P_1; S[I_2] * P_2; \dots; S[I_n] * P_n] \quad (14)$$

Siendo $S[I_i]$ la utilidad que proporciona cada estado I_i al decisor y P_i la probabilidad ‘subjetiva’ de alcanzar cada estado I_i siguiendo un curso de acción dado.

2.3.1.2.2 ADAPTACIÓN DEL MODELO A LOS REQUERIMIENTOS DE RACIONALIDAD

Las cuestiones anteriores imponen una serie de requerimientos que vamos a incorporar en el proceso de utilización del modelo operativo de varias maneras:

Utilizando ‘escenarios de evaluación’, equivalentes a ‘estados del mundo’. Y será necesario evaluar tres tipos de escenarios que designamos de la siguiente manera:

- E00, que representa la *situación actual*, contra el cual podremos comparar diferentes estados futuros posibles, permitiéndonos valorar la evolución del sistema en cada caso [i.e., si el sistema avanza hacia la sostenibilidad, la insostenibilidad o se mantiene ‘estable’].
- E0T, que representa la *situación futura prevista* si el sistema no modifica la tendencia que sigue [equivale a no intervenir sobre el sistema].
- E01, E02,...E0n, que representan *situaciones futuras posibles* ejecutando diferentes transformaciones urbanas equivalentes a ‘cursos de acción posibles’.

El modelo deberá ser capaz de evaluar cada escenario en términos de ‘utilidad’, permitiendo calcular la variación de utilidad [o sostenibilidad] que implica cada ‘futuro posible’ en relación a la situación prevista si no se realiza ninguna acción específica [E0T].

Valorando la [en gran parte ‘subjetiva’] viabilidad de los diferentes escenarios, que revisamos resumidamente desde tres dimensiones:

- *Viabilidad técnica*, que exigirá que las transformaciones que se valoran sean técnicamente ‘posibles’, y requerirá...
 - ... que se detallen con suficiente precisión y justifiquen suficientemente los escenarios previstos en relación a las estrategias que se proponen para alcanzarlos.
 - ... que se basen en tecnología existente y parámetros suficientemente aceptados por los expertos.
- *Viabilidad económica*, que exigirá el *uso moderado de los recursos económicos*, que en cualquier caso será menor al total disponible; los recursos totales disponibles restringen el ‘espacio de soluciones posibles’.

²¹⁴ “Savage reelaboró la teoría de Von Neumann y Morgenstern sobre las preferencias de las personas en situaciones de riesgo, para incluir una descripción de como una persona que toma decisiones racionales debe organizar sus creencias en situaciones en las que no están especificadas probabilidades objetivas” [Binmore, 1994:114].

- *Viabilidad social*, que asociamos con la probabilidad de que los habitantes acepten y promuevan el cambio. Se relaciona con la implicación de los habitantes, y se vinculará a...
 - ... La introducción de las preferencias locales en el modelo, adaptando los indicadores [especialmente de la dimensión Q] a las características de los contextos²¹⁵.
 - ... La maximización del beneficio directo en las opciones elegidas, que se relaciona fundamentalmente con las dimensiones social y económica [Q y E]



Figura 02.19: Contención o Interdependencia? Hemos indicado la inadecuación –en general– de modelizar las dimensiones en modelos operativos mediante relaciones de contención. Y lo podemos justificar también desde la perspectiva de ‘viabilidad’, que depende en parte de la ‘deseabilidad’ por parte de los ‘agentes’ [habitantes, empresas, etc...] del sistema urbano, y se concentra en las dimensiones Sc y Ec. Establecer una relación de contención puede reducir la viabilidad de las propuestas; el equilibrio entre dimensiones proporciona resultados más ‘deseables’ y por tanto más ‘viables’.

Una opción no viable [tecnológica, económica o socialmente] no es una opción posible [su probabilidad es cero], y carece de sentido evaluarla en un proceso de decisiones²¹⁶.

ESTRATEGIAS [CURSOS DE ACCIÓN] vs CONSECUENCIAS [‘ESTADOS DEL MUNDO’]

El modelo SEU explicita que *una decisión racional no debe hacerse en función de la preferencia por los ‘cursos de acción’ sino por los diferentes ‘estados futuros’ posibles [Ax.03]*. Esto se relaciona con dos cuestiones revisadas, permitiéndonos volver a revisarlas desde otra perspectiva complementaria:

La primera es la diferencia entre las ‘cualidades que debe tener una ciudad sostenible’ [equivalentes a cualidades que permiten evaluar la deseabilidad racional de cada ‘estado del mundo’] y las ‘estrategias’ para llevar a una ciudad a dicho estado [equivalentes a ‘cursos de acción’].

El parámetro que guíe la decisión no deben ser las ‘estrategias que implementamos’ sobre un sistema, sino ‘cuál es el estado del sistema urbano una vez implementadas las estrategias’; i.e., en qué grado el estado alcanzado posee las cualidades que lo harían sostenible.



Imagen 02.38: ¿Es sostenible reciclar el 50% de los RU? Un asentamiento que recicle el 50% de sus RU puede tener un grado de sostenibilidad medioambiental muy diferente según la cantidad y tipo de los residuos generados por habitante.

Esto nos lleva a insistir en el planteamiento erróneo de muchos modelos tipo ‘checklist’ que valoran las estrategias emprendidas y no el estado final alcanzado.

²¹⁵ Constituye una forma de participación ciudadana, en la cual se establecen las preferencias locales previamente a la aplicación del modelo. Nos acerca a otra forma de entender los procesos de información pública y a la importancia de adaptar los indicadores al contexto.

²¹⁶ Por ello, posteriormente, revisaremos algunas cuestiones que permiten planificar el proceso de ejecución de las transformaciones urbanas maximizando la viabilidad de la transformación global.

Y la segunda es la evaluación de la sostenibilidad del desarrollo [variación del estado] de un sistema urbano entre dos momentos temporales. *Lo determinante para una decisión no es la cantidad que el sistema incrementa su sostenibilidad en una dimensión [equivalente en cierto modo a valorar una estrategia], sino lo que el valor de dicha dimensión implica para el estado final del sistema.*

2.3.2 LA TOMA DE DECISIONES PÚBLICAS

Hemos revisado los criterios que debe seguir un ‘agente’ cuando toma una decisión, y ahora vamos a revisar cómo deben ser dichas decisiones cuando son tomadas entre varios agentes buscando que el conjunto alcance el mejor estado posible [i.e., cuando son ‘colectivas’].

Para ello revisaremos tanto la Teoría de la Elección Social como la aplicación del Análisis Coste Beneficio a los proyectos públicos, comenzando por la primera de ellas.

2.3.2.1 TOMA DE DECISIONES COLECTIVAS: TEORÍA ELECCIÓN SOCIAL

La Teoría de Elección Social busca proponer los criterios que debe adoptar una sociedad para tomar decisiones que afectan a toda la sociedad; es decir, cuando “los objetos entre los que se elige son estados de la sociedad” [Arrow, 1951:17].

Para Arrow, el problema de la Teoría de la Elección Social es construir una relación de preferencia que respete los axiomas básicos de la elección racional [ser completa y transitiva] y represente la preferencia de la sociedad en su conjunto:

$$Ax.01_Completa \quad \forall I_1, I_2 \in I: I_1 \succcurlyeq I_2 \vee I_2 \succcurlyeq I_1 \quad (15)$$

$$Ax.02_Transitiva \quad \forall I_1, I_2, I_3 \in I: I_1 \succcurlyeq I_2 \wedge I_2 \succcurlyeq I_3 \rightarrow I_1 \succcurlyeq I_3 \quad (16)$$

Siendo I diferentes posibles estados de la sociedad y \succcurlyeq relación ‘débil’ [admite la indiferencia] de preferencia entre estados].

Para construir esta relación de preferencia propone la definición de una ‘**función social del bienestar**’, como “proceso o regla que, para cada conjunto de ordenaciones individuales de estados sociales alternativos establece un ordenamiento social de estados sociales alternativos” [Arrow; 1951: 23].

Se trata por tanto de definir un proceso o regla que valore los diferentes estados posibles de una sociedad en relación a las preferencias individuales de sus integrantes, permitiendo a dicha sociedad tomar decisiones en el nivel colectivo, y la construcción de esta función choca con algunas cuestiones que son revisadas por la mayoría de teóricos de elección social:

- ... La valoración de la utilidad que aporta cada estado social es diferente para cada miembro de la sociedad. Existe una multiplicidad de relaciones de preferencia individuales, de las cuales es necesario deducir una ‘preferencia agregada’.
- ... Casi cualquier transformación del estado de un sistema implica que ciertos individuos ven incrementada su utilidad y otros la ven reducida; i.e., *es casi imposible que una transformación de la sociedad sea unánime [y racionalmente] la más preferida.*

... Las únicas transformaciones en que nadie ve reducida su utilidad son aquellas que mantienen el 'statu quo', y no pueden constituir la mejor transformación/evolución [decisión] posible de la sociedad salvo que dicho estado sea su estado óptimo²¹⁷.

Para ayudar a definir funciones sociales del bienestar, Arrow sienta las bases para una 'formalización' del problema, proponiendo cinco condiciones que la función social del bienestar debe cumplir para proporcionar una decisión consistente en una sociedad democrática:

TABLA 02.43_ CONDICIONES PARA CONSIDERAR RACIONAL Y DEMOCRÁTICA UNA DECISIÓN

01	La función social del bienestar transforma las preferencias individuales en una relación de preferencia agregada
02	Si ningún [algún] individuo modifica [incrementa/reduce] su preferencia por un estado, la función social del bienestar no modifica [incrementa/reduce] la preferencia global por dicho estado (1)
03	El resultado debe ser independiente de opciones irrelevantes. La opción elegida no cambia si se incorporan [o eliminan] opciones irrelevantes.
04	La función social del bienestar no debe ser impuesta. Si la mayoría prefiere una opción, esta es la opción que se elige (2)
05	La función social del bienestar no debe ser dictatorial [e.g., no debe existir un voto que valga más que todos los demás].

FUENTE: adaptado de Arrow, 1951:22-31 con las siguientes notas:

- (1) Esta condición se relaciona con el Principio de Pareto aplicado a la toma de decisiones.
- (2) El problema para cumplir esta condición es que cualquier restricción del universo de opciones posibles puede estar excluyendo opciones que hubieran sido las preferidas por la mayoría. Sin embargo, no limitar el conjunto de opciones posibles imposibilitaría la mayoría de procesos de elección [existirían infinitas soluciones].

Arrow afirma que si una decisión satisface las condiciones anteriores, dicha decisión equivale a una votación²¹⁸, afirmación que choca tanto con la imposibilidad de decidir todas las cuestiones en una sociedad mediante votación, como con algunos problemas inherentes a los sistemas de votación:

- La toma de decisiones públicas en las sociedades es continua, y por tanto sería imposible [ineficiente o irracional] tratar de decidir las todas mediante votación.

IMAGEN

Imagen 02.40: Ninguna persona dispone de tiempo suficiente para votar de manera suficientemente informada todas las cuestiones que se deciden en una sociedad o ciudad. Y si lo hace de forma desinformada, nada garantiza que la votación sea preferible a la no votación [podría llegar a proporcionar resultados menos deseados, incumpliendo la condición de 'racionalidad de la preferencia']. Además, cualquier votación implica 'utilidad negativa' [Arrow, 1951]. Solo será racional decidir mediante votación pública aquellas propuestas en las que la utilidad esperada [beneficio obtenido] supere la desutilidad esperada [esfuerzo y tiempo de organización, colectivo e individual].

- Los sistemas de votación por sí solos no garantizan la elección de la mejor opción posible ni la estabilidad de la decisión²¹⁹.

²¹⁷ Mantener el 'statu quo' solo será la opción preferible para una sociedad que se encuentre en su estado óptimo. Esto nos aleja de aquellas decisiones que buscan cumplir el Principio de Pareto en desigualdad económica. En cierto modo, es cuestionable considerar que 'mantener el statu quo' constituya una transformación social de algún tipo o que tan siquiera sea un curso de acción posible [dada la subjetividad y multiplicidad de factores que determina la utilidad individual].

²¹⁸ Esta afirmación de Arrow se relaciona con las condiciones 03 y 04, pero Arrow no indica que todas las decisiones deban ser votadas o que sus condiciones solo apliquen a decisiones votadas. Para una aplicación de las condiciones a decisiones no votadas, ver Alvira, 2015.

²¹⁹ "Las motivaciones de los primeros teóricos de la elección social incluían evitar tanto la inestabilidad como la arbitrariedad de los esquemas de elección social" [Sen, 1998].

- Una votación puede llegar a ser una agregación de elecciones hechas en base a intereses individuales, olvidando valorar cuestiones fundamentales para el funcionamiento del conjunto. El estado óptimo de un sistema en muchas variables relevantes no depende de las preferencias individuales; i.e., no puede ser decidido mediante votación²²⁰.

IMAGEN

Imagen 02.39: Los problemas urbanos asociados a la movilidad de-
muestran que la agregación de un conjunto de elecciones individuales [desplazarse en coche] puede llevar a un estado agregado no deseado ni óptimo sino más bien al contrario [un atasco de tráfico]. “la ‘elección social’ [debe relacionar] las evaluaciones sociales y las decisiones de grupo, con las opiniones e intereses de los individuos que conforman dicha sociedad o grupo [...] La dificultad principal [es] determinar cómo es posible adoptar decisiones o elecciones coherentes en el nivel agregado [toda la sociedad], partiendo de la diversidad de preferencias en el nivel individual” [Sen, 1998]

La elección social requiere establecer criterios que permitan la elección entre diferentes posibilidades, admitiendo que las elecciones individuales hubieran podido ser diferentes de las que se adoptan desde un punto de vista colectivo.

Sen [1998] indica que el **Bienestar Social incluye ciertas cuestiones que no deben ser decididas mediante sistemas de votación/a partir de las preferencias individuales** [e.g., la desigualdad social], y propone valorar la **desigualdad** en términos de Bienestar Social y ‘oportunidades’ a partir de:

- El ingreso de los habitantes.
- Las ‘respectivas capacidades que cada persona tiene para vivir de la manera que él o ella tiene razones para valorar’²²¹.

Sen [1998] propone cuatro fuentes de ‘variabilidad’ que pueden influir en como el ‘ingreso’ de una persona se transforma en oportunidades para vivir una vida digna:

- Heterogeneidades personales [por ejemplo discapacidades,..].
- Diversidades del medio ambiente.
- Variaciones en el clima social.
- Diferencias en la privación relativa asociada a los patrones habituales de consumo.

Desde la perspectiva del presente trabajo las ideas anteriores nos acercan a lo que hemos ido englobando en el término ‘*Accesibilidad Universal*’ como capacidad que tienen las personas de una sociedad de ‘acceder en grado elevado a opciones que les sean deseables’ [y por tanto complementario de la ‘Exclusión Social’].

²²⁰ Arrow [1950/1951] menciona la existencia de límites al espacio de opciones en el cual las preferencias individuales deben ser contabilizadas. Los estados posibles [del conjunto] definen el universo de estados sobre el cual las preferencias individuales son relevantes. Fuera de ese espacio, las preferencias individuales no deben ser tenidas en cuenta. Para una revisión de la cuestión se recomienda Alvira [2015].

²²¹ Sen [1998] identifica la pobreza con “la falta de oportunidades para vivir una vida mínimamente aceptable [...] que puede verse afectada por el ingreso personal pero también por las características de la persona y del medio ambiente, así como por otras variables [tales como la disponibilidad y costo de facilidades médicas o de otro tipo]”.

La pobreza [como exclusión social] no se refiere a la falta de ingreso sino a la ‘privación de capacidades y oportunidades’ [opciones deseables] de ciertos integrantes de la ciudad.

Y se relaciona con la ‘Calidad/Habitabilidad urbana’ que ‘maximiza la creación de oportunidades [accesibles] para que cada persona pueda vivir de la manera que valora’. *En un contexto de alta oferta urbana [e.g., elevado nivel de servicios públicos], la pobreza producida por la ‘desigualdad en el ingreso’ puede verse mitigada si dichos servicios son accesibles a todos los ciudadanos.*

Un tercer enfoque para las decisiones colectivas, nos lo proporciona Stiglitz [2000: 124], desde los **criterios utilizados por los Estados para decidir si acometen un proyecto** [i.e., un curso de acción]²²², que siguen los siguientes pasos:

- En primer lugar, intentan identificar y medir los beneficios netos [beneficios menos los costes] que reciben los diferentes grupos.
- En segundo lugar averiguan si el proyecto es una mejora en el sentido de Pareto, es decir, si mejora el bienestar de todo el mundo.

Sin embargo, hemos dicho que es casi imposible que el Principio de Pareto se cumpla en ninguna transformación de una sociedad; casi siempre existen personas más beneficiadas que otras.

Para resolverlo, Stiglitz propone que los Estados deben considerar los efectos sobre dos parámetros. La **eficiencia** [que mide sumando las pérdidas o ganancias de cada persona], y la **equidad** [medida global de la desigualdad existente en la sociedad]²²³. A partir de dichos parámetros el Estado deberá tomar una decisión:

- Si el proyecto produce ganancias positivas netas [incrementa la eficiencia] y reduce la desigualdad, debe realizarse
- Si el proyecto produce pérdidas positivas netas [reduce la eficiencia] y aumenta la desigualdad, no debe realizarse
- Si la medida de la eficiencia muestra ganancias, pero la de la igualdad muestra pérdidas [o viceversa] existe una disyuntiva, que se evalúa utilizando una ‘función del bienestar’²²⁴ ¿Cuánta desigualdad adicional está dispuesta a soportar la sociedad para aumentar la eficiencia?

Podemos resumir el proceso de determinación del interés general o no de un proyecto de la siguiente manera [Stiglitz, 2000: 136]:

- Identificar las mejoras en el sentido de Pareto

²²² Interpretamos el término ‘proyecto’ en sentido amplio, incluyendo proyectos urbanos, transformaciones dirigidas o legislaciones [que ‘dirijan’ las transformaciones indirectamente].

²²³ “la Equidad distributiva puede ser uno de los componentes de la función del bienestar social que influya en la elección de la intervención pública” [Florio, 2003: 135]. El autor propone el análisis de la distribución de los ingresos que comporta cada determinado proyecto [e.g., el Índice de Gini], valorando si el proyecto aporta ganancias o pérdidas en términos de igualdad.

²²⁴ “La ‘función social del bienestar’ constituye un marco dentro del cual pueden analizarse las consecuencias distributivas de una política. Expresa el aumento de la utilidad de una persona necesario para compensar la disminución de la utilidad de otra” [Stiglitz, 2000: 138].

- Si unas personas se encuentran en mejor situación y otras en peor situación, identificar los grupos de personas que se encuentran en cada situación y las ganancias o las pérdidas de cada uno de los grupos
 - Averiguar si los beneficios netos agregados son positivos [principio de la compensación]²²⁵
 - Observar la variación de la medida de la eficiencia y de la medida de la desigualdad y evaluar las disyuntivas.
 - Calcular los beneficios netos ponderando las ganancias y las pérdidas de los pobres más que de los de los ricos, de acuerdo con una ‘función social del bienestar’²²⁶.

La medida del Beneficio agregado y la Equidad adquieren especial relevancia, y veremos de qué forma se valoran en el modelo operativo.

2.3.2.1.1 EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD COMO FUNCIÓN DE SOCIAL DEL BIENESTAR

Los tres enfoques anteriores proporcionan una base extensa de condiciones que debe cumplir cualquier ‘función social del bienestar’, i.e., aceptable para la toma de decisiones públicas.

Es necesario tener en cuenta que cualquier acción emprendida por un trabajador adscrito [directa o indirectamente] a un organismo público implica una decisión ‘social’. La toma de decisiones ‘sociales’ es continua. Y dichas decisiones no pueden ser perfectas [algo que sabemos que no es posible]²²⁷ pero deben ser las mejores posibles.

Por ello, el grado de sostenibilidad que proporcione el modelo solo será un parámetro aceptable para dichas decisiones si constituye la mejor ‘función social del bienestar’ posible en los procesos mencionados, lo que vamos a justificar desde varias perspectivas complementarias.

La primera es que **el modelo que estamos proponiendo, proporciona un valor agregado ‘S’ que es en esencia una valoración de un ‘estado de un área urbana’** en términos de la utilidad que dicho estado proporciona a sus habitantes en el nivel agregado; concuerda en esencia con la definición de ‘función social del bienestar’.

La segunda es que **transformar un conjunto de preferencias [decisiones] individuales en una única decisión en el nivel agregado, equivale conceptualmente a considerar que el nivel agregado [sociedad, ciudad,...] constituye un agente con capacidad de decisión propia.**

Nos acerca a las conceptualizaciones de ciudades y sociedades como SSE, y nos permite apoyar la validez del Grado de Sostenibilidad como parámetro de Decisión colectiva porque *quien ‘decide’ es el*

²²⁵ Mide si la disposición agregada a pagar es mayor que el coste [y permite contabilizar en la disposición agregada a pagar cuestiones que se salen de las habituales del mercado, como por ejemplo, el acceso a un parque nacional u otros].

²²⁶ “La mayoría de los economistas sostiene que la duplicación de la renta reduce la utilidad marginal de la renta entre 2 y 4 veces, por lo que una variación de la renta de una persona de clase media que tenga un ingreso de 30.000 euros debería ponderarse entre la mitad y un cuarto del peso atribuido a la misma variación de la renta experimentada por una persona pobre cuya renta sea de 15.000 euros” [Stiglitz, 2000: 137].

²²⁷ Una decisión solo podría ser perfecta sobre la base de un conocimiento perfecto, cuya imposibilidad ha sido demostrada por diferentes autores a lo largo del SXX [Heisenberg, Gödel, Turing, Prigogine,...] y es aceptada mayoritariamente en la actualidad. Pero además dicho conocimiento perfecto debería abarcar tanto el presente y el pasado, como el futuro.

SSE, y el único comportamiento “racional” del SSE como entidad es maximizar su utilidad ‘individual’.
Y si revisamos dos de las definiciones propuestas [Alvira, 2014a]:

- Decisor racional como “aquel que toma las decisiones buscando aproximarse lo más posible a su estado óptimo”.
- La definición de Grado de Sostenibilidad como el “grado en que el estado de un sistema es óptimo”.

Vemos que solo pueden considerarse racionales las decisiones que un sistema toma buscando maximizar su grado de sostenibilidad.

La tercera se refiere a su revisión en relación a las **condiciones para seleccionar funciones de elección social** [Arrow, 1950/1951], y vemos que la medida del grado de sostenibilidad las puede cumplir en un grado ‘muy elevado’:

- Cumple los axiomas de la elección racional [proporciona una relación completa y transitiva].
- Cumple las condiciones 01-03 y 05²²⁸.
- Maximiza la probabilidad de cumplir la condición 04²²⁹.

Y en relación a la condición 04 es importante aclarar que muchas de las cuestiones valoradas por el modelo se refieren a variables que podrían imposibilitar el sistema; i.e., que *limitan sus estados posibles y por tanto, del espacio en el cual las preferencias individuales son relevantes* [Alvira, 2015]. **En dichas cuestiones las preferencias individuales no son relevantes, porque lo que se está valorando es en qué grado cada estado a priori ‘elegible’ es en realidad ‘posible’.**

Sin embargo, podemos hacer una interpretación ‘adaptada’ de esta cuestión. Otorgamos valor a las decisiones democráticas porque garantizan que las preferencias individuales son respetadas al máximo; i.e., nos permiten suponer que la ‘elección global’ es la más preferida [dentro de las posibles] por [un mayor número de] los individuos que integran la sociedad.

Y desde esta perspectiva, impedir una decisión que busca alcanzar un estado no posible no constituye una imposición antidemocrática sino un simple criterio de racionalidad...

- ... en el nivel colectivo, la propia definición de ‘óptimo’ como ‘mejor posible’ alude al hecho de que un estado no posible no puede ser el óptimo.
- ... en el nivel individual, si un individuo muestra su máxima preferencia por un estado que no es posible alcanzar [o sostener una vez alcanzado] dicho individuo no puede ser considerado ‘racional’.

Por tanto, las cuestiones que no dependen de las preferencias individuales del contexto en el cual se toma la decisión [emisiones de GEI máximas, etc...] deben considerarse normas que ‘limitan el

²²⁸ El cumplimiento de las condiciones 01-03 se deduce formalmente de las características del modelo, mientras que el cumplimiento de la condición 05, se deduce del proceso de utilización del modelo. La decisión de utilizarlo [o no] deberá ser decidida por otros agentes diferentes a su autor, satisfaciéndose la condición $xR_i y \Rightarrow xR_j y$.

²²⁹ Esto se deduce también del proceso de formulación. Muchas de las propuestas se basan en información recogida mediante análisis estadísticos que han revisado las necesidades y preferencias mayoritarias en numerosas áreas urbanas; i.e., que maximizan la probabilidad de que la población encuentre ‘deseables’ las propuestas y por tanto no sean ‘impuestas’.

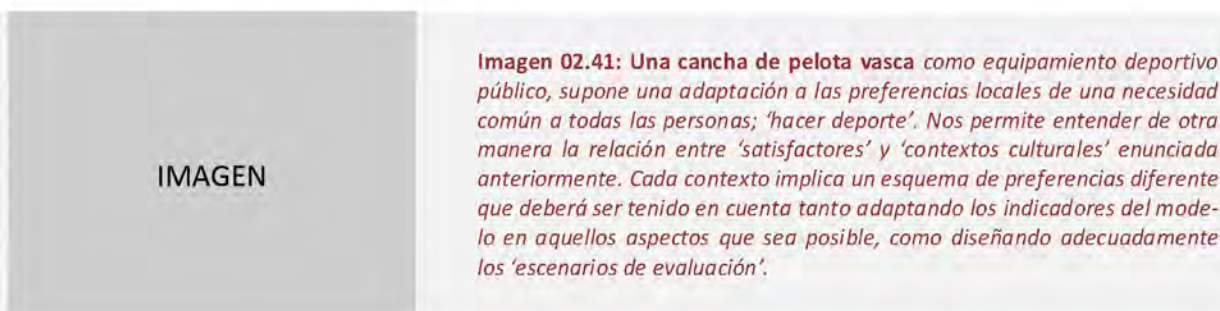
espacio de lo posible' [no modificable en función de preferencias individuales]; limitación que se deduce de la necesidad de 'racionalidad' de las decisiones individuales/colectivas.

TABLA 02.44_ CUESTIONES DEL MODELO EN RELACIÓN A LAS PREFERENCIAS INDIVIDUALES

Objetivas [Necesarias]	No deben ser modificadas en función de las preferencias individuales [o mediante votación]	Por ejemplo, establecer los límites de emisiones GEI en función de las preferencias individuales podría llevar al error de establecer como objetivo un estado no posible del planeta.
Subjetivas [Contingentes] no sujetas a acuerdos	Responde a cuestiones en gran medida universales, que pueden y deben matizarse en relación a las preferencias locales, que podrán ser conocidas mediante procedimientos estadísticos, mecanismos de participación ciudadana, etc.	¿Tendría sentido decidir el ratio óptimo de dotación de equipamiento deportivo mediante votación entre los habitantes de una ciudad? Sin embargo, ciertas modificaciones de los parámetros habituales [e.g., incrementar los ratios en una sociedad que 'sea más deportista que la media de sociedades'] y la elección concreta de la superficie, accesibilidad y tipo de equipamientos deportivos sí debe relacionarse con las preferencias locales.
Subjetivas [Contingentes] sujetas a acuerdos	Responde a cuestiones que solo deben ser modificadas si dicha modificación responde a una mayoría de los individuos en el contexto en que se toma el acuerdo.	Por ejemplo., una modificación de la Declaración de Derechos Fundamentales solo debería hacerse si coincide con la mayoría de las preferencias individuales considerando todos los habitantes del planeta.

FUENTE: Elaboración propia

Y dentro el espacio anterior, el modelo deberá buscar las soluciones de máxima preferencia racional por los miembros de cada sociedad/ciudad.



Si el modelo permite seleccionar/diseñar esas opciones, entonces será un modelo que respeta el máximo posible las preferencias locales, y por tanto, implícitamente 'democrático'²³⁰. Para lograrlo, será necesario introducir dos adaptaciones tanto en el modelo como en la metodología:

- El modelo deberá adaptar a los diferentes contextos aquellos indicadores que se refieren a las preferencias locales [en su mayoría englobados en la dimensión 'Q'].
 - Incorporar el conocimiento científico mayoritariamente aceptado [que limita el espacio de 'lo posible'].
 - Maximizar dentro del 'espacio anterior' las posiciones preferentes en función de las características locales, que nos indican 'lo preferido' dentro de lo posible.
- La metodología deberá establecer condiciones para que las opciones evaluadas maximicen la incorporación de las preferencias locales.

²³⁰ En términos sencillos, podemos definir 'actuar democráticamente' como 'elegir [dentro de lo posible] aquello preferido por los miembros de un colectivo'. El carácter democrático de una decisión alude por tanto a los fines [resultado final] y no a los medios [procedimientos]. La votación es solo una de las herramientas existentes para conocer las preferencias individuales.

La condición 04 nos habla de que las decisiones no deben ser impuestas, y si el modelo se organiza siguiendo el proceso anterior tendrá elevada probabilidad de llevar a las elecciones individualmente más preferidas dentro del espacio de ‘lo posible’; i.e., probabilidad reducida de resultar impuestas²³¹.

Al principio del texto indicamos que considerar la ‘governancia’ una dimensión independiente podría ser un error conceptual en la modelización de la sostenibilidad, pero eso no quiere decir que no sea relevante para la sostenibilidad; las decisiones colectivas deben incorporar las preferencias individuales hasta el punto en que choquen con la máxima utilidad del conjunto.

Si un modelo incorpora las preferencias individuales restringiéndolas solo en aquello incompatible con la sostenibilidad, será el modelo más democrático posible consistente con la sostenibilidad. Y si dicho modelo se aplica a un número elevado de decisiones públicas, nos permitirá afirmar que será un sistema esencialmente democrático.

Por último, podemos justificar que **S sea una función social del bienestar desde la perspectiva de desigualdad** [Sen, 1998; Stiglitz, 2000] porque su diseño busca **maximizar la accesibilidad universal para todos los miembros de la sociedad**, algo que hemos ido revisando a lo largo del texto y cuya inclusión ‘transversal’ en el modelo ya ha sido explicada.

2.3.2.2 ANÁLISIS COSTE BENEFICIO APLICADO A PROYECTOS PÚBLICOS

El **Análisis Coste Beneficio [ACB]** revisa la ‘eficiencia económica’ de cada proyecto, considerándola una condición para decidir si se emprende o no dicho proyecto. Los recursos económicos de que dispone cada agente son limitados, y el ACB establece como condición para aprobar un proyecto que su Beneficio supere a su Coste, lo que suele revisarse en términos de ‘**eficiencia económica**’:

Eficiencia
$$EFec = \frac{B}{C} > 1 \quad (17)$$

Siendo: EFec_ Eficiencia económica; B_ Beneficios y C_ Costes

En estos análisis, la condición de que un proyecto sea económicamente eficiente suele establecerse como ‘**condición restrictiva**’ [restringe el universo de opciones elegibles]. Sin embargo, el cálculo del parámetro ‘eficiencia’ presenta particularidades que conviene revisar:

La primera es que **el ACB es muy diferente para Proyectos Privados o Públicos**²³²:

- En *Proyectos Privados* los conceptos de ‘beneficio’ y ‘gasto’ aluden fundamentalmente a cuestiones ‘monetizables’.

²³¹ Complementariamente, en Alvira [2015] demostramos que es posible que cualquier decisión pública no votada [incluyendo las decisiones del modelo] cumpla la Condición 04 si se impone una condición externa: el derecho de veto de la población.

²³² Es importante indicar que el tipo de decisiones que evalúa el modelo operativo que proponemos, hace que los proyectos evaluados sean equivalentes a ‘proyectos públicos’ [sin importar que sean o no promovidos desde entidades públicas]

- En *Proyectos Públicos* es necesario considerar cuestiones sociales y medioambientales que casi nunca pueden ser expresadas correctamente en términos económicos, ni por tanto valoradas mediante la ecuación anterior.

La segunda es que la **‘Eficiencia Económica’ no permite elegir cuando hay más de una opción eficiente**. En estos casos el criterio es elegir el proyecto que proporciona mayor *Beneficio Neto*²³³.

$$\text{Beneficio Neto} \qquad B_N = B - C \qquad (18)$$

Siendo B_N Beneficio Neto; B Beneficio y C Coste

El motivo es que realizar un proyecto siempre tiene un *‘coste de oportunidad’*, equivalente al beneficio que pudieran haber proporcionado otros proyectos que dejan de ser posibles²³⁴. Y si calculamos un Beneficio Neto y Coste ‘ajustado’ descontando/agregando ese ‘coste de oportunidad’ para cada opción [Beneficio Neto máximo posible de las demás opciones], el único proyecto eficiente [cuyo Beneficio Neto ‘ajustado’ supera a los Costes ‘ajustados’] es el que aporta mayor Beneficio Neto.

Y la tercera es que revisar la eficiencia de cada una de las opciones supone tomar la decisión evaluando las estrategias, y ya hemos dicho que **una decisión racional no debe basarse en la preferencia por las estrategias sino por el estado final alcanzado**.

La sostenibilidad va a requerir evaluar la eficiencia de las diferentes opciones no considerando los beneficios/costes que dicha opción implica, sino la diferencia entre el estado global del sistema antes y después de implementar dicha estrategia, i.e., *medir la eficiencia del sistema en su totalidad, vinculándolo a su Grado de Sostenibilidad*.

Sin embargo, existen dos problemas para calcular la eficiencia global del sistema urbano [Alvira, 2014a. Anexo IV]:

- El ‘Grado de Sostenibilidad’ es un coeficiente con valor entre 0 y 1, mientras que el Coste estará expresado en unidades económicas.
- El ‘Grado de Sostenibilidad’ no se relaciona con la eficiencia en base al ‘coste de transformar el sistema’, sino a los recursos que siguen disponibles para su utilización futura.

No revisaremos el coste-beneficio de cada opción, sino la variación que cada opción produce al considerarla en conjunto con todo el sistema urbano [corresponde al concepto de ‘Grado de Eficiencia’].

Estas tres cuestiones nos van a llevar a proponer una metodología que incorpora el ACB pero lo hace adaptándolo a las particularidades del modelo que resumimos en:

- El Beneficio Neto será el ‘Grado de Sostenibilidad’ [S] producido por cada estrategia.

²³³ “Si el Estado debe elegir entre varios proyectos [...] debe elegir aquel cuyos beneficios netos [beneficios menos costes] sean máximos, no aquel cuyo cociente entre los beneficios y costes sea más alto” [Stiglitz 2000: 320].

²³⁴ Puede ser porque al destinar los recursos disponibles a una opción ya no podemos realizar las otras o porque sean ‘especialmente incompatibles, etc...’

- Garantizaremos el incremento o mantenimiento del Grado de Eficiencia Económica, si bien veremos que resulta una condición que no es necesario expresar independientemente

El ACB nos lleva a por tanto a imponer como condición restrictiva para acometer cualquier proyecto que su implementación debe mantener o incrementar el **Grado de eficiencia económica** del sistema, condición que nos permitirá valorar todas las cuestiones no monetizables que deben ser consideradas para decidir en proyectos públicos.

Aparece sin embargo una cuestión que es necesario resolver, al contabilizar beneficios no monetarios una agregación de proyectos ‘eficientes’ podría llevar a una situación económicamente insostenible. Para evitarlo, será necesario imponer una condición adicional; las transformaciones deberán mantener una elevada Capacidad de Endeudamiento del sistema o, si esto no es posible, mantenerla o incrementar respecto a la situación inicial o prevista del sistema [CE].

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad En-} \\ \text{deudamiento} \end{array} \quad CE_2 \geq 0,6 \vee \Delta CE \geq 0 \quad (19)$$

Siendo CE_ la capacidad de Endeudamiento del sistema

Por tanto, aparecen tres condiciones para aplicar el ACB en el proceso de selección de las transformaciones urbanas, que serán:

- Dos **condiciones restrictivas** [restringen el universo de opciones posibles]:

$$\text{Eficiencia} \quad \Delta EFE > 0 \quad (20)$$

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad En-} \\ \text{deudamiento} \end{array} \quad CE_2 \geq 0,6 \vee \Delta CE \geq 0 \quad (21)$$

- Y una **condición comparativa** que nos permite establecer el orden de preferencia [dentro del universo de opciones posibles] según la función ‘S’:

$$\begin{array}{l} \text{Mayor beneficio} \\ \text{total} \end{array} \quad S[I_1] \geq S[I_2] \geq \dots \geq S[I_n] \rightarrow S[I_1] \succcurlyeq S[I_2] \succcurlyeq \dots \succcurlyeq S[I_n] \quad (22)$$

Importantemente, la condición de elegir la estrategia que mayor Beneficio Neto [ΔS] proporcione implica una *condición restrictiva*; una estrategia solo será aceptable si cumple la condición:

$$\text{Beneficio Neto} \quad \Delta S > 0 \quad (23)$$

El motivo es que el estado previsto si no se interviene sobre el sistema también es un estado comparado. Dado que situarse en él no implica esfuerzo, será la opción preferida a cualquier opción que cumpla $\Delta S=0$. Y la valoración del ‘coste de oportunidad’ se realizará mediante el propio proceso de elección, puesto que la relación de preferencia lleva a elegir el proyecto que mayor Beneficio Neto

[grado de sostenibilidad] proporciona a la sociedad/ciudad²³⁵. Esto implica dos cuestiones importantes en relación al incremento de eficiencia de las transformaciones:

- ... La condición $\Delta S > 0$ implica la condición $\Delta EFE > 0$, haciendo innecesario explicitarla independientemente
- ... La condición de elegir la opción con ΔS_{max} implica elegir la opción que mayor 'Grado de Eficiencia' proporciona.

Una cuestión que se hace necesario revisar es que 'S' proporciona una relación de preferencia 'débil'; dos estados diferentes de una ciudad pueden tener el mismo 'grado de sostenibilidad', y la decisión de racionalidad exige que si el grado de sostenibilidad es el mismo, seamos 'indiferentes ante en cual de dichos estado se sitúa el sistema.

Esto podría ser un problema para la toma de decisiones, que siempre requiere poder escoger una opción frente a las demás. Sin embargo, poco a poco irán apareciendo otras condiciones que harán que sea muy improbable [prácticamente imposible] que existan dos opciones con igual preferencia. En cierto modo, transformarán la relación de preferencia 'débil' en 'fuerte'.

2.3.2.2.1 EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD COMO BENEFICIO AGREGADO

El ACB requiere contabilizar en el nivel agregado [sociedad/área urbana] el beneficio que producen las diferentes opciones. Y vamos a considerar que dicho beneficio agregado se halla contabilizado en el Grado de Sostenibilidad que cada opción implica para el sistema, equivalente a una medida de la 'utilidad total' en el sistema o utilidad colectiva.

Conceptualizar el Beneficio Neto en términos de 'utilidad' permite valorar algunas cuestiones fundamentales:

- La utilidad que nos interesa es esencialmente antropomórfica [orientada a las personas], y nos permite valorar la adecuación de los 'medios' a los 'fines', incorporando en la ecuación la valoración del beneficiario de dicha decisión; quien toma o para quien se toma la decisión
- Podemos asignar 'utilidad esperada' antes de realizar las acciones, y luego contrastarla con los efectos reales obtenidos, valorando todo el proceso en los mismos términos²³⁶.
- La utilidad posee marginalidad decreciente, criterio que permite la elección entre muchas situaciones aparentemente equivalentes.

Adicionalmente, medir el Beneficio Neto de cada transformación urbana a partir de la variación del Grado de Sostenibilidad o utilidad colectiva, nos permite valorar cuestiones no traducibles a términos

²³⁵ Al estar definida la relación de preferencia a partir del grado de Sostenibilidad como medida de Beneficio Neto agregado, si los escenarios evaluados cubren todas las opciones posibles, la valoración del coste de oportunidad está implícita en dicha relación de preferencia. Esto nos indica la necesidad de que el conjunto de opciones evaluadas sea suficientemente completo.

²³⁶ Esto permite detectar situaciones ambiguas. Por ejemplo, un bien sin uso puede crear riqueza [incrementar el PIB], pero no generar utilidad.

económicos. Si lo adaptamos a la perspectiva de las tres dimensiones de la sostenibilidad, podemos diferenciar ‘tres tipos de utilidad’:

- *Utilidad Económica*: definida por factores económicos [entre los que figura el empleo, la desigualdad en el ingreso, etc...].
- *Utilidad Social*: definida por el acceso a bienes y servicios ‘tangibles’ [equipamientos,..], pero también por otros ‘no tangibles’ [e.g., seguridad ciudadana,..].
- *Utilidad Medioambiental*: definida por los servicios de los ecosistemas, que pueden ser visibles [lluvia, mareas, corrientes de los ríos,..] o invisibles [ciclos de nutrientes, etc...].

Mientras que gran parte del beneficio que puede aportar una transformación urbana es difícilmente convertible a términos monetarios, su valoración en términos de utilidad colectiva está implícita en el parámetro ‘Grado de Sostenibilidad’. *El grado de sostenibilidad nos permite superar la imposibilidad de monetizar muchas cuestiones que debe valorar el ACB aplicado a proyectos públicos.*

Complementariamente, podemos interpretar que la ‘utilidad’ individual de cada persona [el beneficio que cada persona obtiene de un proyecto público] sea la suma de dos términos:

- La ‘utilidad’ que dicha persona obtiene de los ‘bienes públicos’ [aquellos cuyo acceso no se puede discriminar entre las personas], que frecuentemente podemos considerar ‘igualmente repartida’ entre todos los miembros de una sociedad [e.g., el aire que respiramos].
- La ‘utilidad’ que dicha persona obtiene de los ‘bienes privados’ [aquellos cuyo acceso se puede discriminar entre las personas]²³⁷, que podemos considerar ‘desigualmente repartida’ entre los miembros de la sociedad, en un grado que dependerá del grado de desigualdad económica / grado de accesibilidad universal existente.

Estas dos cuestiones deben contabilizarse adecuadamente en la modelización de la sostenibilidad, para que *la variación de sostenibilidad generada por una transformación urbana, constituya una medida de utilidad colectiva o beneficio agregado, y sea por tanto un parámetro idóneo para la toma de decisiones colectivas en dicha ciudad.*

Vincular la toma de decisiones públicas al incremento de sostenibilidad obtenido nos permite valorar [y hacer explícitas] todas las cuestiones necesarias para llevar al sistema a su estado óptimo [por tanto generadoras de utilidad colectiva], muchas de las cuales no pueden ser tenidas en cuenta desde otros enfoques.

2.3.3 TOMA DE DECISIONES MULTIVARIABLE O MULTICRITERIO

La Teoría de la Decisión, nos permite la elección entre varias opciones a partir de la ‘utilidad’ que nos proporciona cada una de ellas. Pero las decisiones que vamos a tomar con el presente modelo no se van a poder basar solo en la utilidad obtenida; requieren revisar otras variables complementarias:

- Capacidad de Endeudamiento.
- Accesibilidad a Bienes y Servicios.
- Variación de Grado de sostenibilidad.

²³⁷ Es necesario indicar que un ‘equipamiento público’ no es un ‘bien público’ si puede restringirse su acceso [e.g., cobrando].

Esto nos acerca a la toma de decisiones multivariable [o multicriterio], que busca establecer reglas que permitan elegir ‘la mejor opción posible’ cuando hacerlo requiere evaluar más de un parámetro. Y la conceptualización de un proceso de toma de decisiones como “la elección de lo ‘mejor’ entre lo ‘posible’” [Vitoriano, 2007] requiere precisar el significado de ambos términos:

- Para definir ‘**que es lo posible**’, hemos propuesto una serie de condiciones restrictivas, que excluyen ciertas transformaciones con ciertas cualidades:
 - Exceden los recursos disponibles para dicha transformación [Esfuerzo Económico excesivo]
 - Son ineficientes; incrementan la sostenibilidad en menor grado en que reducen los recursos económicos disponibles [Incremento Grado de Eficiencia menor a cero]²³⁸
 - Su generalización llevaría el sistema a su insostenibilidad económica [Reducen la Capacidad de Endeudamiento por debajo de umbral aceptable].
 - Poseen especial impacto negativo sobre la sociedad [Valores no aceptables de Desigualdad Económica/Accesibilidad Universal].
- Y para definir ‘**qué es lo mejor**’ utilizamos el parámetro ‘S’, cuya validez hemos justificado desde diferentes perspectivas.

Podemos por tanto considerar que las condiciones que estamos proponiendo nos van a permitir elegir lo ‘mejor’ entre lo ‘posible’.

El orden resultante de ordenar las diferentes opciones según el valor decreciente de ‘S’, es una ordenación de las opciones desde ‘la más preferida’ [la que mayor utilidad o beneficio aporta] a la menos preferida [la que menor utilidad o beneficio aporta], implica por tanto una comparación de las opciones ‘posibles’ con una [o varias] situaciones de referencia:

- *Transformaciones urbanas*: evaluaremos el ‘grado de sostenibilidad’ en la situación que produce dicha transformación frente a la situación prevista EOT [o E00 si EOT no es calculable].
- *Nuevos desarrollos urbanos*: evaluaremos su grado de sostenibilidad previsto, en relación a ‘niveles mínimos de cumplimiento’ [niveles de aspiración] que deberán ser establecidos.
- *Políticas urbanas complejas / Planes Especiales*: será necesario establecer una metodología específica que permita optimizar los diseños para maximizar la sostenibilidad esperada.

Anteriormente hemos visto que ‘S’ es una función de utilidad apta para la toma de decisiones. Sin embargo, su utilización plantea un problema; “los conjuntos de nivel de la función utilidad son superficies continuas; i.e., dada una combinación de dos elecciones posibles de un decisor, siempre se podrá reducir la cantidad de una elección encontrando un incremento de la otra elección que compense exactamente la reducción” [Victoriano, 2007:29].

Un mismo valor para S o ΔS puede estar describiendo estados o modificaciones diferentes de un sistema. Puede corresponder a diferentes combinaciones de valores de las dimensiones e indicadores de sostenibilidad, y valorarlo nos enfrenta al hecho de que *muchos indicadores no son comparables*.

²³⁸ Sin embargo, ya hemos indicado que la condición $\Delta S \geq 0$ implica $\Delta EFE \geq 0$, haciendo innecesaria explicitarla como condición independiente.

Esto nos lleva a imponer alguna condición que nos permita establecer que modificaciones del estado del sistema son aceptables y cuáles no. Un criterio habitual en decisiones multicriterio es el criterio de *Eficiencia de Pareto* que consiste en elegir “la alternativa [...] para la cual no existe otra que mejore alguno de sus atributos sin empeorar al menos otro de los atributos” [Victoriano, 2007]²³⁹.

Sin embargo, aplicar este criterio a todos los indicadores de sostenibilidad puede resultar excesivamente estricto, por lo que vamos a adaptarlo ligeramente; admitiremos la compensabilidad entre indicadores o dimensiones siempre y cuando el valor en el estado final del indicador que reduce su valor sea suficientemente elevado.

Esto es justificable porque la sostenibilidad incorpora ‘marginalidad decreciente, y ello quiere decir que pequeñas reducciones del valor de los indicadores que tienen valores elevados tendrán un efecto reducido sobre la sostenibilidad global del sistema.

Por ello, adaptaremos el Criterio de Pareto, expresando para cada uno de los indicadores el espacio en el cual una reducción de su valor sería aceptable, que serán los siguientes:

- **Dimensión** [aplica a los valores globales de las dimensiones Q, M y E]

$$\text{Dimensión} \quad D_2 \geq 0,7 \vee \Delta D \geq 0 \quad (24)$$

- **Indicadores ‘especiales’** [Capacidad Económica, CE y Accesibilidad Bienes y Servicios, DI]

$$CE_2 \geq 0,6 \vee \Delta CE \geq 0 \quad (25)$$

$$DI_2 \geq 0,7 \vee \Delta DI \geq 0 \quad (26)$$

- **Todos los indicadores**

$$I_2 \geq 0,5 \vee \Delta I \geq 0 \quad (27)$$

Esta propuesta nos acerca al concepto de ‘**programación por metas**’, que alude a la existencia de un nivel de aspiración para un indicador [i.e., un valor mínimo del indicador que se considera ‘aceptable’], una *restricción meta* será una condición restrictiva en la forma²⁴⁰:

$$I_i \geq A[i] \quad (28)$$

Siendo: I_i Atributo [indicador] y A_i nivel de aspiración del atributo I_i

²³⁹ Esta eficiencia de Pareto difiere del Criterio de Pareto en términos de redistribución. Se refiere a la comparación entre ‘elecciones’, y una función de ‘utilidad’ dada, y nos acerca a la Cond. 02 de Arrow/Ax.07 modelo SEU.

²⁴⁰ En términos de Teoría de Conjuntos Difusos, equivale a establecer valores inferiores de corte [Zadeh, 1965], cuya inclusión en indicadores de sostenibilidad se explica en Alvira [2014a y 2014c]. La reinterpretación que proponemos del Criterio de Pareto, equivale a incorporar restricciones meta para cada dimensión/indicador: D [0,70], CE [0,60], DI [0,70], I [0,50].

Otra cuestión importante alude al significado de **'posible'** dentro de la frase 'lo mejor de lo que es posible', acercándonos a la revisión anterior de la viabilidad de las opciones. Poder elegir una opción requiere que esta opción pertenezca al espacio de lo posible [i.e., de lo viable], para lo cual hemos propuesto una serie de condiciones restrictivas que nos permiten restringir el conjunto de opciones posibles. Pero dentro de este 'espacio de lo posible', la viabilidad de cada opción...

- ... suele ser una cualidad difusa [la mayoría de las opciones son viables en mayor o menor grado], lo que nos permite interpretarla en términos de 'probabilidad'.
- ... no suele poderse establecer con total objetividad, sino que implica valoraciones subjetivas por parte del decisor, lo que nos permite interpretarla como 'probabilidad subjetiva', acercándonos al modelo SEU revisado anteriormente.

Sin embargo, establecer un sistema de probabilidades para cada transformación urbana evaluada en cada uno de los aspectos valorados por el modelo sería muy difícil de realizar, y la propia subjetividad de los valores asignados hace cuestionable que dicho esfuerzo proporcione mayor fiabilidad al resultado obtenido. Por ello no trataremos de modelizar un sistema de probabilidades asociado a cada una de las opciones, sino que consideraremos su viabilidad de otra forma²⁴¹:

- Impondremos la condición de que todos los escenarios evaluados deben ser viables técnicamente [factibles utilizando tecnología actualmente existente] y socialmente [se adaptan a las necesidades/preferencias locales].
- Vincularemos su viabilidad económica a dos cuestiones:
 - a su Esfuerzo Económico, necesariamente inferior a los Recursos Económicos Disponibles.
 - a la Capacidad de Endeudamiento del sistema, que debe ser mayor a 0.6 una vez implementada la transformación o preservada/incrementada por dicha transformación.
- Estableceremos una serie de criterios que permitan planificar la implantación de estrategias combinadas maximizando su viabilidad global.

Hemos revisado la idoneidad del modelo para los procesos en los cuales se plantea su uso, incluyendo la información que debe proporcionar desagregadamente, condiciones [restrictivas y comparativas] que deben cumplir las opciones evaluadas, etc...

Vamos a integrar todas las cuestiones anteriores en la metodología que nos permite utilizar el modelo para los usos previstos, garantizando que cumple las condiciones revisadas.

²⁴¹ No introducir probabilidades subjetivas equivale a considerar que todas las opciones son perfectamente viables, i.e., que la probabilidad subjetiva de todas ellas es igual a '1'. Sin embargo, no todas las opciones son perfectamente ni igual de viables, y por tanto establecemos otros modos de valorarlo.

2.3.4 METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DEL MODELO

La metodología debe detallar el proceso para utilizar el modelo de manera permita alcanzar los resultados buscados en los cuatro supuestos previstos, y se hace interesante revisar la dificultad de aplicación del modelo en cada uno de ellos:

Evaluación situación actual áreas existentes	DIFICULTAD BAJA	Únicamente requiere la evaluación del área urbana, calculando cada uno de los indicadores que integran el modelo.
Evaluación proyectos de nuevos desarrollos urbanos	DIFICULTAD MEDIA	Requiere aplicar algunas cuestiones de la Teoría de la elección pública y la Teoría de la Decisión
Evaluación de transformaciones de áreas urbanas existentes	DIFICULTAD MEDIA	Requiere también aplicar cuestiones de la Teoría de la elección pública y la Teoría de la Decisión
Formulación de políticas urbanas y planes estratégicos	DIFICULTAD ALTA	Requiere además estructura y estudiar las interrelaciones entre opciones. Presenta limitación de opciones máximas de estudio debido a cuestiones computacionales.
FUENTE: elaboración propia		

Vemos que de los cuatro supuestos de aplicación propuestos, la ‘formulación de políticas urbanas y planes estratégicos’, va a ser el más difícil, y dado que su resolución incorpora las cuestiones necesarias para resolver los otros tres supuestos, es el que revisamos a continuación.

Sin embargo, previamente, vamos a hacer una breve revisión del modelo desde la idea de Complejidad que nos va a permitir comprender ciertas cuestiones no revisadas hasta ahora.

UNA REVISIÓN DEL MODELO Y SU APLICACIÓN DESDE LA IDEA DE ‘COMPLEJIDAD’

El concepto de Complejidad está cada vez más presente en los textos científicos, pero lo hace aludiendo a veces a cuestiones muy diferentes, y no siempre siendo correctamente comprendido [ni utilizado]. Aunque la revisión con suficiente profundidad de la Complejidad excede el presente texto, podemos esbozar cuatro dimensiones de lo ‘complejo’ que se superponen en el presente análisis:

- En la interpretación de las **ciudades** como ‘**Sistemas Complejos**’...
 - ... **Sistemas Socio Ecológicos**, y por tanto objetos etimológicamente ‘complejos’.
 - ... **Sistemas Complejos** en el sentido de las llamadas ‘Ciencias de la Complejidad’, tanto en la escala ‘interior’ a las ciudades [en la que sus habitantes, empresas, etc... interactúan] como en la propia escala de la ciudad, que interactúa con otras entidades [ciudades, regiones, etc...] de su entorno [Gell-Mann, 1994; Holland, 1995].
- En la interpretación de la **Sostenibilidad como propiedad emergente o manifestación de complejidad**, i.e., propiedad que emerge de la interacción no lineal entre diferentes aspectos del sistema y cuya emergencia requiere alejamiento del equilibrio térmico.
- En la interpretación del **modelo como un ‘objeto complejo’**:
 - un modelo es una representación de la realidad a partir de variables que la describen [pero que no son la realidad] que conforman a su vez un sistema de información paralelo, y por definición, cualquier sistema es complejo.
 - un modelo es una interpretación de la realidad posible a partir de la interacción entre la realidad/objeto interpretado y conceptos previos en la mente del observador. Por tanto incorpora la interacción y recursividad inherente a la relación reali-

dad/conceptualizador [von Bertalanffy, 1968] acercándonos a las ideas del Pensamiento Complejo [Morín, 1979; 1999 y 2006]

- En la interpretación de la **decisión como 'objeto complejo'**:
 - las dimensiones que deben considerarse para tomar la decisión interactúan entre sí.
 - las opciones que deben evaluarse también pueden interactuar entre sí, combinándose en diferentes opciones con mayor contenido²⁴².
 - *la determinación de la mejor solución posible no es resoluble en tiempo polinómico* [es un problema de la Clase de Complejidad NP²⁴³]. A medida que se incrementa linealmente el número de opciones que se valoran, el tiempo [y recursos] para valorarlas se incrementa exponencialmente, haciendo necesario introducir planteamientos que permitan enfrentar su cálculo con un esfuerzo [temporal y recursos económicos y humanos] 'razonable' para el mayor número posible de opciones.

Hasta ahora hemos ido revisando las dos primeras cuestiones, que nos han ido acercando a la modelización propuesta al final del apartado anterior. Ahora vamos a enfrentarnos a la última [la complejidad de la decisión], que la metodología debe ser capaz de resolver.

El problema de cómo combinar las opciones para obtener un beneficio aumentado y el hecho de que sea un problema NP, nos obligará a proponer metodologías que simplifiquen el problema, llevándolo a un marco en que la decisión sea 'eficiente' [los recursos empleados sean 'aceptables'].

2.3.4.1 METODOLOGIA PARA LA ELABORACIÓN DE POLÍTICAS URBANAS Y PLANES ESTRATÉGICOS

La utilización del modelo para la realización de políticas urbanas y planes estratégicos, es el supuesto que entraña mayor dificultad, ya que *la metodología debe permitir decidir qué combinación entre todas las opciones produce el mejor resultado posible*²⁴⁴.

El objetivo es formular una opción combinada que cumpla la condición de que 'no sea posible formular otra mejor'; lo que requerirá la formulación de reglas que permitan identificar tanto cual es la mejor opción posible, como cuál es la siguiente opción que ya no lo es²⁴⁵, para lo cual será necesario acometer varios pasos:

- Proponer un conjunto de opciones que incluya todas las opciones relevantes.
- Descartar opciones que no cumplen requisitos de viabilidad [i.e., con baja probabilidad de éxito o que requieran excesivo esfuerzo].
- Descartar opciones que no incrementen la sostenibilidad del área urbana respecto a la situación prevista si no se interviene.
- Establecer un orden de preferencia entre las opciones.

²⁴² Una de las cuestiones importantes que dificulta la evaluación de opciones combinadas será el hecho de que ni el beneficio ni el coste conjunto de dos opciones será casi nunca la suma de los individuales de cada una de ellas.

²⁴³ Las siglas en inglés significan 'Nondeterministic Polynomial time'.

²⁴⁴ Los problemas combinatorios son en general NP; a medida que se incrementa el número de opciones que se pueden combinar, el tiempo necesario para resolverlos se incrementa exponencialmente.

²⁴⁵ "una teoría de la elección social sólo puede ser correcta si se sitúa en un lugar próximo entre la imposibilidad y la posibilidad" [Sen, 1998]. Las soluciones óptimas se encuentran en la frontera entre lo que es posible y la que deja de ser posible.

- Establecer un método de combinación entre las opciones compatibles, para obtener el máximo beneficio global posible.
- Descartar opciones que sean incompatibles con otras que produzcan mayor beneficio [aisladamente o en diversas combinaciones].

Adicionalmente, incluiremos algunos criterios para ayudar a planificar la ‘implantación’ de la combinación de opciones elegida.

Vamos a revisar lo anterior, estructurándolo de manera adecuada:

2.3.4.1.0 DISEÑO DE ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Es el paso previo a la utilización del modelo, y se refiere a la formulación de un conjunto suficiente de opciones o escenarios de evaluación, que deberán incluir el Escenario Actual [E00] y el Escenario previsto [EOT] en aquellos casos en que sea posible predecir un escenario diferente del actual.

2.3.4.1.1 EVALUACION DE OPCIONES Y DEFINICIÓN MEJOR OPCIÓN GLOBAL

Una vez diseñados los escenarios, empezaremos el proceso de definición de la mejor opción global, lo que haremos mediante la aplicación al conjunto anterior de una serie de reglas estructuradas que impondrán dos tipos de condiciones a las opciones de transformación urbana evaluadas:

- **Condiciones restrictivas** cuyo cumplimiento es necesario para que una opción se considere ‘posible’; restringen el universo de opciones posibles.
- **Condiciones comparativas** que nos sirven para comparar entre sí las ‘opciones posibles’ [aquéllas que cumplen las condiciones restrictivas] permitiendo establecer un ‘orden de preferencia entre ellas’.

VIABILIDAD ECONÓMICA

El **Esfuerzo Económico** para implantar las transformaciones evaluadas no debe superar un límite prefijado, que en todo caso será inferior a los Recursos Económicos Disponibles [RED] totales.

$$\text{PASO 1.1} \quad Ee \leq Ee_{max} \ll RED_{total} \quad (29)$$

Esta condición se completará con la siguiente condición que plantea dos supuestos alternativos: las transformaciones evaluadas deben llevar al sistema a un estado en que preserve suficientemente la **Capacidad de Endeudamiento** [CE>0,6] o mantener o incrementar dicha Capacidad.

$$\text{PASO 1.2} \quad CE_2 \geq 0,6 \vee \Delta CE \geq 0 \quad (30)$$

ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Establecemos una condición de **Accesibilidad Universal** que también plantea dos supuestos alternativos, las transformaciones evaluadas deben llevar al sistema a un estado de elevada **Accesibilidad Económica a Bienes y Servicios** [DI>0,7] o mantener o incrementar dicha Accesibilidad.

$$\text{PASO 2} \quad DI_2 \geq 0,7 \vee \Delta DI \geq 0 \quad (31)$$

MAXIMIZACIÓN DEL INCREMENTO DE SOSTENIBILIDAD

Una transformación urbana será más preferida cuanto mayor Grado de Sostenibilidad alcanzado; el valor decreciente de S establece una ‘relación de preferencia débil’ entre opciones:

PASO 3
$$\Delta S[I_1] \geq \Delta S[I_2] \geq \dots \geq \Delta S[I_n] > 0^{246} \tag{32}$$

La condición de mantener o incrementar el Grado de Eficiencia Económica no es necesario explicitarla por los motivos ya comentados previamente.

SOSTENIBILIDAD FUERTE, ESTABILIDAD Y VIABILIDAD ECONÓMICA

La relación de preferencia que establece ‘s’ es débil; admite la indiferencia entre opciones [algo que podría imposibilitar la decisión], y ello hace necesario transformarlo en una relación de preferencia fuerte, lo que hacemos apoyándonos en condiciones ya revisadas:

- limitar la compensabilidad entre dimensiones, nos lleva a valorar mejor las estrategias [o combinaciones de estrategias] que llevan a una situación global más equilibrada²⁴⁷.
- si no es posible decidir entre dos opciones con igual valor de ‘S’ y similar valor de Q, M, E, el criterio será minimizar el Esfuerzo Económico²⁴⁸.

PASO 4.1
$$S[Q] \sim S[M] \sim S[E] \tag{33}$$

PASO 4.2
$$Ee[I_1] < Ee[I_2] \rightarrow I_1 > I_2 \tag{34}$$

Quedan por tanto establecidos los cuatro pasos fundamentales para establecer una relación de ‘preferencia fuerte’ entre opciones, que posibilite la decisión en cualquier caso²⁴⁹:



Diagrama 02.02: Proceso para establecer el orden de preferencia ‘fuerte’

²⁴⁶ La condición >0 supone la referencia a la situación prevista, siendo por tanto una combinación de una condición restrictiva ΔS>0, y una condición comparativa [se elige la opción I_i que mayor incremento de sostenibilidad produce].

²⁴⁷ Aunque habitualmente la expresión ‘sostenibilidad fuerte’ alude a la no compensabilidad de las dimensiones Social y Económica con la Dimensión Medioambiental, en esta propuesta comprendemos que también debe interpretarse en el sentido simétrico. No nos interesan sistemas con elevada sostenibilidad medioambiental, pero reducida sostenibilidad económica/social [y reducida deseabilidad].

²⁴⁸ Se ha incluido el criterio de viabilidad económica como criterio preferente, ya que la viabilidad técnica se presupone similar para todas las opciones evaluadas. Sin embargo, procesos de información pública y participación ciudadana, podrían proporcionar información relacionada con las preferencias de la población local que sea conveniente considerar.

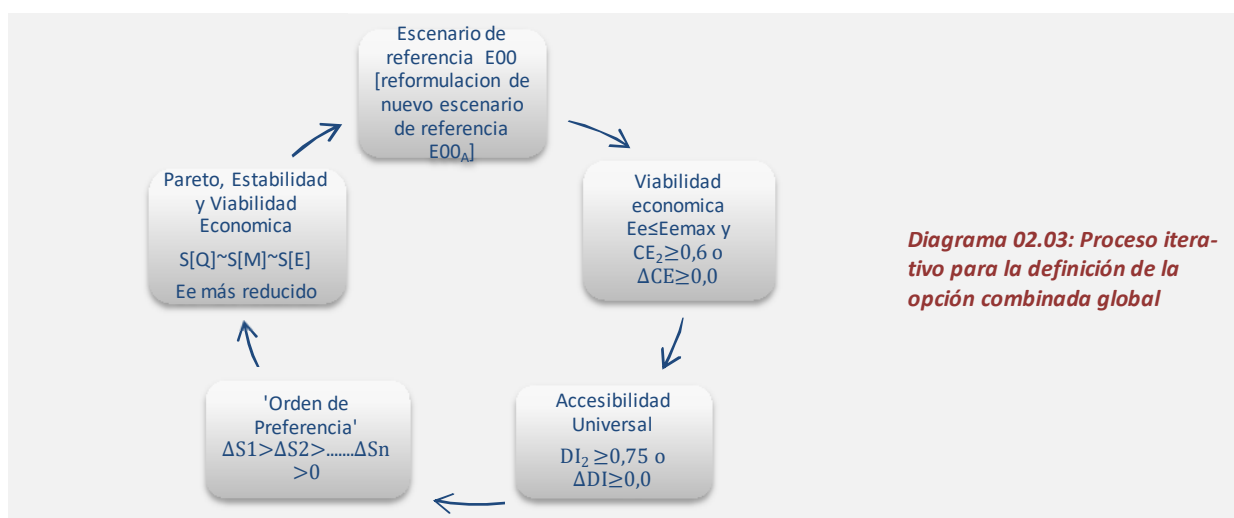
²⁴⁹ En el muy improbable caso de que tuviéramos dos alternativas incompatibles entre sí que satisficieran todas las condiciones anteriores y que sean igual de deseadas por los habitantes, entonces bastaría utilizar cualquier procedimiento aleatorio.

2.3.4.1.2 FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS ‘COMPLEJAS’

Una vez revisado el proceso para determinar la preferencia entre opciones, podemos acometer la formulación de políticas complejas.

En su forma más sencilla, el proceso comenzaría por excluir las opciones que no cumplan las condiciones restrictivas, y a partir de aquí proceder mediante iteraciones sucesivas [de manera recursiva]. Se evalúan las opciones; se decide cual es la opción preferida que se considerará ‘aceptada’, y se vuelven a comparar las opciones restantes con la ‘nueva situación actual’ $E00_A$ [que será la resultante de considerar la opción elegida implementada sobre la situación actual].

Volveríamos a aplicar la metodología estableciendo el orden de preferencia para las opciones restantes, y procederíamos a elegir la siguiente opción preferida que combinaremos con el $E00_A$ obteniendo a su vez el $E00_B$. Y así sucesivamente hasta terminar de evaluar todas las opciones.



Sin embargo, existen tres cuestiones que pueden hacer necesario modificar el proceso anterior:

- La existencia de estrategias no compatibles entre sí, en cuyo caso habrá que establecer un criterio para decidir cuál es más beneficiosa.
- Los recursos económicos necesarios para realizar la combinación de todas las opciones pueden hacer que su ejecución conjunta no sea posible.
- El procedimiento no permite detectar si alguna opción se convierte en ‘irrelevante’.

Y aquí es donde interviene algo comentado anteriormente. Teóricamente, podríamos resolver lo anterior evaluando y comparando entre sí todas las combinaciones posibles entre las opciones, pero se trata de un problema NP; a medida que incrementamos linealmente el número de opciones estudiadas, la dificultad y recursos necesarios para resolverlo se incrementa exponencialmente.

TABLA 02.46_ RELACIÓN NUMERO DE OPCIONES EVALUADAS Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN

NUMERO OPCIONES	NUMERO DE COMBINACIONES (1)	TIEMPO NECESARIO (2)		
		HORAS	DÍAS	AÑOS
3	6	6	1	0
4	24	24	3	0
5	120	120	15	0
6	720	720	90	0

7	5.040	5.040	630	3
8	40.320	40.320	5.040	21
9	362.880	362.880	45.360	187

FUENTE: elaboración propia:

- (1) Hemos considerado el supuesto que el orden de combinación de las opciones modifica el resultado, en cuyo caso el número de opciones posibles a partir de 'n' escenarios es $P[n] = n!$ [e.g., para 7 escenarios resultarían 5.040 posibles combinaciones]. Un ejemplo de opciones cuyo orden de combinación modifica el resultado es la sustitución de vehículos de gasolina de movilidad diaria por vehículos eléctricos y la transformación del reparto modal reduciendo el uso del coche. El esfuerzo económico resultante varía según el orden en que se consideren ambas opciones aplicadas sobre la situación inicial. Aunque el orden de combinación casi siempre afecta al resultado, en ocasiones no es apreciable, pudiendo considerar que el número de combinaciones sea algo inferior.
- (2) Se ha considerado que evaluar cada combinación de opciones requiera el mismo tiempo [una hora]; cada día laborable tiene 8 horas y cada año tiene 242 días laborables. Los datos de recursos de tiempo en recursos pueden traducirse fácilmente a términos de personal necesario. Por ejemplo, para 7 opciones el tiempo necesario son 5.040 horas, 630 días o 3 años. Equivale a decir que si se contasen con 5.040 personas, podría resolverse en una hora [evidentemente estamos realizando la simplificación de no valorar el tiempo necesario para encender el ordenador, comprender el trabajo a realizar o tareas de coordinación]; con 630 personas en un día o con 3 personas en 1 año.

Aparece un 'tope razonable' al número máximo de opciones incompatibles que podemos evaluar comparadamente [entre 6 y 8 según los recursos disponibles]²⁵⁰, haciendo necesario proponer un proceso alternativo, que elimine opciones irrelevantes [si aparecen], simplifique el proceso anterior y nos permita incrementar el número de opciones evaluables.

VERIFICACIÓN DE OPCIONES IRRELEVANTES Y SIMPLIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Podría suceder que una vez que se ha establecido el 'orden de preferencia' alguna opción resulte irrelevante si lo que la hacía relevante ya está incluido en alguna opción con mayor nivel de preferencia. Esta cuestión es relativamente fácil de revisar, siendo únicamente necesario detectar y eliminar dichas opciones en caso de haber alguna.

Si no existen relaciones de este tipo, se puede simplificar el proceso ya que a partir de la primera evaluación, **se pueden agregar en un único paso todas las opciones seleccionadas que cumplan la condición de 'compatibilidad total' en un subconjunto** [que llamaremos $E00_A$]. Esto nos permite reducir el número de opciones a comparar en un número igual al de opciones agregadas.

Posteriormente, solo restará verificar contra dicho subconjunto las opciones que presentan incompatibilidad [parcial o total] o no cumplen las condiciones parciales [EE, CE o DI] para establecer el conjunto final elegido. Esto nos permite reducir el esfuerzo necesario en cualquier caso y superar el límite de 8 opciones en un número indefinido de opciones [todas aquellas que sean compatibles con todas las demás] sin incrementar prácticamente los recursos necesarios [o al menos, haciéndolo linealmente].

2.3.4.1.2 PLANIFICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

En algunas ocasiones encontraremos cuestiones que aconsejan la implementación progresiva de las estrategias evaluadas, lo que puede deberse a diferentes razones:

- Puede suceder que el Esfuerzo Económico resultante de la combinación global de estrategias elegida no sea asumible de una sola vez, en cuyo caso el fraccionamiento de la implantación en varios periodos se convierte en una solución sencilla.

²⁵⁰ En realidad el tope es algo mayor si el orden de combinación no altera el resultado final.

- También pueden existir otros motivos como falta de medios [personal, técnicos...] para acometer todas las reformas al mismo tiempo, u otros²⁵¹.

En estos casos, será necesario realizar una planificación de la implantación del escenario global, priorizando las diferentes estrategias, para lo cual impondremos el criterio de maximizar la viabilidad del escenario global. Esto lo haremos en dos pasos:

- Consideraremos las *preferencias locales* del contexto urbano evaluado, que podrán superponerse al ‘orden de preferencia’ resultante de la aplicación de la metodología²⁵².
- Haremos una *evaluación cualitativa*, para detectar “aquellos proyectos con viabilidad más alta y efecto de arrastre elevado [que puedan convertirse] con relativa inmediatez en la fuerza motriz [del cambio]” [Fernández Güell, 2006:248]

Ya hemos indicado que la viabilidad podemos descomponerla en tres componentes: técnica, económica y social, a los cuales vamos a añadir un cuarto componente ‘medioambiental’:

- La *viabilidad técnica*, la presuponemos en la elección de un equipo técnico adecuado para la elaboración de los escenarios y estrategias; el conjunto de opciones a valorar no debe incluir ninguna que no sea técnicamente viable.
- La *viabilidad económica*, aumentará cuanto menor sea el esfuerzo económico necesario:

$$Ee \Downarrow \quad (35)$$

- La *viabilidad social* aproximadamente coincidirá con el ‘efecto de arrastre’ [Güell, 2006] y vendrá definida fundamentalmente por ΔQ y ΔE :

$$\Delta S \Uparrow \text{ y } \Delta Q \text{ y } \Delta E \Uparrow \quad (36)$$

- La *viabilidad medioambiental*, vendrá determinada por la condición ΔM , que ampliará la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$\Delta S \Uparrow \text{ y } \Delta Q, \Delta M \text{ y } \Delta E \geq 0 \text{ [mejor cuanto más elevados]} \quad (37)$$

Por último, añadiremos un criterio, que será *valorar más los escenarios que presentan complementariedades entre ellos*, buscando aprovechar las sinergias [que pueden constituir un factor positivo de ‘arrastre’] y repeticiones [que simplificarán la ejecución, incrementando la viabilidad].

TABLA 02.47_ PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS

²⁵¹ Por ejemplo, una habilitación de azoteas en un área urbana puede beneficiarse de un fraccionamiento que coincida con el ciclo de renovación habitual de las azoteas, de forma que el empleo y actividad económica asociados sean sostenibles en el largo plazo [ver Alvira, 2016b].

²⁵² Aunque la elaboración de ‘escenarios’ ha debido realizarse en relación a las preferencias locales [que pueden considerarse –al menos en parte- incorporadas en los mismos], puede haber escenarios preferidos a otros.

EFECTO DE ARRASTRE	ALTO	PROYECTOS MOTRICES ΔS , ΔQ , ΔM y ΔE elevados EE elevado Presenta complementariedades con otros escenarios	PROYECTOS PRIORITARIOS ΔS , ΔQ , ΔM y ΔE elevados EE reducido Presenta complementariedades con otros escenarios	
	MEDIO			
	BAJO	PROYECTOS PROBLEMÁTICOS ΔS , ΔQ , ΔM e ΔE reducidos EE elevado	PROYECTOS SECUNDARIOS ΔS , ΔQ , ΔM e ΔE reducidos EE reducido	
		BAJA	MEDIA	ALTA
VIABILIDAD DE EJECUCIÓN				

FUENTE: Adaptación de Fernández Güell, 2006: 248

La priorización de proyectos según la matriz anterior se presenta como un criterio que nos lleva a establecer los siguientes ‘niveles de preferencia’ [Fernández Güell, 2006]:

- Nivel 1_ Proyectos *prioritarios*. Tienen un gran efecto de arrastre sobre otras actuaciones y una alta viabilidad. Constituyen los proyectos clave.
- Nivel 2_ Proyectos *motrices*. Tienen un alto efecto de arrastre pero son difíciles de ejecutar
- Nivel 3_ Proyectos *secundarios*. Son de fácil ejecución, pero con un efecto de arrastre bajo. Son proyectos que sirven para complementar otras actuaciones
- Nivel 4_ Proyectos *problemáticos*. Presentan un efecto de arrastre bajo y son complicados de ejecutar. Son proyectos prescindibles.

Y podemos relacionar esta clasificación anterior y el modelo SEU revisado anteriormente; la metodología hasta ahora ha maximizado la ‘utilidad’ que podemos obtener, y el objetivo de planificar la implantación es maximizar la ‘esperanza de conseguir dicha utilidad’, que asociamos a la probabilidad de éxito de dicha transformación’.

Para ello nos ayuda el efecto de arrastre de las propuestas [que hacemos equivalente a su ‘utilidad’], mientras que la ‘viabilidad’ que asignamos a cada estrategia se refiere a nuestra creencia en su probabilidad de éxito [equivale a la ‘probabilidad subjetiva’], y podremos clasificar los proyectos como:

- En primer lugar se sitúan los *proyectos prioritarios* con una ‘utilidad esperada’ elevada.
- Luego se sitúan los *proyectos motrices y secundarios* con una ‘utilidad esperada’ media [entre los cuales se priorizan los primeros por tener mayor beneficio global, y por tanto, menor coste de oportunidad].
- Por último, los *proyectos problemáticos* son proyectos de reducida ‘utilidad esperada’.

Vemos por tanto que este criterio nos permite definir un segundo ‘orden de preferencia’ que superpondremos al anterior –basado en ΔS - permitiéndonos planificar la implementación óptima.

2.4 RECAPITULACIÓN

En un mundo cada vez más urbanizado, la sostenibilidad urbana se ha convertido en condición necesaria y prioritaria] para la sostenibilidad global. Las áreas urbanas concentran un elevado porcentaje de la población total, y todas las previsiones indican que tanto el porcentaje de población urbana como la cantidad total de habitantes en las ciudades, seguirá creciendo en los próximos años, especialmente como consecuencia del proceso de urbanización de los países en desarrollo.

La necesidad y prioridad de actuar sobre la insostenibilidad de las ciudades se justifica por:

- Concentran gran cantidad de población y condicionan por tanto su 'Calidad de Vida'.
- Crean modelos de 'utilización de los recursos' que 'exportan' a otras áreas urbanas.
- Son los centros de actividad y decisión, con capacidad de ordenar el territorio a su alrededor, lo que hacen en función de las necesidades de sus habitantes [segunda residencia, recursos...]

Sin embargo, esta urgencia de actuar sobre las ciudades choca con la ausencia de instrumentos eficaces para hacerlo, que deben diseñarse y añadirse a las herramientas habituales para la construcción y mantenimiento de la ciudad.

Aunque las ciudades han sido hasta ahora un ejemplo de capacidad de permanencia en el tiempo [i.e., de 'sostenibilidad'], ello se ha debido a su progresiva adaptación a las necesidades de cada época. En esencia, *la insostenibilidad de las ciudades actuales nos habla de su falta de adaptación a 'certainas' necesidades del momento actual*, cuestión que hemos revisado a lo largo de los capítulos anteriores [desde las perspectivas de las Tres Dimensiones de Sostenibilidad y Ecología Urbana].

A partir de esta revisión, hemos hecho una enumeración de las cuestiones relevantes para la sostenibilidad de las ciudades, indicando cuáles y cómo deben ser valoradas en el modelo.

Complementariamente, el carácter de '*elección social*' implícito en los usos propuestos para este modelo, nos ha llevado a una revisión de las cuestiones que debe cumplir un proceso de decisiones para ser aceptable como 'decisión colectiva', permitiéndonos tanto terminar de definir la información que debe proporcionar el modelo como proponer la metodología que permitirá su utilización.

Vamos por tanto a proceder a la definición detallada del modelo, que acometeremos en dos pasos en correspondencia con las cuestiones enunciadas:

- En primer lugar, revisaremos la propuesta detallada [justificación y cálculo] de cada uno de los indicadores que lo integran.
- En segundo lugar, revisaremos la metodología explicada en detalle para cada uno de los supuestos de aplicación.

Comenzamos por una breve revisión general del modelo que nos permita comprender la estructura general y características de cada dimensión.

PARTE II: MODELO DE INDICADORES Y METODOLOGÍA OPERATIVA

3 FORMULACIÓN DE UN MODELO OPERATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD URBANA

En el Capítulo anterior hemos revisado el marco sobre el cual se construye la presente propuesta llegando a proponer las características generales del modelo, que vamos a volver a revisar/compilar brevemente.

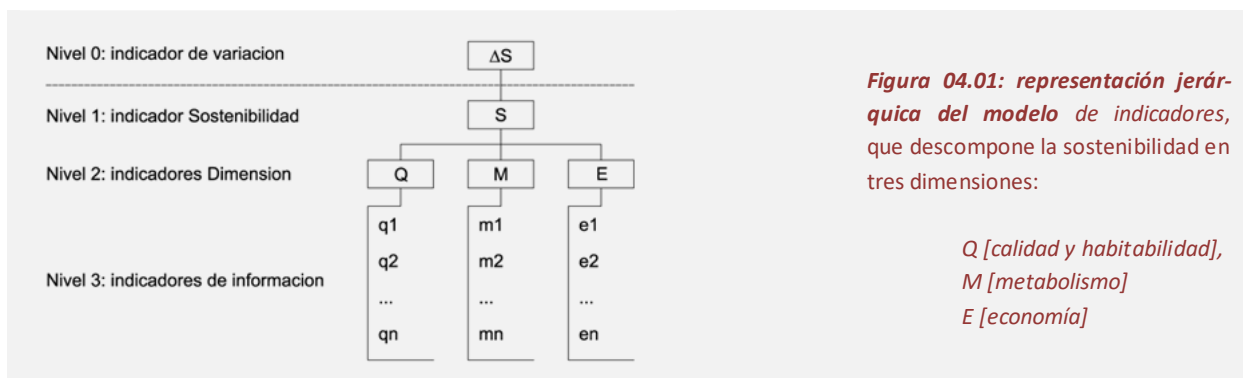
- Hemos visto **las cuestiones que determinan/posibilitan la Sostenibilidad** desde dos perspectivas: *el modelo tres dimensiones y el modelo sistema-entorno*. Esta revisión nos ha permitido establecer las cualidades relevantes para la sostenibilidad de un área urbana, que el modelo de indicadores deberá revisar y valorar.
- Hemos visto **las cuestiones relevantes en los procesos de toma de decisiones** públicas en los SSE, tanto desde la Teoría de la Decisión como desde la Teoría de los Juegos. Esta revisión nos ha permitido establecer cuál es la información relevante para la toma de decisiones [que el modelo de indicadores deberá permitir revisar desagregadamente], y plantear la Metodología de aplicación.

En paralelo a ambas revisiones hemos ido perfilando el contenido, estructura y metodología de utilización del modelo, que deberemos completar desarrollando cada indicador [incluyendo su formulación detallada y criterios de diseño] y detallando cada paso de la metodología.

Previamente, vamos a hacer una breve revisión general de la estructura general del modelo, dimensiones, indicadores contenidos en cada dimensión y características de cada dimensión.

3.1 DESCOMPOSICIÓN LÓGICA DE LA SOSTENIBILIDAD

El modelo parte de la descomposición lógica de la sostenibilidad urbana en tres dimensiones, que podemos representar jerárquicamente:



Vamos a revisar los indicadores que componen cada una de estas tres dimensiones, que serán los escalones inferiores de incorporación y de evaluación de la información.

3.1.1 DIMENSIÓN 'Q' CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA

Los indicadores incluidos dentro de esta dimensión deben informar de todas aquellas cualidades relevantes para la Calidad y Habitabilidad del Área. Su elección está muy relacionada tanto con las

características del contexto [geográficas, sociales y culturales] como con el ‘modelo de ciudad’ y la forma urbana²⁵³, siendo los siguientes:

TABLA 04.01_ INDICADORES DE CALIDAD Y HABITABILIDAD				
NIVEL 0	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
		Q1_ Compacidad	Densidad de Población / Viviendas	
			Compacidad Corregida	
		Q2_ Equipamientos	Dotación	
			Accesibilidad	
		Q3_ Zonas Verdes	Dotación y Funcionalidad	
			Accesibilidad	
			Índice de Biotopo	
			Densidad de Arbolado	
		Q4_ Infraestructura Verde y Biodiversidad	Redes de biodiversidad	Corredores Verdes Urbanos
				Conectividad Interior
				Permeabilidad exterior
		Q5_ Mezcla de Usos	Equilibrio entre actividad y Residencia	
			Proximidad a comercio cotidiano	
		Q6_ Diversidad Habitacional	Diversidad de Tipologías / Superficies Residenciales	
			Dotación de Vivienda Protegida	
				Óxidos de Nitrógeno [No ₂ ,x]
				Partículas en suspensión [PM10]
		Q7_ Bioclima y Salud	Calidad del Aire	Partículas en suspensión [PM2,5]
				Dióxido de Azufre [SO ₂]
				Ozono Troposférico
			Confort Acústico	
			Confort Térmico	
			Actividad Física	
			Peatonal	
		Q8_ Accesibilidad	Ciclista	Vías Ciclistas
				Aparcamientos de Bicicletas
			Transporte Publico	
			Tiempo de Desplazamiento	
			Funcionalidad del viario	
				Permeabilidad Edificación
		Q9_ Estructura Urbana	Conectividad de la Red	Permeabilidad Red Viaria
				Permeabilidad Exterior
				Red de Centros
			Configuración Urbana	Sistema de Movimiento
				Red Zonas Verdes
				Red Simbólica
		Q10_ Paisaje e Identidad	Proporción de calle	
			Calidad de la Escena Urbana	
			Percepción del Verde Urbano	

ΔQ. Variación Calidad y Habitabilidad Q. Calidad y Habitabilidad

FUENTE: Elaboración propia.

(0) El diseño de los indicadores se ha realizado de manera que no existan indicadores capaces de producir el valor 0 del indicador superior aisladamente. Las fórmulas de cálculo/agregación se incluyen en el siguiente capítulo.

... y su representación jerárquica:

²⁵³ Hemos priorizado el modelo de ‘ciudad compacta’ [por ser el que mayores niveles de eficiencia y sostenibilidad puede proporcionar], sin embargo la relación existente entre forma [modelo de ciudad] e identidad urbana hace que los indicadores deban poder adaptarse/valorar diferentes contextos.

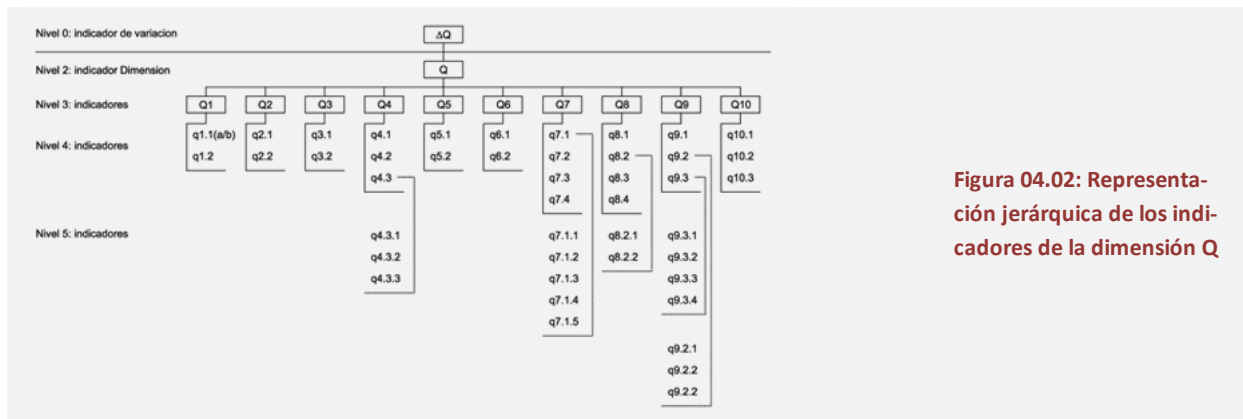


Figura 04.02: Representación jerárquica de los indicadores de la dimensión Q

Es importante destacar tres **características específicas de estos indicadores que los diferencian considerablemente de los de las dimensiones M y E:**

La primera es en relación a los **objetivos de sostenibilidad, que a diferencia de las Dimensiones m y E pueden requerir adaptarse a diferentes contextos temporales, físicos o culturales**²⁵⁴. Por ello, se consideran necesarias dos cuestiones:

- Los objetivos deben explicitarse con claridad en todos los indicadores, permitiendo su adaptación sencilla cuando sea necesario.
- Los indicadores que se relacionan con la forma urbana, deben fomentar la ‘diferenciación’ entre áreas urbanas, incluyendo objetivos diferentes según morfología del Área, localización en la ciudad, etc....

La segunda se refiere **al significado del valor ‘0’ en los indicadores**, que se justifica por la existencia de una necesidad humana no cubierta, en forma de ‘ausencia de’ [puede ser ausencia de zonas verdes, equipamientos, etc...]. *Implica una carencia pero no ‘insostenibilidad absoluta’.*

Y la tercera es que **muchos de estos indicadores miden variables que suelen presentar correlación con aspectos importantes de las dimensiones M y E:**

- ... *frecuentemente implican una reducción de los consumos metabólicos*, por lo que una buena valoración en Q tendrá un efecto positivo en la dimensión ‘M’ [siempre y cuando los patrones de consumo de bienes sean moderados].
- ... *suelen implicar un incremento del capital fijo de las sociedades*, y por tanto, de su ‘riqueza’ en los términos revisados desde la óptica del crecimiento y práctica económica habitual.

3.1.2 DIMENSIÓN ‘M’ METABOLISMO

La selección de estos indicadores, tiene una menor componente subjetiva/local, por cuanto las principales entradas y salidas en los sistemas urbanos son comunes a todos ellos. Su elección por tanto

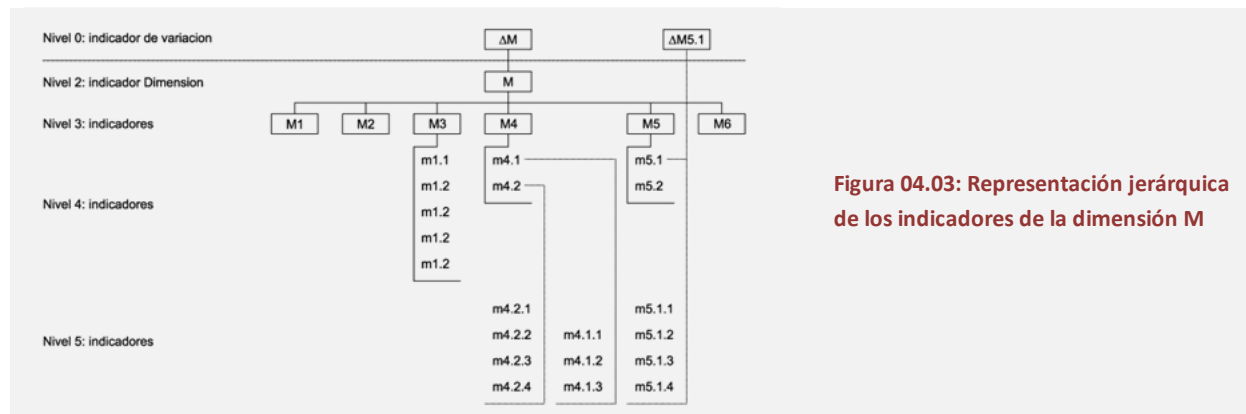
²⁵⁴ El motivo es triple; la continua modificación de las ‘Necesidades humanas’; el carácter ‘creciente’ del ‘desarrollo’ [ambas cuestiones están relacionadas], y la necesidad de adaptación a las características del contexto, que condicionan el ‘modelo de ciudad’ óptimo. Se excluye Bioclima y Salud, para los cuáles se recogen objetivos establecidos por la OMS a nivel mundial.

no depende de características contextuales, aunque los objetivos de sostenibilidad insostenibilidad pueden estar relacionados con éstas. Los indicadores son los siguientes:

TABLA 04.02_ INDICADORES DE METABOLISMO				
NIVEL 0	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
ΔM. Variación metabolismo ΔENR. Variación Consumo ENR	M. Metabolismo	M1. Uso Recursos hídricos [Huella Azul]		
		M2. Contaminación Hídrica [Huella Gris]		
		M3. Utilización del territorio [Huella Ecológica]	Agrícola	
			Ganadera	
			Forestal	
			Plataforma Continental	
			Territorio Urbanizable	
			Recursos Bióticos	Materia Orgánica
				Papel
				Madera y Textiles
				Vidrio
			Recursos Abióticos	Metal
		Plásticos		
		Construcción y Demoliciones		
	M5. Consumo de Energía	Consumo Energía No Renovable		
	M6. Huella GEI	Consumo Energía Renovable		

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:
 (0) El diseño de los indicadores se ha realizado de manera que no existan indicadores capaces de producir el valor 0 del indicador superior aisladamente. Las fórmulas de cálculo/agregación se incluyen en el siguiente capítulo.

... y su representación jerárquica:



En estos indicadores, los límites u objetivos de sostenibilidad se diferencian de los indicadores de 'Q', en dos aspectos fundamentales:

- No se relacionan con cuestiones culturales, sino con los límites de biocapacidad accesible por habitante. Por tanto, sus modificaciones principales tendrán dos causas habituales:
 - Variaciones en la biocapacidad accesible.
 - Variaciones en el número de habitantes.

Si no se modifica la biocapacidad accesible ni el número de habitantes, los objetivos de sostenibilidad no deben modificarse.

- Se establecen como valores por habitante, y por tanto son [o deben ser] *independientes de la morfología urbana y de la localización dentro de la ciudad.*

- Por otra parte, la *'biocapacidad accesible'* tendrá ciertos componentes que son esencialmente constantes [e.g., la radiación solar recibida por el planeta], y otros que varían entre diferentes periodos, que pueden estar relacionados con...
 - ... *fenómenos naturales* [e.g., las precipitaciones, que varían de un año a otro]
 - ... *la acción del hombre*:
 - puesta en carga de territorios no productivos.
 - mejora tecnológica [incrementos de productividad²⁵⁵].
 - pérdida de capital natural/biocapacidad.

Los criterios que hemos considerado para establecer los límites de cada uno de los tipos de consumos de biocapacidad, se incluyen con la descripción de los indicadores.

Hay que indicar que el valor 0 para un indicador de Metabolismo puede tener significados diferentes:

- En un *modelo de variables directas*, solamente podría producirse en el caso de inexistencia o agotamiento total de una determinada biocapacidad y dado que los seis indicadores se consideran imprescindibles para la sostenibilidad medioambiental, implicaría la insostenibilidad total del sistema en el momento en que se alcanzara dicho valor.
- En un *modelo de variables operativas [i.e., el presente modelo]*, el valor 0 significa que se han rebasado los límites de utilización de biocapacidad hasta un punto que podría producir el colapso del medio ambiente *si todos [o casi todos] los demás sistemas urbanos que dependen de la misma biocapacidad también tienen valor 0 [o casi 0]*.

Dado el planteamiento ya explicado para el presente modelo se enmarca en el segundo tipo de los dos anteriores, el valor 0 no necesariamente implica la insostenibilidad total del sistema puesto que depende del estado/comportamiento de los demás sistemas urbanos, algo fundamental para elegir las formulaciones de agregación [ver Alvira, 2014a].

Por otra parte, si un sistema consume recursos por encima de su tasa de renovación, irá produciendo una reducción de biocapacidad que puede ir progresivamente reduciendo los umbrales de insostenibilidad, de manera que su insostenibilidad se incremente año tras año pese a no haber modificado sus hábitos. Esto apunta a la importancia de llevar un sistema de cuentas ambientales actualizado, que permita saber cuál es el capital natural disponible en cada momento. Un caso especial es el Consumo de Energía no Renovable, cuya no renovabilidad [en los plazos que nos interesan], hace necesario imponer la condición restrictiva de no incrementar el Consumo de ENR, una vez que se han sobrepasado ciertos límites.

Es importante indicar que *falta conocimiento científico o empírico suficiente para establecer algunos umbrales de consumo*, especialmente en dos aspectos:

- Umbral máximo de explotación humana del territorio.
- Relación entre consumos e impactos medioambientales²⁵⁶.

²⁵⁵ Esta cuestión sí está relacionada con las aspiraciones humanas, puesto que en la mayoría de ocasiones se busca incrementar biocapacidad para poder incrementar los consumos. Por otra parte, hasta ahora la historia ha demostrado que los aumentos de 'Eficiencia' debidos al avance tecnológico no han producido reducciones sino incrementos de consumo [paradoja de Jevons]. En gran parte el 'motor' del avance tecnológico ha sido generalmente posibilitar mayores consumos.

Es importante indicar que muchos de los indicadores que incluimos a continuación son muy diferentes a los indicadores que se utilizan en la actualidad, y por tanto, deben considerarse una primera propuesta de aproximación a otro enfoque para monitorizar la sostenibilidad medioambiental, que necesariamente deberá ser mejorada en el futuro.

3.1.3 DIMENSIÓN E: INDICADORES DE ECONOMÍA

Al igual que en la dimensión M, la selección de estos indicadores se basa en principios válidos en la mayoría de sistemas urbanos. Su elección por tanto no depende de las características del contexto, aunque los objetivos de sostenibilidad e insostenibilidad sí están relacionados con éstas.

A diferencia de las dimensiones Q y M, *los indicadores de la Dimensión E* presentan la característica especial de ser en gran medida indicadores en base a los cuales se decide si se realiza o no un proyecto; i.e., *son en gran medida ‘indicadores de decisión’*, lo que se justifica por dos razones:

- El carácter limitante de los recursos económicos en los sistemas urbanos; una opción no viable económicamente no es una ‘opción posible’.
- La fuerte influencia sobre el bienestar de las personas, y la función social del Estado que la búsqueda de Equidad deba estar siempre presente en las decisiones públicas.

Estas dos cuestiones obligan a ciertas particularidades:

- A añadir un indicador que no se enmarca en la representación jerárquica que nos permite evaluar viabilidad económica de las transformaciones: el Esfuerzo Económico.
- A imponer la condición restrictiva de mantener o incrementar la Accesibilidad a Bienes y Servicios [solo se admiten pequeñas reducciones en caso de niveles muy elevados]
- A imponer la condición restrictiva de no incrementar la Carga Económica [endeudamiento] del sistema, una vez que se han sobrepasado ciertos límites.

Como consecuencia la estructura de los indicadores de Economía presenta un indicador que no se agrega a los demás y tres indicadores de decisión, siendo los siguientes:

NIVEL 0	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
ΔE. Variación dimensión E		E1. Empleo / Variedad Urbana	Tasa de Desempleo	
			Diferenciación Empleo	
ΔDI. Variación Distribución Ingreso	Dimensión E	E2. Diferenciación Económica		
		E3. Distribución del Ingreso		
ΔCE. Variación Carga Económica		E4. Carga Económica	Carga Económica del Sector Público	Deuda respecto al PIB
			Carga Económica de los Habitantes	Deuda respecto a Ingresos
-	Esfuerzo Económico			Deuda Vivienda
				Deuda Total

FUENTE: Elaboración propia

(0) El diseño de los indicadores se ha realizado de manera que no existan indicadores capaces de producir el valor 0 del indicador superior aisladamente. Las fórmulas de cálculo/agregación se incluyen en el siguiente capítulo.

... y su representación jerárquica:

²⁵⁶ Por ejemplo el consumo de materiales no renovables, que depende en gran manera del método de explotación. Para una revisión detallada de la cuestión se recomienda ver Ecologic Institute & Seri [2010].

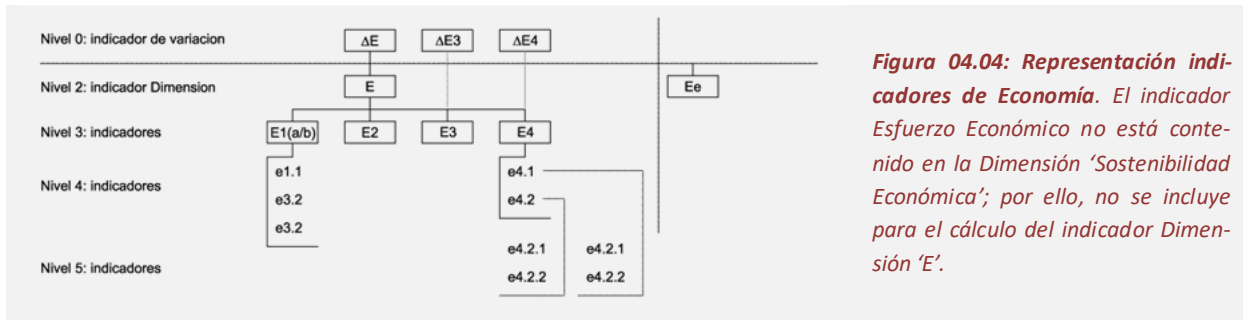


Figura 04.04: Representación indicadores de Economía. El indicador Esfuerzo Económico no está contenido en la Dimensión ‘Sostenibilidad Económica’; por ello, no se incluye para el cálculo del indicador Dimensión ‘E’.

Los indicadores de la dimensión E presentan algunas características diferenciadoras de los indicadores de las dimensiones Q y M, que son las siguientes:

- **Existe una universalidad de los objetivos;** lograr el ‘máximo bienestar económico’ y ‘máxima eficiencia económica’ se consideran objetivos comunes a todos los sistemas urbanos, y por tanto independientes del contexto²⁵⁷.
- **Existen procesos de histéresis que hacen que los objetivos de sostenibilidad tengan cierta variabilidad en el tiempo,** ya que el significado de determinados parámetros depende de los valores recientes en dicho contexto [e.g., el impacto de las tasas de desempleo].

3.2 ESTRUCTURACIÓN EN NIVELES: LA REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA

La representación jerárquica [descomposición lógica] es el primer paso para la formulación de cualquier modelo, por dos razones:

- Desde la *perspectiva lógica*, la Sostenibilidad es un concepto difuso cuya medida no podemos realizar directamente, y la descomposición lógica constituye un método para medirlo fundado sobre un campo esencial del conocimiento: la lógica.
- Desde la *perspectiva de modelos de indicadores*, su estructuración jerárquica supone evaluar la importancia de cada indicador para describir el estado del conjunto, implicando una diferente asignación [cuantificable] de relevancia a cada indicador.

Además la representación jerárquica debe incorporar/establecer tres cuestiones fundamentales:

- Indicar qué indicadores pueden producir el valor 0 para el indicador de nivel superior aisladamente y cuales solo pueden producirlo actuando agrupadamente con otros indicadores²⁵⁸.
- Establecer el orden y fórmulas de agregación, agrupando los indicadores con mayor correlación, para evitar ‘doble contabilización’ de los mismos aspectos.

²⁵⁷ Los indicadores de Economía, no varían sus objetivos en función de la localización en el contexto urbano [central, periférica, etc...]; morfología urbana [tejido central, mixto o residencial] o localización geográfica [cuenca hídrica u otros]. Sin embargo, el cálculo de muchos indicadores se refiere a cuestiones esencialmente locales [Renta Disponible per cápita, Coste de la Vida, Distribución de la Renta,...] lo que hace que su valoración incorpore las características de cada contexto.

²⁵⁸ Un mismo indicador puede producir el valor 0 de un indicador de nivel superior o no, en función de los criterios utilizados para su formulación. Y la decisión de diseñar el modelo operativo como si todas las ciudades se comportan igual, lleva a que la mayoría de indicadores solo producen el valor 0 cuando todos los indicadores de un ‘grupo’ valen 0.

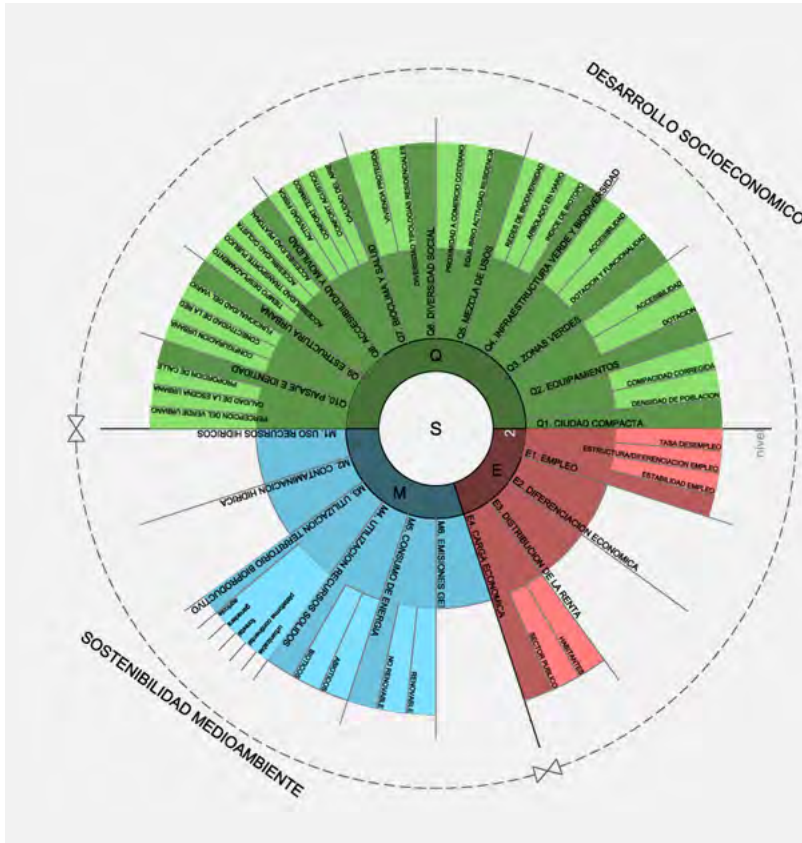


Figura 04.05: Estructuración en niveles de la información de la sostenibilidad de un sistema en un momento temporal [incluye los indicadores de sostenibilidad, pero excluye el Esfuerzo Económico y los indicadores de variación].

Los indicadores de las Dimensiones Q y E informan en gran medida de lo que generalmente se identifica con el 'Desarrollo Socioeconómico' de las sociedades, y deben ser interpretado en términos de Grado de Coevolución. Los estados óptimos son definidos por el estado del conjunto, y la evolución de dicho conjunto obliga a revisar periódicamente los objetivos.

Los indicadores de la Dimensión M indican la sostenibilidad del uso que se hace de la capacidad disponible en el planeta; informa de lo que generalmente se denomina 'Sostenibilidad Medioambiental'.

Por otra parte, a la estructura anterior se añadirán dos tipos de indicadores claves para la aplicación de la metodología:

- *Indicadores de Variación*, que informan de las variaciones que ha experimentado o se prevé que experimentará el sistema entre dos momentos temporales; i.e., de la sostenibilidad de su evolución.
- *Un Indicador Económico* que constituye una condición restrictiva [limita el universo de opciones posibles], que será el Esfuerzo Económico admisible [deducido a partir de los Recursos Económicos disponibles en el sistema].

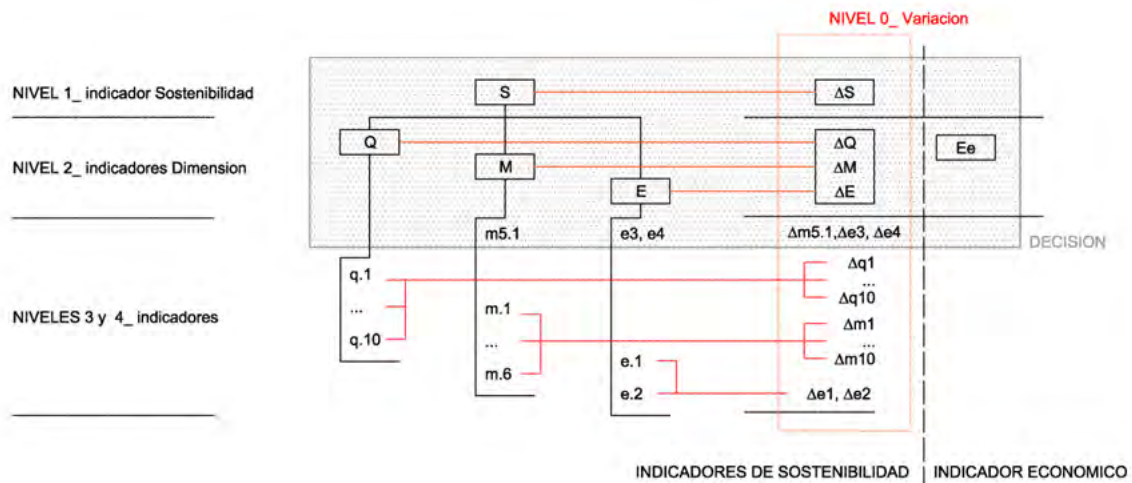


Figura 04.06: Relación entre indicadores del modelo y metodología [sostenibilidad, económicos, variación y decisión]

Por tanto, la enumeración detallada de los indicadores es la siguiente:

TABLA 04.04_ ENUMERACIÓN DETALLADA INDICADORES DEL MODELO				
INDICADORES DE DECISIÓN		INDICADORES DE INFORMACIÓN DETALLADA		
NIVEL 0 (1)	NIVEL 1 Y 2	NIVEL 3	NIVEL 4	
INDICADORES SOSTENIBILIDAD	ΔQ	Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	Densidad de Población / Viviendas	
			Ciudad Compacta	Compacidad Corregida
			Equipamientos	Dotación
			Zonas Verdes	Accesibilidad
				Dotación y Funcionalidad
				Accesibilidad
				Índice de Biotopo
				Arbolado en Vialidad
				Redes Verdes y de Biodiversidad
				Equilibrio Actividad y Residencia
				Proximidad a comercio cotidiano
				Diversidad de Tipologías / Superficies Residenciales
				Dotación Vivienda Protegida
				Calidad del Aire
	Confort Acústico			
	Confort Térmico			
	Actividad Física			
	Peatonal			
	Ciclista			
	Transporte Público			
	Tiempo Desplazamiento			
	Funcionalidad del viario			
	Estructura Urbana	Conectividad		
		Configuración Urbana		
		Proporción de calle		
		Calidad de la Escena Urbana		
		Percepción del Verde Urbano		
		Paisaje e Identidad		
		Uso Recursos Hídricos		
		Contaminación Hídrica		
			Agrícola	
			Ganadero	
			Forestal	
			Plataforma Pesquera	
			Urbanizable	
		Utilización Recursos Sólidos	Recursos Bióticos	
			Recursos Abióticos	
		Consumo de Energía	Energía No Renovable	
			Energía Renovable	
		Emisión de Gases de Efecto Invernadero		
			Tasa Desempleo/Variedad Urbana	
		Empleo	Estructura/Diferenciación Laboral	
			Estabilidad laboral	
		Estructura/ Diversificación Económica		
		Diferenciación Ingreso		
		Carga Económica	Sector Público	
			Habitantes	
INDICADOR ECONÓMICO	ΔS	S_ SOSTENIBILIDAD	Ee_ ESFUERZO ECONÓMICO	

FUENTE: Elaboración propia. Los indicadores de Nivel 0 son indicadores de variación, y sirven para evaluar el desarrollo.

- Estos indicadores los incluimos en el 'Nivel 0', que es un nivel en cierto modo 'transversal' a todos los niveles inferiores. Equivalen a ecuaciones diferenciales de los indicadores de estado del sistema en función del tiempo, y son por tanto los indicadores por excelencia para el análisis de la dinámica o evolución de los sistemas [Von Bertalanffy, 1968].

3.3 INFORMACIÓN TIPO INCLUIDA PARA CADA INDICADOR

Previamente a la explicación detallada de cada indicador, vamos a hacer una breve enumeración de la información que dicha explicación debe proporcionar, que será la siguiente [Alvira, 2014a]:

TITULO DEL INDICADOR

Incluye los siguientes descriptores:

- **[P]** cuando es una dimensión solo aplicable a *proyectos de nuevos desarrollos*.
- **[U]** cuando es una dimensión solo aplicable a *áreas urbanas en funcionamiento*.
- ******* cuando la variable relevante puede traspasar algún umbral de insostenibilidad y seguir siendo relevante²⁵⁹.

ÁREAS RELACIONADAS

Indica las áreas de las cuáles el indicador está proporcionando información, y es importante explicitarlo ya que los indicadores de un sistema urbano suelen informar -en diferente medida- de varios aspectos de la realidad urbana a la vez [Alexander, 1965]. En términos de análisis estadístico, los diferentes aspectos de la realidad urbana presentan interrelaciones que en muchos casos implican correlaciones equivalentes a información compartida [Miller, 1951; Alvira 2014b].

Por tanto, los indicadores generalmente aportan cierta información sobre otras áreas además de aquella de la cual informan más directamente. *La mayoría de los indicadores informa a la vez de varias áreas de la realidad urbana, y explicitarlo nos permite comprender mejor la forma correcta de intervenir sobre la ciudad.*

FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS

Se va a incluir una enumeración exhaustiva de los Indicadores utilizados como fuente directa, y de otros indicadores con contenido similar o de los cuales se han utilizado algunos contenidos. La existencia de indicadores ya en funcionamiento, relacionados con los indicadores que se proponen, aporta dos cuestiones interesantes al modelo:

- permite apoyar que los indicadores propuestos son relevantes en relación a los objetivos de sostenibilidad.
- implica mayor facilidad de utilización del modelo, puesto que la información necesaria para el cálculo de los indicadores ya es accesible.

Es importante indicar que la adaptación de indicadores existentes para su inclusión en el modelo se puede realizar de manera sencilla, habiéndose propuesto formulaciones para variables con dos, tres o cuatro límites que se pueden consultar en Alvira [2014a y 2014c].

Sin embargo, también es importante indicar que en ciertas áreas [sobre todo en las dimensiones M y E] el modelo se aparta de los planteamientos más habituales, considerando que la mayoría de indicadores existentes no miden 'sostenibilidad' sino conceptos diferentes...

²⁵⁹ Ver ANEXO VI_ PROCEDIMIENTO PARA VALORAR VARIABLES RELEVANTES QUE TRASPASAN LOS UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD

- ... En el caso de la *Dimensión M* esto se justificará desde un planteamiento formal; la biocapacidad máxima cuyo uso es sostenible por el conjunto de sistemas urbanos de la tierra debe coincidir con la biocapacidad total que puede ser utilizada en el nivel agregado [algo que es ignorado por la mayoría de indicadores existentes].
- ... En el caso de la *Dimensión E* esto se justificará desde una contrastación factual; mediante la evaluación de los países de la UE28 durante la Crisis de la Deuda [2008-actualidad], que nos permitirá ver una elevada correlación entre su situación y los resultados que proporciona el modelo, inexistente si se evalúan con los indicadores económicos más tradicionales²⁶⁰.

DEFINICIÓN, CÁLCULO Y OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD

Se define el indicador y el concepto medido.

Se detallan los límites de Sostenibilidad/Insostenibilidad con las siguientes características:

- Coinciden con lo que se considera en el momento actual la situación sostenible para cada uno de los indicadores.
- Deberán ser al menos dos: un objetivo de sostenibilidad y un umbral de insostenibilidad

A partir de ellos se detalla la gráfica y función de sostenibilidad, que proporciona un resultado normalizado y adimensional, con valor entre 0 y 1 [0% y 100%].

OBSERVACIONES

Incluye todas las cuestiones que es necesario matizar; aspectos por los cuales es relevante el indicador, cuestiones que pueden modificar el contenido del indicador, criterios para establecer los límites del indicador y planteamientos alternativos para su cálculo [si los hay].

Vamos pues a revisar los indicadores que integran el modelo operativo, que dividimos en indicadores que describen el estado del sistema e indicadores que describen su variación/permiten la decisión.

²⁶⁰ O dicho en términos más claros, según los indicadores de 'Sostenibilidad Económica' utilizados actualmente Suecia y España en 2006 eran economías muy similares y fuertes. Sin embargo, la realidad ha demostrado que esto no era así. Para Suecia la crisis de la Deuda de 2008 fue un resfriado y para España ha sido un batacazo monumental del cual todavía no se ha recuperado. Los indicadores que explicamos en este texto si permiten comprender que la sostenibilidad de ambas economías era radicalmente diferente en 2006.

4 INDICADORES QUE DESCRIBEN EL ESTADO DEL SISTEMA

Estos indicadores nos permiten describir el estado del sistema en un momento dado [pasado, presente, futuro previsto o posible]. Cada uno corresponde a un concepto de la descomposición lógica de la sostenibilidad ya revisada, y los vamos a revisar desde los que describen el sistema más globalmente [niveles 1 y 2] a los que proporcionan información más detallada [niveles 3 a 7]:

- en primer lugar, revisaremos los indicadores de Nivel 1 y 2, que son:
 - el indicador global 'Grado de Sostenibilidad' [S]
 - los indicadores 'dimensión' [Q, M y E]
- posteriormente, revisaremos cada uno de los indicadores de Niveles 3, 4, 5 y 6 agrupándolos en dimensiones.

4.0 INDICADORES DE NIVEL 1 y 2: DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD E INDICADOR GLOBAL

4.0.1 GRADO DE SOSTENIBILIDAD [S] [%] [P] [U]

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicadores parciales
FUENTES E INDICADORES Alvira, 2014a
RELACIONADOS

DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD

Informa del Grado de Sostenibilidad global del sistema urbano, evaluado a partir de su grado de sostenibilidad en las tres dimensiones consideradas. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de las tres dimensiones [Q, M y E] con la fórmula²⁶¹:

$$S = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 [D_i * K_{e_i}] \quad (1)$$

$$K_{e_i} = 1 + \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^3 D_i - D_i \quad (2)$$

Siendo S_ indicador global 'Grado de Sostenibilidad'; D_i_ cada una de las tres dimensiones de sostenibilidad [Q, M y E] y kei_ coeficiente de ponderación por estabilidad.

OBSERVACIONES

El planteamiento del indicador se ha revisado exhaustivamente a lo largo del texto y es explicado desde diferentes aproximaciones en Alvira [2014a], por lo que no lo repetimos aquí.

Es importante destacar que es altamente improbable que el indicador S alcance el valor 100%, puesto que implicaría que existe un sistema urbano inmejorable en ningún área [Social, Medioambiental y

²⁶¹ Esta fórmula se explica en detalle en Alvira, 2014a. Anexo VI. Su contrastación empírica y formal se puede revisar en Alvira, 2017, donde se comparan los resultados proporcionados por esta fórmula con otras fórmulas aceptadas y de uso habitual en modelización de sistemas [Coeficiente de Gini, Curva de Lorenz, Entropía de Shannon e Índice de Herfindhal Hirschman].

Económica]. Por ello, **podemos considerar que un sistema con S>85% está en situación de ‘sostenibilidad’²⁶².**

La formulación matemática limita la ‘compensabilidad’ entre indicadores y dimensiones [alineándose por tanto con los principios de la sostenibilidad fuerte] de dos maneras:

- valora más las dimensiones que presentan valores más reducidos, limitándose la compensabilidad entre dimensiones.
- un sistema no puede estar en situación de completa sostenibilidad si no lo está en todas sus dimensiones [la agregación aritmética ponderada de las dimensiones hace que un valor S=85%, no permita que ninguna dimensión tenga un valor inferior a 64%]²⁶³.

Complementariamente, iremos detallando otras limitaciones a la compensabilidad entre dimensiones/indicadores, que excluirán de la posible aplicación del modelo aquellas situaciones que no se consideran admisibles.

4.0.2 INDICADORES DE NIVEL 2

4.0.2.1 CALIDAD Y HABITABILIDAD GLOBAL DEL ÁREA URBANA [Q] [%] [P] [U]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicadores parciales
FUENTES E INDICADORES	Ver indicadores parciales
RELACIONADOS	JSBC, 2011. Quality inside the city [Q]

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la Calidad y Habitabilidad de un Área urbana la sitúa entre sus estados péximo y óptimo posibles. El cálculo se realiza mediante la agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 2 de la Dimensión Q:

$$Q = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} [q_i * ke_i] \quad (3)$$

Siendo Q_ Indicador ‘Dimensión Q: Calidad y Habitabilidad del Área Urbana’ y q_i_ indicadores de Nivel 2 de la dimensión ‘Q’

OBSERVACIONES

El indicador informa del Grado en que un área urbana proporciona una elevada Calidad de Vida y Habitabilidad a sus habitantes [aunque también incluye indicadores que informan de la biodiversidad]. En total se han definido 52 indicadores con las siguientes características:

²⁶² Como ejemplo, Prescott-Allen [2001:108] considera que a partir de HWI= 0,81% una sociedad es ‘sostenible’. El cálculo detallado para el barrio de Palos de Moguer [Madrid] proporciona un valor inicial de 32,9%.

²⁶³ Un valor en torno a 65% es justificable a partir de la revisión de la sostenibilidad económica de los países de la UE-28 en el periodo 2005-2014. Los países con situación inicial E>0,65 han mostrado un comportamiento suficientemente estable ante la crisis [ver ANEXO IX: EVALUAR SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA: CRECIMIENTO VS ESTABILIDAD]. En la dimensión M, el valor superior a 50% de todos los indicadores implican que la sociedad utiliza menos biocapacidad de la que le corresponde en equidad para todos los habitantes de la Tierra.

- 36 indicadores que requieren un cálculo detallado introduciendo variables del entorno
- 16 indicadores que se obtienen como resultado de la agregación de otros indicadores.

Es importante indicar que los límites físicos que se consideran para revisar un área urbana no constituyen límites infranqueables ni mucho menos; diferentes aspectos de análisis muestran diferentes áreas funcionales [Alexander, 1965]. Esto es importante porque en algunas cuestiones de esta dimensión, las características de un área pueden compensar [o compensarse con] las de áreas vecinas.

Por ejemplo, un área central de la ciudad con déficit de Zonas Verdes puede beneficiarse de áreas limítrofes con 'exceso de dotación' áreas verdes, que sean suficientemente accesibles desde el área central. De manera recíproca, es fácil que estas áreas limítrofes tengan menor dotación de empleo, mezcla de usos y equipamientos, y se puedan beneficiar de un exceso de dotación en el centro.

Esto nos indica que, además de revisar independientemente cada área urbana, en ocasiones será necesario revisar como dichas áreas interactúan entre sí.

4.0.2.2 SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO URBANO [M] [%] [P] [U]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicadores parciales
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales Wolman, 1965. JSBC, 2011. Environmental Load of the City [L]

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de sostenibilidad del medio ambiente no urbano que implica un área urbana. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 2, M_i , con la fórmula:

$$M = \frac{1}{6} * \sum_{i=1}^6 [m_i * K e_i] \quad (4)$$

Siendo M Dimensión 'M: Sostenibilidad del Metabolismo Urbano' y m_i Indicadores de Metabolismo de Nivel 2.

OBSERVACIONES

El indicador informa del grado en que el modelo urbano se asienta sobre una utilización sostenible del medio ambiente y recursos naturales. En total se han definido 26 indicadores con las siguientes características:

- 20 indicadores requieren un cálculo detallado introduciendo variables del Sistema-Entorno.
- 6 indicadores se obtienen como resultado de la agregación de otros indicadores.

Aunque el número de indicadores m_i es inferior al de indicadores q_i , consideramos valorados los tres ciclos fundamentales comunes a todos los sistemas urbanos: agua, materia y energía.

La escasez de indicadores adecuados para valorar esta dimensión [casi todos los incluidos en el modelo son propuesta propia], hace que consideremos que constituye un área en la cual es necesario profundizar en el futuro para poder valorarla de manera más completa.

4.0.2.3 SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA [E] [%] [P] [U]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicadores parciales
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del Grado de Sostenibilidad Económica del Área Urbana. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 2, e_i , con la fórmula siguiente:

$$E = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 [e_i * K e_i] \quad (5)$$

Siendo E _ Dimensión 'E: Sostenibilidad Económica' y e_i _ Indicadores de Metabolismo de Nivel 2.

OBSERVACIONES

El indicador informa del grado en que el modelo urbano plantea una estructura económica sostenible. En total se han definido 13 indicadores con las siguientes características:

- 9 indicadores requieren un cálculo detallado introduciendo variables del Sistema.
- 4 indicadores se obtienen como resultado de la agregación de otros indicadores.

El número de indicadores e_i es muy inferior al de indicadores q_i . Sin embargo, la contrastación de los resultados obtenidos con datos reales de países europeos permite considerar que sean un número suficiente para evaluar la sostenibilidad económica del área urbana, especialmente en el nivel operativo en que se desarrolla el modelo.

Una vez revisados el indicador global y los indicadores dimensión, vamos a revisar en detalle cada uno de los indicadores de cada dimensión, incluyendo sus fórmulas detalladas de cálculo.

4.1 INDICADORES QUE MIDEN LA CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA

Es la dimensión que agrupa mayor número de indicadores, que son:

- Ciudad Compacta [CC]
- Dotación y Accesibilidad a Equipamientos [EQ]
- Dotación y Accesibilidad a Zonas Verdes [ZV]
- Infraestructura Verde y Biodiversidad [IVB]
- Mezcla de Usos [MU]
- Diversidad Habitacional [DH]
- Bioclima y Salud [BS]
- Accesibilidad y Movilidad [AM]
- Estructura Urbana [EU]
- Paisaje e Identidad [PI]

4.1.1 Q1. CIUDAD COMPACTA [C] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Q [MU, DH, AM, EU, PI]; M [TB, CE]
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado en que el área urbana se acerca al modelo de 'Ciudad Compacta'. El cálculo se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, $Q1_i$, con la fórmula:

$$C[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 Q1_i * ke_i \quad (6)$$

Siendo C [%]_ Indicador 'Ciudad Compacta' y $Q1_i$ _ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q1.

Los Indicadores de Nivel 3 son:

D_ Indicador Densidad [puede ser Densidad de Población o Densidad de Viviendas, según sea un área urbana existente o un desarrollo en proyecto]

CC_ Indicador Compacidad Corregida

OBSERVACIONES

El modelo de 'ciudad compacta' tiene numerosos efectos positivos sobre la sostenibilidad, de los cuales vamos a volver a revisar dos²⁶⁴:

- Consumo más reducido de recursos asociados a la forma urbana.
- Favorece la Accesibilidad Universal [la compacidad –agrupación de masa crítica- suele llevar a que las áreas se doten de funciones de proximidad] y Cohesión/Desarrollo Social.

Sin embargo, es necesario considerar que la ciudad compacta implica una cierta imagen urbana, lo que requerirá establecer parámetros adecuados para cada contexto concreto.

Vamos a ver cada uno de estos aspectos en detalle:

La compacidad y la densidad de viviendas están muy vinculadas a los patrones espaciales del desarrollo urbano, y esto tiene gran influencia sobre el **consumo de recursos** [metabolismo] necesario para mantener en funcionamiento un área urbana determinada²⁶⁵.

²⁶⁴ La ciudad compacta aporta frente a otros modelos urbanos posibles ahorro en utilización de suelo y energía de transporte siempre es un efecto positivo e independiente del desarrollo. Complementariamente, la Compacidad favorece [y posibilita] maximizar el uso compartido de espacios, servicios y bienes, lo que constituye otro importante ahorro de recursos y maximiza la utilidad global para una cantidad limitada de recursos disponibles [ver ANEXO X: CUATRO D'S PARA DESARROLLAR LA IDEA DE 'DECOUPLING']

²⁶⁵ Según Moore [2011:6] existe una relación directa entre densidad y metabolismo, pudiéndose calcular que un aumento de densidad de 40 personas/km2 implique una reducción de 0,06 hag en la huella ecológica per cápita del área urbana.

Por una parte, condiciona las **tipologías edificatorias**; modelos de baja densidad tienden a viviendas unifamiliares aisladas, mientras que los modelos de alta densidad tienden a viviendas colectivas, existiendo gran diferencia entre el consumo de agua y energía asociado a cada una de ellas.

DENSIDAD/COMPACIDAD	CIUDAD DISPERSA			CIUDAD COMPACTA
Tipología de vivienda	Unifamiliar gran tamaño	Unifamiliar pequeño tamaño	Adosada	Colectiva
Consumo de energía [MWh/año]	29,30	20,80	15,82	11,13
Consumo de agua [M3/año]	734,37	473,18	352,04	336,90

FUENTE: Elaboración propia a partir de Calthorpe Associates, 2011: 17 y 20

- (1) Los cálculos están hechos para California.
- (2) El cálculo del consumo de agua incluye agua de riego.
- (3) Para la adaptación del original, se han considerado los siguientes factores de conversión:
 - a. 1 BTU = 0,0003 KWh
 - b. 1 Galón = 0,0038 m3
- (4) Si comparamos los valores anteriores con los límites de consumo en Recursos Hídricos y Energía [ver 4.2 INDICADORES QUE MIDEN EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO URBANO], vemos que solo la vivienda colectiva y adosada se sitúan por debajo de dichos límites, destacando ligeramente la vivienda colectiva.

También condiciona los **patrones de movilidad**. La ciudad dispersa presenta cifras de km-recorridos-en-automóvil-por-habitante mayores que la ciudad compacta; en ésta última, muchos desplazamientos se pueden realizar andando, en bicicleta o en transporte público.

Morfología / situación urbana	Km recorridos coche /año (1)	Modo desplazamiento
Zonas con alta densidad en cascos urbanos	2.414-6.437	Dominan los desplazamientos peatonales y en transporte público
Zonas con densidad media alta en situación periférica [dentro de la ciudad]	6.437-12.070	Los desplazamientos peatonales, bicicleta [para equipamientos locales] se mezclan con desplazamientos cortos en coche.
Zonas con baja densidad en el exterior de la ciudad [urban sprawl]	15.289-28.968	Dominan los desplazamientos en coche.

FUENTE: Compilación a partir de Calthorpe Associates, 2011: 8

(1) En el original los intervalos son [en Millas] 1500-4000; 4000-7500 y 9500-18000 [1 milla = 1,61 Km]

Sin embargo, los estudios indican que el consumo de recursos se reduce a medida que aumenta la compactación de las ciudades hasta llegar a un límite de compactación a partir del cual se invierte la tendencia²⁶⁶, lo que ha dado lugar a la **‘hipótesis de la sustitución’**.

Cuando las áreas urbanas se vuelven excesivamente compactas/densas sus habitantes experimentan una ‘carencia de espacio’ que buscan sustituir mediante la realización de más viajes lejos de la ‘congestión’ y/o segundas residencias [Sei /Tub, 2010:50]²⁶⁷.

²⁶⁶ Los consumos en entornos con baja densidad de viviendas son muy altos [por los consumos asociados al transporte y edificación aislada], y van descendiendo a medida que aumenta la densidad de viviendas hasta que se estabilizan, y a partir de determinados niveles de densidad de viviendas vuelven a incrementarse ya que las personas tienden a realizar más viajes por ocio y más lejos [SEI/TUB, 2010: 50]. La gráfica que relaciona el consumo de energía en las ciudades con la densidad de viviendas tiene forma de U.

²⁶⁷ Los ‘entornos excesivamente densificados, que tienden a producir un “aumento de la presión urbana sobre el territorio [por ejemplo, la proliferación de segundas residencias]” [Rueda et Al, 2007].

Las personas que residen en áreas de elevada densidad viajan más [y más lejos] que las personas que residen en áreas dispersas²⁶⁸ y presentan mayor demanda de segunda residencia, con el consiguiente aumento de la presión urbanizadora sobre el territorio²⁶⁹.

La hipótesis de la sustitución introduce dos cuestiones:

- A nivel territorial, pone de relieve que una gran megaciudad compacta no es la solución óptima [no constituye el hábitat más deseable posible para las personas], y conduce hacia un modelo 'policéntrico' de ciudades compactas distribuidas por el territorio.
- A nivel urbano, indica que existe un rango óptimo de valores intermedios de compacidad; valores muy reducidos o muy elevados son negativos para la sostenibilidad.

Esto quiere decir que *los indicadores de 'compacidad' tendrán cuatro límites, puesto que solo el rango intermedio de valores será sostenible/óptimo.*

Tanto las situaciones de reducida compacidad como de excesiva compacidad serán generadoras de insostenibilidad, y comprender los valores proporcionados por los indicadores requerirá revisar los datos del área urbana [no basta con revisar el valor del indicador] para comprender cuál es su situación concreta y posibilidades de mejora, que varían considerablemente entre ambas situaciones.

²⁶⁸ Masjuan, 2009. Según el autor "la hipótesis de sustitución solo se ha contrastado para los países ricos [...] aun así, en los países ricos la ciudad compacta es más sostenible que la ciudad dispersa, presentando una huella ecológica más reducida".

²⁶⁹ Es importante indicar que la evaluación global indica que un valor elevado del porcentaje de territorio cuya urbanización es compatible con el medioambiente, ya es utilizado actualmente. El territorio urbanizable ya debe considerarse a nivel mundial un recurso escaso.

Q1.1 DENSIDAD DE VIVIENDAS [DV] [P] / DENSIDAD DE POBLACIÓN [DP] [U]***

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado
FUENTES E INDICADORES	AEUB, 2010. Indicador 01. Densidad de Viviendas
RELACIONADOS	USGBC, 2009: 53. NPD Credit 2: Compact Development

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Este indicador comprende dos indicadores alternativos dependiendo de la situación evaluada:

- En evaluaciones o actuaciones sobre áreas urbanas existentes, utilizaremos el indicador ‘Densidad de Población’, que contabiliza el número de personas por hectárea.
- En proyectos de nuevos desarrollos urbanos, utilizaremos el Indicador ‘Densidad de Viviendas’ que contabiliza el número de viviendas por hectárea²⁷⁰.

OBSERVACIONES

La concentración de suficiente masa crítica de personas/viviendas, posibilita la aparición de servicios públicos [equipamientos, transporte,...] incrementando la Calidad Urbana y minimizando la utilización de recursos [suelo, energía,...] y favoreciendo la ‘cohesión social’. Esta masa crítica tiene un rango óptimo:

- Por debajo de ciertas cifras los tejidos urbanos no son eficientes:
 - Requieren mucho suelo, y un elevado consumo de energía para su funcionamiento.
 - No pueden sostener una adecuada mezcla de usos, hacen ineficiente económicamente la prestación de servicios públicos [equipamientos, transporte,...] y dificultan los desplazamientos peatonales.
- Por encima de cierto límite, empiezan a estar demasiado congestionados y aparecen
 - Comportamientos de ‘sustitución’.
 - Se incrementa el conflicto social, reduciéndose la estabilidad social.

Esto nos obligará en todos estos indicadores a establecer cuatro límites de sostenibilidad.

En cuanto a la tipología edificatoria, EP-THC [2007: 93] propone que “los bloques de media altura son óptimos por su capacidad de acomodar gran variedad de usos [que generalmente disminuye al aumentar la altura por encima de las 4 plantas], el potencial para crear densidades medias, y las demandas de energía y costes de construcción más reducidos]”

²⁷⁰ El número de viviendas será un indicador indirecto para utilizar en aquellos casos en que desconocemos la población real, es decir, para nuevos desarrollos en fase de proyecto.

Q1.1A DENSIDAD DE POBLACIÓN [DP] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador agregado
 FUENTES E INDICADORES MFOM, 2010. Indicador 02. Densidad de Población
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que el área se aproxima a los valores de población óptimos del modelo de ciudad compacta. El ‘Objetivo de Sostenibilidad’ serán valores comprendidos en el rango 220 y 350 hab/ha [AEUB, 2010]:

TABLA Q1.1A-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

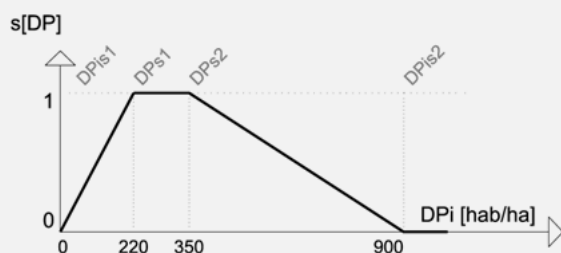
		Limite 01	Limite 02
Objetivo de Sostenibilidad	DPs	220 (1)	350 (1)
Umbral de Insostenibilidad	DPis	0	900 (2)

FUENTE: Elaboración propia

- (1) AEUB, 2010. Indicador 01. Densidad de Viviendas. El indicador 01. Densidad de Población [MFOM, 2010] sugiere que a partir de 120 personas por hectárea ya serían densidades adecuadas.
- (2) La justificación de este valor se incluye en el apartado ‘Observaciones’.

Y la gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$DP[\%] = \max \left[\min \left[\frac{DP_i}{DP_{s1}}; 1; 1 - \frac{DP_i - DP_{s2}}{DP_{is2} - DP_{s2}} \right] * 100; 0 \right]$$

La fórmula se puede simplificar como:

$$DP[\%] = \max \left[\min \left[\frac{DP_i}{220}; 1; 1 - \frac{DP_i - 350}{550} \right] * 100; 0 \right]$$

La Densidad de Población la calculamos mediante la fórmula:

$$DP_i = \frac{N}{S} \tag{7}$$

Siendo: DP_i la densidad de población existente [en personas/ha]; N_ Número de habitantes y S_ Superficie Total [bruta] del Área en ha

OBSERVACIONES

No se han encontrado propuestas suficientemente aceptadas para establecer el umbral de insostenibilidad referido al máximo valor aceptable de densidad de población, por lo que hemos realizado una propuesta personal sustentada desde siete perspectivas:

La primera se basa en la **hipótesis de la sustitución**. Si revisamos los datos incluidos en SEI /TUB [2010:50], parece que la densidad óptima en relación a las emisiones GEI se situaría a medio camino

entre el valor 0 y un valor igual al doble del óptimo. Si consideramos el valor medio entre los límites de sostenibilidad [285 hab/Ha]²⁷¹ obtenemos un umbral de insostenibilidad de 570 hab/Ha.

La segunda se basa en el concepto de **capacidad de carga**; una densidad de población reducida implica un mayor consumo de suelo para sustentar a una misma población, y reduce la superficie de territorio bioproductivo disponible para sustentar a dicha población.

TABLA Q1.1- UMBRALES DE DENSIDAD DE VIVIENDAS A PARTIR DE TERRITORIO DISPONIBLE PARA URBANIZAR

	GRADO DE SOSTENIBILIDAD		
	1	0,5	0
Utilización territorio disponible para urbanizar por habitante [hag-eg] (1)	0,015	0,0715	0,128
Superficie equivalente [m ² /hab] (2)	94	447	800
Densidad [hab/Ha]	106,7	22,4	12,5

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:
 (1) La justificación de estos valores se detalla en 4.2.3 M3. UTILIZACIÓN DEL TERRITORIO BIOPRODUCTIVO [TB] ***
 (2) Introducimos un factor de equivalencia de 1.6, considerando que se ocupen tierras de cultivo con productividad media.

Por tanto, obtenemos una densidad global óptima de 106 hab/Ha [y una pésima de 12,5 hab/Ha]. Y en concordancia con los valores anteriores, la densidad de población urbana máxima [umbral de insostenibilidad] debería ser superior al primer valor [106 hab/Ha].

Sin embargo, resulta difícil transformar este valor en una densidad urbana equivalente, puesto que no todo el territorio urbanizado lo es para uso residencial [hay suelo ocupado por infraestructura, dedicado a usos industriales, ...] ni todo el suelo residencial presenta la misma morfología. Este valor debe no obstante considerarse un 'objetivo global de densidad óptima urbana'.

La tercera la podemos **deducir proporcionalmente de los límites de sostenibilidad**. Si una población de 220 equivale a una población de 350, entonces una población de 110 hab/ha equivale a una población de 525 hab/ha [valor 0,50]. El umbral de insostenibilidad lim_{is2} lo obtenemos proporcionalmente siendo 700 hab/ha.

La cuarta es revisando los **valores máximos históricos de densidad urbana**, siendo el máximo registrado en la historia de 19.000 hab/ha [densidad neta] para la ciudad amurallada de Kowloon en Hong Kong hasta que fue demolido por diferentes problemas relacionados con dicha densidad²⁷².

Los máximos a nivel global [densidad bruta] en ciudades españolas se registran para las ciudades de Barcelona y Bilbao, con 198 y 196 hab/ha respectivamente [OSE, 2007:84].

La quinta es revisando los **valores propuestos en diferentes normativas**:

- El valor máximo de densidad de población de la legislación española es de la Comunidad Autónoma de Canarias que admite 500 personas/ha en centros urbanos muy colmatados²⁷³.

²⁷¹ En la gráfica de SE/TUB parece que el valor óptimo ronda los 70 hab/km² y el valor de CO² igual a densidad cero se alcanzaría para 140 hab/km² referidos a poblaciones totales de países, pero hemos preferido multiplicar el valor considerado óptimo para entornos urbanos por 1,5, ya que su aplicación es más directa.

²⁷² Fuente: wikipedia.com. Sin embargo, se trata de una superficie de solo 2,6 Ha; es difícil pensar que dicha densidad pudiera llegar a mantenerse para un área de 16 ha, como las que se proponen como unidad básica en este modelo. Las máximas densidades netas de población y viviendas en Madrid se sitúan en torno a 700 hab/ha y 350 viv/ha, 420 hab/Ha y 220 viv/Ha de densidad bruta.

- En la legislación internacional el valor máximo de densidad de población se ha localizado en la Ciudad de Buenos Aires, con un límite máximo de 1.000 hab/ha²⁷⁴.

La sexta es a partir del cumplimiento de los **estándares de espacio libre**. Si seguimos los estándares que propone Hernández Aja [2000] por habitante para zonas centrales 10 m² viario + 10m² zona verde por habitante, y suponemos que la parcelación/edificación ocupe el 50% de la superficie, obtenemos un valor óptimo de densidad de 250 hab/ha. Y si establecemos un valor del indicador de 0,2 como un déficit muy elevado, obtenemos un umbral de insostenibilidad de 1.250 hab /ha.

La séptima es a partir de la **sección del viario**. Si el ratio máximo es 3:1 [H:D], entonces para una retícula de 100 x 100 m, con calles de 20 m de ancho, resultan 6.400 m² de parcela [80 m de lado], 60 m de altura [20 plantas] y 18 m de fondo edificable, resulta un máximo de 25.560 m² construidos, para 100m²c/viv resultarían 255 viv *3 hab/viv serían 766 hab/Ha.

Vemos que diferentes criterios nos llevan a cifras bastante diferentes de límites, y la ausencia de un criterio que haga más importante una valoración/perspectiva que las otras, hace que establezcamos *el umbral de insostenibilidad en 900 hab/ha, aproximadamente el promedio de los valores obtenidos mediante los diferentes acercamientos.*

²⁷³ Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias (B.O.C. 60, de 15.5.2000). Art 36.1.a

²⁷⁴ Código de Ordenamiento del territorio del Partido de General Pueyrredón, Buenos Aires. Art. 4.1.4.a. Niveles de Densidad Poblacional Neta Máxima

Q1.1B DENSIDAD DE VIVIENDAS [DV] [P] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador agregado
 FUENTES E INDICADORES AEUB, 2010. Indicador 01. Densidad de Viviendas
 RELACIONADOS USGBC, 2009: 53. NPD Credit 2: Compact Development

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que el área se aproxima a los valores de población óptimos del modelo de ciudad compacta, medidos indirectamente a partir del número de viviendas por hectárea proyectadas. El ‘Objetivo de Sostenibilidad’ serán valores comprendidos en el rango 80 y 150 [AEUB, 2010]:

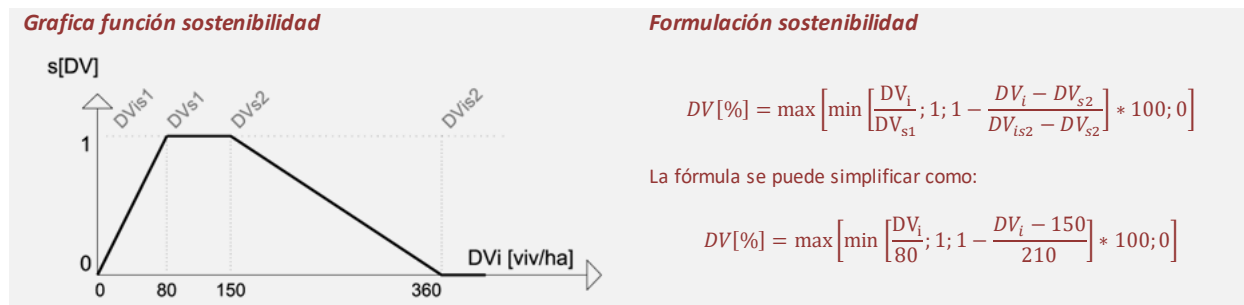
TABLA Q1.1B-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

		Limite 01	Limite 02
‘Objetivo de Sostenibilidad’	DVs	80 (1)	150 (1)
‘Umbral de Insostenibilidad’	DVis	0	360 (2)

FUENTE: Elaboración propia

- (3) AEUB, 2010. Indicador 01. Densidad de Viviendas. En general, el objetivo de ahorro de suelo debe llevar a priorizar densidades elevadas dentro del rango sostenible. Por ejemplo, LEED ND otorga la máxima puntuación posible cuando el desarrollo supera las 155 viviendas por hectárea [densidad neta] o una edificabilidad neta [no residencial] superior a 3 [proponiendo diversas combinaciones de ambas].
- (4) Se ha deducido del límite para Densidad de Población [900 hab/Ha], suponiendo una ocupación de 2,5 personas por vivienda.

Y la gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



La Densidad de Viviendas la calculamos mediante la fórmula:

$$DV_i = \frac{N}{S} \tag{8}$$

Siendo: DV_i Densidad de Viviendas por Ha; N_ Número de viviendas y S_ Superficie del Área Urbana en Ha.

OBSERVACIONES

En entornos habitados, es preferible utilizar el indicador ‘Densidad de Habitantes’, ya que el parámetro ‘habitantes/vivienda’ puede modificar el rango de valores sostenible de densidad de viviendas [e.g., en ámbitos con reducido número de hab/viv, los valores óptimos de densidad de viviendas se incrementarán].

Q1.2 COMPACIDAD CORREGIDA PONDERADA [CC] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Rueda, 2007. Indicador 1.3. Compacidad Corregida y Anexo 8.2. Metodología complementaria para el cálculo de la compacidad MFOM, 2012. Indicador EPH.02.03. Compacidad Corregida. MFOM, 2012. Indicador EPH.02.04. Espacio de estancia por habitante

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

La Compacidad Corregida informa del equilibrio construido/espacios libres en el área urbana. El 'Objetivo de Sostenibilidad' serán valores en el rango 10 y 50 m [Rueda, 2007].

TABLA Q1.2-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

		Limite 01	Limite 02
'Objetivo de Sostenibilidad'	CCs	10 (1)	50 (1)
'Umbral de Insostenibilidad'	CCis	0	775 (2)

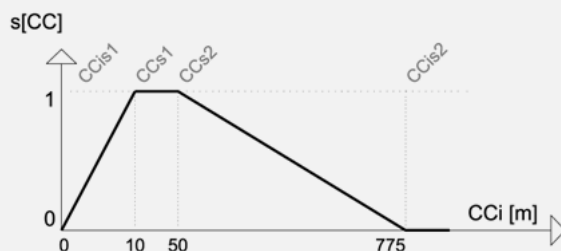
FUENTE: Elaboración propia

(1) MFOM, 2012.

(2) Se ha calculado para el límite de 'Densidad de Habitantes' de 900 hab/ha, ocupación de 2.5 hab/viv y superficie tipo de 100m²/viv, obteniendo un total construido de 36.000 m². Suponiendo edificación en manzana cerrada, con altura de 20 plantas, obtenemos un coeficiente de ponderación de volumen k_v=12. Considerando que el patio de manzana este ocupado por edificación en de una planta y 4 m altura, obtenemos un volumen equivalente total de 123.376 m³. Para un viario de 20m de ancho y considerando que el 50% tiene aceras de más de 5 m obtenemos un valor total de 779, que redondeamos hasta 775.

Y la gráfica y formula de la función sostenibilidad será de la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$CC[I]_{\%} = \max \left[\min \left[\frac{CC_i}{CC_{s1}}; 1; 1 - \frac{CC_i - CC_{s2}}{CC_{is2} - CC_{s2}} \right]; 0 \right]$$

La fórmula se puede simplificar como:

$$CC[I]_{\%} = \max \left[\min \left[\frac{CC_i}{10}; 1; 1 - \frac{CC_i - 50}{725} \right]; 0 \right]$$

El cálculo del indicador requiere calcular la Compacidad Corregida CC_i mediante la fórmula:

$$CC_i = \frac{V * kv}{Ek} \quad (9)$$

Siendo: CC_i_ Compacidad Corregida; V _ Volumen edificado; K_v_ factor de ponderación del volumen edificado y Ek _ espacio público atenuante ponderado

El coeficiente kv, se calcula a partir de la disposición geométrica del volumen construido, como suma de cuatro coeficientes parciales:

$$kv = k1 + k2 + k3 + k4 \quad (10)$$

Siendo k1_ Permeabilidad Visual ponderada; k2_ Ocupación del Suelo ponderada; k3_ Compacidad ponderada y k4_ Intensidad Volumétrica ponderada.

Los coeficientes parciales k_i se deducen de la tabla siguiente:

TABLA Q1.2-1_ COEFICIENTES PARCIALES DE PONDERACIÓN DEL VOLUMEN

PERMEABILIDAD VISUAL	OCUPACIÓN DEL SUELO	COMPACIDAD	INTENSIDAD VOLUMÉTRICA
Área edificios en anillo de 3 m de la manzana (m2)/Área total anillo 3m (m2)	Área ocupada por edificios de la manzana (m2)/Área total manzana (m2)	Volumen edificado(m3)/Área manzana(m2)	Volumen edificado (m3)/ Área ocupada por edificios manzana (m2)
K1	K2	K3	K4
0-25	0-25	0-7,5	0-12
1	1	1	1
25-50	25-50	7,5-15	12-20
1	1	2	2
50-75	50-75	>15	> 20
2	2	3	3
75-100	75-100		
3	3		

Fuente: Rueda et Al, 2007. Anexo 8.2

(0) El Autor propone la aplicación del método individualmente a cada manzana o sobre malla geométrica de referencia [200 x 200 m como opción más usual].

El cálculo del Espacio Público Atenuante ponderado [K_e], lo realizamos a partir de la superficie de espacios libres en el área, aplicando los siguientes coeficientes de ponderación:

TABLA Q1.2-2_ RATIOS PARA EL CÁLCULO DEL ESPACIO PUBLICO ATENUANTE

TIPO DE ESPACIO (1)	NIVEL DE INCIDENCIA	PARÁMETRO PONDERACIÓN
A3 Calles peatonales Parques y Jardines mayores a 5.000 m2	Alta	3
A2 Parques y Jardines entre 1.000 y 5.000 Interiores de manzana Ámbito vecindario	Media	2
A1 Aceras Anchuras (más de 5 m)	Baja	1

FUENTE: Elaboración propia [basado en Rueda et AL, 2007 Anexo 8.2], con las siguientes notas:
 (1) Según el Autor, solamente debe contabilizarse el Espacio público con superficie mayor a 500 m2.

Con los datos anteriores, obtenemos el Espacio público atenuante con la siguiente fórmula:

$$E_k = A1 * 1 + A2 * 2 + A3 * 3 \quad (11)$$

OBSERVACIONES

Este indicador permite valorar tanto el impacto de los paisajes excesivamente densos [que se relacionan con la aparición de comportamientos de ‘sustitución’ ya comentados] como la reducción en la calidad del espacio público cuando el espacio libre empieza a ser demasiado dominante: “por encima de ciertas proporciones, aumentar el espacio libre puede ser más negativo que positivo en la construcción de la ciudad” [López de Lucio, 2004: 78].

4.1.2 Q2. DOTACIÓN Y ACCESIBILIDAD A EQUIPAMIENTOS [EQ]

ÁREAS RELACIONADAS	Q [DH, AM, EU, PI]; M [CE]
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que los habitantes del área pueden acceder a una dotación adecuada de equipamientos; especialmente a los de uso más cotidiano. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, EQ_i , con la fórmula siguiente:

$$EQ[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 EQ_i * ke_i \quad (12)$$

Siendo EQ_ Indicador sintético 'Dotación y Accesibilidad a Equipamientos' y EQ_i Indicadores de Nivel 3 del indicador EQ.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

EQ_d_ Dotación de Equipamientos [%]

EQ_p_ Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad [%]

OBSERVACIONES

“La importancia de los equipamientos en la trama urbana se justifica tanto por su influencia sobre el nivel de vida, como por servir como soportes para la articulación urbana y la vertebración de la comunidad” [Hernández Aja, 2000].

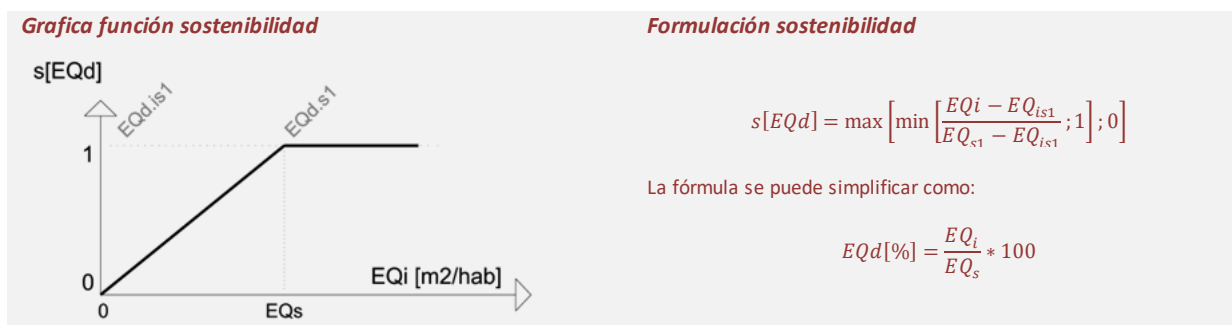
En este sentido, este indicador solo valora la primera y tercera de las cuestiones anteriores, mientras que la segunda [contribución de los equipamientos a la ‘articulación’ urbana] se valorará en el indicador ‘Estructura Urbana’.

Q2.1 DOTACIÓN DE EQUIPAMIENTOS [EQ]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Hernández Aja, 2000. MFOM, 2012. Indicador CHS.07.46. Dotación de equipamientos. JSBC, 2011: 50. Q2.2.1 a 2.2.6 Social Services

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado en que la dotación de equipamientos de un área urbana es óptima. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad serán de la siguiente forma:



Siendo EQ_d Indicador 'Dotación de Equipamientos'; EQ_i Dotación de Equipamientos [m²/hab] en el Área Urbana evaluada y EQ_s Objetivo de Sostenibilidad en Dotación de Equipamientos

El 'Objetivo de Sostenibilidad' se detalla en la siguiente tabla:

TABLA Q2.1-1 _ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD EN DOTACIÓN DE EQUIPAMIENTOS m ² /hab						
TIPO TEJIDO	SUBSECTOR	VECINDARIO	BARRIO	BARRIO-CIUDAD	TOTAL D. LOCAL (1)	CIUDAD TOTAL
TR	Bienestar social		0,120	0,805	0,925	0,006
	Cultural	0,060	0,115	0,291	0,466	0,500
	Deportivo	0,350	0,454	1,210	2,014	1,360
	Educativo	2,110	1,170	0,990	4,270	1,700
	Sanitario		0,100	0,270	0,370	0,300
	Total Equipamientos	2,520	1,959	3,566	8,045	3,866
TM	Bienestar social		0,026	0,200	0,226	0,003
	Cultural	0,060	0,058	0,387	0,505	0,250
	Deportivo	0,350	0,080	0,911	1,341	1,360
	Educativo	1,540	1,140	0,810	3,490	0,850
	Sanitario		0,050	0,135	0,185	0,200
	Total Equipamientos	1,950	1,354	2,443	5,747	2,663
TC	Bienestar social		0,040	0,268	0,308	0,002
	Cultural	0,060	0,038	0,090	0,188	0,160
	Deportivo	0,350	0,034	0,340	0,724	1,360
	Educativo	0,890	0,500	0,330	1,720	0,570
	Sanitario		0,033	0,090	0,123	0,150
	Total Equipamientos	1,300	0,645	1,118	3,063	2,242
CD	Bienestar social	0,075	0,120	0,940	1,135	0,200
	Cultural	0,060	0,125	0,301	0,486	0,500
	Deportivo	0,350	0,400	0,800	1,550	1,000
	Educativo	1,990	1,100	1,370	4,460	1,040
	Sanitario		0,130	0,300	0,430	0,300
	Total Equipamientos	2,475	1,875	3,711	8,061	3,040

FUENTE: Compilación de datos de Hernández Aja, 2001. NOTAS:

(0) TR _ Tejido Residencial. TM_ Tejido Medio. TC_ Tejido Central. CD_ Ciudad.

(1) La columna Dotación Local incluye la suma de Ámbitos Vecindario, Barrio y Barrio Ciudad.

OBSERVACIONES

Aunque se ha dividido la superficie de equipamientos según ‘Categorías’, el criterio principal debe ser diseñar espacios poli funcionales, que puedan dar cobertura al máximo posible de necesidades del Ámbito, en espacios integradores [e integrados]

Quedan dos cuestiones pendientes de integrar en desarrollos futuros del indicador:

Por una parte, además de evaluar tanto la superficie de equipamientos existente es conveniente evaluar su grado de adecuación a las necesidades /preferencias de los habitantes. Esto podrá ser revisado añadiendo algunos requerimientos adicionales. Por ejemplo, JSBC [2011]²⁷⁵ propone:

- En equipamientos educativos evaluar el número de alumnos por profesor [entre 17 y 7 como objetivo según al área].
- En equipamientos culturales evaluar el número de asistentes a actividades culturales o visitantes de espacios culturales [i.e., su grado de utilización], o la cantidad de conferencias por cada 1.000 hab.

Por otra parte, existe un límite máximo a la dotación sostenible de equipamiento; un exceso de equipamiento incrementaría los costes de mantenimiento sin aportar incremento de utilidad. Esto nos llevaría a proponer un indicador de cuatro límites.

Sin embargo, no lo hemos hecho por considerarlo una situación poco frecuente que, en las ocasiones en que se produce, suele hacerlo intencionadamente con el objetivo de compensar carencias en áreas colindantes [o en el nivel ciudad].

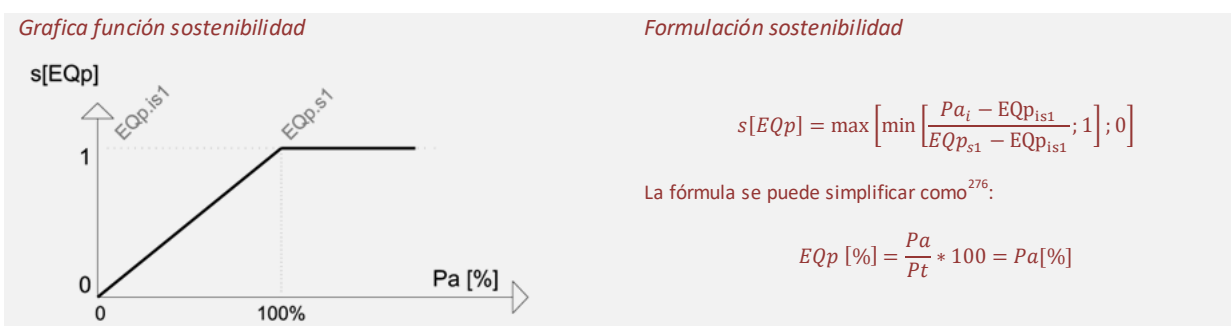
²⁷⁵ JSBC, 2011: 50. Q2.2.1. Adequacy of education services y JSBC, 2011: 53. Q2.2.2. Adequacy of cultural services

Q2.2 ACCESIBILIDAD A EQUIPAMIENTOS DE PROXIMIDAD [AE]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado MFOM, 2012. CHS.07.47. Proximidad a Equipamientos
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	USGBC, 2009: 55. Indicator: NPD Credit 3: Mixed-Use Neighborhood Centers USGBC, 2009: 68. Indicator: NPD Credit 10: Access to Recreation Facilities USGBC, 2009: 76. Indicator: NPD Credit 15: Neighborhood Schools BRE, 2011: 323. TRA4. Local Amenities JSBC, 2007: 91-93. 2.5.2 Distance to medical and welfare facilities; 2.5.3 Distance to educational and cultural facilities

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado de accesibilidad a los equipamientos de proximidad [uso más cotidiano]. El ‘Objetivo de Sostenibilidad’ es que el 100% de la población tenga accesibilidad a equipamientos de proximidad. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo EQp_ Accesibilidad a equipamientos de proximidad; Pa_ población con accesibilidad a los cinco tipos de equipamientos de proximidad y Pt_ Población total en el Ámbito.

Consideramos que poseen las condiciones de accesibilidad aquellos habitantes cuya vivienda cumple las condiciones de accesibilidad a al menos un equipamiento dentro de cada uno de los cinco tipos de equipamientos de proximidad incluidos en la siguiente tabla [MFOM, 2012]:

TABLA Q2.2-1_ CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD A EQUIPAMIENTOS DE PROXIMIDAD		
TIPO DE EQUIPAMIENTO	SUBTIPO DE EQUIPAMIENTO	DISTANCIA [m]
EQUIPAMIENTOS CULTURALES	Centros cívicos y asociativos	< 300
	Bibliotecas de barrio / distrito	< 300
	Centro cultural monofuncional	< 300
EQUIPAMIENTOS DEPORTIVOS	Pistas polideportivas al aire libre	< 300
	Pequeños complejos cubiertos / descubiertos	< 300
	Polideportivos	< 300
	Campos deportivos extensivos	< 300
EQUIPAMIENTO EDUCATIVO	Infantil	< 600
	Primaria	< 600
	Secundaria obligatoria	< 600
	Bachillerato + FP	< 600
SALUD	Centro de Salud / Centro de Urgencias	< 600
	Centros de Salud especializados sin ingreso	< 600
BIENESTAR SOCIAL	Hogar gente mayor	< 300
	Centro de día gente mayor	< 300

²⁷⁶ La fórmula simplificada coincide con la propuesta por Rueda, 2012: 610. indicador CHS.07.47. Proximidad a Equipamientos

Residencia gente mayor	< 600
------------------------	-------

FUENTE: MFOM, 2012: 610. Indicador CHS.07.47.
 (0) Se evalúa la accesibilidad desde cada una de las viviendas al menos a un equipamiento de cada una de las 5 categorías, midiendo desde el portal de la vivienda al acceso al equipamiento.

En general, podemos adoptar la simplificación de suponer los habitantes uniformemente repartidos en todas las viviendas y sustituir P_a por V_a [nº de viviendas que cumplen las condiciones de accesibilidad], y P_t por V_t [nº total de viviendas en el área urbana].

OBSERVACIONES

El análisis de la cobertura de los equipamientos de proximidad [Vecindario, Barrio y Barrio Ciudad], se fundamenta en dos cuestiones principalmente:

- La cantidad de viviendas y población en cada uno de dichos ámbitos [que requiere mayor superficie de dotaciones a medida que aumenta]
- El tiempo necesario para los desplazamientos andando [aprox. 5 min/500 m -ámbito vecindario-, 15 min/1000 m -ámbito barrio, y 30 min/2.000m -ámbito barrio ciudad-].

Desde esta perspectiva, frente al análisis del grado de cobertura de cada ámbito aislado, su revisión en términos de accesibilidad permite valorar dos cuestiones importantes:

- La permeabilidad entre ámbitos y morfologías urbanas, i.e., un ámbito con pocas dotaciones puede a veces beneficiarse de otros ámbitos vecinos cuya dotación sea mayor²⁷⁷.
- Un equipamiento está ‘disponible’ para sus potenciales usuarios en la medida en que éstos pueden acceder a él; a medida que se reduce su ‘accesibilidad’ lo hace su ‘disponibilidad’.

Por otra parte, si sustituimos las distancias físicas por ‘distancias temporales’, podremos evaluar la influencia sobre la accesibilidad de fomentar un medio de transporte habitualmente considerado ‘sostenible’: la bicicleta. Si tenemos en cuenta que la velocidad es aprox. 3 veces mayor en los desplazamientos en bicicleta que en los peatonales [15 km/h frente a 4,5 km/h], para un mismo intervalo de tiempo el Área accesible en bicicleta es aprox. 9 veces mayor que el área accesible andando.

TABLA Q2.2-2_ DISTANCIA RECORRIDA SEGÚN DESPLAZAMIENTO PEATONAL O EN BICICLETA				
	INTERVALO DE TIEMPO			
	4 MINUTOS		8 MINUTOS	
	Distancia [m]	Área [Ha]	Distancia [m]	Área [Ha]
ANDANDO	300	28,27	600	113,09
BICICLETA PROPIA	750	176,71	1.750	962,09
BICICLETA COMPARTIDA	458	65,90	1.458	667,81

FUENTE: Elaboración propia, con las siguientes NOTAS:
 (0) Velocidad peatonal [4,5km/h]. Velocidad bicicleta = 15km/h. Distancia media a Estación de Bicicleta Compartida = 75 m.

²⁷⁷ Por ejemplo, en la evaluación de los niveles dotacionales de distintos tipos de tejidos urbanos en España [Hernández Aja, 2000], se puede ver que las Áreas urbanas correspondientes a Promociones ejecutadas en el periodo 1975-1990 así como los tejidos de Baja Densidad, presentan ‘superávit’ en dotación de Equipamientos, estando más de un 10% por encima de los ‘Objetivos de Calidad’. Este exceso puede servir por tanto para dar cobertura a áreas urbanas cercanas con déficit dotacional, siempre y cuando se cumplan los requisitos de ‘accesibilidad’ [ello hace que esta permeabilidad o ámbito de influencia sea más reducida para Equipamientos de Ámbito Vecindario [500 m], y mayor para los Equipamientos de Ámbito Barrio [1000m] y Barrio Ciudad [2000].

- (1) Las distancias recorridas en bicicleta o bicicleta compartida, descuentan el tiempo de aproximación necesario, que se ha considerado el siguiente: tiempo para aparcar bicicleta [en el caso de bicicleta propia] o acercarse a una base y retirar /devolver la bicicleta [considerando un sistema 'rápido' de liberación en punto de anclaje -tipo BiciMAD o Barclays Cycle Hire] en el caso de un SBC. El tiempo de 'aproximación' penaliza los desplazamientos más cortos pero pierde relevancia cuando aumenta la distancia de desplazamiento

En una ciudad donde exista buena accesibilidad en bicicleta, la cobertura 'real' de los equipamientos podría llegar a ser entre 7 y 10 veces la que existiría si todos los desplazamientos se realizaran andando²⁷⁸. Como principales beneficios aparecen el aumento de porcentaje de población que cumple los criterios de accesibilidad, y la posibilidad de compensar déficits dotacionales de ciertas áreas mediante excesos de dotación de áreas vecinas²⁷⁹.

²⁷⁸ Aunque puede existir un cierto porcentaje de población que no puede utilizar la bicicleta en el medio urbano, con un buen diseño de la red este porcentaje puede ser muy reducido, y en cualquier caso es muy inferior al porcentaje de población que no puede utilizar un coche.

²⁷⁹ El interés de esta perspectiva es que nos permite entender que un Ayuntamiento puede ahorrar dinero si en vez de construir nuevos equipamientos maximiza la accesibilidad de los existentes en áreas infrautilizadas; mediante la mejora de la accesibilidad ciclista, instalación de un SBC de alta calidad y bajo coste,...

4.1.3 Q3. DOTACIÓN Y ACCESIBILIDAD DE ZONAS VERDES [ZV]

ÁREAS RELACIONADAS	Calidad de Vida, Biodiversidad, Cohesión, Accesibilidad, Movilidad, Paisaje Urbano, Metabolismo Urbano.
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que los habitantes del área pueden acceder a una dotación adecuada de zonas verdes con buena funcionalidad. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, ZV_i con la fórmula siguiente:

$$ZV[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 ZV_i * ke_i \quad (13)$$

Siendo ZV _ Indicador sintético 'Dotación y Accesibilidad a Zonas Verdes' y ZV_i _ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q3.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

$ZVdf$ _ Dotación y Funcionalidad de Zonas Verdes [%]

ZVa _ Accesibilidad a Zonas Verdes [%]

OBSERVACIONES

La importancia de las zonas verdes en la ciudad es sustentable desde muchas perspectivas, de las cuales este indicador evalúa aquellas relacionadas con...

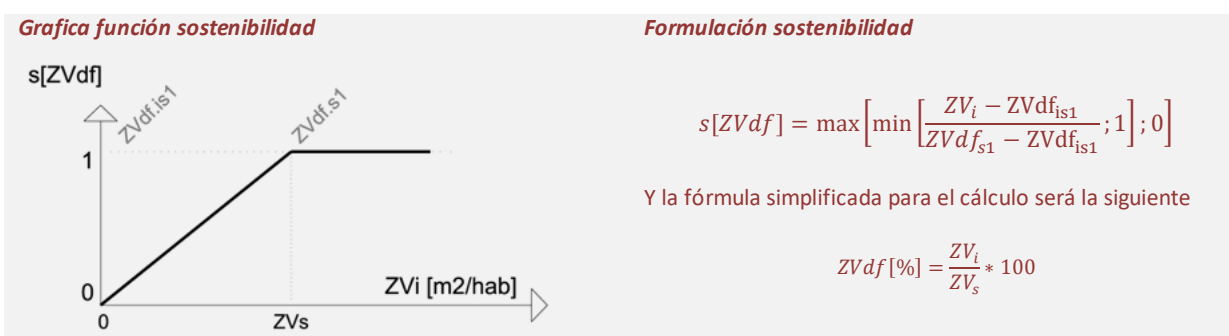
- ... su utilización como espacio de ocio,
- ... el beneficio psicológico del contacto de las personas con la naturaleza [biofilia] y
- ... su carácter de espacio de 'relación social' accesible a toda la población [i.e., espacio que fomenta la Cohesión social].

Q3.1 DOTACIÓN Y FUNCIONALIDAD DE ZONAS VERDES [ZVf]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado Hernández Aja, 2001
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	USGBC, 2009: 55. Indicador: NPD Credit 9: Access to Civic and Public Space JSBC, 2011. Indicador 2.1.2. Adequate provision of parks and open spaces. MFOM, 2012. Indicador EVB.05.26. Espacio Verde por habitante BRE, 2011: 235. PS6. Green Áreas

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa tanto del grado en que la dotación de Zonas Verdes de un área es óptima como de su funcionalidad. El Objetivo de Sostenibilidad es alcanzar el 100% de estándar de dotación con un 100% de funcionalidad. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad serán:



Siendo ZVdf_ Indicador Dotación y Funcionalidad; ZVdf_i_ Dotación de Zonas Verdes ponderada por funcionalidad en el Área Urbana evaluada [m²/hab] y ZV_s_ Objetivo de Sostenibilidad en Dotación de Zonas Verdes

Para establecer ZV_s utilizaremos los parámetros incluidos en la siguiente tabla que dependen del tipo de tejido analizado [Residencial, Medio o Central] o si se revisa la ciudad globalmente:

TABLA Q3.1-0_ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD EN DOTACIÓN DE ZONAS VERDES [m2s/hab]							
TIPO TEJIDO	SUBSECTOR	VECINDARIO	BARRIO	BARRIO-CIUDAD	TOTAL DOTACIÓN LOCAL	CIUDAD	TOTAL
TR	Zonas Verdes	1,0	2,0	5,0	8,0	5,0	13,0
TM	Zonas Verdes	0,7	1,5	3,8	6,0	5,0	11,0
TC	Zonas Verdes	0,5	1,3	3,2	5,0	5,0	10,0
CD	Zonas Verdes	1,0	2,0	5,0	8,0	5,0	13,0

FUENTE: Compilación de datos de Hernández Aja, 2001. NOTAS:

- (0) TR_ Tejido Residencial. TM_ Tejido Medio. TC_ Tejido Central. CD_ Ciudad. La columna Dotación Local incluye la suma de Ámbitos Vecindario, Barrio y Barrio Ciudad, consideradas Zonas Verdes de 'proximidad'
- (1) Para el análisis en el nivel barrio, revisaremos las superficies existentes para cada categoría de Espacios Libres. Por el contrario, para el análisis en el nivel morfología o en el nivel ciudad, utilizaremos solamente el ratio total de m²Zona Verde por habitante, resultante de sumar D. Local + Dotación Ciudad.
- (2) Los ratios mínimos de superficie de ZV establecidos por la OMS oscilan entre 9 y 14 m²/hab, JSBC sugiere 13 m²/hab como objetivo de calidad y Rueda entre 12 y 15 m²/hab. Rueda establece la condición de que el 50% de la superficie debe ser permeable para que se considere 'Espacio Verde'; de lo contrario será un 'Espacio de Estancia'.

Para el cálculo de ZVdf_i, utilizamos la siguiente fórmula:

$$ZVdf_i = \sum_{i=1}^n S_i * F_i \quad (14)$$

Siendo S_i_ superficie de cada zona verde considerada y F_i_ Funcionalidad de cada zona verde

El cálculo del factor F_i , se hará con diferente fórmula según la superficie de la zona verde:

- Para *Zonas Verdes de superficie inferior a 1 Ha*, el criterio de funcionalidad será el porcentaje de superficie permeable [siendo el objetivo el 50% de la superficie].

$$F_i = \min \left[\frac{S_a}{0,5 * S_t}; 1 \right] \quad (15)$$

Siendo 'Sa' la superficie permeable/ajardinada y 'St' la superficie total de la zona verde

- Para *zonas verdes de superficie mayor a 1 Ha*, se calculará con la siguiente fórmula.²⁸⁰

$$F_i = \frac{0,15A + 0,12B + 0,12C + 0,05D + 0,06E + 0,05F + 0,05G + 0,05H + 0,2I - 0,1J - 0,05K}{F_s} \quad (16)$$

Siendo A_ Área en hectáreas; B_ Cobertura arbórea en porcentaje; C_ Cobertura de Arbustos en porcentaje; D_ Cobertura de césped en porcentaje; E_ Cobertura de agua en porcentaje; F_ Número de árboles de porte grande; G_ Número de árboles de porte medio; H_ Número de árboles de porte pequeño; L_ Diversidad de especies de árboles y arbustos [medida como el índice de Shannon]; J_ Superficie artificial en porcentaje; K_ Distancia al hábitat fuente [km] y F_s _Objetivo de sostenibilidad para F_i

El objetivo de sostenibilidad F_s para F_i es 7,1 para tejidos Centrales, 7,3 para Tejidos medios y 7,5 para Tejidos Residenciales.

OBSERVACIONES

Valorar la 'funcionalidad' de las zonas verdes complica algo el cálculo del indicador, pero permite evaluar dos cuestiones importantes:

- Detectar espacios semiabandonados que a veces son contabilizados como zonas verdes, pero que si presentan una funcionalidad muy reducida no estarán aportando las cualidades valoradas por este indicador.
- Diferenciar 'zonas verdes' de 'espacios de estancia', que desarrollan funciones diferentes.

No incluimos la valoración de la calidad acústica de los espacios, que se valora posteriormente [Indicador Q7.2]. En Zonas Verdes de reducida dimensión, su habitual cercanía a las vías circulatorias puede llevar a niveles de ruido elevados, si las intensidades de tráfico lo son.

En entornos con mucha actividad turística o económica, puede ser necesario aplicar los ratios a la 'población ajustada' [JSBC, 2011: 44] que podemos caracterizar:

- Población que reside en el área urbana + población flotante [turistas, etc...]
- Población residente – población empleados + población que trabaja en el área.

Por último, de manera similar a como se comentó en el indicador equipamientos, puede haber un límite máximo a la dotación de zonas verdes, lo que llevaría a diseñar el indicador con cuatro límites. No lo hacemos por las mismas razones que ya comentamos en dicho indicador.

²⁸⁰ Utilizamos la fórmula propuesta en AEUB [2011: 45], Indicador 28. Índice de funcionalidad de los parques urbanos. Aunque es un indicador desarrollado para valorar biodiversidad, los aspectos evaluados están muy relacionados con la calidad del diseño de las Zonas verdes.

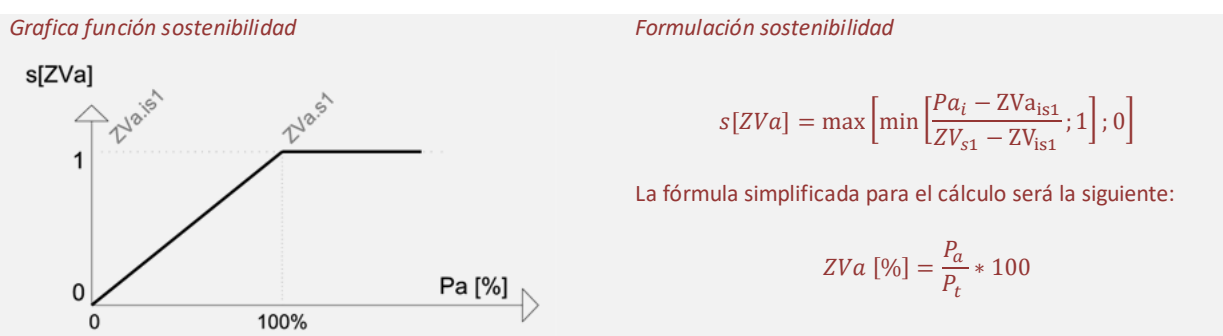
Q3.2 ACCESIBILIDAD A ZONAS VERDES [AZV]

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador agregado.
 Hernández Aja, 2001

FUENTES E INDICADORES USGBC, 2009: 55. Indicador: NPD Credit 9: Access to Civic and Public Space
 RELACIONADOS JSBC, 2011. Indicador 2.1.2. Adequate provision of parks and open spaces.
 MFOM, 2012: 545. Indicador EVB.05.27. Proximidad simultánea a Espacios Verdes

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de accesibilidad de los habitantes del área urbana a las zonas verdes. El ‘Objetivo de Sostenibilidad’ es que el 100% de la población tenga accesibilidad a ‘zonas verdes’. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo ZV_ Indicador Accesibilidad a Zonas Verdes; Pa_ población con accesibilidad a las cuatro categorías de Zonas Verdes y Pt_ Población total en el Ámbito

Atribuimos ‘accesibilidad a Zonas Verdes’ a aquellos habitantes cuya vivienda cumple las condiciones de accesibilidad a los cuatro tipos de zonas verdes incluidos en la siguiente tabla:

TABLA Q3.2-0_ CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD A ZONAS VERDES				
ÁMBITO	TIPO DE ZONA VERDE	DISTANCIA [m]	TIEMPO [min]	MEDIO TRANSPORTE
VECINDARIO	> 500m2	< 200	3 min	Peatonal
BARRIO	> 5.000 m2 a 10.000 m2 [1 Ha]	< 750		Bicicleta
BARRIO – CIUDAD	1 Ha a 10 Ha	< 2.000m		Transporte Publico
CIUDAD	> 10 Ha	< 4.000m		Transporte Publico

FUENTE: Elaboración propia con datos de MFOM, 2012: 545. Indicador EVB.05.27 y Hernández Aja, 2001. NOTAS:
 (0) Se consideran Zonas Verdes los espacios públicos con más del 50% de superficie permeable.
 (1) Se evalúa la accesibilidad desde cada una de las viviendas, midiendo desde el portal hasta el acceso exterior a la zona verde. Las distancias permitidas son mayores, cuanto menor es la frecuencia prevista de uso.

En general podemos adoptar la simplificación de suponer los habitantes uniformemente repartidos en todas las viviendas y sustituir Pa por Va [nº de viviendas que cumplen las condiciones de accesibilidad], y Pt por Vt [nº total de viviendas en el área urbana].

OBSERVACIONES

Al igual que se indicó con el indicador ‘Dotación y Accesibilidad a Equipamientos’, en ciudades con elevada cuota de utilización de la bicicleta, la accesibilidad a zonas verdes puede verse considerablemente mejorada. Por ejemplo el menor tiempo necesario para el desplazamiento en bicicleta

permite acceder a Zonas Verdes de ámbito Barrio Ciudad [distancia ≤ 2.000m] en menos tiempo del necesario para desplazarse andando a Zonas Verdes de ámbito Barrio [distancia ≤ 750m].

TABLA Q3.2-1_ DISTANCIA RECORRIDA [m] SEGÚN DESPLAZAMIENTO PEATONAL O EN BICICLETA				
	INTERVALO DE TIEMPO			
	Vecindario	Barrio	Barrio – Ciudad [acceso SBC en 10 min]	Ciudad [acceso SBC en 18 min]
ANDANDO	200	750	-	-
TRANSPORTE PUBLICO [AUTOBÚS]	-	-	-	2.240
BICICLETA PROPIA	-	2.250	2.291	4.291
BICICLETA COMPARTIDA	-	1.458	2.000	4.000

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) Velocidad peatonal [4,5km/h]. Velocidad bicicleta = 15km/h. Distancia media a Estación de Bicicleta Compartida = 75 m. Velocidad autobús=14 km/h. Distancia media parada autobús = 200m.
- (2) Las distancias recorridas en bicicleta o bicicleta compartida, descuentan el tiempo de aproximación necesario, que se ha considerado el siguiente: tiempo para aparcar bicicleta [en el caso de bicicleta propia] o acercarse a una base y retirar /devolver la bicicleta [considerando un sistema 'rápido' de liberación en punto de anclaje] en el caso de un SBC. En el caso del autobús, se ha descontado el tiempo de desplazamiento andando hasta la parada y el tiempo medio de espera [3 min]. El tiempo de 'aproximación' penaliza los desplazamientos más cortos y pierde relevancia cuando aumenta la distancia de desplazamiento

Vemos que aumenta el porcentaje de población que cumple los criterios de accesibilidad, permitiendo que áreas con insuficiente dotación de Zonas Verdes compensen en parte sus déficits con los excesos de Zonas Verdes de áreas vecinas, aumentando la cobertura de ZV entre 7 y 10 veces la que existiría si todos los desplazamientos se realizaran andando o en transporte público²⁸¹.

Adicionalmente, podría complementarse el indicador valorando la accesibilidad de los habitantes a 'espacios singulares de biodiversidad':

TABLA Q3.2-2_ ACCESIBILIDAD A ESPACIOS DE BIODIVERSIDAD	
DISTANCIA MÁXIMA [Km]	SUPERFICIE [Ha]
0,3 [5 min andando]	2 Ha
2,0	20 Ha
5,0	100 Ha
10,0	500 Ha

FUENTE: Recomendaciones sobre posibilidades de acceso a la población a espacios naturalizados de [Natural England Accessible Natural Greenspace Standards –ANGSt-, citado en TCPA, 2012: 17]

- (0) Las distancias se miden desde las viviendas de los residentes
- (1) Las reservas deben cumplir la dotación de 10 m2 por habitante [dentro del radio de influencia]
- (2) Las zonas húmedas y las sendas al lado de los ríos son especialmente contempladas para estos espacios naturales.

²⁸¹ En concreto, las mismas Morfologías Urbanas que presentan 'superávit' en dotación de Equipamientos [T07, T08 y T10], presentan también 'superávit' en Zonas Verdes, estando más de un 10% por encima de los 'Objetivos de Sostenibilidad' [Hernández Aja, 2001]. Este exceso es por tanto susceptible de dar cobertura a otras morfologías vecinas en las que exista déficit de zonas verdes.

4.1.4 Q4. INFRAESTRUCTURA VERDE Y BIODIVERSIDAD [BD]

ÁREAS RELACIONADAS	Q [BS, PI], M [RH, CH, CE]
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de adecuación de la dotación y diseño de la ‘infraestructura verde’. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, BD_i , con la fórmula siguiente:

$$BD [\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^n BD_i * ke_i \quad (17)$$

Siendo $BD_{\text{Indicador}}$ sintético ‘Biodiversidad’ y BD_i Indicadores de Nivel 3 del indicador Q4.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

IB_ Índice de Biotopo [%]

AB_ Arbolado en viario [%]

RB_ Redes de Biodiversidad [%]

OBSERVACIONES

Las cuestiones revisadas en relación a la biodiversidad del medio no urbano también son relevantes dentro del medio urbano, pudiendo señalar tres factores que impactan positivamente, que deben ser contempladas en el diseño de la Infraestructura verde [JSBC; 2007: 59-61]:

- *Minimizar el hábitat de borde* en relación a la superficie total. La biodiversidad de las zonas verdes aumenta exponencialmente a medida que se incrementa el tamaño. 1 Ha se considera la superficie mínima para que aparezca diversidad de especies de aves y 10 Ha la superficie a partir de la cual la presencia de aves se dispara.
- *Crear Diversidad de espacios*, que redunde en mayor diversidad de especies.
- *Conectar los espacios*, a ser posible incluyendo continuidad del ‘terreno’, y cuando menos proveyendo continuidad de arbolado o arbustos.

En relación a esta última cuestión, es importante hacer dos puntualizaciones:

- La presencia de arbolado, es en sí misma un incremento de biodiversidad [independientemente de si constituye o no un ‘Corredor Verde Urbano’]. Es un indicador directo de Biodiversidad de flora, y puede considerarse un indicador indirecto para la Fauna.
- Aunque la continuidad física es deseable [corredores verdes urbanos], a veces la simple ‘proximidad’ basta para integrar funcionalmente un espacio verde [e.g., un jardín privado] en una red más amplia, permitiendo a las especies desplazarse entre espacios [TCPA, 2012: 13]

Por otra parte, *es importante que en cada emplazamiento se priorice la incorporación de Biodiversidad 'nativa'*, por tres motivos:

- Uno de los motivos subyacente a la Infraestructura Verde es minimizar la transformación del territorio que impone su urbanización, y ello incluye la preservación de la biodiversidad existente previamente a dicha urbanización [i.e., especies locales].
- La Biodiversidad local es relativamente autosuficiente en cada contexto, reduciendo la necesidad [y coste] de mantenimiento, de riego en caso de flora, ...
- La vegetación tiene un impacto elevado en el Paisaje Urbano, por lo que utilizar especies locales es una manera sencilla de crear de identidades diferenciadas según los contextos geográficos²⁸².

Esta elevada influencia en la formación de la imagen urbana, hace que no incluyamos la valoración de la diversidad del arbolado en el viario [cuestión propuesta por algunos autores], considerándolo un aspecto que debe estar supeditado a la identidad local.

²⁸² Por ejemplo, los naranjos como arbolado viario se han convertido en seña de identidad de algunas ciudades en Andalucía [e.g., Jerez, Córdoba,...] y en la Comunidad Valenciana.

Q4.1 ÍNDICE DE BIOTOPO [IB]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado.
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	LPB, 1990. Biotopo Área Factor MFOM, 2012. Indicador 24. Índice Biótico del Suelo. EEA, 2010: 58. SEBI, 2010. Headline Indicator 4. Ecosystem coverage

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que el Índice Biotopo del área se acerca a su óptimo. El Índice de Biotopo indica la proporción de superficie que interviene en los ciclos naturales relacionados con la vegetación, el agua y la generación de O₂, en relación a la superficie total del Área Urbana²⁸³. El objetivo de sostenibilidad 'IBs' se fija en función del tipo de área urbana y son los siguientes:

OCUPACIÓN DE PARCELA (1) / TIPO DE AREA	IBs (2)
>50% Áreas Centrales	0,30
35 a 49 Áreas Intermedias o Periféricas con alta densidad	0,45
<35 Áreas Periféricas o con baja densidad	0,60

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de LPB, 1990.
 (1) Los ratios de ocupación de parcela se han modificado ligeramente en relación con los propuestos en LPB, 1990
 (2) Los valores no son comparables a los del IBS de RUEDA, 2012, que utiliza factores de ponderación más reducidos.

La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad

Formulación sostenibilidad

$$s[IB] = \max \left[\min \left[\frac{IB_i - IB_{is1}}{IB_{s1} - IB_{is1}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$IB [\%] = \min \left[\frac{IB_i}{IB_s}; 1 \right] * 100 = \frac{\sum_{i=1}^n [S_i * K_b]}{IB_s * S} * 100$$

Siendo IB_ Indicador 'Índice de Biotopo'; S_i_ Superficie de cada tipo de biotopo; K_b_ Coeficiente de ponderación para cada tipo de biotopo; S_ Superficie total del Área y IB_s_ Objetivo de sostenibilidad en Índice de Biotopo

Los factores de ponderación [kb] para cada tipo de biotopo/superficie, son los siguientes:

TIPO DE ESPACIO / BIOTOPO	Factor de Ponderación [Kb]
Áreas Parcialmente selladas [permiten algo de infiltración pero no el crecimiento de plantas]	(1) 0,3
Jardines Verticales / Muros con vegetación	0,5
Superficies con vegetación no conectadas con el suelo [sobre elemento construido y con espesor menor a 80 cm de suelo]	0,5
Cubiertas y Azoteas Verdes	0,7
Superficies con vegetación no conectadas con el suelo [sobre elemento construido y con espesor mayor a 80 cm de suelo]	0,7

²⁸³ El concepto es prácticamente idéntico a los indicadores 'Biotopo Area Factor' [LPB, 1990] o Índice Biótico del Suelo [Rueda, 2012], pero se ha preferido modificar el nombre por algunas diferencias incorporadas en los parámetros de cálculo.

Superficies con vegetación conectadas con el suelo (2)	1,0
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de LPB, 1990: 8-9	
(0) Los factores de ponderación para los diferentes biotopos se establecen a partir del grado de cumplimiento de los siguientes criterios [LPB, 1990]:	
<ul style="list-style-type: none"> a. Alta eficiencia en la evapotranspiración b. Alta capacidad de retención de partículas c. Infiltración y Acumulación de Agua de Lluvia d. Mantenimiento de las funciones del suelo de filtrado y transformación de sustancias peligrosas. e. Disponibilidad como hábitat para plantas y animales 	
(1) Incluimos en esta categoría las Zonas Verdes Publicas y las Zonas Verdes Privadas [patios de manzana y jardines comunitarios]	

OBSERVACIONES

Según la UE, los elementos de infraestructura verde en el ámbito urbano incluyen “parques, fachadas y cubiertas verdes que alberguen biodiversidad y faciliten la conexión entre zonas urbanas, periurbanas y rurales, mejorando el funcionamiento de los ecosistemas y la prestación de servicios socio-ecosistémicos” [UE, COM, 2011 citado en CEA, 2012: 4]²⁸⁴.

TABLA Q4.1-2_ CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE ‘INFRAESTRUCTURA VERDE’

CATEGORÍA	TIPOLOGÍA DE ESPACIOS	IMPACTO SOBRE BIODIVERSIDAD
ESPACIOS NATURALES	Bosques	ALTA
	Prados y eriales	
	Zonas húmedas	
	Conectores fluviales: ríos y arroyos (red hidrológica)	
ESPACIOS SEMINATURALES Y ARTIFICIALES	Setos y riberas	ALTA
	Parques periurbanos	
	Zonas agrícolas/cultivos	
	Vías verdes, ecoductos y ecopuentes	
	Arbolado urbano	
INFRAESTRUCTURA VERDE URBANA	Parques y zonas verdes públicas	MEDIA
	Zonas verdes privadas y patios interiores	
	Jardines y huertos comunitarios	
	Cementerios	
	Cubiertas, muros y fachadas verdes	
	Zonas verdes deportivas	
OTROS ESPACIOS POTENCIALES	Estanques y balsas de inundación	-
	Ríos, arroyos y sistemas de drenaje urbanos	MEDIA
	Plazas y zonas públicas abiertas	
	Edificios “verdes”	
	Infraestructura de transporte público	
Paseos peatonales y ciclistas		

Fuente: CEA, 2012: 5/7. NOTAS:

(0) Es interesante ver que desde la perspectiva de ‘Biodiversidad’, el Arbolado urbano aporta un beneficio equiparable al de otros Biotopos considerados en el IB [parques, zonas verdes, huertos comunitarios,...]. Sin embargo, no es considerado en la formulación de éste.

TCPA [2012: 17] sugiere que el 40% de la superficie urbana –incluyendo jardines privados y azoteas verdes- debería tener funciones de Infraestructura Verde. Sin embargo, la perspectiva de Infraestructura Verde no solo valora la cantidad, sino también la estructura de los elementos verdes, una de cuyas funciones es mejorar la regulación del medio urbano e incorporar funciones urbanas en una amplia escala: filtrado de aguas residuales, retención de aguas de tormentas, etc...

²⁸⁴ Esta referencia de la UE permite ver la imbricación de Infraestructura Verde/Biodiversidad; los espacios que actúan como infraestructura verde suelen implicar/posibilitar la biodiversidad.

Es interesante la propuesta para ‘valoración del rendimiento de cubiertas verdes’ que propone la ciudad de Karlsruhe en función de cinco apartados [suelo, clima, flora, fauna y balance hídrico]²⁸⁵. El cálculo del rendimiento total de cada tipo de cubierta verde lo realiza en dos pasos:

- En primer lugar, multiplica el porcentaje máximo que supone cada concepto sobre la puntuación total por el porcentaje que se aprovecha de ese máximo posible en función de las características de cada tipo de biotopo, que da la puntuación parcial en cada apartado.
- Y en segundo lugar, suma todas las puntuaciones parciales permite obtener el rendimiento total de la solución propuesta.

El interés del método es que se puede aplicar para deducir el rendimiento biológico de cualquier tipo de espacio urbano [no necesariamente azoteas], lo que permite calcular coeficientes para espacios que no estén incluidos en la lista inicial del presente indicador.

En Tejidos con viario estrecho [i.e.: casco histórico], puede ser interesante plantear una combinación de azoteas verdes con muros vegetales, por su mayor visibilidad desde el nivel suelo, con el doble efecto de mejora del paisaje urbano. Es importante indicar que fuera de tejidos densos [zonas centrales de las ciudades], las azoteas verdes presentan una relación Coste Beneficio reducida²⁸⁶.

²⁸⁵ Se puede consultar en Ngan, 2004: 31.

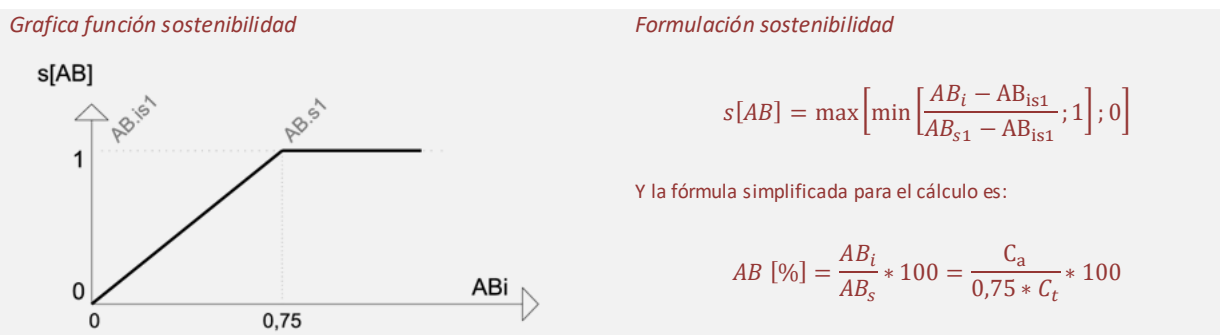
²⁸⁶ “la utilización de tejados y azoteas se considera una estrategia aceptable para conseguir alcanzar un valor de IP/BAF adecuado, solamente en entornos altamente densificados, con falta de espacios libres, pero no será la más económicamente eficiente en ámbitos sin problemas de espacios” [LPB, 1990]. Si el objetivo es reducir la Isla de Calor, serán en general más económica la solución de techos fríos.

Q4.2 ARBOLADO EN VIARIO [AB]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado.
FUENTES E INDICADORES	Rueda, 2012: 547. EVB.05.28. Densidad de Arbolado.
RELACIONADOS	USGBC, 2009: 75. Indicator: NPD Credit 14: Tree-Lined and Shaded Streets

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la biodiversidad se incorpora en la ciudad en su forma más compatible con la morfología urbana: el arbolado viario. El Objetivo de Sostenibilidad [AB_s] es alcanzar una densidad superior a 0,2 árboles/m en más del 75% de calles con distancia entre fachadas superior a 8 m [Rueda, 2012: 547]²⁸⁷. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo AB [%]_ Indicador Arbolado en viario, AB_i_ Arbolado en viario; AB_s_ Objetivo de Sostenibilidad de 'Arbolado en Viario'; C_a_ longitud total de calles con ancho entre fachadas superior a 8 m que cumple el objetivo de arbolado y C_t_ longitud total de calles con ancho entre fachadas superior a 8 m entre fachadas.

OBSERVACIONES

El arbolado en viario contribuye a la presencia y mantenimiento de biodiversidad en la ciudad; por su propia presencia, por constituir un hábitat para otras especies y facilitando el desplazamiento de especies entre los diferentes espacios de biodiversidad del mosaico urbano [corredores verdes].

Dado el elevado impacto del arbolado en la formación del paisaje urbano, la elección del arbolado deberá realizarse buscando una integración en el diseño urbano con voluntad de creación o refuerzo de la imagen urbana propia del área.

En cuanto al tipo de especies, el arbolado perenne mantiene una mayor uniformidad de sus funciones a lo largo de todo el año [absorción polución, reducción ruido, mantenimiento del verde urbano], pero el arbolado de hoja caduca presenta la ventaja de dejar pasar el sol en invierno.

Un criterio para su selección puede ser [GMU, 2000. Ficha 10.4:9]:

- *En vías públicas con escasa frecuencia peatonal y fuerte presencia del tráfico motorizado, de rango metropolitano o urbano, especies persistentes [hoja perenne].*

²⁸⁷ USGBC [2009: 75], sugiere la plantación de arbolado en al menos el 60% del viario a distancia no mayor de 12m.

- *En calles de rango distrital o urbano*, con mayor frecuencia peatonal y elevada intensidad de vehículos, alternar especies persistentes y caducifolias²⁸⁸.
- *En calles locales*, especies caducifolias, que se adaptan mejor a las exigencias ambientales de las funciones que desempeñan.

Para favorecer la presencia de insectos y aves en las ciudades, se recomienda disponer de árboles con frutos [pequeños] por ser fuente de alimento, sobre todo en invierno [GMU, 2000. Ficha 10.4:9].

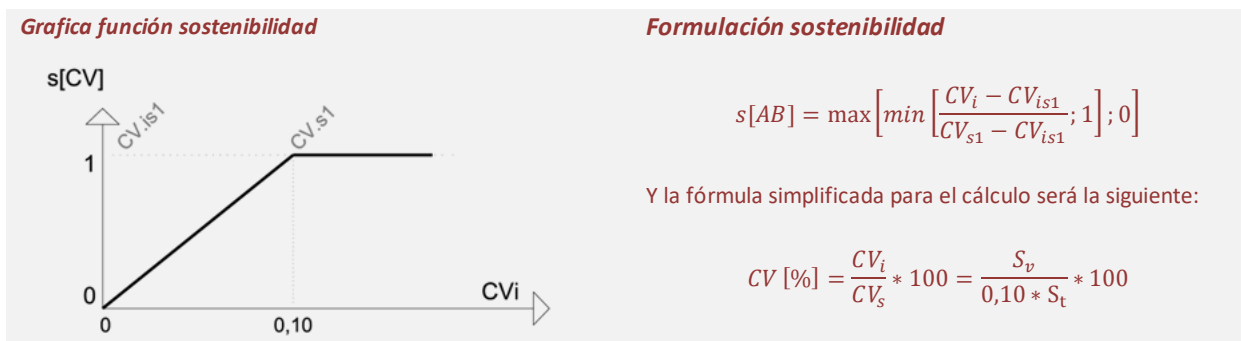
²⁸⁸ Por ejemplo, especies caducifolias en aceras, y de hoja perenne en medianas separadoras de tráfico, sin utilización peatonal.

Q4.3 CORREDORES VERDES URBANOS [CV]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador agregado. Rueda, 2012: 552. EVB.05.26. Corredores Verdes Urbanos.
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	JSBC; 2007: 61. Q 1.4.3 Creating ecosystem networks. EEA, 2010: 58. SEBI 2010. Headline Indicators. 13/14. Connectivity / Fragmentation of Ecosystems.

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa de la existencia y grado de adecuación de Corredores Verdes que minimicen la fragmentación de los ecosistemas no urbanos y posibiliten la utilización del área urbana por otras formas de biodiversidad compatibles con sus funciones urbanas. El Objetivo de Sostenibilidad CV_s es que al menos el 10% de la longitud del viario constituya Corredores urbanos. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo CV_ Indicador 'Corredores Verdes Urbanos' y CV_s_ Objetivo de Sostenibilidad de 'Corredores Verdes Urbanos; S_v_ superficie de viario que cumple las condiciones de Corredor Verde Urbano y S_t_ superficie total del viario.

Las condiciones que debe cumplir una calle para ser considerada un 'Corredor Verde Urbano' son:

- Densidad de arbolado > 0,2 árboles/m
- IB > 0,25
- CA < 60dB

OBSERVACIONES

Una buena red de Corredores Verdes Urbanos puede tener dos efectos positivos:

- En el nivel local, optimiza y maximiza la biodiversidad en los espacios urbanos.
- En el nivel regional, reduce el 'efecto barrera' [fragmentación de los ecosistemas] que producen las áreas urbanas.

Este indicador tiene una alta correlación con los dos anteriores [Índice de Biotopo y Arbolado en Viario], así como con el indicador Confort Acústico [Bioclima], por lo que una alta valoración en esos tres indicadores, dará como consecuencia una elevada valoración en este indicador.

Además de su efecto beneficioso sobre la biodiversidad, una buena red de Corredores Verdes constituye un instrumento muy útil para lograr una buena 'Estructura' y 'Paisaje' urbanos.

Por ello GMU [2000. Ficha 10.4:1] destaca que “el proyecto de arbolado en un área urbana debe concebirse globalmente y articularse a su entorno [...] creando redes de calles verdes que conecten parques y espacios de uso peatonal entre sí, reforzando las plazas y puntos singulares, etc. En definitiva contribuyendo a crear una verdadera trama verde en la ciudad”²⁸⁹.

²⁸⁹ Esta cuestión se valora en Q9.3 CONFIGURACIÓN URBANA [CU]

4.1.5 Q5. MEZCLA DE USOS [MU]

ÁREAS RELACIONADAS	Ciudad compacta, Accesibilidad, Paisaje Urbano, Metabolismo.
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa tanto del equilibrio entre superficie de actividad y residencia como del grado de accesibilidad de los habitantes al comercio de uso cotidiano. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, $Q5_i$ con la fórmula siguiente:

$$MU[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 Q5_i * ke_i \quad (18)$$

Siendo MU [%]_ Indicador 'Mezcla de Usos' y $Q5_i$ _ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q5.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

EQACT _ Indicador Equilibrio entre Actividad y residencia

PR_ Proximidad a Comercio de Uso Cotidiano

OBSERVACIONES

Se considera que la adecuada mezcla de usos urbanos y la accesibilidad a comercio de proximidad son fundamentales para detener el “ascenso de los desplazamientos motorizados en desplazamientos ligados a compras y ocio, que en los modelos tradicionales de ciudad se realizaban exclusivamente a pie” [Díaz et Al, 2007: 10].

Por otra parte, nos permite detectar la existencia tanto de barrios dormitorio como de zonas con excesiva presencia comercial. Ambas situaciones extremas llevan a áreas urbanas ineficientes, que la mitad del tiempo están casi vacías [i.e., no son casi utilizadas].

Para conseguir una misma utilidad total requieren casi duplicar el consumo de recursos [suelo, edificios,...] generando áreas cuya baja ocupación les resta atractivo la mitad del tiempo y obligando a sobredimensionar las redes de transporte [para que sea capaz de permitir a la población desplazarse en cada uno de los dos sentidos al principio y al final del día].

Q5.1 EQUILIBRIO ENTRE ACTIVIDAD Y RESIDENCIA [EA]***

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Agregado
 FUENTES E INDICADORES Rueda, 2012:525. Indicador CJU.04.21. Equilibrio entre actividad y residencia
 RELACIONADOS USGBC, 2009: 29. Indicador: SLL 5: Housing and Jobs Proximity

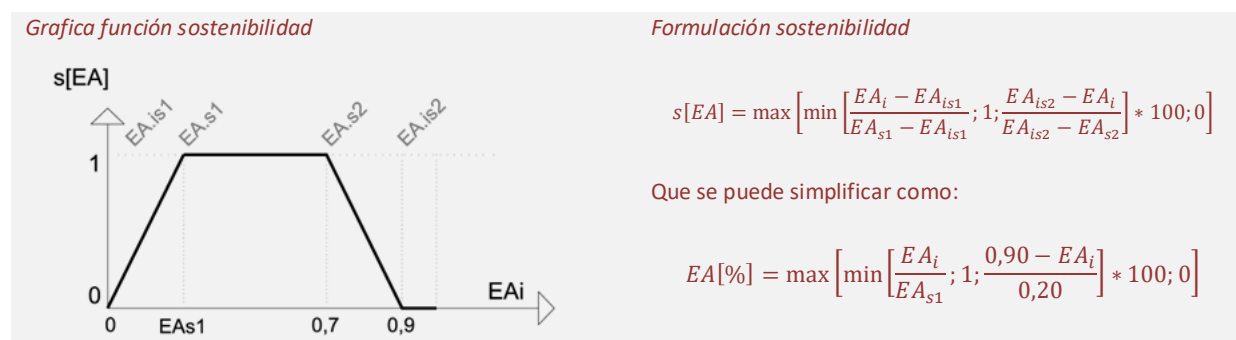
DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que existe una adecuada mezcla de usos urbanos [equilibrio entre actividad y residencia o ‘grado de mixticidad’]. Los ‘Objetivos de Sostenibilidad’ EA_s, dependerán del tipo de Área Urbana, y serán:

TABLA Q5.1A-0_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD						
		Limite 01			Limite 02	
		TEJIDO CENTRAL	TEJIDO MEDIO	TEJIDO RESIDENCIAL/PERIFERICO	CIUDAD	
Objetivo Sostenibilidad	EAs	0,20 (1)	0,15 (1)	0,10 (1)	0,15 (1)	0,70 (2)
Umbral Insostenibilidad	EAs			0		0,90 (3)

FUENTE: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:
 (1) Rueda, 2012. Indicador CJU.04.21.
 (2) Este valor se toma de USGBC [2009: 31. Crédito SLL 5] que considera mínimo el 30% de edificabilidad para uso residencial.
 (3) El ‘Índice de variedad de uso’, que especifica que en cualquier desarrollo debe destinarse al menos el 10% de la edificabilidad a usos diferentes del mayoritario [que sean compatibles con el mismo] [CCL, 2009 Reglamento de León, Artículo 85 2.d].

La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo EA_ Indicador ‘Equilibrio Actividad Residencia’; EA_i_ Porcentaje superficie usos no residenciales y EA_s_ Objetivo de Sostenibilidad para ‘Equilibrio Actividad-Residencia’

El cálculo de EA_i lo haremos mediante la fórmula:

$$EA_i = \frac{S_{act}}{S} \tag{4}$$

Siendo S_{act}_ Superficie de Actividad y S_ Superficie Total

OBSERVACIONES

Se acepta mayoritariamente el impacto negativo de la segregación funcional de las áreas urbanas, que separa los barrios dormitorio [que solo se utilizan para dormir] de las áreas de actividad [que solo se utilizan para trabajar].

Se trata de áreas urbanas que solo se utilizan la mitad del día [se quedan vacías el resto del tiempo]; cuyo funcionamiento requiere desplazamientos masivos obligando a un sobredimensionamiento de las infraestructuras de transporte, y dificultando los desplazamientos peatonales. Por ello, se hace necesario establecer unos porcentajes mínimos tanto de superficie comercial [para evitar generar barrios dormitorio] como de superficie residencial [para evitar áreas que solo se utilizan de día].

La mezcla de usos se relaciona así con una mayor eficiencia en el uso del suelo y reducción del consumo de energía asociado al transporte motorizado. Complementariamente, suele llevar a un incremento de la Calidad de Vida, puesto que facilita la accesibilidad de los habitantes a servicios diversos.

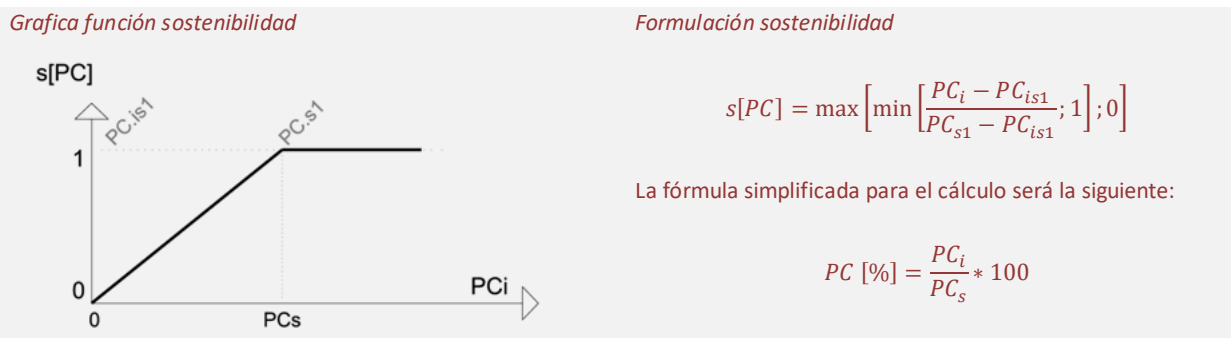
Aunque este indicador admite ponderación por umbral, en general no es relevante.

Q5.2 PROXIMIDAD A COMERCIO DE USO COTIDIANO [PC]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver Indicador Agregado
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Rueda, 2012:529. Indicador CJU.04.22. Proximidad a actividades comerciales de uso cotidiano
	USGBC, 2009: 55. Indicator: NPD Credit 3: Mixed-Use Neighborhood Centers
	BRE, 2011: 323. TRA4. Local Amenities
	JSBC, 2007: 90. Q.2.5.1 Distance to daily – use stores and facilities

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de accesibilidad de los habitantes del área urbana al comercio de uso cotidiano. El Objetivo de Sostenibilidad 'PC_s' es que el 100% de la población tenga las condiciones de accesibilidad adecuadas. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo PC_ Indicador 'Proximidad a Comercio de Uso Habitual'; PC_s_ Objetivo de sostenibilidad en 'Proximidad a Comercio Habitual'

$$PC_i = \frac{P_{pr}}{P_t} \quad (5)$$

Siendo P_{pr}_ Población con cobertura simultánea a todas las tipologías de comercio de uso habitual y P_t_ Población Total

Consideramos que poseen las condiciones de accesibilidad aquellos habitantes cuya vivienda cumple las condiciones de accesibilidad a un comercio [o más] de cada tipo de los incluidos en la tabla siguiente [a una distancia menor a la indicada para cada categoría].

TABLA Q5.2_ ACCESIBILIDAD A ACTIVIDADES COMERCIALES DE PROXIMIDAD	
< 300 m	< 600 m
Supermercado / Mercado	
Prensa	Oficina de Correos
Farmacia	Tienda de ropa
Locutorio / Internet	Ferretería
Tienda de conveniencia (1)	Peluquería
Restaurante / Cafetería	Lavandería / Tinte
Buzón	
Banco / Cajero Automático	

FUENTE: USGBC, 2009: 110. Appendix. Diverse Uses y MFOM, 2012:529. Indicador CJU.04.22
 (1) Tiendas con venta de productos variados [alimentación, libros, prensa y otros], y con horario de apertura superior a 18 horas.

En general, podemos adoptar la simplificación de suponer los habitantes uniformemente repartidos en todas las viviendas y sustituir P_{pr} por V_a [nº de viviendas que cumplen las condiciones de accesibilidad], y P_t por V_t [nº total de viviendas en el área urbana].

OBSERVACIONES

La posibilidad de los habitantes de resolver el máximo de sus compras habituales en distancias accesibles peatonalmente o en bicicleta, suele tener tres efectos muy beneficios sobre la Calidad de Vida de los habitantes en las áreas urbanas

- ... reduce el tiempo destinado diariamente a movilidad
- ... incrementa la actividad física
- ... reduce los desplazamientos motorizados y sus efectos perjudiciales [contaminación atmosférica y acústica, carga económica,..].

Algunas cuestiones interesantes de otras propuestas son:

- JSBC considera también 300/600 m como los intervalos de distancia óptimos, e incluye entre las necesidades el acceso a edificios administrativos [junta municipal, u otros]
- EP-THC sugiere tres escalones: 2-3 minutos/250m; 5 minutos [400m] y 10 minutos / 800m [EP-THC, 2007:35]
- BRE considera que las distancias pueden ser hasta 500m y 1000m, proponiendo un listado diferente de actividades.
- Hernández Aja también considera los intervalos 500m y 1000m.

Al igual que se indicó en los indicadores Q2.2 y Q3.2, en algunos casos una buena accesibilidad mediante bicicleta puede contribuir a reducir las 'distancias temporales' a algunos establecimientos.

4.1.6 Q6. DIVERSIDAD/ESTRUCTURA HABITACIONAL [DH/EH]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicadores parciales
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la diversidad/estructura de la oferta habitacional del Área urbana fomenta la integración espacial de los habitantes de la ciudad [y del grado en que favorece la segregación espacial como valor complementario]. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, Q6_i con la fórmula siguiente:

$$DH[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 Q6_i * ke_i \quad (6)$$

Siendo DH [%]_ Indicador 'Diversidad/Estructura Habitacional' y Q6_ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q6.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

DT/DS _ Indicador 'Diversidad de Tipologías/Superficies de Vivienda'²⁹⁰

DC_ Indicador 'Diversidad de Coste de Vivienda'

OBSERVACIONES

Este indicador valora el grado de integración espacial de los diferentes grupos [económicos y sociales] que habitan la ciudad. Se trata de revisar si existen fenómenos de polarización/segregación espacial, en los que cada área urbana favorezca la instalación de un cierto grupo de habitantes [y en consecuencia la exclusión de otros]. Para ello, evaluamos dos cuestiones:

- la *diversidad de tipologías/estructura de superficies de vivienda*, que nos informa del grado en que el área urbana puede acoger a los colectivos con diferentes requerimientos habitacionales presentes en la ciudad.
- la *estructura de coste económico de la vivienda*, que nos informa del grado en que el área urbana puede acoger habitantes con diferente capacidad económica.

La importancia de las cuestiones medidas por este indicador es que la mezcla de grupos sociales incrementa la estabilidad urbana [reduce la polarización] y accesibilidad universal, reduciendo la 'vulnerabilidad' del conjunto y maximizando su resiliencia y sostenibilidad.

²⁹⁰ Son dos indicadores alternativos, que explicamos a continuación.

Q6.1 DIVERSIDAD DE TIPOLOGÍAS/ESTRUCTURA DE SUPERFICIES DE VIVIENDA [DT/ES] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Agregado
 FUENTES E INDICADORES Ver indicadores parciales
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la diversidad de tipologías o superficies residenciales es óptima. Para ello utilizamos alternativamente uno de los dos siguientes indicadores, que elegimos en función del siguiente criterio:

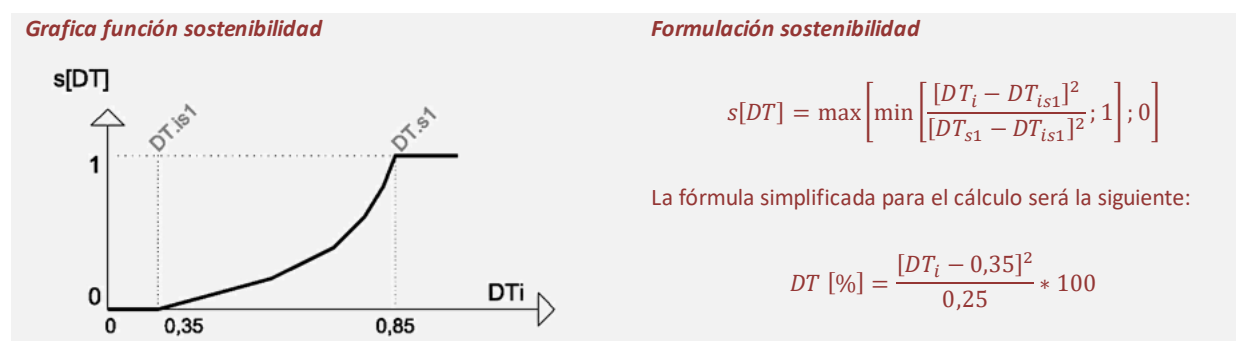
TABLA 6-1.0_ CRITERIOS PARA UTILIZAR UNO U OTRO INDICADOR (0)	
DIVERSIDAD DE TIPOLOGÍAS	<ul style="list-style-type: none"> • Actuaciones que plantean un número importante de nuevas viviendas [puede ser un nuevo desarrollo o un proyecto de intervención sobre un área existente] con superficie entre 10-25Ha. • Áreas con poca presencia de vivienda colectiva.
ESTRUCTURA DE SUPERFICIES	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas existentes en que no se plantean grandes intervenciones/modificaciones de la edificación. • Actuaciones que plantean un número importante de nuevas viviendas [puede ser un nuevo desarrollo o un proyecto de intervención sobre un área existente] con superficie superior a 25Ha. • Áreas con presencia fundamentalmente de vivienda colectiva.
FUENTE: Elaboración propia.	
(0) Las recomendaciones para elegir entre uno y otro indicador no deben entenderse de manera estricta, pudiendo utilizarse otro criterio si se considera preferible.	

Q6.1A DIVERSIDAD DE TIPOLOGÍAS RESIDENCIALES [DT]

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Agregado
 FUENTES E INDICADORES USGBC, 2009: 57. NPD 04. Mixed-Income Diverse Communities
 RELACIONADOS BRE, 2011: PS7 Local Demographics PS [Affordable Housing]

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la diversidad de tipologías residenciales es óptima. El Objetivo de Sostenibilidad DT_s es alcanzar un valor de 0,85. El Umbral de Insostenibilidad es que la diversidad tipológica sea inferior a 0,35. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo DT_ indicador 'Diversidad de Tipologías'; DTi_ diversidad de tipologías en el área urbana; DTs_ Objetivo de Sostenibilidad para 'Diversidad Tipológica' y DTis_ umbral de insostenibilidad para 'Diversidad Tipológica'.

Como valor DT_i tomamos el 'Índice de Diversidad de Simpson inverso', según la siguiente formula:

$$DT_i = \left[1 - \sum_{i=1}^m n_i^2 \right] \quad (7)$$

Siendo n_i porcentaje de cada tipología de viviendas i respecto al total de viviendas y m_ número de tipologías diferentes.

Para el cálculo del indicador consideramos las siguientes Tipologías de viviendas

MORFOLOGÍA	TIPOLOGÍA	PROPIEDAD	ALQUILER	
Vivienda unifamiliar	Aislada	Superficie parcela > 500 m ²	X	X
		Superficie parcela < 500 m ²	X	X
	Pareada	X	X	
	Adosada	X	X	
Vivienda colectiva	Nuevos desarrollos urbanos	Loft o Dúplex	X	X
		Estudio	X	X
		Un dormitorio	X	X
		Dos dormitorios	X	X
		Tres dormitorios	X	X
		Planta baja con jardín o Ático con terraza	X	X

FUENTE: Propuesta propia.

(0) Se proponen 10 categorías para nuevos desarrollos urbanos, diferenciando entre vivienda en propiedad y en alquiler [suelen corresponder a diferente tipo de habitante] obteniendo un total de 20 categorías.

OBSERVACIONES

Medimos la diversidad de tipologías de vivienda mediante el Índice de Diversidad de Simpson que calcula la probabilidad de que dos viviendas del área seleccionadas al azar [e indirectamente, sus habitantes] sean de un tipo diferente²⁹¹.

Sin embargo, esta búsqueda de diferenciación debe compatibilizarse con el hecho de que las ciudades se estructuran en parte en [y su análisis tiende a hacerse buscando] áreas morfológicamente homogéneas, cuya homogeneidad proviene precisamente del predominio [mayor frecuencia] de ciertas tipologías frente a otras. Esta homogeneidad formal se vincula a la 'identidad' de cada área que la diferencia de otras áreas urbanas, y constituye por ello una característica a preservar.

En este sentido, las Normativas locales suelen buscar la preservación de estas identidades diferenciadas limitando las tipologías permitidas en cada área urbana a aquellas compatibles con su identidad; *no todas las tipologías de viviendas son admitidas en todas las áreas*.

TABLA Q6.1-2_ ZONAS MORFOLÓGICAS DENTRO DE LA TIPOLOGÍA RESIDENCIAL

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Zona 1 Protección del Patrimonio Histórico • Zona 2 Protección de Colonias Históricas • Zona 3 Volumetría específica • Zona 4 Edificación en manzana cerrada • Zona 5 Edificación en bloques abiertos • Zona 6 Edificación en cascos anexionados | <ul style="list-style-type: none"> • Zona 7 Edificación en baja densidad • Zona 8 Edificación en vivienda unifamiliar • Zona 9 Actividades económicas • Zona 10 Ejes terciarios • Zona 11 Remodelación |
|---|---|

FUENTE: Ayuntamiento de Madrid. PGOUM 97 [edición Julio 2010: 388]. La propia zonificación del PGOUM de Madrid nos habla precisamente de la 'identidad' que adquieren diferentes áreas urbanas gracias al predominio de ciertas morfologías [tipologías edificatorias que a su vez suelen implicar ciertas tipologías residenciales –limitan las tipologías posibles-].

Por ello, los objetivos deben establecerse para cada área en función del número de tipologías de viviendas admisibles [compatibles con su morfología]. Los límites propuestos pueden considerarse óptimos en cualquier área que admita 4 o más tipologías, pero se admiten excepciones si la normativa limita el número de tipologías admisibles:

²⁹¹ La fórmula planteada implica que se elige una vivienda al azar dentro del total, y se vuelve a elegir otra vivienda sobre el total de viviendas [i.e., se admite la posibilidad de elegir dos veces la misma vivienda]. Para una revisión y comparación de diferentes índices para medir Diversidad, ver ANEXO VII_ DIFERENCIACIÓN U ORGANIZACIÓN?

TABLA Q6.1-3_ LÍMITES SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

Nº tipologías admitidas	Umbral insostenibilidad	Objetivo sostenibilidad	Notas
1	0,32	0,48	(1) (2)
2	0,32	0,71	(1) (3) (4)
3	0,34	0,81	(1) (3)
4	0,35	0,85	(3)
5 o más	0,35	0,85	(5)

FUENTE: elaboración propia con las siguientes notas:

- (0) En todas las tipologías de viviendas se considera que la propiedad y alquiler implican diferente tipo de habitantes.
- (1) Solo se admite en caso de tejidos con 'Protección Integral' [e.g., colonias de hotelitos, conjuntos históricos monumentales,...]
- (2) Para una única tipología se considera que el estado pésimo se alcanza cuando el reparto propiedad/alquiler se sitúa por debajo de 80/20 [o 20/80] y el estado óptimo se alcanza para repartos propiedad/alquiler ente 60/40 y 40/60
- (3) Para 2-4 tipologías de vivienda admitida los valores se han calculado:
 - a. Umbral de insostenibilidad. Consideramos el 80% asignado a una tipología; el resto de viviendas se reparten homogéneamente entre los demás tipos, y en cada tipo todas las viviendas son propiedad o alquiler.
 - b. Umbral de sostenibilidad. Consideramos que la tipología dominante representa el 200% de cualquier otra tipología. El resto de tipologías se reparten homogéneamente y dentro de cada tipología existe un reparto propiedad/alquiler 60/40 a 40/60.
- (4) Los valores obtenidos para dos tipologías se acercan a la propuesta de USGBC [2009:57] de un valor 0,7 como valor deseable para nuevos desarrollos urbanos considerando 20 tipologías, si bien la fórmula cuadrática solo otorga una idoneidad de 0,25 a un valor de diferenciación de 0,50 [propuesto por USGBC como valor aceptable]
- (5) Para el caso de 5 tipologías de vivienda admitida los valores se han calculado:
 - a. Umbral de insostenibilidad. Consideramos el 80% asignado a una tipología; el resto de viviendas se reparten homogéneamente entre los demás tipos, y en cada tipo todas las viviendas son propiedad o alquiler.
 - b. Umbral de sostenibilidad. Consideramos que la tipología dominante representa el 200% de cualquier otra tipología. El resto de tipologías se reparten homogéneamente y dentro de cada tipología existe un reparto propiedad/alquiler 80/20 a 20/80.
- (6) La consideración del rango 80/20 como límite de reparto entre diferentes tipologías [o entre propiedad y alquiler] la hemos adoptado del Índice de Diversidad Tipológica [CCL, 2009: Artículo 85 3.b], que especifica que en cualquier desarrollo debe destinarse al menos el 20% de la edificabilidad a tipologías diferentes de la mayoritaria.

En caso de tener que adaptar el indicador a situaciones particulares diferentes de las aquí contempladas, es conveniente considerar que la formación de áreas homogéneas requiere permitir valores de diferenciación más pequeños en la escala reducida que en la escala intermedia; i.e., *la diferenciación en la escala intermedia [y global] solo es posible si existe cierta homogeneidad en la escala reducida [e intermedia]*.

Q6.1B ESTRUCTURA DE SUPERFICIES DE VIVIENDA [ES]

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Agregado
 FUENTES E INDICADORES --
 RELACIONADOS --

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

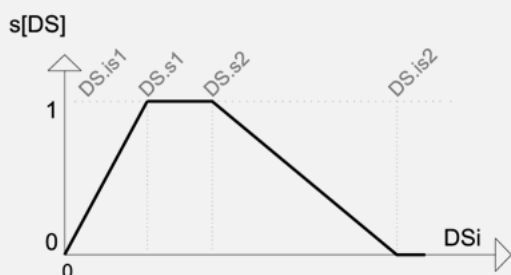
Informa del grado en que la estructura de superficies de vivienda es óptima. El cálculo del indicador se hará como una medida de grado de organización [agregación aritmética ponderada] a partir de los indicadores [indicadores de Nivel 4, Q6_{ij}] que informan de la idoneidad del reparto para cada una de las categorías de superficie definidas, mediante la fórmula siguiente:

$$ES_i [\%] = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m ES_{ij} * Ke_{ij} \quad (8)$$

Siendo ES [%] _ Indicador 'Estructura superficies de Vivienda' y ES_{ij}_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q6.

Los indicadores para cada categoría de superficie tienen cuatro límites. Los Objetivos de Sostenibilidad varían para categoría [y en función del tamaño de ciudad], mientras que los Umbrales de Insostenibilidad son iguales para todos, siendo ES_{is1} igual a 0 y ES_{is2} igual a 0,8. Todos los indicadores tienen la misma gráfica y fórmula de la función sostenibilidad:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[ES_i] = \max \left[\min \left[\frac{ES_i}{ES_{s1}}; 1; 1 - \frac{ES_{ij} - ES_{s2}}{ES_{is2} - ES_{s2}} \right] * 100; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$DE_i [\%] = \max \left[\min \left[\frac{ES_i}{ES_{s1}}; 1; 1 - \frac{ES_{ij} - ES_{s2}}{0,8 - ES_{s2}} \right] * 100; 0 \right]$$

Siendo ES_ indicador 'Estructura de superficies Vivienda'; ES_i_ Estructura de superficies en el área urbana; DS_s_ Objetivo de Sostenibilidad para 'Estructura superficies Vivienda' y ES_{is}_ umbral de insostenibilidad para 'Estructura superficies Vivienda'.

Los Objetivos de Sostenibilidad son los siguientes:

TABLA Q1.6_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD

		Hasta 45 m2	46-60 m2	61-75 m2	76-90 m2	91-105 m2	106-120 m2	121-150 m2	Más de 150 m2
CIUDADES GRANDES (2a)	ESs2	11,25%	26,88%	31,25%	27,50%	11,88%	6,25%	5,00%	5,00%
	ESs1	6,75%	16,13%	18,75%	16,50%	7,13%	3,75%	3,00%	3,00%
CIUDADES MEDIANAS (2b)	ESs2	4,38%	15,63%	31,25%	37,50%	15,00%	9,38%	6,88%	5,00%
	ESs1	2,63%	9,38%	18,75%	22,50%	9,00%	5,63%	4,13%	3,00%
CIUDADES PEQUEÑAS (2c)	ESs2	3,75%	13,44%	28,13%	41,25%	17,19%	9,38%	6,88%	5,00%
	ESs1	2,25%	8,06%	16,88%	24,75%	10,31%	5,63%	4,13%	3,00%

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- 1) Los límites de sostenibilidad se han propuesto en todos los casos siguiendo el siguiente criterio:
 - a. ESs1_ Se ha calculado a partir del valor medio 'normalizado' para el grupo de ciudades, reduciéndole un 25%
 - b. ESs2_ Se ha calculado a partir del valor medio 'normalizado' para el grupo de ciudades, incrementándolo un 25%
- 2) Los grupos de ciudades revisados han sido:
 - a. Ciudades Grandes [población superior a 1.000.000 habitantes]: Madrid y Barcelona. Los valores medios 'normaliza-

dos' han sido: 9,00% /21,50%/25,00%/22,00%/9,50%/5,00%/4,00%/4,00% [100,00%]

- b. Ciudades Medianas [población entre 500.000 y 1.000.000 habitantes]: Valencia, Sevilla, Zaragoza y Málaga. Los valores medios 'normalizados' han sido: 3,50%/12,50%/25,00%/30,00%/12,00%/7,50%/5,50%/4,00% [100,00%]
 - c. Ciudades Pequeñas [población inferior a 500.000]: La Coruña, Valladolid, Granda y Santa Cruz de Tenerife. Los valores medios 'normalizados' han sido: 3,00% /10,75%/22,50%/33,00%/13,75%/7,50%/5,50%/4,00% [100,00%]
-

OBSERVACIONES

Para establecer los valores óptimos de superficies de vivienda hemos considerado que la estructura actual de superficies de vivienda de las ciudades españolas es capaz de satisfacer las necesidades de sus habitantes, y que la cohesión que se busca alcanzar [o polarización que se busca evitar] es la que se alcanzaría mediante una integración [segregación] espacial de dichas viviendas/habitantes.

Por ello, **no planteamos una modificación de las superficies de vivienda** [no medimos la evolución hacia un modelo diferente de vivienda]²⁹², **sino el grado en que la presente estructura de distribución de superficies se integra espacialmente**, evitando la segregación entre clases o tipos de habitantes.

Esta estructura o patrón, presenta una forma similar a una curva de Gauss que desplaza su centro desde superficies menores para ciudades grandes [61-75 m²] hacia superficies de vivienda mayores en Ciudades Medianas y pequeñas [76-90m²]²⁹³, aconsejando por ello diferenciar tres tamaños de ciudad para establecer objetivos de sostenibilidad.

En todas las categorías de vivienda se ha considerado que la situación pésima corresponde a la ausencia de dicha categoría o la presencia de más de un 80% de la misma.

²⁹² Por otra parte, si se detecta una inadecuación entre la estructura actualmente existente de vivienda y las necesidades de la población, puede definirse una estructura óptima y realizar la evaluación contra dicha estructura óptima.

²⁹³ Este patrón en esencia indica que en las ciudades con menor número de habitantes, hay menos 'escasez de espacio', y por tanto las viviendas tienen mayor superficie.

Q6.2 DIVERSIDAD COSTE DE VIVIENDA [DCV]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver Indicador Agregado
FUENTES E INDICADORES	Índice de Herfindahl-Hirschmann
RELACIONADOS	USGBC, 2009: 57. NPD 04. Mixed-Income Diverse Communities

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado en que la Diferenciación/Estructura de Coste de la Vivienda favorece/posibilita una estructura social representativa de la Estructura de Renta global el área urbana. El cálculo se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q6.2., con la fórmula:

$$DCV = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 Q06.2_i * ke_i \quad (1)$$

Siendo DCV [%]_ Indicador 'Diversidad Coste Vivienda' y Q6.2._ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q6.2.

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

DCP_ Indicador Diferenciación/Estructura Coste Vivienda Propia

DCA_ Indicador Diferenciación/Estructura Coste Vivienda Alquiler

A su vez, el último nivel de información dentro de cada uno de los dos indicadores anteriores deberá calcularse como una medida de diferenciación o de organización según el tamaño del área evaluada.

OBSERVACIONES

Este indicador se aparta de los enfoques habituales que evalúan el porcentaje de vivienda protegida o accesible, para evaluar el grado en que la estructura de coste de las viviendas favorece la integración espacial de los grupos con diferente nivel de renta.

No revisamos por tanto si la estructura de distribución de la renta entre los habitantes es adecuada o si lo es la estructura de precios de la vivienda²⁹⁴, sino si la estructura de coste de las viviendas en el área urbana evaluada favorece la integración/mezcla equilibrada [o segregación] de habitantes con diferentes ingresos; si tiende a integrar [o separar] a los diferentes grupos que habitan la ciudad.

Una opción para valorarlo sería una medida que comparase la Concentración de la Renta [e.g., Coeficiente de Gini] en el área urbana con la existente en la sociedad en que se inserta. Un entorno cohesivo [no segregador] sería aquel para el cual la concentración de la renta entre sus habitantes fuera similar a la concentración media en el conjunto de la ciudad.

²⁹⁴ No se trata de definir una estructura óptima de precios sino ver si la estructura dentro de la ciudad integra a los grupos que la habitan. Sin embargo, se puede valorar si la estructura de precios es adecuada evaluando las diferentes áreas urbanas y calculando la Desviación que se obtiene entre sus valores. Como referencia, el análisis para Bilbao [Gini=0,25] da una desviación entre los valores de estructura de coste para sus distritos de 0,15, y el análisis para Madrid [Gini=0,50] da un valor de 0,20 [datos de Gini de Fedea para 2015]. En este caso, la prioridad debe ser reducir la desigualdad en el área urbana, y habrá que primar estructuras de coste de vivienda que maximicen los quintiles intermedios-bajos.

Sin embargo, no podemos considerar operativa la medida de Concentración de la Renta ya que el diseño urbano debe favorecer la integración respetando la libertad de elección individual que, incluso en ausencia de barreras económicas, suele llevar a una cierta concentración espacial de grupos similares. La decisión de ubicarse en un área urbana o no, no debe corresponder a los urbanistas sino a cada persona.

Por ello, el criterio que adoptamos es considerar que *la estructura de coste debe posibilitar que el grupo de personas que se instalan en un área urbana sea representativo de la estructura de renta de la sociedad/ciudad a la que pertenecen*. En consecuencia el objetivo que establecemos es que la estructura de precios de las viviendas en el área urbana sea similar a la estructura 'tipo' de precios en el conjunto de la ciudad/área metropolitana²⁹⁵.

El objetivo anterior nos da el criterio de medida, que será calcular el grado de diversidad social que fomenta cada área urbana a partir de la medida de la diferenciación/estructuración del coste de las viviendas [compra o alquiler] en relación a la estructura del conjunto.

Para determinar la estructura de la sociedad/ciudad, realizaremos dos pasos:

- en primer lugar, revisaremos cuales son las *tipologías principales de vivienda* en la sociedad/ciudad, y el porcentaje en que aparece cada una de ellas. Para ello diferenciaremos entre *alquiler y compra*, que suelen presentar porcentajes bastante diferentes.
- en segundo lugar, diferenciaremos la *estructura de precios dentro de cada tipología de vivienda*. Para ello nos apoyaremos en el concepto de 'quintil' económico, y definiremos cinco intervalos de coste para cada tipología de vivienda, cada uno de ellos comprendiendo un 20% del total de viviendas en la ciudad.

Obtenemos así tres escalones entre los cuales hay que diferenciar, y es necesario indicar que estos escalones presentan diferente significado: y mientras los dos primeros no son intercambiables [deben calcularse como medidas de organización] el último lo será aproximadamente [y por ello podrá también calcularse como una medida de diferenciación].

Ello unido al hecho de que en áreas urbanas pequeñas puede no haber suficiente oferta de vivienda, lleva a que establezcamos dos formas de agregación:

- los dos niveles superiores, deben agregarse como medidas de organización [media aritmética ponderada y media aritmética agregada con doble ponderación]
- el nivel inferior puede agregarse como medida de organización [áreas grandes] o de diferenciación [áreas pequeñas]

²⁹⁵ Buscamos una relación de autosemejanza que abarque a un área de influencia suficientemente extensa, para detectar situaciones de segregación territorial. Sin embargo, en ciudades con suficiente tamaño, el análisis puede limitarse a la ciudad.

TABLA Q6.3-0_ PARÁMETROS QUE ES NECESARIO REVISAR

NO INTERCAMBIABLES [Se deben valorar como organización]		INTERCAMBIABLES [Se pueden valorar como diferenciación u organización]
TIPO DE PRO-PIEDAD	Nº HABITACIONES (1)	INTERVALOS DE PRECIO
Propiedad	Estudio 1 Dormitorio	Debe establecerse para cada ciudad revisando su estructura de precios: Revisamos la oferta de vivienda en alquiler/venta y establecemos cuatro umbrales que dejan un 20% de viviendas en cada categoría (2)
Alquiler	2 Dormitorios	
	3 Dormitorios	
	4 Dormitorios o Más	

FUENTE: elaboración propia.

- (2) Proponemos esta división que parece aceptable tanto para un número amplio de ciudades [al menos en España].
- (3) La forma de establecer los porcentajes de vivienda no nos lleva en este nivel a un patrón tipo Gauss sino de equiprobabilidad. Esto nos permitirá valorar alternativamente la Diferenciación /estructura de las viviendas, utilizando alternativamente una medida de grado de organización [áreas grandes] o de diferenciación HHI [áreas pequeñas] sin necesidad de re-definir las categorías.

Q6.2.1 DIFERENCIACIÓN/ESTRUCTURA COSTE VIVIENDA PROPIEDAD [DCP/ECP]

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Agregado
FUENTES E INDICADORES Ver Indicador Agregado
RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la estructura del coste de la vivienda en propiedad favorece/posibilita una estructura social representativa de la Estructura de Renta global el área urbana. El cálculo del indicador se hará como agregación aritmética con doble ponderación a partir de los indicadores que evalúan cada una de las tipologías de vivienda [indicadores de Nivel 5, Q6_{ij}]

$$DCP/ECP_i[\%] = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m DCP/ECP_{ij} * k_p * ke_{ij} \quad (9)$$

Siendo DCP/ECP [%] _ Indicador 'Diferenciación/Estructura Coste Vivienda en Propiedad; DCP/ECP_{ij}_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q6; k_p_ coeficientes de ponderación según porcentaje que cada tipología representa sobre el total

Para calcular el *indicador para cada tipología de vivienda*, deberemos usar uno de los siguientes dos indicadores alternativos:

- Diferenciación coste viviendas propiedad [áreas pequeñas].
- Estructura coste vivienda propiedad [áreas grandes].

Existe una parte del proceso de cálculo común para dichos procedimientos, que es la siguiente:

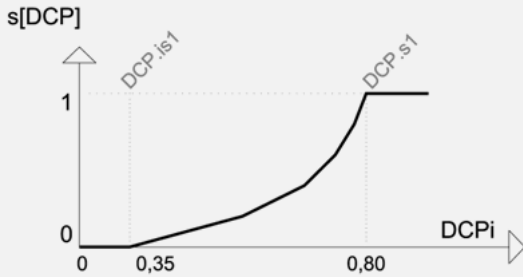
- se establecen las *Tipologías de vivienda principales de venta en la ciudad/área metropolitana*.
- se divide cada una de ellas en *cinco intervalos de precio*, que dejan un 20% de las viviendas dentro de cada Tipología [referido al total de la ciudad/área metropolitana].
- calculamos el *porcentaje de viviendas en cada intervalo de precio* para cada Tipología de vivienda en el área urbana evaluada.

El resto del proceso es diferente para cada indicador, y lo detallamos a continuación:

DIFERENCIACIÓN COSTE VIVIENDA EN PROPIEDAD

El Objetivo de Sostenibilidad para cada tipología de vivienda DCP_s es 0,80. El Umbral de Insostenibilidad DCP_{is} es 0,35. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[DCP] = \max \left[\min \left[\frac{[DCP_i - DCP_{is1}]^2}{[DCP_{s1} - DCP_{is1}]^2}; 1 \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$DCP = \frac{[DCP_i - 0,35]^2}{0,45^2} * 100$$

Siendo DCP_i Indicador 'Diversidad Coste Vivienda Propia'; DCP_{is} Umbral de insostenibilidad para DCP , y DCP_s Objetivo de Sostenibilidad de DCP .

El valor DCP_i se calcula como Índice de Diversidad de Simpson inverso' considerando los porcentajes de vivienda en el área dentro de cada quintil de coste establecido a nivel ciudad para dicha tipología:

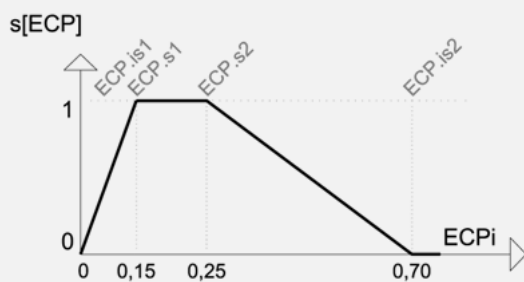
$$DCP_i = \left[1 - \sum_{i=1}^5 n_i^2 \right] \quad (10)$$

Siendo n_j el porcentaje de viviendas correspondiente a cada quintil de precio respecto al total de viviendas de la tipología j .

ESTRUCTURA COSTE VIVIENDA EN PROPIEDAD [ECP_i]

Previamente a calcular el indicador para cada tipología, calculamos un indicador elemental para cada quintil de coste. Estos indicadores tienen cuatro límites. Los Objetivos de Sostenibilidad ECP_{s1} es 0,15 y ECP_{s2} es 0,25, y los Umbrales de Insostenibilidad ECP_{is1} es 0 y ECP_{is2} es 0,7. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[ECP_{i,j}] = \max \left[\min \left[\frac{ECP_i}{ECP_{s1}}; 1; 1 - \frac{ECP_{ij} - ECP_{s2}}{ECP_{is2} - ECP_{s2}} \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$ECP_{i,j} [\%] = \max \left[\min \left[\frac{ECP_i}{0,15}; 1; 1 - \frac{ECP_{ij} - 0,25}{0,45} \right]; 0 \right]$$

Siendo ECP_{ij} Indicador 'Estructura Coste Vivienda Propia' para tipología de vivienda i ; ECP_i Estructura Coste Vivienda Propia en el área urbana; ECP_s Objetivo de Sostenibilidad de ECP , y ECP_{is} Umbral de insostenibilidad para ECP_i

A partir de los indicadores para cada quintil de coste $ECP_{i,j}$ calculamos el indicador para cada Tipología de Vivienda, como media aritmética ponderada:

$$ECP_i = \frac{1}{5} * \sum_{j=1}^5 ECP_{i,j} * ke_i \quad (11)$$

Q6.2.2 DIFERENCIACIÓN/ESTRUCTURA COSTE VIVIENDA ALQUILER [DCA/ECA]

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Agregado
FUENTES E INDICADORES Ver Indicador Agregado
RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la estructura del coste de la vivienda en alquiler favorece/posibilita una estructura social representativa de la Estructura de Renta global el área urbana. El cálculo del indicador se hará como agregación aritmética con doble ponderación a partir de los indicadores que evalúan cada una de las tipologías de vivienda [indicadores de Nivel 5, Q6_{ij}]

$$DCA/ECA_i[\%] = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m DCA/ECA_{ij} * k_p * ke_{ij} \quad (12)$$

Siendo DCA/ECA _ Indicador 'Diferenciación/Estructura Coste Vivienda Alquiler'; DCA/ECA_{ij}_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q6; k_p_ coeficientes de ponderación según porcentaje que cada tipología representa sobre el total

Para calcular el *indicador para cada tipología de vivienda*, deberemos usar uno de los siguientes dos indicadores alternativos:

- Diferenciación coste viviendas alquiler [áreas pequeñas].
- Estructura coste vivienda alquiler [áreas grandes].

Existe una parte del proceso de cálculo que será común para dichos procedimientos, y que es la siguiente:

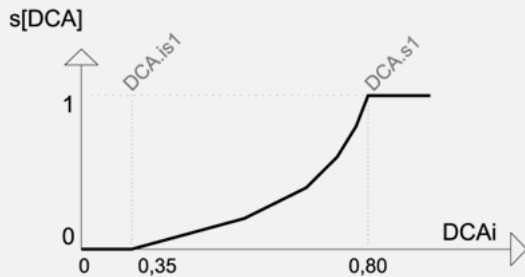
- se establecen las *Tipologías de vivienda principales en alquiler en la ciudad/área metropolitana*.
- se divide cada una de ellas en *cinco intervalos de renta [precio mensual alquiler]*, que dejan un 20% de las viviendas dentro de cada Tipología [referido al total de la ciudad/área metropolitana].
- calculamos el *porcentaje de viviendas en cada intervalo* para cada Tipología de vivienda en el área urbana evaluada.

El resto del proceso es diferente para cada indicador, y lo detallamos a continuación:

DIFERENCIACION COSTE VIVIENDA EN ALQUILER

El Objetivo de Sostenibilidad para cada tipología de vivienda DCA_s es 0,80. El Umbral de Insostenibilidad DCA_{is} es 0,35. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[DCA] = \max \left[\min \left[\frac{[DCA_i - DCA_{is1}]^2}{[DCA_{s1} - DCA_{is1}]^2}; 1 \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$DCA = \frac{[DCA_i - 0,35]^2}{0,45^2} * 100$$

Siendo DCA_i Indicador 'Diversidad Coste Vivienda Propia'; DCA_i Diversidad Coste Vivienda Propia en el área urbana'; DCA_s Objetivo de Sostenibilidad de DCA, y DCA_{is} Umbral de insostenibilidad para DCA

El valor DCA_i se calcula como Índice de Diversidad de Simpson inverso' considerando los porcentajes de vivienda en el área dentro de cada quintil de coste establecido a nivel ciudad para dicha tipología:

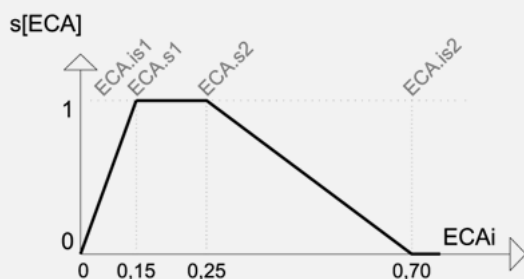
$$DCA_i = \left[1 - \sum_{i=1}^5 n_i^2 \right] \quad (13)$$

Siendo n_j el porcentaje de viviendas correspondiente a cada quintil de renta respecto al total de viviendas de la tipología j.

ESTRUCTURA COSTE VIVIENDA EN ALQUILER

Previamente a calcular el indicador para cada tipología, calculamos un indicador elemental para cada quintil de renta. Estos indicadores tienen cuatro límites. Los Objetivos de Sostenibilidad DCA_{s1} es 0,15 y DCA_{s2} es 0,25, y los Umbrales de Insostenibilidad DCA_{is1} es 0 y DCA_{is2} es 0,7. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[DCA_i] = \max \left[\min \left[\frac{DCA_i}{DCA_{s1}}; 1; 1 - \frac{DCA_{ij} - DCA_{s2}}{DCA_{is2} - DCA_{s2}} \right] * 100; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$DCA_i [\%] = \max \left[\min \left[\frac{DCA_i}{0,15}; 1; 1 - \frac{DCA_{ij} - 0,25}{0,45} \right] * 100; 0 \right]$$

Siendo ECA_i Indicador 'Estructura Coste Vivienda Alquiler; ECA_i Estructura Coste Vivienda Alquiler en el área urbana'; ECA_s Objetivo de Sostenibilidad de ECA, y ECA_{is} Umbral de insostenibilidad para ECA

El indicador para cada Tipología de Vivienda [ECA_i] lo calculamos como media aritmética ponderada de los indicadores para cada quintil de renta [$ECA_{i,j}$]:

$$ECA_i = \frac{1}{5} * \sum_{j=1}^5 ECA_{i,j} * ke_{i,j} \quad (14)$$

4.1.7 Q7. BIOCLIMA Y SALUD [BS]

ÁREAS RELACIONADAS	Biodiversidad, Paisaje urbano, Metabolismo
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de habitabilidad del Bioclima urbano [por su influencia en la Calidad de Vida y Salud de la población] así como del grado en que el nivel de actividad física de la población es óptimo /saludable. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, Q7_i con la fórmula:

$$BS[\%] = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 Q7_i * ke_i \quad (15)$$

Siendo BS [%] _ Indicador 'Bioclima y Salud' y Q7_i_ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q7.

Los indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

CA _ Indicador 'Calidad del Aire'

CU_ Indicador 'Confort Acústico'

CT_ Indicador 'Confort Térmico'

AC_ Indicador 'Actividad Física'

OBSERVACIONES

Aunque varios de estos indicadores miden variables que podrían implicar la inhabitabilidad total de un área [Ruido, Toxicidad del aire y Temperatura exterior], vamos a diseñarlos para evaluar la calidad, i.e., en términos en los que el valor cero no necesariamente implica la completa inhabitabilidad del área. Por ello, no planteamos su agregación geométrica sino aritmética [Alvira 2014a]²⁹⁶.

Puede sorprender la inclusión del indicador 'Actividad Física' que se diferencia bastante de los otros tres indicadores [se refiere directamente a las personas y no al medio físico]. Su inclusión se justifica por la gran correlación entre actividad física y salud, y la posibilidad de alcanzar los estándares recomendados de actividad física mediante los 'desplazamientos activos', muy relacionadas con el modelo/forma urbanos.

²⁹⁶ De hecho las fuentes consultadas no proponen valores de insostenibilidad completa, que es presumible que solo podrían alcanzarse en situaciones extraordinarias [e.g., un accidente de algún tipo,..]

Q7.1 CALIDAD DEL AIRE [CA] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Salud, Biodiversidad, Paisaje urbano MFOM, 2012: 473. Indicador EPH.02.05 04. Calidad del Aire
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	EU. Common air quality index OECD, 2011. Air Quality By Region WHO. Air Quality and Health JSBC, 2011: 35. Q.1.2.1. Local Environment Quality: Air

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa de la calidad del aire en el área urbana, a partir de la medida de diversos polucionantes atmosféricos. El cálculo del indicador se hará mediante agregación geométrica ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q7.1_i con la fórmula siguiente:

$$CA[\%] = \frac{1}{5} * \sum_{i=1}^5 Q7.1_i * k_{e_i} \quad (16)$$

Siendo CA [%]_ Indicador 'Calidad del Aire'; Q7.1_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q7.1.

Los Indicadores de Nivel 4 del Indicador 'Calidad del Aire' son:

- NO2_ Indicador 'Óxidos de Nitrógeno' NO₂
- P10_ Indicador 'Partículas PM₁₀'
- P25_ Indicador 'Partículas PM_{2,5}'
- SO2_ Indicador 'Dióxido de Azufre' SO₂
- O3_ Indicador 'Ozono troposférico' O₃

Todos los indicadores de Nivel 4 tienen la misma gráfica y función de sostenibilidad. El Objetivo de Sostenibilidad en todos es el valor '0' [ausencia de contaminante en el aire/inexistencia de días en que se superen los valores admitidos de contaminación]. El Umbral de Insostenibilidad se calcula proporcionalmente para cada tipo de contaminante, estableciendo el valor 0.5 en los máximos admitidos para la salud. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo CA_i[%]_ Indicador Nivel 4; CA_i_ valor de la variable relevante; L_s_ Límite máximo para la salud y CA_{i,s2}_ Umbral de insostenibilidad para el indicador.

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Sus efectos negativos sobre la salud se relacionan tanto con su concentración anual media como el número de superaciones del límite horario para la salud. La fórmula de cálculo será mediante agregación geométrica de los indicadores de Nivel 5:

$$NO2 [\%] = [N2 * n2]^{1/2} \quad (17)$$

Siendo NO2[%]_ Indicador NO₂; N2_ Indicador Concentración NO₂ y n2_ Indicador 'Superaciones límite horario'

Los límites de sostenibilidad/insostenibilidad para concentración de NO₂ serán:

- El Objetivo de Sostenibilidad en N2_s es 0µg/m³
- El Umbral de insostenibilidad en N2_{is} es 80µg/m³

El cálculo del indicador será²⁹⁷:

$$N2 [\%] = \max \left[1 - \frac{N2_i}{80}; 0 \right] * 100 \quad (18)$$

Siendo N2_ Indicador 'Concentración Óxido de Nitrógeno' y N2_i es el valor medio anual de presencia de NO₂ en el aire.

Los límites de sostenibilidad/insostenibilidad para superaciones del límite horario de NO₂ serán:

- El Objetivo de Sostenibilidad en n2_s es 0 veces.
- El Umbral de insostenibilidad en n2_{is} es 36 veces²⁹⁸.

El cálculo del indicador será:

$$n2 [\%] = \max \left[1 - \frac{n2_i}{36}; 0 \right] * 100 \quad (19)$$

Siendo n2_ Indicador 'número de superaciones del límite horario de Óxido de Nitrógeno' y n2_i_ número de superaciones del límite horario.

PARTÍCULAS PM10

Los límites de sostenibilidad para concentración anual media de Partículas PM10 son:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'P10_{s2}' es 0µg/m³.
- El Umbral de Insostenibilidad 'P10_{is2}' es 60µg/m³²⁹⁹.

²⁹⁷ La función proporciona un valor 0,50 cuando la concentración media anual de N2 alcanza el límite máximo para la salud de 40µg/m³ [RD 102/2011. Anexo I].

²⁹⁸ No hemos conseguido encontrar un límite de insostenibilidad para la superación de la limitación octohoraria, por lo que hemos considerado que cada vez que se supera el límite octohorario sea equivalente a un día, y establecido el Umbral de Insostenibilidad para que el indicador proporcione un valor de 0,5 cuando se el número de días que la concentración de NO₂ supera los valores máximos admisibles alcanza el máximo para la salud de 18 veces/año [RD 102/2011. Anexo I].

La fórmula de cálculo será la siguiente:

$$P10 [\%] = \max \left[1 - \frac{P10_i}{60}; 0 \right] * 100 \quad (20)$$

Siendo P10_ Indicador 'Partículas PM10' y P10_ valor medio de presencia de PM10 en el aire.

PARTÍCULAS PM2,5

Los límites de sostenibilidad para concentración anual media de Partículas PM2,5 son:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'P25_s' es 0µg/m³.
- El Umbral de Insostenibilidad 'P25_{is}' es 35µg/m³³⁰⁰.

La fórmula de cálculo será la siguiente:

$$P25 [\%] = \max \left[1 - \frac{P25_i}{35}; 0 \right] * 100 \quad (21)$$

Siendo P25_ Indicador 'Partículas PM2,5' y P25_i es el valor medio de presencia de PM2,5 en el aire.

DIÓXIDO DE AZUFRE

Los límites de sostenibilidad para concentración anual media de Dióxido de Azufre son:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'S2_s' es 0µg/m³.
- El Umbral de Insostenibilidad 'S2_{is}' es 40µg/m³.

La fórmula de cálculo será la siguiente³⁰¹:

$$S2 [\%] = \max \left[1 - \frac{S2_i}{40}; 0 \right] * 100 \quad (22)$$

Siendo S2_ Indicador 'Dióxido de Azufre'; S2_i es el valor medio de presencia de SO2 en el aire y S2_{is} es el Umbral de insostenibilidad para 'Dióxido de Azufre'

OZONO TROPOSFÉRICO

Los límites de sostenibilidad para número de días al año en que se supera la máxima octohoraria de Ozono Troposférico es:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'O3_s' es 0 días.
- El Umbral de Insostenibilidad 'O3_{is}' es 50 días³⁰².

²⁹⁹ Para establecer el umbral, hemos promediado los límites propuestos por la OMS y UE, de forma que la función proporciona un valor 0,67 cuando la concentración media anual alcanza el límite máximo para la salud de 20µg/m³ [OMS, 2011] y de 0,33 cuando se alcanza el límite máximo para la salud de 40 µg/m³ [RD 102/2011. Anexo I].

³⁰⁰ Para establecer el umbral, hemos promediado los límites propuestos por la OMS y UE, de forma que la función proporciona un valor 0,71 cuando la concentración media anual alcanza el límite máximo para la salud de 10µg/m³ [OMS, 2011] y de 0,28 cuando se alcanza el límite máximo para la salud de 25µg/m³ [RD 102/2011. Anexo I].

³⁰¹ La función proporciona un valor 0,50 cuando la concentración media anual alcanza el límite máximo para la salud de 20µg/m³ [OMS, 2011]. El valor anterior coincide con el límite para la protección de los ecosistemas.

La fórmula de cálculo será la siguiente:

$$O3 [\%] = \max \left[1 - \frac{O3_i}{50}; 0 \right] * 100 \quad (23)$$

Siendo O3_ indicador 'Ozono troposférico' y O3i_ número de días al año en que se supera la máxima octohoraria.

OBSERVACIONES

En todas las formulaciones se ha establecido el umbral de insostenibilidad en el valor doble del límite máximo admitido para preservar la salud [Ls], de forma que este umbral indica el punto a partir del cual el área urbana pasa de ser menos saludable que saludable. Cuando la OMS y la UE proponen valores diferentes, se ha calculado el umbral de insostenibilidad como valor medio.

En las áreas urbanas muchos contaminantes están asociados a actividades locales [trafico motorizado, industria, etc...] por lo que resulta conveniente dividir el área en superficies no mayores a 25 Ha.

En nuevos desarrollos se puede hacer una estimación de los niveles de contaminación del aire a partir de los preexistentes en la ubicación [fuentes no urbanas] así como los contaminantes que generará el nuevo desarrollo en función de sus características [reparto modal previsto,...]. Los niveles de contaminación existentes en áreas similares pueden utilizarse como referencia, introduciendo las modificaciones necesarias conforme a las características diferenciadoras del nuevo desarrollo.

³⁰² El límite para la Salud lo establece la Directiva de la CE en 120ug/m3 [media octohoraria máxima en un día que no podrá superarse más de 25 días por año, en un periodo de 3 años]. La OMS recomienda reducir el valor máximo hasta 100ug/m3, pues ha constatado los efectos negativos de concentraciones superiores a este valor [WHO, 2011].

Q7.2 CONFORT ACÚSTICO [CU]

ÁREAS RELACIONADAS	Salud, Economía
FUENTES E INDICADORES	MFOM, 2012: 477. Indicador EPH.02.06. Confort Acústico
RELACIONADOS	JSBC, 2011: 37. Q.1.2.3. Local Environment Quality: Noise

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de habitabilidad que implican los niveles de ruido en el área. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q7.1_i con la fórmula:

$$CU[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^4 Q7.1_i * k e_i \quad (24)$$

Siendo CU [%]_ Indicador 'Confort Acústico' y Q7.1_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q7.1.

Los indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

CUH _ Indicador 'Confort Acústico Habitantes'

CUP_ Indicador 'Confort Acústico espacio Público'

OBSERVACIONES

En las áreas urbanas, el tráfico motorizado es una de las principales causas del ruido, siendo importante indicar que el arbolado carece en general de efectividad como barrera acústica en el medio urbano, ya que³⁰³...

- ... los tipos de arbolado más efectivos contra el ruido son especies persistentes, que no necesariamente son las que idóneas para el arbolado viario desde las perspectivas de biodiversidad, paisaje y confort térmico.
- ... para que el arbolado sea efectivo como barrera acústica necesita gran ocupación de suelo, que no suele estar disponible en el medio urbano.

En nuevos desarrollos se puede hacer una estimación de los niveles de Confort acústico a partir de los preexistentes en la ubicación [fuentes no urbanas] así como los que generará el nuevo desarrollo en función de sus características. Los niveles de Confort acústico existentes en áreas similares pueden utilizarse como referencia, introduciendo las modificaciones necesarias conforme a las características diferenciadoras del nuevo desarrollo.

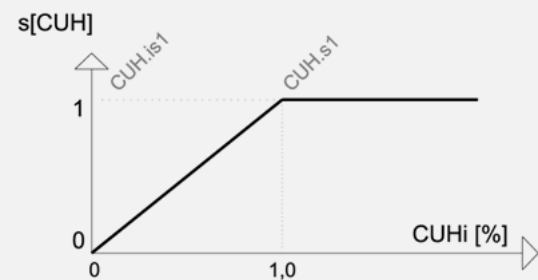
³⁰³ Para atenuar el ruido, el arbolado debe tener hoja perenne y formar una masa compacta [lo que oculta vistas], así como formar capas, que le den una anchura total considerable [varias decenas de metros-,...] [GMU, 2000. Ficha 10.2.11].

Q7.2.1 CONFORT ACÚSTICO HABITANTES [CUH]

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de contaminación acústica percibido por los habitantes del área. El Objetivo de Sostenibilidad CUH_s es que el 100% de la población esté sometida a niveles de ruido ambiente inferiores a 65 dB diurnos y 55 dB nocturnos. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[CUH] = \max \left[\min \left[\frac{CUH_i - CUH_{i,s1}}{CUH_{s1} - CUH_{i,s1}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$CUH[\%] = CUH_i * 100 = \frac{P_a}{P_t} * 100$$

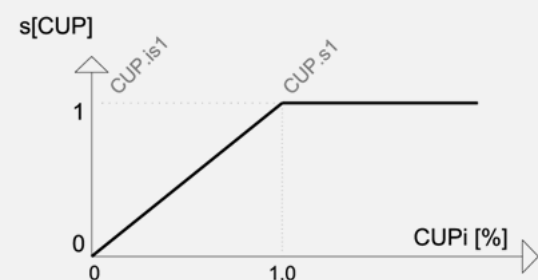
Siendo $CUH[\%]$ _ Indicador 'Confort Acústico Habitantes'; P_a _ Población no expuesta a niveles acústicos superiores a 65 dB diurnos o 55 dB nocturnos; P_t _ Población total y CUH_s _ Objetivo de Sostenibilidad en 'Confort Acústico'

Q7.2.2 CONFORT ACÚSTICO ESPACIO PÚBLICO [CUP]

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de contaminación acústica del espacio público del área. El Objetivo de Sostenibilidad CUP_s es que el 100% del espacio público presente niveles de ruido ambiente inferiores a 65 dBeq [i.e., 65 dB diurnos/55dB nocturnos]. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[CUP] = \max \left[\min \left[\frac{CUP_i - CUP_{i,s1}}{CUP_{s1} - CUP_{i,s1}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$CUP[\%] = CUP_i * 100 = \frac{S_a}{S_t} * 100$$

Siendo $CUP[\%]$ _ Indicador 'Confort Acústico espacio Público; S_a _ Superficie espacio público no expuesto a niveles acústicos superiores a 65 dB-eq; S_t _ Superficie Total espacio Público y CUP_s _ Objetivo de Sostenibilidad en 'Confort Acústico'

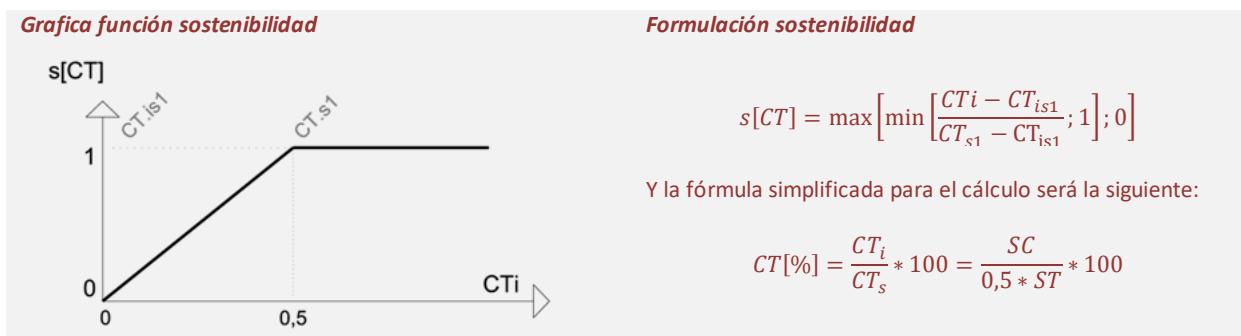
Q7.3 CONFORT TÉRMICO [CT]

ÁREAS RELACIONADAS	Paisaje urbano, Metabolismo Urbano
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	MFOM, 2012: 481. Indicador EPH.02.07. Confort Térmico USGBC, 2009: 75. NPD Credit 14: Tree-Lined and Shaded Streets USGBC, 2009: 95. GIB Credit 9: Heat Island Reduction BRE, 2011: 92. CE4. Heat Island

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del porcentaje de horas entre las 8 y las 22 en las cuales las calles ofrecen las condiciones adecuadas para que una persona se encuentre dentro de los niveles de confort térmico [entre 50w/m² y -50 w/m²]. El Objetivo de Sostenibilidad CT_s es que al menos el 50% de la superficie de viario público ofrezca condiciones de confort Térmico el 80% de las horas en dicho intervalo.

La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo CT [%] _ Indicador 'Confort Térmico'; SC_ Superficie del Espacio Viario Publico con potencial de confort superior al 50% en verano durante el 80% de horas en el rango 8-22h; ST_ Superficie total del Espacio Viario Público y CT_s_ Objetivo de Sostenibilidad en 'Confort Térmico'

OBSERVACIONES

Este indicador está muy vinculado a las características del contexto, por lo que en otros contextos deberán revisarse los supuestos considerados. Su cálculo prioriza la minimización del Efecto Isla de Calor, mayor preocupación en la actualidad en numerosas ciudades de países desarrollados.

Su cálculo puede ser más fácil utilizando programas informáticos específicos. En el caso de no disponer de ningún programa, se puede calcular de manera simplificada mediante la siguiente fórmula [adaptado de USGBC, 2009: 95]:

$$CT [\%] = \frac{\left[s_p + \frac{s_c}{2,5} + s_v \right]}{[S_p + S_c]} * \frac{100}{0,5} \quad (25)$$

Siendo CT[%] _ Indicador 'Confort Térmico'; s_p_ Superficie de Pavimentos que cumplen las condiciones de diseño; s_c_ Superficie de Cubierta que cumple las condiciones de SRI; s_v_ Superficie de Cubierta Vegetal; S_p_ Superficie Total del emplazamiento con pavimentación [nivel viario] y S_c_ Superficie Total de Cubiertas

Las condiciones de diseño de Pavimentos y SRI de Cubiertas son:

TABLA Q7.3-0_ CONDICIONES PARA PAVIMENTOS Y CUBIERTAS QUE MINIMIZAN EL EIC

Condiciones de diseño para pavimentos [calles, aparcamientos y aceras]	Sombra mediante estructuras abiertas, pérgolas o emparrados, con Índice de Reflexión Solar [SRI] mayor a 29 (1) Materiales de Pavimentación con SRI ≥ 29 (2). Pavimentos con permeabilidad superior al 50%. Sombra mediante arbolado cuyas copas se lleguen a juntar, formando un efecto 'pérgola' (3).
Condiciones de SRI para cubiertas	Materiales de acabado con SRI ≥ 78 en cubiertas planas SRI ≥ 29 en cubiertas inclinadas

FUENTE: USGBC, 2009: 95. GIB Credit 9: Heat Island Reduction, con las siguientes notas:

- (1) El SRI [Solar Reflectance Index] mide el efecto de la reflectancia y emisividad en la temperatura superficial del material, y oscila entre el 100 para una superficie totalmente blanca y el 0 para una superficie totalmente negra. Los materiales con SRI elevado son los indicados para mitigar el Efecto Isla de Calor.
- (2) Por ejemplo, el Asfalto recién puesto tiene un SRI 0. Frente a él, las baldosas hidráulicas tienen SRI aproximadamente 35. FUENTE: <http://www.concretethinker.com>. La acumulación de suciedad que se produce con el tiempo incrementa ligeramente los albedos [SRI] reducidos, pero puede llegar a reducir considerablemente los albedos [SRI] elevados [tiende a acercar los materiales a un SRI =0,2, propio de láminas impermeabilizantes grises].
- (3) Para no penalizar el confort térmico en invierno, el arbolado será preferentemente de hoja caduca. Sin embargo, puede ser interesante incluir también algún arbolado con hoja perenne para mantener parte del efecto positivo del 'verde urbano sobre el paisaje'. En ese caso, deberá ubicarse en elementos que no arrojen sombra sobre la edificación ni zonas estanciales [separadores de tráfico, medianas, o glorietas] donde el soleamiento en invierno no es fundamental.

Complementariamente, JSBC propone una serie de medidas de diseño/fórmulas que permiten evaluar de manera muy completa el efecto isla de calor:

Con la ventilación (1) (2)	Permitir la circulación del viento para la dirección dominante en verano, buscando porcentajes de espacio abierto entre el 30-80%. Para ello será fundamental diseños urbanos que faciliten ventilación en verano y la limiten en invierno.
Con sombreado (1)	Sombreamiento de al menos el 30% del área en verano, mediante árboles, pérgolas, etc... El área de sombra se calcula como $0,7 * H$ en árboles recién plantados o $0,5 * H$ en árboles ya establecidos. El área de los árboles ya establecidos, se multiplica por dos para considerar los otros efectos beneficiosos de los árboles de gran porte [evapotranspiración, etc...], y el total se obtiene multiplicando el área por el número de árboles en la zona.
Con Áreas Verdes y zonas de Agua (1)	Superficies ajardinadas o cuerpos de agua hasta un 15% del área; superficies pavimentadas por debajo del 10% del total del área; azoteas ajardinadas en más de un 80% de su superficie; muros vegetales en los 10m inferiores junto a espacios peatonales en más del 20% de su superficie; pavimentos que retienen agua o dispositivos difusores de agua;...
Mediante materiales de pavimentación (2)	Un 15% del total del área evaluada cubierta por pavimento permeable o que retiene agua.
Mediante materiales de fachada (2)	Un 40% de la superficie de azoteas ajardinadas o con materiales de alto SRI [mayor a 0,50] y un 20% de muros vegetales [en relación con el área total de muro –incluyendo ventanas–]

FUENTE: JSBC, 2007

- (1) JSBC, 2007: 47. Indicador: 1.1 Consideration and conservation of microclimates in pedestrian space in summer
- (2) JSBC, 2007: 111-116. Indicador LRUD1 Environmental impact on microclimates, facade and landscape
- (3) Al igual que LEED, la mayoría de medidas que propone CASBEE son para reducir el Efecto Isla de Calor.
- (4) BRE también incluye como posibilidades de disminuir la Isla de Calor, los muros verdes, la ventilación cruzada, las fuentes y masas de agua en el espacio público y el diseño del emplazamiento para proporcionar refrigeración micro-climática.

En cuanto al confort térmico en invierno, se relaciona sobre todo con dos cuestiones:

- el control del viento.

- el soleamiento de los espacios públicos³⁰⁴.

Sobre ellas podremos actuar mediante varias herramientas:

- reducción la polución atmosférica, que reduce la radiación recibida en invierno³⁰⁵.
- sección de la calle y forma urbana [tramas, orientaciones, volumetrías, ...]
- uso de elementos que proporcionen sombreado en verano, pero dejen pasar el sol en invierno [vegetación de hoja caduca; toldos,...].

³⁰⁴ JSBC, 2007:69. Indicador Q.1.5.3. Securing Sunlight propone un objetivo de 4 horas de soleamiento [entre las 8 am y las 4pm] en el solsticio de invierno, y una situación pésima de no soleamiento en absoluto.

³⁰⁵ La polución atmosférica es responsable del 'smog', y su reducción en verano reduciría el diferencial de temperatura campo/ciudad [mejorando la habitabilidad del espacio público y reduciendo consumos de energía en la ciudad], mientras que en invierno incrementaría la radiación solar que llega al espacio público, mejorando su habitabilidad.

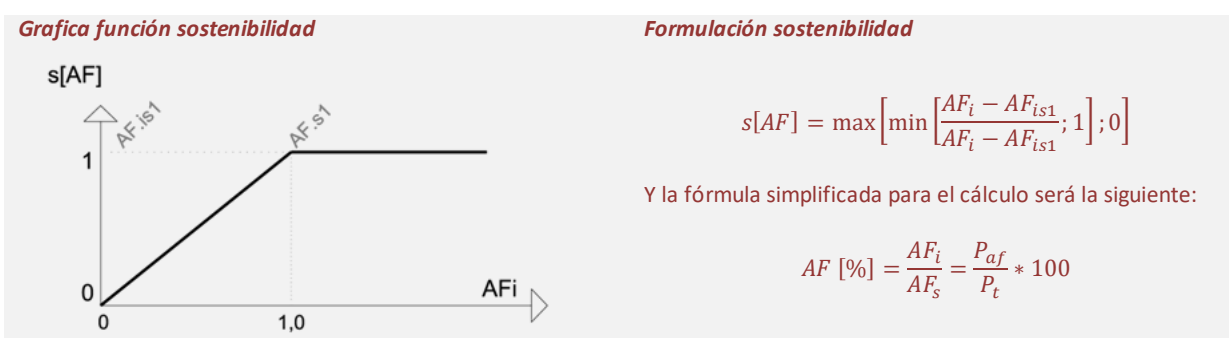
Q7.4 ACTIVIDAD FÍSICA [AF] [U]

ÁREAS RELACIONADAS	Salud
FUENTES E INDICADORES	OMS. Actividad física y salud
RELACIONADOS	Star Communities, 2014:90. Indicator Active living

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del porcentaje de población que realiza semanalmente al menos la Actividad Física recomendada por la OMS. El Objetivo de Sostenibilidad AF_s es que el 100% de la población realice al menos el tiempo mínimo recomendado de actividad física para el mantenimiento de la salud.

La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo AF [%] _ Indicador 'Actividad Física'; P_{af}_ Población que dedica a la semana más del tiempo mínimo recomendado por la OMS; P_t_ Población total y AF_s_ Objetivo de Sostenibilidad para 'Actividad Física'

El tiempo mínimo diario recomendado de actividad física es el siguiente:

TABLA Q7.4-1_ TIEMPOS MÍNIMOS RECOMENDADOS DE ACTIVIDAD FÍSICA (0) (1)		
EDAD	TIEMPO DE ACTIVIDAD FÍSICA	DESCRIPCIÓN
5 a 17 años	180 minutos a la semana de actividad física vigorosa y 240 minutos de actividad física moderada (2)	La actividad física consiste en juegos, deportes, desplazamientos, actividades recreativas, educación física o ejercicios programados.
+ de 18	150 minutos semanales de actividad física moderada o 75 minutos de actividad vigorosa, o una combinación de ambas (3) (4)	La actividad física consiste en actividades recreativas o de ocio, desplazamientos [paseos a pie o en bicicleta], tareas ocupacionales [trabajo], juegos, deportes o ejercicios programados.

FUENTE: Organización Mundial de la Salud, 2010: 7- 8

- (0) Según la OMS, los beneficios que pueden reportar las actividades físicas indicadas son mucho mayores que los posibles perjuicios, ya que la realización de 150 minutos de actividad física moderada a la semana implica tasas de lesión del aparato locomotor muy reducidas. Si se tiene algún tipo de reducción de la movilidad, o enfermedad cardiaca, los planes de ejercicio físico deberán ser individualizados.
- (1) La forma física de la persona puede hacer conveniente reducir estos tiempos [y aumentarlos gradualmente, en el caso de baja forma física] o ampliarlos [en el caso de muy buena forma física].
- (2) El tiempo total se divide en sesiones de 60 minutos
- (3) La Actividad Física Semanal Optima es de 300 min.
- (4) El tiempo mínimo continuado para considerarlo actividad física es de 10 min, aunque es preferible 20 minutos [OMS, 2010].

OBSERVACIONES

“Las personas físicamente activas presentan una mejor forma física, un menor perfil de riesgo de diversas dolencias incapacitantes y una menor tasa de ENT crónicas” [OMS, 2010:7/24]

Una cuestión importante es el elevado potencial de los desplazamientos diarios activos [andando o en bicicleta] para realizar los niveles de actividad física recomendados por la OMS³⁰⁶:

TABLA Q7.4-2_ CUMPLIMIENTO DE NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA EN DESPLAZAMIENTOS ANDANDO/BICICLETA

	Asociado a otro medio de transporte (6)	Distancia recorrida por trayecto	Tiempo por trayecto [min]	Tiempo diario [min]	Tiempo semanal [min]	% Actividad Física Mínima (1) (2)	% Actividad Física Óptima (1) (2)	Cumple la duración mínima? (5)
ANDANDO	MOTO	40	0	1	5	2%	1%	-
	COCHE	250	3	6	30	13%	7%	-
	AUTOBÚS	417	5	10	50	22%	11%	-
	METRO	667	8	16	80	36%	18%	-
	-	1.000	12	24	120	53%	27%	SI
BICICLETA	CERCANÍAS	2.000	24	48	240	107%	53%	SI
		1.000	4	8	40	33%	17%	-
		2.000	8	16	80	67%	33%	-
		3.000	12	24	120	100%	50%	SI
		3.150	13	25	126	105%	53%	SI
	4.000	16	32	160	133%	67%	SI	

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de efectividad de los distintos medios de transporte. Tiempos y Tipos recomendados de Actividad Física de OMS, 2010. Los niveles de actividad considerados son para mayores de 18 años. Se ha incluido el intervalo de 3.150 m de desplazamiento en bicicleta, por corresponder a la media de desplazamiento de los usuarios de bicicleta para el transporte diario en la UE27. Notas:

- (0) Tipos y Niveles de Actividad Física Considerados [OMS, 2010: 16]:
- Actividad física moderada:** En una escala absoluta, intensidad de 3,0 a 5,9 veces superior a la actividad en estado de reposo. En una escala adaptada a la capacidad personal de cada individuo, la actividad física moderada suele corresponder a una puntuación de 5 o 6 en una escala de 0 a 10.
 - Actividad física vigorosa:** En una escala absoluta, intensidad 6,0 veces o más superior a la actividad en reposo para los adultos, y 7,0 o más para los niños y jóvenes. En una escala adaptada a la capacidad personal de cada individuo, la actividad física vigorosa suele corresponder a entre 7 y 8 en una escala de 0 a 10.
 - Actividad Aeróbica:** Actividad en la cual los grandes músculos del cuerpo se mueven rítmicamente durante un período de tiempo. La actividad aeróbica -denominada también 'de resistencia'- mejora la capacidad cardiorrespiratoria. Ejemplos: caminar, correr, nadar, montar en bicicleta.
- Suponemos que el desplazamiento andando a velocidad de 5km/h equivale a una actividad física muy moderada [estaríamos en una intensidad aproximadamente 3,0 veces superior a la de estar relajado]. Por tanto, minoramos el tiempo dividiendo entre 1,5 [diferencia porcentual con respecto al punto medio, que serían 4,5 veces].
 - Suponemos que el desplazamiento en bicicleta a 16 km/h estaría entre actividad física moderada y vigorosa, con una intensidad superior a 5,6 veces la actividad en estado de reposo. Mayoramos por tanto el tiempo, por 1,25
 - La Actividad Física Semanal mínima considerada es de 150 min.
 - La Actividad Física Semanal Optima es de 300 min.
 - El tiempo mínimo continuado para considerarlo actividad física es de 10 min.
 - Se ha incluido la repercusión de la estimación de los desplazamientos andando asociados a los principales medios de transporte. En estos casos este tiempo puede ser discontinuo, ya que una parte se realiza en origen y otra en destino, haciendo así más difícil alcanzar la duración mínima para ser considerado actividad física.

Vemos que los desplazamientos activos pueden ayudar a la población a realizar en un grado elevado la actividad física recomendada, acercándonos otra vez a la 'ciudad compacta' como modelo urbano que maximiza la posibilidad de desplazamientos activos y realización de niveles de actividad física suficiente mediante los desplazamientos habituales.

³⁰⁶ La OMS considera que la facilidad para acudir al lugar de trabajo andando o en bicicleta es una estrategia de actividad física para la población trabajadora [OMS 2010: 35].

4.1.8 Q8. ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD [AM]

ÁREAS RELACIONADAS	Cohesión, Estabilidad, Movilidad, Metabolismo Urbano
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de Accesibilidad física de los ciudadanos al Área Urbana. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, $Q8_i$ con la fórmula:

$$UM[\%] = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 Q8_i * ke_i \quad (26)$$

Siendo AM [%]_ Indicador 'Accesibilidad y Movilidad' y $Q8_i$ _ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q8.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

AP_ Indicador 'Accesibilidad Peatonal'

AC_ Indicador 'Accesibilidad Ciclista'

TP_ Indicador 'Accesibilidad mediante Transporte Publico'

TD_ Indicador 'Tiempo Destinado a Desplazamientos Diarios'

OBSERVACIONES

La definición de este indicador la realizamos considerando que la falta de accesibilidad a la ciudad se debe a haber diseñado la ciudad para potenciar un tipo de accesibilidad diferente³⁰⁷. Se trata por tanto de valorar en qué grado la ciudad es accesible mediante los modos óptimos de movilidad:

- Menos excluyentes [económicamente, físicamente, ...]
- Menos consumidores de recursos/contaminantes [medioambientalmente sostenibles]
- Más 'activos' [contribuyen a la salud]

Una ciudad físicamente 'accesible' requiere un diseño que contemple "la garantía de satisfacción del derecho de todos los ciudadanos a moverse en las mejores condiciones por todo el espacio urbano" [Adm, 2011: 4], y estas 'condiciones' van a materializarse en dos áreas:

- Los ciudadanos deben poder acceder a todas las partes de la ciudad.
- Los recursos necesarios para hacerlo [tiempo y/o dinero] deben ser reducidos.

³⁰⁷ Nos basamos en la Ley 51/2003 de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad [LIONDAU], que afirma que "las desventajas de las personas con discapacidad, más que en sus propias limitaciones personales, tienen su origen en los obstáculos y condiciones limitativas que impone una sociedad concebida con arreglo a un patrón de persona sin discapacidad".

Es importante destacar el gran impacto sobre las ciudades que tiene el automóvil, que presenta varias cualidades negativas, entre las que destacamos:

- Es el medio de transporte más excluyente³⁰⁸.
- Es un gran consumidor de recursos; energía, dinero y espacio, que dejan de estar disponibles para otros usos generadores de bienestar/otros medios de transporte.
- Produce elevada contaminación local [atmosférica y acústica] y global [emisiones GEI].
- Es el medio de transporte más pasivo, existiendo en la actualidad una correlación contrastada entre cantidad de kilómetros recorridos y ciertas enfermedades [diabetes, Obesidad,...]³⁰⁹.

³⁰⁸ En España solo el 70% de hogares tienen automóvil [IDAE, 2006:38], e incluso en dichos hogares gran parte de sus integrantes no tienen acceso a él [no tienen carnet de conducir, el número de coches es menor que el de personas en el hogar, etc...].

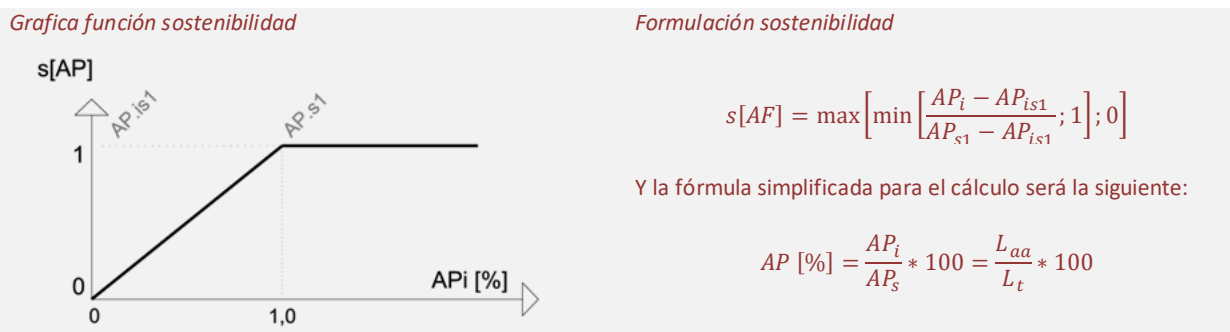
³⁰⁹ Esta cuestión se halla estudiada en profundidad en EEUU donde el modelo de desarrollo de baja densidad [Sprawl] ha llevado a elevados porcentajes de desplazamiento en automóvil y VMT [Vehicle Miles Traveled]

Q8.1 ACCESIBILIDAD PEATONAL [AP]

ÁREAS RELACIONADAS	Salud [Actividad Física], Metabolismo Urbano GMU, 2000. Instrucción Vía Pública, Fichas 4.2 y 8 Orden Viv/561/2010. Ley de Accesibilidad en los Espacios Públicos Urbanizados
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	MFOM, 2012: 485. Indicador EPH.02.08. Accesibilidad del viario USGBC, 2009: 48. Indicador. NPD 1: Walkable Streets BRE, 2011: 293. PS 15. Pedestrian Movement JSBC, 2007: 93. 2.6 Consideration for universal design

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de accesibilidad peatonal del área urbana. El Objetivo de Sostenibilidad 'AP_s' es que el 100% de la longitud de vías peatonales sea accesible. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo AP [%] _ Indicador 'Accesibilidad Peonal'; L_{aa}_ Longitud de tramos de acera que son accesibles; L_t_ Longitud total de aceras y AP_s_ Objetivo de sostenibilidad en 'Accesibilidad Peonal'

OBSERVACIONES

La importancia de la Accesibilidad peatonal es doble ya que

- ... Es el tipo de desplazamiento menos excluyente y más extendido [salvo casos aislados, el 100% de las personas se desplaza peatonalmente en algún momento].
- ... Prácticamente cualquier desplazamiento [incluidos los no peatonales] implica al menos cierta parte de desplazamiento peatonal [aproximación al medio de transporte elegido], que en el caso del transporte público puede ser considerable.

Como condiciones básicas para considerar una acera 'accesible' son un ancho de paso libre superior a 1,80 m [libre de obstáculos] y una pendiente longitudinal inferior al 6%.

En zonas céntricas, puede ser aceptable el diseño de vías compartidas por peatones/ciclistas/trafico motorizado, siempre y cuando el diseño obligue a velocidades de circulación reducidas [EP, 2007:71].

Complementariamente, se debe acondicionar la vía pública para hacerla agradable para los peatones; "la forma en que las personas se mueven, especialmente andando, no se justifica por la elección de la ruta más simple y directa, sino que está influida por otras cuestiones, como por ejemplo: varie-

dad e interés; seguridad; luz o sombras; actividad comercial; paisaje; ruido y polución atmosférica” [EP-THC, 2007: 28]

En este sentido, resulta aconsejable incrementar los anchos de aceras mínimos, de acuerdo a la jerarquía viaria, para lo cual se adjuntan medidas orientativas en la tabla siguiente:

TIPO DE VÍA	RECOMENDADA (M)	MÍNIMA (M)
Local de acceso	3,00	2,5
Local colector	6,00	3,00
Distrital	6,00	4,00
Urbana	6,00	4,00
2 carriles	6,00	4,00
4 o más	6,00	4,00

FUENTE: GMU, 2000. IVP. Ficha, 4.2. Son anchos totales.
(1) En todos los casos la anchura mínima útil será de 1,50 m, descontados obstáculos buzones, báculos, etc...].
(2) En vías comerciales es recomendable en todos los casos incrementar el ancho de paso libre en aceras hasta los 2,50 m de paso libre.

A esta jerarquía de aceras/vías de desplazamiento peatonal deben superponerse otras cualidades complementarias como son [EP-THC, 2007: 71]:

- Lograr una buena conectividad de la red peatonal
- Minimizar las interrupciones de la red [evitar tiempos de espera superiores a 10 segundos]
- Fomentar la vitalidad de la calle [actividades...]
- Legibilidad de la red y facilidad para orientarse

Otros factores que influyen en la elección del recorrido en los desplazamientos peatonales son [Po-zueta y Lamíquiz, 2008: 32]:

- La presencia de árboles y personas
- Sensación de seguridad
- Variedad de la edificación

Q8.2 ACCESIBILIDAD CICLISTA [AC]

ÁREAS RELACIONADAS	Salud [Actividad Física], Metabolismo Urbano Rueda, 2010: 507. Indicador MVS.03.15. Proximidad a aparcamiento de bicicletas MFOM, 2012: 515. Indicador MVS.03.18. Dotación de plazas de aparcamiento para bicicletas
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	USGBC, 2009: 29. Indicador: SLL 4: Bicycle Network and Storage BRE, 2011: 330. TRA5 & TRA6. Cycling Network and Facilities BRE, 2011: 378. TRA13. Road Design / Layout

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de accesibilidad a la ciudad en bicicleta, combinando información acerca del porcentaje de viario apto para el desplazamiento en bicicleta y de la existencia de aparcamientos para poder estacionarla en la vía. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q8.2_i con la fórmula siguiente:

$$AC[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 Q8.2_i * ke_i \quad (27)$$

Siendo AC [%] _ Indicador 'Accesibilidad y Movilidad' y Q8_i _ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q8.

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

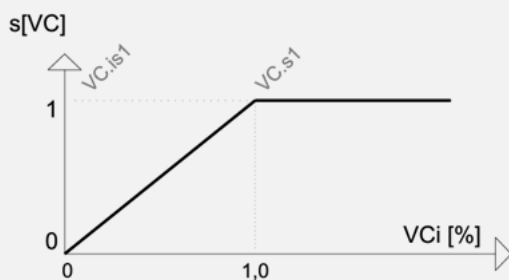
VC_ Indicador 'Vías Ciclistas'

AB_ Indicador 'Aparcamiento de Bicicletas'

VÍAS CICLISTAS

El Objetivo de Sostenibilidad 'VC_s' es que el 100% del viario presente condiciones aptas para el desplazamiento con bicicleta. La gráfica y formula de la función sostenibilidad serán:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[VC] = \max \left[\min \left[\frac{i - \lim_{is1} i}{\lim_{s1} i - \lim_{is1} i}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

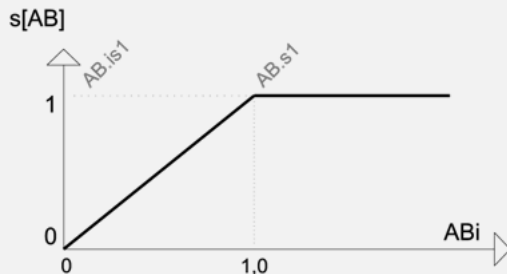
$$VC [\%] = \frac{VC_i}{VC_s} * 100 = \frac{V_{ac}}{V_t} * 100$$

Siendo VC_ Indicador 'Vías ciclistas'; V_{ac}_ longitud total de vías aptas para la circulación ciclista; V_t_ Es la longitud total del viario y VC_s_ es el Objetivo de Sostenibilidad para vías ciclistas.

APARCAMIENTO DE BICICLETAS

El Objetivo de Sostenibilidad para Aparcamiento de Bicicletas es que el 100% de la población tenga acceso a un punto de estacionamiento de bicicletas. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[AB] = \max \left[\min \left[\frac{AB_i - AB_{is1}}{AB_{s1} - AB_{is1}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$AB [\%] = \frac{AB_i}{AB_s} * 100 = \frac{P_{ab}}{P_t} * 100$$

Siendo AB_ Indicador 'Aparcamiento de Bicicletas'; P_{ab}_ población que tiene acceso a aparcamiento de bicicletas propio y para visitantes; P_t_ es la población total y AB_s_ Objetivo de Sostenibilidad en 'Aparcamiento de Bicicletas'

La Dotación necesaria de plazas de aparcamiento se debe establecer mediante un estudio de la demanda en cada ubicación concreta, sirviendo los siguientes ratios orientativos:

- En viario asociado a residencial: 1 o 2 plazas por cada 10 viviendas.
- En viario asociado a no residencial: 1 o 2 plazas por cada 10 trabajadores.

Las plazas de aparcamiento pueden estar en la edificación o en el viario. En este último caso deben estar situadas a menos de 30/50 m de los accesos a viviendas u oficinas³¹⁰.

OBSERVACIONES

Los desplazamientos en bicicleta constituyen un medio óptimo de desplazamiento por la ciudad por varios motivos:

- Es el medio de transporte que mayor impacto positivo tiene desde el punto de vista del Bioclima [mejora de la Calidad del Aire y Confort Acústico] y la Salud de los habitantes [es más efectivo que los desplazamientos andando para alcanzar los objetivos de Actividad Física].
- Es muy poco excluyente [es accesible a casi toda la población]³¹¹.
- Es el medio de transporte más efectivo para las distancias 'medias' [entre 500m y 5000m] permitiendo el acceso en tiempos muy reducidos a un área de ciudad muy grande.

Por tanto, la mejora de la accesibilidad ciclista no solo aumenta la eficiencia en el uso de recursos al reducir el Consumo de Energía/Emisiones GEI y reduce la contaminación [atmosférica y acústica], sino que también incrementa la accesibilidad general de los habitantes a los diferentes servicios de la ciudad [se incrementa su número de usuarios potenciales al incrementar su radio de influencia].

³¹⁰ GMP, 2009:2 / BRE, 2011: 338. Esta distancia se puede elevar hasta 100 m en casos excepcionales.

³¹¹ Económicamente, es el segundo más barato [después del desplazamiento peatonal], mientras que el uso de bicicletas eléctricas posibilita su uso en áreas con elevadas pendientes [si bien el coste económico se incrementa].

Existen diversas soluciones de *diseño de vías* que posibilitan la movilidad en bicicleta³¹²:

- Viario compartido con el peatón. En este caso conviene establecer la prioridad peatonal, y limitar la velocidad máxima a 10 km/h.
- Carriles bici independientes
- Viario compartido con el automóvil. En este caso conviene establecer la prioridad ciclista y limitar la velocidad máxima a 25km/h.
- Carril compartido con el automóvil [dentro de una vía con más de un carril]. En este carril debe existir prioridad del ciclista, y limitarse la velocidad máxima a 25 km/h³¹³.

Es importante indicar que las señales de límite de velocidad pueden tener una efectividad reducida, siendo conveniente limitar la velocidad máxima de circulación también introduciendo elementos para ‘calmado de tráfico’ [pavimentos especiales, estrechamientos, arbolado en los laterales, etc...], que suelen incorporar la ventaja adicional de beneficiar también la movilidad peatonal.

El cálculo de la *dotación de plazas de aparcamiento* de bicicleta debe ser específico para cada emplazamiento en función de la demanda prevista/potencial, pudiendo servir los siguientes ratios:

TABLA Q8.2-1_ DOTACIÓN DE PLAZAS DE APARCAMIENTO

Residencial	30% de la ocupación total prevista, con un mínimo de una plaza por vivienda	
Terciario	Centro	Plazas para el 10% de trabajadores previstos, más 1 plaza por cada 465 m ² [5.000 pies ²] de superficie de venta [mínimo 1 plaza por local comercial independiente, y 4 por edificio independiente] para visitantes
Terciario	no centro	Plazas para el 10% de trabajadores previstos, más 1 plaza por cada 931 m ² [10.000 pies ²] de superficie [mínimo 4 por edificio independiente].

FUENTE: LEED ND [USGBC, 2009: 29] SLL 4.

- (0) Es importante indicar que los aparcamientos de bicicleta pueden adaptar formas muy diversas, pudiendo algunas de ellas aprovechar elementos actualmente existentes en las vías [e.g., vallas separadoras de carril de autobús si se diseñan adecuadamente]
- (1) Para un listado detallado de provisión de plazas de aparcamiento de bicicletas en función del uso, ver GMP, 2009: 8.
- (2) En el caso de aparcamientos en viario, debe diseñarse de forma que minimice la posibilidad de robo. Debe ser un lugar con ‘vigilancia natural’, con un diseño que permita asegurar ambas ruedas y el marco. En aparcamientos para ‘estancia larga’ [por ejemplo, movilidad laboral o estudios] puede ser necesaria la protección de las precipitaciones [GMP, 2009: 3].
- (3) La mayor calidad del aparcamiento en interior de la edificación [y el relativamente poco espacio necesario para resolverlo], hace aconsejable que las Regulaciones impongan que cualquier edificio de nueva construcción incluya un cuarto para almacenar bicicletas en planta acceso calle, con dimensión suficiente para almacenar una bicideta por usuario potencial.

En el caso de que el área urbana cuente con una dotación de SBC, se puede justificar una reducción de la dotación proporcional al número de usuarios del SBC, cuyas bicis se aparkan en las bases del SBC.

LEED ND SLL4 sugiere en edificios no residenciales incluir una ducha y vestuario si hay más de 100 trabajadores, añadiendo una ducha y vestuario extra por cada 150 trabajadores más o fracción³¹⁴.

³¹² EP sugiere tres estrategias para facilitar la movilidad ciclista: vías compartidas con el tráfico automóvil [siempre y cuando la velocidad de diseño sea inferior a 30 km/h]; carriles bici independientes en las vías de mayor circulación; generalización de pistas ciclistas donde haya espacio suficiente. Dos criterios válidos para decidir cuándo es necesario realizar carril bici independiente son la VMD/IMD de las calles.

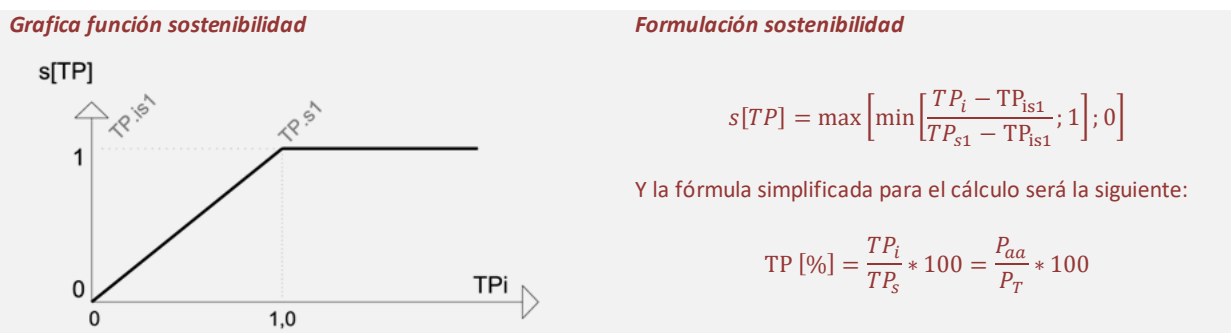
³¹³ En este apartado cabe señalar el erróneo diseño de los ‘supuestos carriles bici’ en la actualidad en la ciudad de Madrid, ya que el límite de velocidad de 30km/h es excesivo; la señalización está dispuesta a distancias inadecuadas [para coches que circulen a 25 km/h las señales deberían estar cada 75 m aprox.], y además dicho carril está rodeado por otros dos carriles cuyo límite de velocidad es de 50 km/h, y cuyos vehículos cruzan continuamente el carril bici sin reducir la velocidad.

Q8.3 ACCESIBILIDAD MEDIANTE TRANSPORTE PÚBLICO [TP]

ÁREAS RELACIONADAS	Salud [Actividad Física], Metabolismo Urbano MFOM, 2012: 503. Indicador MVS.03.13. Proximidad de la población a redes de transporte alternativo al automóvil.
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	USGBC, 2009: 64. Indicador. SLL 3. Locations with Reduced Automobile Dependence BRE, 2011: 301. TRA1 & TRA2. Public Transport

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de accesibilidad de la población al transporte público. El Objetivo de Sostenibilidad es que el 100% de la población cumpla las condiciones de accesibilidad. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo TP [%] _ Indicador 'Accesibilidad al Transporte Publico'; P_{aa}_ Población que cumple las condiciones de accesibilidad; P_T_ Población total y TP_s_ Objetivo de Sostenibilidad en Transporte Público.

La accesibilidad de la población se contabiliza a partir de la distancia y accesibilidad desde los portales de las viviendas a estaciones de los diferentes medios de transporte público [autobús, metro, tranvía y SBC], debiendo poseer accesibilidad a al menos dos redes de transporte distintas [o dos paradas de autobús/metro de líneas distintas]:

- Cumplir las condiciones de accesibilidad peatonal³¹⁵.
- Estar a menos de las siguientes distancias máximas:
 - Estación de SBC [200 m]
 - Parada de autobús [300 m]
 - Parada de metro [450 m]

Complementariamente, la accesibilidad debe ser universal; si el transporte público no está operativo las 24 h, entonces se minorará la accesibilidad en función del horario no cubierto³¹⁶.

³¹⁴ Es importante indicar que el uso de la bicicleta eléctrica puede ser doblemente interesante si permite evitar esta cuestión. No obstante, a menor esfuerzo, menor aporte de la bicicleta para la realización de niveles de actividad física adecuados.

³¹⁵ El transporte público siempre implica una parte de desplazamiento peatonal, por lo que el recorrido peatonal hasta dichas paradas debe cumplir las condiciones de accesibilidad indicadas en Q8.1 ACCESIBILIDAD PEATONAL [AP]. Además se exige el cumplimiento de la Normativa de Accesibilidad, contabilizando solo aquellas paradas de metro que tienen ascensor [además del acceso a PMR facilitan desplazarse con maletas u objetos de peso, la intermodalidad –bicicleta-, etc..] y autobuses con piso bajo / acceso PMR

OBSERVACIONES

La accesibilidad a transporte público no es un fin en sí mismo, pero nos informa de...

- ... la posibilidad de desplazarnos mediante transporte público a diferentes partes de la ciudad
- ... de hacerlo empleando una cantidad de tiempo [y dinero] moderadas.

Por ello, puede ser conveniente completar el indicador con las siguientes cuestiones:

- Medir el tiempo de espera medio en paradas, que en cierto modo se ‘agrega’ al tiempo necesario de acceso; aumentar 5 minutos el tiempo de espera [o reducir 5 minutos la frecuencia de paso] equivale –en tiempo- a alejar la parada de transporte 400m, reduciendo su efectividad y por tanto su competitividad como medio de transporte³¹⁷.
- Valorar el grado de ‘accesibilidad económica’ al transporte público, lo que se puede hacer poniendo su coste de utilización en relación al SMI.

TABLA Q8.3_ ACCESIBILIDAD ECONÓMICA AL TRANSPORTE PUBLICO

	Metro/Autobús		BiciMAD (4)	
Uso individual	1,50 €	15,54% / SMI	2,00 €	20,72% / SMI
10 usos	12,20 €	12,64% / SMI	20,00 €	20,72% / SMI
Abono mensual	54,60 €	7,25% / SMI	64,00 €	8,50% / SMI
Abono anual	546,00 €	6,04% / SMI	339,60 €	3,76% / SMI

Fuente: Elaboración propia [datos 2014] con las siguientes notas:

- (1) Precios transporte público EMT [www.emtmadrid.es] para Zona A. Precios Bicimad www.bicimad.com
- (2) SMI en 2014 645,30 €/mes para 14 pagas, es decir, 752,85 €/mes para 12 pagas. Fuente: Ley 22/2013, de 23 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2014. Disposición Octogésima.
- (3) Los cálculos se han hecho suponiendo 2,6 viajes diarios por habitante, calculado como promedio de los 2,8 y 2,1 desplazamientos por habitante en día laborable y fin de semana respectivamente [datos de MFOM. Movilia 2007].
- (4) Destaca el hecho de que el precio del SBC es casi 7 veces mayor que el servicio equivalente existente en otras ciudades del mundo, siendo así un servicio más ‘excluyente’ frente a la mayor posibilidad de uso en dichas ciudades. Por ejemplo, ratio coste/RBD en Madrid representa un 1,26% [339,6€/año-1/18.988€/año-1] frente al 0,26% en la ciudad americana de Chicago [75\$.año-1/ 28.548\$.año-1], es decir, 5 veces más. Complementariamente, esta última ciudad el sistema presenta un sistema de precios adaptado a la situación económica de los usuarios, que incluye el acceso casi gratuito [5\$/año] para ciudadanos con muy pocos ingresos. Esto nos habla de una vocación de accesibilidad de la cual carece [al menos todavía] el servicio madrileño.

³¹⁶ En este sentido, destaca que los sistemas SBC permiten proporcionar fácilmente accesibilidad 24 horas, en múltiples direcciones de desplazamiento.

³¹⁷ En líneas con varias líneas, el tiempo de espera se puede calcular como el promedio de los tiempos medios de espera de cada una de las líneas [Díaz et AL, 2007: 42].

Q8.4 TIEMPO DESTINADO A DESPLAZAMIENTOS DIARIOS [TD] [%] [U] ***

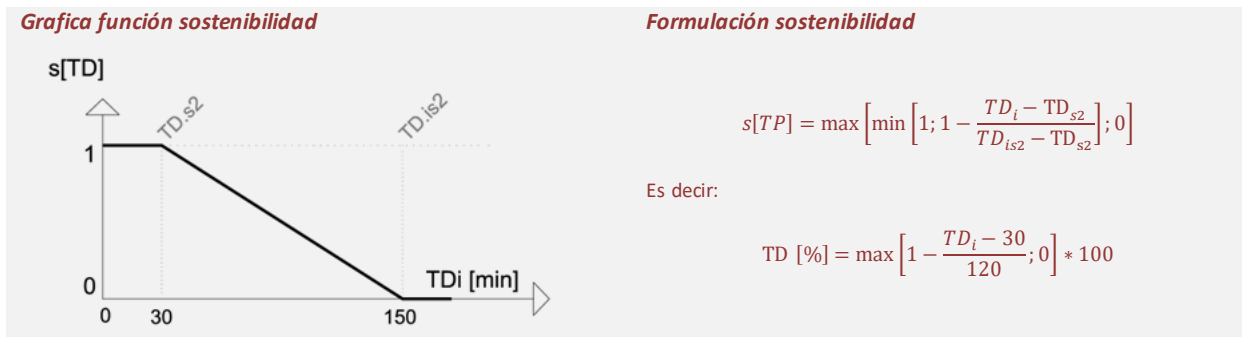
ÁREAS RELACIONADAS Calidad de Vida, Economía
 FUENTES E INDICADORES SEI, UD14. Average Time Travel To work [SEI, 2010: 28]
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que el tiempo que emplea diariamente cada habitante por movilidad obligada se aleja de valores óptimos. Los Objetivos de Sostenibilidad serán:

- Objetivo de Sostenibilidad $TD_s = 30$ minutos
- Límites de Insostenibilidad $TD_{is2} = 150$ minutos

La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo TD [%] _ Indicador 'Tiempo Destinado a Desplazamientos Diarios'; $TD_i = T_i$ _ Tiempo diario dedicado a movilidad obligada [por habitante] y TD_s _ Objetivo de Sostenibilidad para 'Tiempo Destinado a Desplazamientos Diarios'.

OBSERVACIONES

El tiempo destinado a desplazamientos diarios obligatorios [trabajo o centro de estudios], tiene un gran impacto sobre la Calidad de Vida en general [también sobre la economía]

El Objetivo de Sostenibilidad se establece en 30 minutos, que se considera un tiempo razonable para movilidad diaria [equivale aproximadamente al tiempo necesario para realizar 2,6 desplazamientos diarios andando en un entorno barrio-ciudad]. El tiempo que excede dicha cantidad se considera desaprovechado, y una pérdida de Calidad de vida y de Competitividad / eficiencia económica.

El umbral de Insostenibilidad se establece en 150 minutos diarios [2,5 h] por movilidad obligada³¹⁸.

³¹⁸ El límite de 2,5 horas se establece como máximo absoluto una vez descontados los siguientes tiempos: 8 horas de sueño, 8 horas de trabajo, 1,5 hora comida al mediodía, 1 hora desayunar y ducharse, 1 hora cena, 1 hora tareas hogar varias y 1 hora descanso.

4.1.9 Q9. ESTRUCTURA URBANA [EU]

ÁREAS RELACIONADAS	Q [AM, PI]; M[CE]
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

El indicador informa del grado en que la red viaria proporciona conectividad, funcionalidad y estructura adecuada al área urbana. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, $Q9_i$ con la fórmula:

$$EU[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^n Q9_i * ke_i \quad (28)$$

Siendo EU [%] _ Indicador 'Estructura Urbana' y $Q9_i$ _ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q9.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

CV _ Indicador 'Conectividad de la Red Viaria'

FV _ Indicador 'Funcionalidad de la Red Viaria'

CU _ Indicador 'Configuración Urbana'

OBSERVACIONES

La estructura de cada área urbana debe ser capaz de resolver tanto necesidades del propio ámbito como su conexión con las áreas circundantes. Una parte de las características de esta estructura ya las hemos revisado en indicadores anteriores [e.g., Compacidad Urbana, Dotación Equipamientos y ZV,...], y por tanto aquí vamos a revisar cuestiones complementarias incluyendo la evaluación de:

- ... las cualidades de la red viaria en cada punto [funcionalidad]
- ... la capacidad de la red viaria de constituir una red de recorridos que permitan el desplazamiento idóneo [conectividad]³¹⁹
- ... la capacidad de la red viaria de conectar los elementos principales del área urbana, conformando una estructura legible [configuración]

Algunas cuestiones importantes desde la perspectiva de 'Estructura Urbana' son [EP-THC, 2007]:

- La disposición en proximidad de los elementos urbanos de uso habitual: equipamientos, zonas verdes y comercio³²⁰.

³¹⁹ Las formas de desplazamiento deben priorizarse en este orden: peatonal, bicicleta, transporte público y coche [EP, 2007:12]

³²⁰ "Un barrio 'exitoso y sostenible' es el producto de las distancias que la gente tiene que caminar para acceder a las instalaciones de uso diario, la presencia de un suficiente rango de dichas instalaciones para satisfacer las necesidades cotidianas, y lugares y espacios que permitan que tengan lugar suficiente variedad de actividades" [EP, 2007: 39].

- La creación de una ‘jerarquía’ del viario [que idealmente se prolonga a las áreas adyacentes]:
 - Corredores verdes que conecten los diferentes espacios verdes.
 - Ejes viarios principales con mayor actividad comercial que conecten los elementos más importantes [equipamientos, nodos de transporte, edificios administrativos, ...] conformando.
- La presencia de puntos focales a distancias regulares de 400m [espacios libres, monumentos o estatuas, puntos de desahogo –compacidad muy reducida- etc...]
- La conexión con las áreas circundantes³²¹.

La importancia de la estructura urbana es que “la intuición general del espacio constituye en gran medida la forma en que se almacenan los datos en la imagen mental en las personas” [Lamíquiz y Maciá, 1998: 45]; proporciona la ‘legibilidad’ necesaria para la ‘imaginabilidad’³²² [y por tanto identidad] de las áreas urbanas.

También es importante que el diseño de las áreas fomente su ‘seguridad’ [real y percibida]. La *sensación [percepción] de seguridad* condiciona nuestra elección de las calles por las cuales nos desplazamos y los espacios de estancia que utilizamos, siendo conveniente destacar dos aspectos:

- La utilización del espacio público [calles y espacios de estancia] constituye un factor que incrementa la seguridad percibida, produciendo una cierta retroalimentación circular. Los espacios suficientemente ‘utilizados’ incrementan su utilización y los insuficientemente utilizados la reducen³²³, en mayor medida cuanto más inseguro sea el entorno.
- El diseño adecuado permite alcanzar niveles elevados seguridad ciudadana de manera económicamente más eficientemente que mediante personal de fuerzas de seguridad.

Para lograrlo, el objetivo es realizar diseños urbanos que reduzcan al máximo las oportunidades de que se cometan delitos, existiendo diversos organismos que proponen recomendaciones al respecto.

El modelo ‘Secured by Design’, propone para conseguirlo la “vigilancia natural, y la creación de barrios activos mediante el diseño y disposición de los edificios, la mezcla de tipologías residenciales y la creación de redes de movimiento interconectadas”³²⁴.

TABLA Q9-0_ MEDIDAS PARA AUMENTAR LA SEGURIDAD EN EL ESPACIO PÚBLICO

- Buena calidad del ambiente: bien diseñado, atractivo y claramente definido [se diferencian claramente las zonas privadas de las públicas] (1).
- Creación de zonas ‘buffer’ entre el espacio público y el privado.
- Buen nivel de mantenimiento, que fomente el uso activo del espacio público, lo que redundará en una mayor sensación de pertenencia, ocupación de la calle y menor actividad delictiva.

³²¹ BRE señala la importancia de valorar cómo se conecta visual y físicamente el área urbana con el área circundante, y que tipo de integración produce [BRE, 2009: 288].

³²² Utilizamos el término en el sentido en que Lynch [1965] utiliza ‘imageability’, no siendo un término actualmente reconocido por la RAE. Equivale a poder construir una imagen mental que represente el área urbana para el observador.

³²³ Por ello, como norma general, es preferible crear redes compartidas entre diversos modos de transporte para asegurar que las calles siempre estén transitadas, evitando la sensación de inseguridad que producen las calles ‘vacías’.

³²⁴ La ocupación implica cierta vigilancia ‘informal’ por parte de los propios usuarios, y mayor sensación de seguridad [ACPO, 2004: 2]. Es interesante que los autores vinculan la creación de ‘Comunidades Seguras’ con dos cuestiones que hemos repetido a lo largo del texto numerosas veces: la ‘estabilidad’ de la comunidad y la sensación de pertenencia [ACPO, 2004: 2 y 3]

- La Calidad del Paisaje Urbano [Construido y Vegetal], por su influencia en la creación de sensación de pertenencia e identidad; el diseño y disposición de las Zonas Verdes, evitando terrenos residuales (2).
- La vigilancia natural es una de las ‘piedras angulares’ del ‘diseño para la seguridad’. Donde el riesgo de ser visto es alto, la probabilidad de que se produzcan delitos se reduce.
- Se puede conseguir tanto procurando que el espacio público sea visto desde los espacios interiores de la edificación [ventanas] como que los niveles de utilización del espacio público sean lo más elevados posibles.
- Caminos, vías ciclistas y calles deben ser ‘bien diseñadas, bien usadas y bien mantenidas’ [evitar o controlar los accesos traseros a los edificios, con poca visibilidad; evitar crear pistas o caminos que no van a tener suficiente uso y van a ser percibidos como ‘poco seguros’ –con lo cual su uso se reducirá todavía más]
- Buena Calidad y mantenimiento de las Zonas Verdes, que fomente su utilización intensa y frecuente por los habitantes.
- Aumentar la iluminación en zonas mal iluminadas aumenta tanto la sensación de seguridad como la seguridad real, especialmente si se combina con otras medidas.

FUENTE: ACPO, 2004:4-14 con las siguientes Notas:

- (1) Los autores proponen que un paisaje ‘atractivo’ que es “aquel que da respuesta a las necesidades de sus habitantes” [ACPO, 2004:6].
- (2) Las zonas verdes deberán tener un diseño ‘positivo’ con una posición adecuada en el área urbana, evitando elegir trozos de terrenos ‘residuales’. Los espacios públicos bien diseñados que dan respuesta a las necesidades de la comunidad tienden a ser muy utilizados y ofrecen pocas oportunidades para el crimen.

La cantidad de conceptos considerados es enorme, y su revisión nos muestra que muchos de ellos ya se han incluido en indicadores revisados hasta ahora. Por tanto, consideramos que la ‘seguridad’ es una dimensión ‘trasversal’ que se valora en muchos indicadores del modelo, en los cuyo diseño se han incorporado muchas de estas recomendaciones de diseño³²⁵.

³²⁵ Las cuestiones que atañen al viario, en los indicadores del viario, las que se refieren a zonas verdes, en los indicadores de zonas verdes, las de bicicletas, en bicicletas, etc...

Q9.1 FUNCIONALIDAD DEL VIARIO [FV]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver Indicador Agregado
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	MFOM, 2012: 537. Indicador CJU.04.24. Continuidad Espacial y Funcional de la Calle GMU, 2000. Instrucción Vía Pública, Fichas 4.2 y 8 USGBC, 2009: 48. Indicador. NPD 1. Walkable streets. BRE, 2011: 263. PS10. Active Frontages

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado de 'funcionalidad' de las calles a partir del grado de interacción de las fachadas de la edificación con los peatones y ancho de las aceras. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q9.1_i con la fórmula siguiente:

$$FV[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 Q9.1_i * ke_i \quad (29)$$

Siendo FV [%] _ Indicador 'Funcionalidad del Viario' y Q9.1_i _ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q9.1.

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

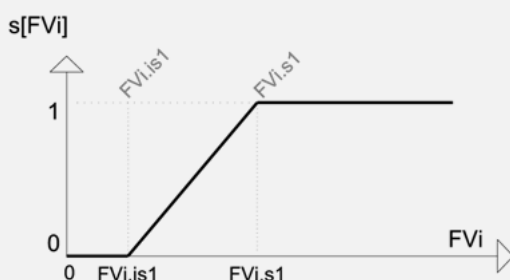
FA_ Indicador 'Funcionalidad Alta o Muy Alta'

FM_ Indicador 'Funcionalidad Media'

FB_ Indicador 'Funcionalidad Baja'

Todos los indicadores de Nivel 4 tienen dos límites, se calculan con la misma formulación y poseen la misma gráfica:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[FV_i] = \max \left[\min \left[\frac{FV_{ij} - FV_{i_{s1}}}{FV_{i_{s1}} - FV_{i_{is1}}}, 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$FV_i [\%] = \max \left[\min \left[\frac{\frac{L_{im}}{L_t} - FV_{i_{is1}}}{FV_{i_{s1}} - FV_{i_{is1}}}; 1 \right] * 100; 0 \right]$$

Siendo FV_i [%] _ Indicador de Nivel 4 de 'Funcionalidad del Viario'; L_{im}_ longitud total de viario que cumple las condiciones de funcionalidad [o superiores]; L_t_ Longitud total de viario; FV_{i,s}_ Objetivo de Sostenibilidad para 'Funcionalidad del Viario' y FV_{i,is1}_ Umbral de insostenibilidad para 'Funcionalidad del Viario'

FUNCIONALIDAD ALTA O MUY ALTA

El Objetivo de Sostenibilidad en Funcionalidad Alta o Muy Alta 'FA_{s1}' es que al menos el 25% del viario tenga una funcionalidad igual o superior a 0,75. El Umbral de Insostenibilidad 'FA_{is1}' se alcanza si menos del 12,5% del viario las cumple.

$$FA = \max \left[\min \left[\frac{FA_i - 0,125}{0,125}; 1 \right] * 100; 0 \right] \quad (30)$$

Siendo FA_i porcentaje de viario con funcionalidad igual o superior a 0,75.

FUNCIONALIDAD MEDIA

El Objetivo de Sostenibilidad en Funcionalidad Media 'FM_{s1}' es que al menos el 75% del viario tenga una funcionalidad igual o superior a 0,5. El Umbral de Insostenibilidad 'FM_{is1}' se alcanza si menos del 25% del viario las cumple.

$$FM = \max \left[\min \left[\frac{FM_i - 0,25}{0,5}; 1 \right] * 100; 0 \right] \quad (31)$$

Siendo FM_i porcentaje de viario con funcionalidad igual o superior a 0,5.

FUNCIONALIDAD BAJA

El Objetivo de Sostenibilidad en Funcionalidad Baja 'FB_{s1}' es que el 100% del viario tenga una funcionalidad igual o superior a 0,25³²⁶. El Umbral de Insostenibilidad 'FB_{is1}' se alcanza si menos del 50% del viario las cumple [i.e., si más del 50% del viario tiene una funcionalidad muy baja].

$$FB = \max \left[\min \left[\frac{FB_i - 0,5}{0,5}; 1 \right] * 100; 0 \right] \quad (32)$$

Siendo FB_i porcentaje de viario con funcionalidad igual o superior a 0,25.

El Grado de Funcionalidad [FV] de cada tramo de viario se calcula como agregación aritmética ponderada del valor FV para cada una de los siguientes parámetros:

TABLA Q9.1-0_ PARÁMETROS PARA EL CALCULO DE LA FUNCIONALIDAD DEL VIARIO

Funcionalidad	Comercios / 100m (3)		Puertas y ventanas / 100m		Variedad de Usos		Paños ciegos en fachada		Calidad Materiales y Detalles		Ancho de aceras	
	Criterio	FV	Criterio	FV	Criterio	FV	Criterio	FV	Criterio	FV	Criterio	FV
Muy Alta	+ de 15 (1)	1,00	+ de 25	1,00	Alta	1,00	No	1,00	Alta con muchos detalles	1,00	≥4m (4)	1,00
Alta	10 a 15	0,75	+ de 20	0,75	Moderada	0,75	Pocos	0,75	Buena con bastantes detalles	0,75	≥3m	0,75
Media	6 a 10	0,50	+ de 15	0,50	Alguna	0,50	Menos del 50%	0,50	Standard con algún detalle	0,50	≥2m	0,50
Baja	3 a 5	0,25	+ de 5	0,25	Poco o nada	0,25	Muchos	0,25	Pocos detalles	0,25	≥1,5m (5)	0,25
Muy Baja	1 o 2	-	-	-	Ninguna	-	La mayoría	-	Sin detalles que mirar	-	-	-

FUENTES: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:

- (1) Las cinco primeras cuestiones están adaptadas de EP-THC, 2007: 89 [a su vez adaptado de Gehl, 1994]. BRE [2011: 263], Active Frontages también propone el cumplimiento de estas condiciones.
- (2) Para todas las cuestiones se contabilizan/valoran ambos lados de la calle.
- (3) En ciertos casos, un edificio que sea un foco constante [a lo largo de todo el día] de atracción de personas [unos grandes almacenes, un polideportivo, un museo, etc...] puede ser equivalente a un número elevado de comercios, siendo preciso hacer el análisis en cada caso. También se contabilizan quioscos y puestos móviles que se ubiquen todos los días en un mismo sitio.
- (4) Según la IVP, el ancho total de la acera debería ser como mínimo 0,90 m para escaparates + 1,50 m de paso + 0,45 m de servidumbre de calzada o de aparcamiento [es igual para los dos casos. GMU, 2000: Ficha 4.2.7]. Total= 2,85 m. Si consideramos la recomendación de Rueda [2012] de ampliar el paso libre a 2,50 m, resulta un ancho total de acera de casi 4,00 m, que establece-

³²⁶ Es importante indicar que los parámetros establecidos para considerar que una calle posee al menos Funcionalidad Baja son relativamente sencillos de alcanzar; un tramo de 100m de calle sin comercio, con más de 15 ventanas [contando ambos lados], sin muros ciegos, con una edificación de calidad normal y con aceras de ancho 1,5 m permite obtenerlo.

ceamos como objetivo en las calles con Funcionalidad Muy Alta.

- (5) Constituye el ancho mínimo por Normativa de Accesibilidad. Por debajo de este ancho de acera, consideramos que son calles con Funcionalidad Muy Baja.
-

En función del valor FV obtenido, clasificamos cada tramo de viario en:

- Funcionalidad alta si $FV \geq 0,75$
- Funcionalidad Media si $FV \geq 0,50$
- Funcionalidad Baja si $FV \geq 0,25$

OBSERVACIONES

Las calles con Funcionalidad más alta incrementan los desplazamientos peatonales al resultar más atractivos, y crean sensación de seguridad.

Además, de crear movimiento, los comercios muchas veces incorporan elementos de cierre no opacos [en caso contrario, el indicador los valora negativamente], que proporcionan una permeabilidad visual que genera una diversidad de escenas urbanas [escaparates, cafeterías, salas de exposiciones,...].

USGBC [2009: Indicador NPD 01. Walkable Streets], propone medidas concretas de diseño para potenciar la funcionalidad óptima del viario:

- Ubicar portales de acceso a la edificación máximo cada 22 m [adecuado] o 9 m [optimo].
- Evitar muros ciegos en longitudes superiores al 40% de la fachada o 15m³²⁷.

El grado de funcionalidad del viario es un indicador de la existencia de vías más o menos activas [y por tanto, una jerarquía subyacente], cuyo adecuado refuerzo mediante el diseño puede contribuir a proporcionar 'legibilidad' a la trama urbana.

³²⁷ Además de reducir la Calidad del paisaje urbano, los paños ciegos eliminan la 'vigilancia natural' y sensación de seguridad que genera la presencia de ventanas en la edificación.

Q9.2 CONECTIVIDAD DE LA RED [CR]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver Indicador Agregado USGBC, 2009: 1. SLL PR 1. Smart Location
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	USGBC, 2009: 1. SLL Credit 1: Preferred Locations USGBC, 2009: 44. NPD Prerequisite 3: Connected and Open Community USGBC, 2009: 62. NPD Credit 6: Street Network BRE, 2011: 289. PS14. Form of development

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado de conectividad del área evaluada, tanto en su interior como con las áreas exteriores. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q9.2_i con la fórmula siguiente:

$$CR[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 Q9.2_i * ke_i \quad (33)$$

Siendo CR [%]_ Indicador 'Conectividad de la Red' y Q9.2_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q9.2.

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

PE_ Indicador 'Permeabilidad Interior'

PV_ Indicador 'Permeabilidad Red Viaria'

PE_ Indicador 'Permeabilidad Exterior'

Todos estos indicadores tendrán como Objetivo de Sostenibilidad el 100% / Umbral de Insostenibilidad el 0%. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo CR [%]_ Indicador 'Conectividad de la Red; CR_i_ valor del indicador de nivel 4 y CR_s límite de sostenibilidad para el indicador.

PERMEABILIDAD EDIFICACIÓN

Lo calculamos a partir del número de intersecciones en el área en relación a su valor óptimo. Consideramos 'intersección', a todas las rupturas del mosaico compuesto por la parcelación, que permiten atravesar de una calle a otra a través de las parcelas [limitando las circulaciones exclusivamente peatonales a un 5% del total].

$$PE_i = \frac{n_i}{NI_s} \quad (34)$$

Siendo PE [%]_ Indicador 'Permeabilidad Edificación'; n_i _ Número de Intersecciones y NI_s _ Objetivo de Sostenibilidad para 'Número de Intersecciones'.

- n_i contabiliza todas las intersecciones en el área, incluyendo las situadas sobre el perímetro.
- NI_s será variable dependiendo de la superficie del Área evaluada, y lo podremos calcular con la fórmula³²⁸:

$$NI_s = \frac{[\sqrt{A} + 1]^2}{A} \quad (35)$$

Siendo A _ la superficie del área en hectáreas.

PERMEABILIDAD RED VIARIA

Lo calculamos como agregación de dos parámetros:

$$PV[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 PV_i * ke_i \quad (36)$$

Siendo PV [%]_ Indicador 'Permeabilidad red Viaria'; PV_i _ Indicadores de Nivel 5 [Pp _ permeabilidad peatonal y Pa _ permeabilidad automóviles]

Los indicadores de Nivel 5 son:

- **Permeabilidad peatonal [Pp]:** Consideramos conectado cualquier punto de acera situado a menos de 75 m de un cruce que permita acceder a la otra acera de la calle³²⁹.

$$PR_v = \frac{L_c}{L_t} \quad (37)$$

Siendo l_c _ longitud de acera 'conectada' y l_t longitud total de acera.

- **Permeabilidad automóvil [Pa]:** Consideramos conectado cualquier punto de una vía apta para circulación de automóviles situado a menos de 400m de una intersección³³⁰.

$$PR_v = \frac{L_c}{L_t} \quad (38)$$

Siendo l_c _ longitud de viario 'conectado' y l_t longitud total de viario.

³²⁸ El número se calcula a partir de una malla de 100 m de eje a eje de viario, que coincide aproximadamente con las dimensiones ideales de la manzana; que oscilan entre los 60-80 para centros históricos y los 80-90 para el resto de áreas [EP, 2007: 65]. Contabilizar número de intersecciones frente a medir longitudes de parcela permite valorar positivamente un rango mayor de diseños urbanos [e.g., la manzana típica de Manhattan tiene una dimensión de 200x50m, cuyo área sigue siendo 1 Ha –el número de intersecciones por área no se modifica]

³²⁹ Según la IVP, cuadro 5.0, ficha 5.0 pág. 3, la distancia mínima en vías distritales o urbanas entre semáforos es 150 m. Por tanto, fijamos el objetivo de permeabilidad en el valor mínimo de separación que permite cumplir dicha condición.

³³⁰ Adoptamos la distancia de 400 m propuesta por Rueda, 1999.

PERMEABILIDAD EXTERIOR

Consideramos permeable todo aquel perímetro que está conectado con el exterior del área mediante una vía a distancia inferior de 240 m [preferible 180 m] de una vía que conecte con las áreas colindantes, siendo como máximo el 20% peatonal³³¹.

$$PE [\%] = \frac{L_c}{L_t} * 100 \quad (39)$$

Siendo PE_ Indicador 'Permeabilidad Exterior'; L_c_ Longitud de Perímetro conectado; L_t_ Longitud Total del Perímetro.

OBSERVACIONES

Las áreas con elevada conectividad maximizan la accesibilidad a sus diferentes partes y la variedad de recorridos posibles tanto dentro del área como en continuidad con áreas adyacentes, contribuyendo a crear entornos 'interesantes'³³².

USGBC [2009: 63. NPD 6] propone un mínimo de 0,54 intersecciones/Ha [NPD 03] y un óptimo de 1,54 intersecciones/Ha. Sin embargo, es necesario considerar que el valor óptimo cambia según el tamaño del área evaluada³³³. Cuanto mayor sea el área evaluada, más se acercará n_i [número de intersecciones] al valor 1 intersección/Ha.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[n + 1]^2}{n^2} \approx 1 \quad (40)$$

Si el área es extensa, se recomienda evaluarla dividiéndola en partes de entre 15 - 25 Ha y comprobar que se alcanza un valor óptimo en cada una de ellas.

³³¹ Condiciones para considerar un Área 'conectada' según USGBC, 2009: 1. SLL PR 1. Smart Location

³³² En esta línea, USGBC [2009, XVII] propone que "Numerosas intersecciones y bloques cortos proporcionan a los peatones un ambiente más interesante. El máximo perímetro de bloque habitual para lograr una red integrada es de 1.500 pies [aprox. 460m], con un longitud máxima de bloque no interrumpida de idealmente no más de 450 pies [aprox. 130 m]; calles que se cruzan a intervalos de 500 a 600 pies [150-180m], y distancia máxima de 800 pies [240m] a lo largo de un solo tramo"

³³³ Por ejemplo una manzana de 100x100 tendrá 4 i/Ha, mientras que un grupo de 9 manzanas tendrán 1,78 i/Ha, un grupo de 12 manzanas tendrá 1,55 intersecciones/Ha, etc...

Q9.3 CONFIGURACIÓN URBANA [CU]

ÁREAS RELACIONADAS	Ver Indicador Agregado
FUENTES E INDICADORES	Lynch. 1960
RELACIONADOS	USGBC, 2009: 55. NP D Credit 3: Mixed-Use Neighborhood Centers

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

El indicador informa del grado en que el área urbana presenta una estructura subyacente que le confiere legibilidad [y por tanto 'imaginabilidad']. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q9.3_i con la fórmula siguiente:

$$CU[\%] = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 Q9.3_i * ke_i \quad (41)$$

Siendo CU [%]_ Indicador 'Configuración Urbana' y Q9.3_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q9.3.

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

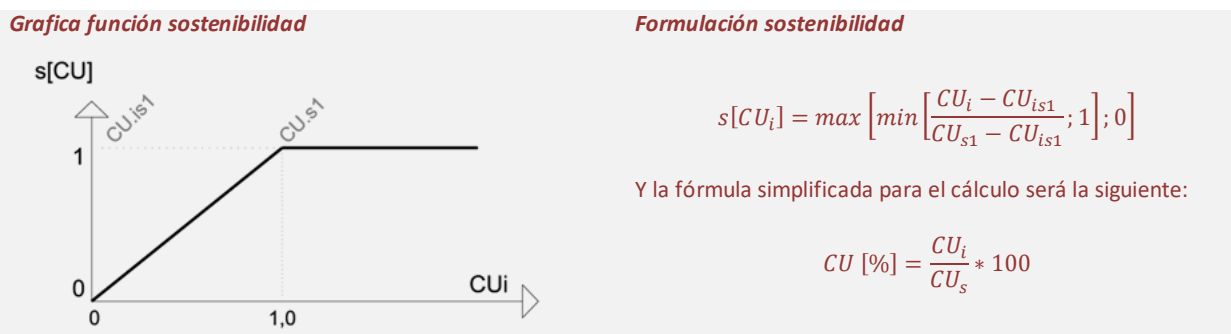
RC_ Indicador 'Red de centros/nodos'

SM_ Indicador 'Sistema de Movimiento'

RL_ Indicador 'Red de Espacios Libres'

RS_ Indicador 'Red Simbólica'

Todos estos indicadores tendrán como Objetivo de Sostenibilidad el 100% / Umbral de Insostenibilidad el 0%. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo CU [%]_ Indicador 'Configuración Urbana'; CUi_ valor del indicador de nivel 4 y CUs límite de sostenibilidad para el indicador.

RED DE CENTROS/NODOS

Calculamos el porcentaje del área dentro del área de atracción de algún centro/nodo como:

$$RC [\%] = \frac{A_a}{A_t} * 100 \quad (42)$$

Siendo RC_ Indicador 'Red de Centros'; A_a _ Área dentro del radio de atracción de un centro urbano; A_t _ Área Total del Ámbito.

Consideramos un centro/nodo cualquier espacio que posee las siguientes características:

TABLA Q9.3-0_ CARACTERÍSTICAS Y RADIO DE ATRACCIÓN DE LOS CENTROS/NODOS		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	RADIO ATRACCIÓN
3	<ul style="list-style-type: none"> Un espacio abierto diseñado que posibilita la estancia de personas (1). Al menos 3 usos diversos (2) y acceso al transporte público [mínimo una parada de autobús y preferentemente también una parada de SBC si hay] (3) Accesible mediante dos vías FV ≥0,5 	250 m
2	Lo anterior y además... <ul style="list-style-type: none"> Una obra de arte público o edificio público [equipamiento] con suficiente carácter simbólico [y acceso de personas frecuente]. Al menos 9 usos diversos (2) y acceso a metro [si hay] (3) Al menos una vía de acceso tiene FV ≥0,75 [preferible dos vías] 	450 m
1	Lo anterior y además... <ul style="list-style-type: none"> Centro de transporte de alta capacidad [estación de tren, intercambiador de autobuses,...] Centro comercial o Equipamiento con gran capacidad de atracción. Al menos una vía de acceso tiene FV ≥0,85 [preferible dos vías] 	650 m

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- De manera orientativa, deberá tener un h:d entre 1:2 y 1:5 en al menos una dimensión.
- LEED ND 03. Walkable streets propone que cada centro debe agrupar entre 3 y 9 usos diversos [ver
- Q5.2 PROXIMIDAD A COMERCIO DE USO COTIDIANO [PC]], cuyos accesos se sitúen en un radio no mayor a 120 de un punto común [generalmente cercano al centro geométrico del espacio abierto].
- La existencia de acceso al transporte público muestra que el emplazamiento constituye un punto de atracción de personas [si no hay una parada de transporte público, difícilmente será un punto de atracción de personas] y garantiza una cierta 'ocupación' del espacio. Supone considerar que el carácter de centro/nodo lo obtiene tanto de sus elementos como de la utilización que de dicho espacio realizan sus habitantes, vinculado a la presencia de elementos que generen actividad.
- La Funcionalidad del Vialio suele relacionarse con su intensidad de uso peatonal y por tanto es un indicador indirecto bastante fiable de capacidad de atracción.

SISTEMA DE MOVIMIENTO

Lo calculamos como agregación de dos parámetros:

$$SM[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 SM_i * ke_i \quad (43)$$

Siendo SM [%] _ Indicador 'Sistema de Movimiento'; SM_i _ Indicadores de Nivel 5 [VF_ Vías Funcionales y EA_ Elementos de Atracción]

Los indicadores de Nivel 5 son:

- Vías funcionales [VF]:** Consideramos 'estructurada' toda la longitud del viario situado a menos de 200m de una vía de Funcionalidad FV ≥0,75.

$$VF [\%] = \frac{L_a}{L_t} \quad (44)$$

Siendo VF [%] _ Vías Funcionales; L_a _ Longitud de viario d < 200m vía FV ≥0,75; L_t _ Longitud Total de viario.

- Conectividad elementos generadores de atracción [EA]:** se trata a su vez de un indicador que se obtiene como agregación de tres indicadores de Nivel 6:

$$EA[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 EA_i * ke_i \quad (45)$$

Siendo EA [%] _ Indicador 'Elementos Generadores de Atracción'; EA_i _ Indicadores de Nivel 6 [EC_ Equipamientos conectados y NT_ Nodos de Transporte colectivo y GA_ Edificios de gran afluencia]

Los indicadores de Nivel 6 son:

- *Equipamientos conectados [EC]* mediante vías de Funcionalidad $\geq 0,5$:

$$EC [\%] = \frac{n_i}{0,8 * N} \quad (46)$$

Siendo EC [%]_ Equipamientos Conectados; n_i _ número equipamientos conectado; N _ Total de equipamientos.

- *Nodos de transporte colectivo [NT]* [paradas de autobús y estaciones de SBC, metro y tren] conectados mediante vías de Funcionalidad $FV \geq 0,5$:

$$NT [\%] = \frac{n_i}{N} \quad (47)$$

Siendo NT [%]_ Nodos de Transporte Colectivo [NTC]; n_i _ número NTC conectados; N _ Total de NTC en el área.

- *Nodos generadores de gran atracción [GA]* [centro comercial, estación de transporte de elevada capacidad –metro, tren-,...] conectados mediante vías $FV \geq 0,5$:

$$GA [\%] = \frac{n_i}{N} \quad (48)$$

Siendo GA [%]_ Nodos generadores de Gran Atracción; n_i _ número de GA conectados; N _ Total GA en el área.

RED DE ZONAS VERDES

Lo calculamos como agregación de dos parámetros:

$$RL[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 RL_i * k e_i \quad (49)$$

Siendo RL [%]_ Indicador 'Red de Espacios Libres; RL_i _ Indicadores de Nivel 5 [EV_ Espacios de Vecindario y EB_ Espacios de Barrio, Barrio Ciudad y Ciudad]

Los indicadores de Nivel 5 son:

- *Espacios de vecindario [EV]*: Consideramos conectados los espacios accesibles mediante una vía de funcionalidad $FV \geq 0,50$ o un Corredor Verde Urbano.

$$EV [\%] = \frac{EV_i}{EV_t} \quad (50)$$

Siendo EV [%]_ Espacios de Vecindario; EV_i _ Espacios conectados; EV_t _ Total de espacios de vecindario

- *Espacios de barrio, barrio-ciudad y ciudad [EB]*: Consideramos conectado cualquier espacio de estas características accesible mediante una vía de funcionalidad $FV \geq 0,75$.

$$EB [\%] = \frac{EB_i}{EB_t} \quad (51)$$

Siendo EB [%]_ Espacios de Barrio/Barrio-Ciudad/Ciudad; EB_i _ Espacios conectados; EB_t _ Total de espacios de Barrio/Barrio-Ciudad/Ciudad en el ámbito.

RED SIMBÓLICA

Lo calculamos como el porcentaje de monumentos y edificación con protección [Singular o Integral] conectado mediante recorridos de cualquiera de dos tipos:

- Vías con Funcionalidad $FV \geq 0,50$.
- Vías con $CEU > 0,75$.

$$RS [\%] = \frac{ES_c}{ES_t} * 100 \quad (52)$$

Siendo RS_ Indicador 'Red Simbólica'; ES_c _Elementos singulares conectados; ES_t _ Elementos totales en el ámbito.

OBSERVACIONES

Valoramos la configuración urbana del área siguiendo las ideas de Lynch [1965: 219] quien considera que es posible actuar sobre tres aspectos para mejorar la calidad del medio ambiente urbano “el sistema de movimiento, la matriz de centros y el patrón de espacios abiertos”, que completamos con lo que hemos denominado ‘red simbólica’.

Complementariamente, [Lamíquiz y Maciá, 1998: 46] destacan las siguientes cuestiones para la formación de la imagen cognitiva:

- Referencias culturales básicas [hitos históricos –monumentos-,...].
- Posición y relación entre elementos y espacios significativos en la ciudad; centralidad y relación visual directa³³⁴.
- Referencias funcionalmente relevantes para cada persona [cafés, tiendas, restaurantes, cines, paradas de autobuses, estación de metro...].
- Agrupaciones de elementos del espacio urbano, fachadas por encima de la planta baja, elementos de mobiliario urbano.

Las dos últimas cuestiones nos remiten a elementos valorados en los indicadores ‘Funcionalidad del viario’ y ‘Calidad de la Escena Urbana’, permitiéndonos comprender su vinculación con la valoración de la ‘legibilidad urbana’, así como a los medios de transporte, valorados en el presente indicador.

Quedan dos cuestiones pendientes que se podrían valorar en un desarrollo futuro del indicador:

La primera se relaciona con el hecho de que hemos plantado la valoración de los elementos diferenciándolos por clases pero considerándolos iguales dentro de cada clase. Sin embargo, *en algunas clases todavía podría existir diferenciación relevante entre elementos* y que podría ser conveniente valorar mediante el indicador [e.g., si existe mucha diferencia ente la superficie de los elementos, y esta es relevante, podría valorarse en el indicador mediante coeficientes de ponderación].

La segunda se relaciona con que hemos planteado valorar el grado en que los elementos existentes están conectados, lo que se calcula mediante un cociente sencillo [elementos conectados/elementos

³³⁴ Hemos preferido no establecer el requisito de conexión visual directa, porque excluiría ciertas configuraciones urbanas que buscan crear recorridos que introducen la ‘sorpresa’, o simplemente quebrados [e.g., ciudades musulmanas]. Sin embargo, en una mayoría de casos las vías de funcionalidad alta implican la conexión visual.

totales], pero *un valor 100% del cociente anterior puede tener un significado muy diferente en un barrio con 5 elementos que en un barrio con 100 elementos.*

- ... En *equipamientos y zonas verdes* lo anterior podría valorarse incorporando una ponderación global que sea el grado de cumplimiento de la dotación obligatoria de cada uno de ellos.
- ... En *nodos de transporte público*, podría valorarse incorporando una ponderación global que sea el grado de cobertura del transporte público.
- ... En el caso de *edificios de gran atracción*, podría valorarse incorporando una ponderación según el porcentaje de superficie de área urbana en el radio de atracción de algún Centro de Tipo 1 [650m].

4.1.10 Q10. PAISAJE E IDENTIDAD [PI]

ÁREAS RELACIONADAS	Accesibilidad y Movilidad, Sensación de Pertenencia, Metabolismo Urbano
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

El indicador informa tanto de la Calidad de la Escena del Área Urbana como del grado en que se aprovechan sus 'potencialidades'. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, Q10_i con la fórmula siguiente:

$$UM[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 Q10_i * ke_i \quad (53)$$

Siendo PE [%] _ Indicador 'Paisaje e Identidad'; Q10_i_ Indicadores de Nivel 3 del indicador Q10.

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

PC _ Indicador 'Proporción de Calle'

CE _ Indicador 'Calidad de la Escena Urbana'

PV _ Indicador 'Percepción Visual del Verde Urbano'

OBSERVACIONES

Definir un indicador que permita cuantificar la calidad del paisaje entraña cierta dificultad por cuanto el objetivo es informar cuantitativa y objetivamente de algo [la Calidad del Paisaje Urbano] que viene determinado en gran medida por cuestiones cualitativas y subjetivas [del observador o del área urbana como 'sujeto' diferente de otras áreas urbanas]:

- Algunas cuestiones asociadas al paisaje son de difícil cuantificación.
- Existe una componente subjetiva inherente a la 'percepción' y 'valoración' del paisaje
- La identidad necesita de 'diferenciación', dificultando plantear un criterio único para evaluar la calidad de 'escenas urbanas' que 'necesitan ser diferentes', i.e., que necesitan ser revisadas en relación a las características específicas del Contexto.

No obstante, vamos a proponer un indicador que informe de las variables que podemos controlar, en base a los siguientes supuestos:

- Existen algunas cuestiones cuantificables cuyo impacto [positivo/negativo] sobre la calidad del paisaje urbano es elevado y aceptado mayoritariamente [en otros términos; se acepta que estas cuestiones son valoradas/percibidas de manera similar por un número elevado de ciudadanos].

- Podemos preservar la necesaria ‘diferenciación’ entre áreas urbanas y valorar la presencia de una ‘identidad local’ mediante dos mecanismos:
 - Estableciendo objetivos diferentes para morfologías/localizaciones diferentes.
 - Valorando los elementos urbanos incluidos en catálogos de protección como elementos singulares: edificación, parques históricos, arte público, etc...³³⁵.

Hay que indicar que la mayoría de los indicadores de la Dimensión Q informan ‘indirectamente’ de la Calidad del Paisaje urbano:

- Compacidad informan del ‘equilibrio’ entre la volumetría y el espacio libre.
- Equipamientos, suelen constituir elementos singulares que articulan el viario, especialmente en ámbitos de reciente creación carentes de edificación histórica.
- Zonas Verdes e Infraestructura Verde y Biodiversidad, informan del verde urbano y cuestiones relacionadas con la identidad local [si la biodiversidad es nativa].
- Mezcla de Usos, de la presencia de actividad en el viario e intensidad de uso del tejido urbano por del día.
- Bioclima [Calidad del aire y Confort acústico] se relaciona con la percepción del paisaje.
- Accesibilidad informa de la presencia de personas [positiva] o coches [negativa, si es en exceso] en el viario
- Estructura Urbana [Funcionalidad, Conectividad, y Configuración Urbana] se relaciona intrínsecamente con la ‘legibilidad’ e ‘imaginabilidad’ del área.

La consideración conjunta de dichos indicadores con éste indicador, constituye una valoración exhaustiva de los aspectos que determinan la Calidad del Paisaje para la mayoría de las personas.

³³⁵ Supone considerar que los catálogos de elementos protegidos elaborados por las instituciones locales ya han seleccionado aquellos elementos más representativos de la identidad local. El mayor grado de protección, equivaldrá a una mayor calidad como elementos generadores de ‘escena urbana’ e ‘identidad’. Los catalogados como ‘monumentos’, serán elementos de relevancia para la conformación de la ‘identidad nacional’, mientras que los ‘catalogados’ por la Administración Local serán los elementos relevantes para la ‘identidad local’.

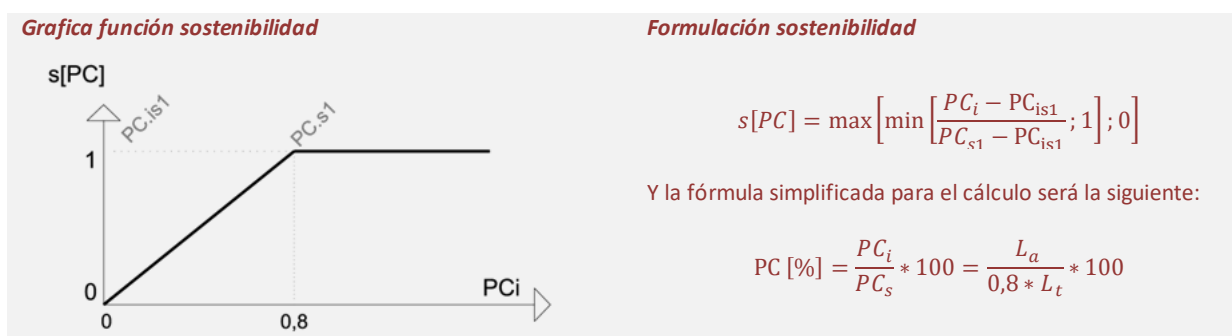
Q10.1 PROPORCIÓN DE CALLE [PC]

ÁREAS RELACIONADAS Bioclima [Confort Térmico]
 FUENTES E INDICADORES Rueda, 2010: 493. Indicador EPH.02.10. Proporción de calle
 RELACIONADOS EP-THC, 2007

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica la adecuación entre la altura de las fachadas y el ancho de la calle. El Objetivo de Sostenibilidad para Proporción de Calle PC_s , se establece en que al menos el 80% de la longitud total de las calles tenga una relación altura/distancia entre edificios aceptable.

La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo PC [%] _ Indicador 'Proporción de Calle'; L_a _ Longitud de calle que está en el rango 'aceptable' según zona climática; L_t _ longitud total de calle en el Área Evaluada y PC_s _ Objetivo de sostenibilidad para 'Proporción de Calle'

Los parámetros de relación ancho/altura aceptable se establecen en:

TABLA Q10.1-0_ RELACIÓN ALTURA/DISTANCIA ENTRE EDIFICIOS SEGÚN ZONA CLIMÁTICA		
CLIMA	Proporción de calle [H/D]	
	Rango aceptable	Rango optimo
Climas Fríos y de tipo oceánico	0,25-1,5	0,5-1,2
Climas Cálidos y de tipo mediterráneo	0,25-2,2	0,8-1,5

Fuente: MFOM, 2012: 494-495

OBSERVACIONES:

Se trata de un indicador que no solo informa del paisaje urbano; también está relacionado tanto con las condiciones de habitabilidad interiores en la edificación [soleamiento] como de la habitabilidad del propio espacio público [control del soleamiento y del viento].

La proporción altura/distancia entre edificios de las calles debe permitir la apertura de la vista al cielo; niveles de insolación e iluminación suficientes [tanto en el viario como en el interior de la edificación] y proporcionar ventilación en verano/reducir vientos fríos en invierno.

Otra propuesta de ratios diferenciando tipos de espacios exteriores es la siguiente:

TABLA Q10.1-1_ RANGO OPTIMO DE PROPORCIONES SEGÚN TIPOLOGÍA DE ESPACIO		
	H:D	H/D
Calles pequeñas:	1:1,5 a 1:1	0,66-1
Calles:	1:3 a 1:1,5	0,33-0,66
Plazas (2)	1:5 a 1:4	0,2-0,25

FUENTE: EP-THC, 2007: 88 con las siguientes notas:

- (1) La propuesta varía ligeramente en relación a la de Rueda, lo que es justificable por la diferencia entre los climas oceánicos del norte de la Península Ibérica y los de Gran Bretaña.
- (2) Ashihara [1982:44] sugiere que un ratio entre 1:1 y 1:2 [1 y 0,5] considerando el edificio más alto, genera un espacio exterior equilibrado. Si el ratio es mayor, la interacción entre los edificios es demasiado fuerte [es más una calle que una plaza]. Si el ratio es menor, "las fuerzas circundantes que crean la sensación de plaza empiezan a disminuir y pierden eficacia".

En un desarrollo posterior del indicador puede ser interesante valorar la relación entre el ancho de la calle y el ancho de la fachada de la edificación [d/w], y su interacción con la proporción de calle para determinar el carácter del espacio generado³³⁶.

³³⁶ Por ejemplo, para una relación $d/h=1$ Ashihara [1982:142] sugiere que una relación $d/w=1$ genera un ambiente de "humanidad, privacidad, variedad y ritmo".

Q10.2 CALIDAD DE LA ESCENA URBANA [CE]

ÁREAS RELACIONADAS	Q[IVB, AM, EU] Lynch, 1960 y 1965.
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	GMU, 2000. Ficha 10 Fariña, 2001 JSBC, 2007: 102. 3.4.1 Formation of urban context and scenery EP-THC, 2007.

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado en que la Calidad de la Escena urbana se acerca a valores óptimos, que se establecen para cada área urbana según sus características concretas. El cálculo se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, Q10.2_i, con la fórmula:

$$CEU[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 Q10.2_i * ke_i \quad (19)$$

Siendo CEU_ Indicador 'Calidad de la Escena Urbana' y Q10.2_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador Q10.2.

Los Indicadores de Nivel 4 son:

CEUA_ Indicador 'Calidad de la Escena Urbana Alzado'

CEUP_ Indicador 'Calidad de la Escena Urbana Planta'

OBSERVACIONES

Este indicador no trata de evaluar la Calidad de la Escena de un área urbana en una escala absoluta, sino en una escala relativa definida en relación a la óptima que podría tener el área. El motivo es que en las ciudades suelen existir áreas con diferente Calidad de la Escena Urbana³³⁷, sin que ello necesariamente afecte a su sostenibilidad, sino incluso al contrario: la diferenciación del conjunto requiere y se beneficia de diferentes identidades de las áreas.

Y lo que nos interesa no es conseguir que todas las áreas tengan una escena urbana con la máxima calidad [algo que no sería posible y atentaría contra la propia búsqueda de diferenciación urbana] sino que cada área explote sus potencialidades al máximo acercándose a sus valores óptimos [elevados pero posibles con un nivel aceptable de esfuerzo] de Calidad de Escena Urbana dadas sus características específicas, contribuyendo a dos cuestiones:

- ... crear una identidad propia, que aumente la legibilidad e imaginabilidad del conjunto
- ... hacer atractiva dicha identidad, generando sentido [y voluntad] de pertenencia.

Por ello, no establecemos un objetivo homogéneo de Calidad [que nos serviría para obtener una valoración de la Calidad de la Escena en la ciudad], sino objetivos específicos para cada área urbana,

³³⁷ La propia diferenciación [geográfica y temporal] de las zonas urbanas lleva a que unas zonas tengan mayor cantidad de elementos positivos para la Escena Urbana que otras [e.g.; en los centros históricos suele haber mayor nº de edificios históricos y monumentos que en áreas de construcción más reciente].

que nos permiten evaluar la Calidad de su Escena Urbana en relación a la su optima dada sus características concretas. El cálculo detallado de dichos objetivos se explica posteriormente.

Dentro de las cuestiones relevantes para la Calidad de la Escena Urbana, podemos citar GMU [2000. Ficha 10.0] que sugiere que el aspecto de la vía publica esta básicamente conformado por:

- las fachadas de los edificios con frente a la vía.
- los elementos complementarios de las fachadas [marquesinas, banderines, etc...].
- la deposición y pavimentación de los elementos de la sección transversal de la vía [calzadas, aceras, bandas de estacionamiento, bulevares, carriles bici,...].
- elementos de acondicionamiento de la vía pública [iluminación, arbolado³³⁸, señalización y mobiliario urbano].

Mientras que en las áreas urbanas en funcionamiento nos encontraremos con unas fachadas ya definidas, vemos que los tres últimos apartados corresponden a elementos urbanos que pueden ser modificados.

Ello nos permite insistir en que cualquier área dentro del conjunto urbano puede tener una escena urbana 'adecuada', si se maximizan los elementos cuyo impacto es positivo [buena conservación de la edificación, pavimentos especiales, arbolado...] y minimizan los elementos cuyo impacto es negativo [aparcamientos, cubos de basuras, contaminación visual...].

JSBC [2007: 106-108. CASBEE for Urban Developments] propone ocho cuestiones a revisar para evaluar la calidad del paisaje de un área urbana que depende de sus características interiores:

- Posición de la edificación en relación con la calle
- Armonía en el Diseño y Materiales de las fachadas
- Consideración de la 'escala humana' [se relaciona con la 'Proporción de Calle' y la 'Compacidad Corregida']
- Armonía en el Diseño y Materiales utilizados para los pavimentos
- Tipo y posición de los arboles
- Iluminación, mobiliario y señalización
- Impacto de la infraestructura [por ejemplo instalaciones -cableado eléctrico, etc.,- pero también diseño integrado con el resto de elementos]
- Aparcamientos de gran tamaño [superior a 30 plazas]

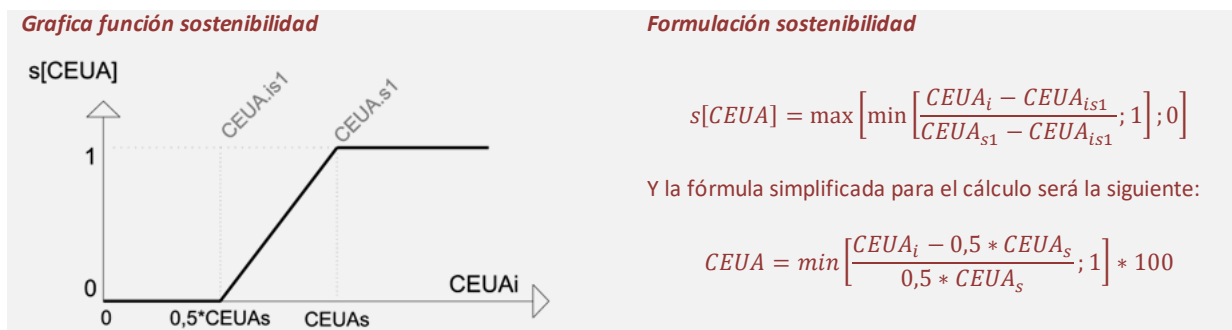
Y tres más, que dependen de su relación con/características de las áreas circundantes [JSBC, 2007: 108]:

- Continuación de 'ejes visuales'.
- Continuación del entorno natural.
- Consideración del 'skyline' circundante.

³³⁸ En calles con arquitectura de escaso interés y de gran diversidad, las hileras de arbolado pueden contribuir a cualificarlas y dotarles de unidad e identidad [GMU, 2000. Ficha 10.4:3]

INDICADOR ‘CALIDAD DE LA ESCENA URBANA ALZADO’ [CEUA]

El Objetivo de Sostenibilidad para Calidad de la Escena Urbana Alzado $CEUA_{s1}$ lo calculamos específicamente para cada área urbana. El Umbral de Insostenibilidad $CEUA_{is1}$ es el 50% de $CEUA_{s1}$. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad serán las siguientes:



Siendo $CEUA$ _ Indicador ‘Calidad de la Escena Urbana Alzado’ y $CEUA_s$ _ Objetivo de Sostenibilidad para Calidad de la Escena Urbana Alzado.

La ‘Calidad de la Escena Urbana Alzado’ $CEUA_i$ se calcula con la fórmula:

$$CEUA_i = \frac{\sum_{i=1}^n [A_i * k_i]}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (54)$$

Siendo A_i _ ‘alzado’ ocupado por cada categoría de edificación/elemento urbano; K_i _ Coeficiente de impacto asociado a cada categoría de edificación/elemento urbano.

La *superficie de cada elemento* la medimos como su proyección sobre el plano de fachada, considerando solamente los primeros 8 m de altura, con mayor influencia para la percepción visual del espacio por las personas.

Los *coeficientes a aplicar según el tipo de elemento/superficie* son los siguientes:

TABLA Q10.2.1-1_ ELEMENTOS CON IMPACTO SOBRE EL ALZADO URBANO			
TIPO IMPACTO	TIPO ELEMENTO/ SUPERFICIE	COEFICIENTE [K]	
POSITIVO	Edificación Protegida (1)	Protección Singular e Integral Protección Parcial, Ambiental y estructural.	4,00 2,00
	Arbolado en viario (2)	Arbolado de altura inferior a 10 m [medida desde el suelo hasta el centro de la copa], se contabiliza su superficie de copa aproximada Jardines verticales. Se contabiliza su superficie.	2,00
	Arte Público: Murales en fachadas (3)		2,50
	Otros elementos protegidos.		4,0/2,5/2,0(4)
	Edificación sin protección		1,00
NEUTRO	Puertas de garajes, muros ciegos, etc...		0,50
	Aparcamientos de coches, motos, bicicletas,... (5)		0,50
NEGATIVO	Escaparates cerrados con rejas opacas o sin iluminación nocturna		0,25
	Armarios y casetas de instalaciones		0,25
	Cubos de basura, y contenedores de reciclado		-1,00

FUENTE: elaboración propia con las siguientes notas:

- Lo establecemos en función de la calidad arquitectónica de cada edificio, que deducimos de su nivel de protección según el PGOUM. Complementariamente añadimos un segundo coeficiente que multiplica el anterior, que establecemos en función del estado de conservación de la edificación, oscilando entre 0 [ruina] y 1 [buen estado de conservación]. Los datos pueden obtenerse del Censo. Por otra parte, tan importante como el estado de conservación, es la ‘contaminación visual’ [carteles publicitarios, cables de instalaciones, aires acondicionados, cerramientos de balcones irregulares, cables eléctricos, etc...].
- En conjunto históricos artísticos con elevada presencia de edificación de gran valor, el paisaje urbano puede tener mayor calidad si se limita la presencia de arbolado, su tamaño y ‘frondosidad’.
- Se trata de un valor orientativo. Si son de especial valor artístico o por su relación con la identidad local se puede elevar [p. ej.:

los murales de Tintín en la Ciudad de Bruselas], pero también se puede reducir si son murales con baja calidad. El grado de ‘protección’ de dichos murales, puede ser un indicador de su valor artístico.

(4) Lo establecemos en función del grado de protección municipal, y pueden incluir esculturas o piezas aisladas, murales, etc...

(5) La heterogeneidad visual de coches y motocicletas estacionados, hace que en cierto modo aporten ‘ruido’ a la escena urbana. No incluimos los aparcamientos de SBC, por dos motivos: en general tienen una estética bastante cuidada y al constar de elementos repetidos pierden el carácter de ruido y convierten en elementos que aportan carácter a la escena urbana, pudiendo llegar a constituir parte de la ‘identidad local’.

El objetivo de Sostenibilidad en Calidad de la Escena Urbana Alzado’ CEUA_s lo establecemos como el valor de CEUA_i que obtenemos para los siguientes supuestos:

TABLA Q.10.2-1_ CALCULO OBJETIVO DE SOSTENIBILIDAD CEUA_s

ELEMENTO/SUPERFICIE	MORFOLOGIA URBANA			
	Centro Histórico y Áreas Protegidas	Ensanche SXIX	Zonas sin valor histórico	
Edificación	Calidad Fachadas	Introducimos las características reales de las fachadas del ámbito [i.e., longitud fachada con protección, longitud fachada no protegida, etc...]		
	Estado conservación	Suponemos que todos los edificios están en buen estado de conservación y sin contaminación visual.		
Arbolado	Consideramos un árbol de tamaño medio cada 6 m de fachada, con las siguientes condiciones:			
	Vías ancho superior a 8m	un lado de la calle		
	Vías ancho superior a 15m	ambos lados de la calle		
Aparcamiento	Consideramos que existe aparcamiento en	10% calles	20% calles	30% calles
Otros elementos	Cubos de basura / contenedores	Consideramos que no hay cubos de basura ni contenedores visibles en la calle (1)		

FUENTE: elaboración propia

(20) Por ejemplo, los contenedores enterrados no los consideramos visibles

(21) Para el cálculo hemos revisado tejidos de tres tipos, obteniendo los siguientes valores orientativos CEUA_s:

a.	Centro Histórico y Áreas Protegidas	~2
b.	Ensanche SXIX	~1,5
c.	Otras Zonas sin especial valor histórico	~1

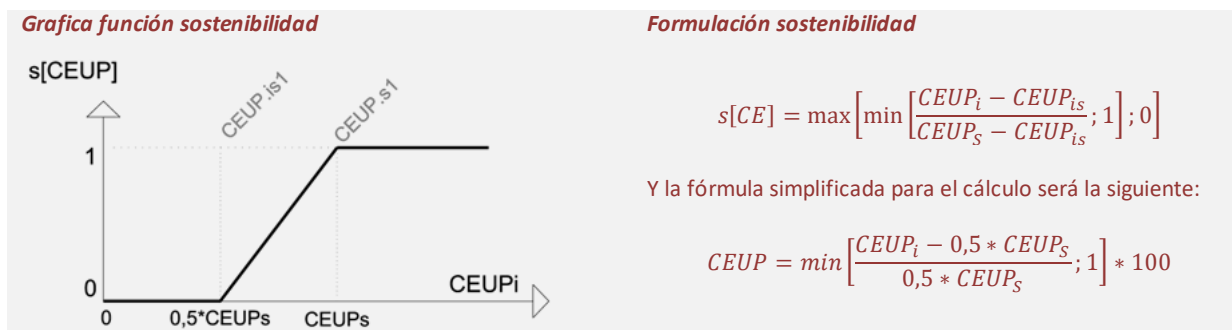
A partir de los supuestos anteriores, calculamos CEUA_s con la misma fórmula que CEUA_i

$$CEUA_s = \frac{\sum_{i=1}^n [A_i * k_i]}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{55}$$

El valor CEUA_{is} lo establecemos en el 50% del valor anterior.

INDICADOR ‘CALIDAD DE LA ESCENA URBANA PLANTA’ [CEUP]

El Objetivo de Sostenibilidad para Calidad de la Escena urbana’ $CEUP_s$ es el 100% de la Calidad Posible para el Contexto evaluado. El Umbral de Insostenibilidad $CEUP_{is}$ es el 50% de la Calidad Posible para el Contexto evaluado. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo $CEUP$ _ Indicador ‘Calidad de la Escena Urbana Planta’ y $CEUP_s$ _ Objetivo de Sostenibilidad de Calidad de la Escena Urbana Planta’, y $CEUP_{is}$ _ Umbral de insostenibilidad para $CEUP$

$CEUP_i$ ‘Calidad de la Escena Urbana Planta’ se calcula con la fórmula:

$$CEUP_i = \frac{\sum_{i=1}^n [S_i * k_i]}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (56)$$

Siendo S_i _ Superficie ocupada por cada categoría de pavimento/elemento urbano; K_i _ Coeficiente de impacto asociado a cada categoría de pavimento/elemento urbano; S_t _ ‘Superficie total viario’.

La *superficie de cada elemento* la medimos como su proyección sobre el plano de planta, considerando todo el espacio comprendido entre las fachadas que delimitan el espacio viario visible para el peatón [pueden ser superficies privativas]

Los *coeficientes a aplicar según el tipo de elemento/superficie* son los siguientes:

TABLA Q10.2.2-1_ ELEMENTOS CON IMPACTO SOBRE LA PLANTA URBANA		
TIPO IMPACTO	TIPO ELEMENTO/ SUPERFICIE	COEFICIENTE [K]
POSITIVO	Pavimentos singulares [piedra, adoquín natural, otros].	2,00
	Superficies verdes ajardinadas [flores, césped, tapizantes,...].	2,00
	Superficies de agua [fuentes,...].	2,00
	Pavimentos adoquín artificial.	1,50
NEUTRO	Superficies de tierra o pavimentos de caucho en zonas estanciales [en buen estado]	1,50
	Pavimentos estándar [baldosa hidráulica, etc...].	1,00
NEGATIVO	Pavimento asfáltico, terrizo descuidado, etc...	0,50
	Superficie aparcamiento vehículos motorizados [coches, motos, bicicletas] (1).	0,50
	Superficie ocupada por armarios y casetas de instalaciones, ...	0,50
	Superficie ocupada por cubos de basura, contenedores de reciclaje,..	-1,00

FUENTE: elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) La heterogeneidad visual de coches y motocicletas estacionados, hace que en cierto modo aporten ‘ruido’ a la escena urbana. No incluimos los aparcamientos de SBC, por dos motivos: en general tienen una estética bastante cuidada y al constar de elementos repetidos pierden el carácter de ruido y convierten en elementos que aportan carácter a la escena urbana, pudiendo llegar a constituir parte de la ‘identidad local’.

El objetivo de Sostenibilidad en Calidad de la Escena Urbana Planta’ $CEUP_s$ lo establecemos como el valor de $CEUP_i$ que obtenemos para los siguientes supuestos:

TABLA Q.10.2-1_CALCULO OBJETIVO DE SOSTENIBILIDAD CEUPs

ELEMENTO/SUPERFICIE	MORFOLOGIA URBANA		
	Centro Histórico y Áreas Protegidas	Ensanche SXIX	Zonas sin especial valor histórico
Zonas Verdes [con las siguientes características]	5%	10%	15%
Pavimentos			
Superficies ajardinadas/agua	[2,5%]	[5%]	[7,5%]
Superficies Tierra	[2,5%]	[5%]	[7,5%]
Asfalto	20%	25%	30%
Pavimentos especiales	35%	15%	5%
Pavimento convencional [Baldosa hidráulica]	35%	50%	50%
Aparcamiento			
Consideramos que existe aparcamiento en	10% calles	20% calles	30% calles
Otros elementos	Consideramos que no hay cubos de basura ni contenedores visibles en la calle		
FUENTE: elaboración propia			
(1) Hemos revisado tejidos de tres tipos, obteniendo los siguientes valores orientativos:			
a.	Centro Histórico y Áreas Protegidas	~1,1	
b.	Ensanche SXIX	~1,0	
c.	Otras Zonas sin especial valor histórico	~0,9	

A partir de los supuestos anteriores, calculamos $CEUP_s$ con la misma fórmula que $CEUP_i$

$$CEUP_s = \frac{\sum_{i=1}^n [S_i * k_i]}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (57)$$

El valor $CEUP_{is}$ lo establecemos en el 50% del valor anterior.

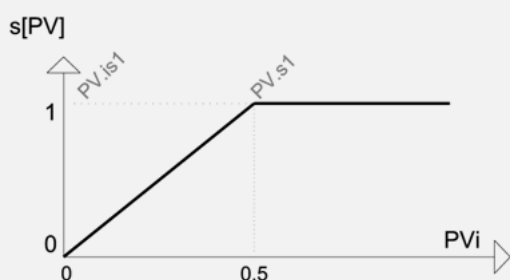
Q10.3 PERCEPCIÓN VISUAL DEL VERDE URBANO [PV]

ÁREAS RELACIONADAS Biodiversidad, Bioclima [Confort Térmico], Accesibilidad y Movilidad, Metabolismo Urbano.
 FUENTES E INDICADORES Rueda, 2010: 497. Indicador EPH.02.11. Percepción visual del verde urbano
 RELACIONADOS USGBC, 2009: 75. Indicador: NPD Credit 14: Tree-Lined and Shaded Streets

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que el campo visual del peatón en el trazado viario es ocupado por elementos ‘verdes’ [árboles u otras estructuras biológicas]. El Objetivo de sostenibilidad para Percepción Visual del Verde Urbano ‘PV_s’ es que al menos el 50% de la longitud total de las calles con ancho mayor a 8m tengan el 30% de verde. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad serán:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[PV] = \max \left[\min \left[\frac{PV_i - PV_{is1}}{PV_{s1} - PV_{is1}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$PV [\%] = \min \left[\frac{PV_i}{PV_s}; 1 \right] * 100 = \frac{L_v}{0,5 * L_t} * 100$$

Siendo PV [%] _ Indicador ‘Percepción del Verde Urbano’; L_v_ longitud de calles que tienen VV>30%; L_t_ Longitud total de calles con ancho mayor a 8 m; PV_s_ Objetivo de sostenibilidad para ‘Percepción del Verde Urbano’.

Para calcular el ‘volumen de verde’ [VV] en un tramo de calle, se utilizará la siguiente fórmula

$$VV [\%] = \frac{\sum V_v}{V_c} \tag{58}$$

Siendo V_v_ volumen verde de cada elemento verde considerado en la calle evaluada; VV_c_ Volumen Visual del tramo de calle.

El volumen verde [VV] se calcula sumando el que aporta cada uno de los elementos verdes en viario, para lo cual utilizamos la siguiente tabla:

TABLA Q10.3-0_ VOLUMEN APROXIMADO DE LAS COPAS DE LOS ARBOLES			
TAMAÑO ARBOLADO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN	
Arbolado (1)	gran porte	árboles altura > 15m o árboles con un diámetro de copa >6m y una altura > 6m	Aprox. 50 m ³
	porte mediano	árboles de diámetro de copa igual o inferior a 6m y hasta 15 m de altura	Aprox. 28 m ³
	porte pequeño	árboles de diámetro de copa igual o inferior a 4m y hasta 6 m de altura	Aprox. 7 m ³
Jardines verticales	Calidad Alta	Jardines con buen diseño y/o buen estado de conservación.	Ancho * 8 m * 5
	Calidad baja	Jardines en mal estado de conservación.	Ancho * 8 m * 0,5

Fuente: Elaboración propia con las siguientes notas:
 (1) MFOM, 2012: 498. La fórmula para el cálculo del volumen de las copas es: Va= 4/3*π*r³

El Volumen Visual del Tramo de Calle [VVC] se calcula con la fórmula [MFOM, 2012]:

$$VVC = L * A * 8 \tag{59}$$

Siendo L_ longitud del tramo de calle; A_ ancho del tramo de calle.

OBSERVACIONES

Rueda sugiere como objetivo a nivel ciudad que al menos el 75% de la longitud total de las calles tenga el 10% de verde.

Además de la mejora visual, la vegetación puede contribuir a [EP-THC, 2007: 100/101]:

- absorber en parte el ruido del tráfico³³⁹.
- crear otros ambientes sonoros; como son el movimiento de las hojas por el viento o el canto de los pájaros³⁴⁰.
- reforzar la 'identidad local' si se utilizan especies nativas³⁴¹, con criterios de diseño adecuados.

En conjuntos histórico artísticos donde el arbolado pueda ocultar patrimonio construido con elevado valor artístico se puede deducir el objetivo de PVU, restando del objetivo indicado el porcentaje de longitud de viario ocupado por monumentos.

En todos los casos, será necesario evaluar los demás aspectos mencionados para la elección de las especies de arbolado, como son biodiversidad e identidad, presentando en general la vegetación nativa mayores ventajas desde estas dos perspectivas.

³³⁹ Aunque ya se indicó anteriormente que en las áreas urbanas este efecto se ve limitado por la carencia del espacio suficiente para crear bandas de arbolado.

³⁴⁰ El ajardinamiento productivo puede atraer a más vida silvestre [EP,2007: 101]

³⁴¹ 'La utilización de especies de vegetación nativas, ayuda a reforzar la identidad local, al permitir identificar en que parte del país nos encontramos, además de ayudar a mantener la biodiversidad local' [EP,2007: 101]

4.2 INDICADORES QUE MIDEN EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO URBANO

Hemos visto que el grado de sostenibilidad del metabolismo de un área urbana se debe evaluar en relación al impacto que produce sobre [la sostenibilidad de] el ecosistema global, pero también en relación al impacto que producen otros sistemas urbanos sobre dicho ecosistema global, y esto tiene importantes implicaciones para su modelización.

La primera es que **esto requiere considerar tanto los impactos que producen los habitantes del área urbana evaluada como los del resto del planeta**. Si no consideramos los impactos de otras áreas urbanas del planeta, la inmensa mayoría de ciudades serían medioambientalmente sostenibles.

Es importante destacar que dichos habitantes poseen libertad de elección que no puede ser limitada desde la propia ciudad, y sobre la cual solo puede intervenir vinculándola a acuerdos globales.

La segunda es que **los indicadores de metabolismo van a contabilizar tanto los consumos ocasionados directamente** [entradas/salidas físicas del sistema urbano] **como indirectamente** [i.e., aquellos que suceden en el exterior pero son necesarios para hacer posible las entradas/salidas directas], acercándonos **al concepto de 'huella'**.

El motivo es que las entradas/salidas directas al sistema urbano pueden representar a veces un porcentaje muy reducido de los consumos/impactos totales originados por dichas entradas [i.e., necesarios para que dichas entradas sean posibles]. Sin embargo, esto plantea dos cuestiones importantes que hay que considerar dado el objetivo del presente modelo:

- Supone contabilizar costes ambientales que se derivan de hábitos de la población que muchas veces no se pueden modificar [o es muy difícil hacerlo] mediante la transformación de la forma urbana.
- Permite valorar que en ocasiones puede ser mucho más eficiente modificar dichos hábitos [mediante campañas informativas,...], que emprender grandes transformaciones urbanas cuyo impacto sobre la sostenibilidad puede ser casi inapreciable.

Carecería de sentido que una ciudad tratase de incrementar su sostenibilidad medioambiental transformando su forma si su insostenibilidad [medioambiental] es mayoritariamente consecuencia de hábitos de sus habitantes [consumo, movilidad,...] independientes de dicha forma.

Y la tercera es que la necesidad de evaluar el impacto del metabolismo urbano sobre el medioambiente global nos obliga a considerar las **limitaciones en dicha modelización que presenta un modelo de estas características:**

- La modelización de la sostenibilidad del medioambiente global con suficiente precisión requeriría un esfuerzo computacional/recopilar una cantidad de información ingente que convierten la tarea en prácticamente imposible:
 - requeriría modelizar tanto el metabolismo de la ciudad evaluada como el de todas las demás ciudades [y habitantes] del planeta.
 - no bastaría con evaluar el metabolismo, también sería necesario valorar el estado del medioambiente en cada momento.
- La evaluación debería contemplar tanto la sostenibilidad en el uso de recursos locales como globales, que puede [y suele] ser muy diferente para ambos, y valorar la importancia relativa

de cada uno de ellos para el sistema individual y global [algo imposible de modelizar con el conocimiento y medios computacionales actuales].

- El impacto de una transformación de una ciudad sobre la sostenibilidad del ecosistema global es en general tan reducido, que apenas sería perceptible; lo que haga el resto de habitantes del planeta siempre va a tener una importancia mucho mayor.

En resumen, **modelizar la sostenibilidad medioambiental real del planeta sería una tarea que requeriría un esfuerzo elevadísimo y aporta reducida utilidad para la finalidad operativa del modelo.**

El modelo busca proporcionar la información necesaria para planificar las transformaciones urbanas hacia la sostenibilidad, y para ello **lo que nos importa no es el impacto sobre el ecosistema global de transformar una ciudad [que por fuerza será reducido], sino el que resultaría si todas las ciudades se transforman conforme a un mismo acuerdo global.**

Y el único acuerdo global a priori justo es que todas las ciudades produzcan un impacto aproximadamente similar sobre el medio al que produce la ciudad evaluada/transformada.

Complementariamente, los consumos metabólicos suelen llevar a la alteración del territorio para adaptarlo a las necesidades humanas [reestructuración física] o a su degradación [sobreexplotación y vertido de residuos], cuando superan las posibilidades del medio.

Pero si el territorio ya se ha reestructurado o degradado, la reducción de los consumos por debajo de los límites de biocapacidad no implica que el territorio vuelva por sí solo a su estado anterior [o que lo haga en plazos razonables]. Para lograrlo será en general necesario emprender acciones en una escala de intervención que excede el ámbito operativo de las ciudades³⁴².

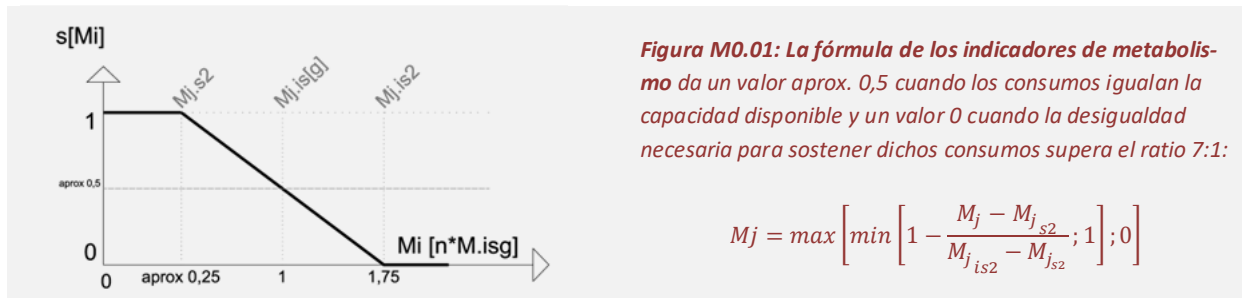
Por ello, *el criterio que utilizamos para diseñar los indicadores de Metabolismo no es evaluar la sostenibilidad 'real' del medio ambiente no urbano sino su 'sostenibilidad' considerando el área urbana como modelo [i.e., si todos los 'ciudadanos' del planeta se comportan de manera similar] y suponer que en el ámbito territorial se desarrollan las acciones necesarias para la preservación del medioambiente y/o su regeneración donde sea necesario.* Esto va a requerir combinar **dos escalas:**

- por una parte *existe una escala global en la cual el conjunto de habitantes del planeta no pueden utilizar más recursos [capacidad] que los disponibles sin reducir la sostenibilidad del medio.* Esto nos lleva a establecer un **umbral de insostenibilidad [global]** igual a la cantidad de recursos por habitante que resulta de dividir la totalidad de recursos disponibles a partes iguales entre todos ellos³⁴³.

³⁴² En cierto modo la sostenibilidad del metabolismo urbano será una condición necesaria pero no suficiente para la sostenibilidad del medioambiente global, y deberá ser complementada con acciones adecuadas en el nivel territorial.

³⁴³ No hay que confundir este criterio con una búsqueda de equidad por motivos sociales. La insostenibilidad medioambiental ha surgido en gran parte asociada al incremento exponencial de la población de la tierra, sucedido desde la Revolución Industrial. No se produce como consecuencia de los consumos de un solo habitante, sino de los de todos ellos. Comprenderla requiere revisar el impacto de todos los habitantes y evitarla requerirá su acción conjunta.

- por otra parte, *existe una escala local [individual] en la que los habitantes de una ciudad pueden estar utilizando mayor cantidad de recursos de los que les corresponden, siendo compensado por consumos de recursos menores [por voluntad propia o imposición] por parte de otros habitantes*³⁴⁴. Esto nos lleva a establecer un **umbral de insostenibilidad [individual]** en aquella cifra de consumo de recursos cuya utilización por parte de una persona requiere que otra persona reduzca su uso de biocapacidad a una cifra igual o inferior a la 1/7 parte que la persona más consumidora³⁴⁵.



Lo anterior es importante porque en la revisión que hacemos a continuación vamos a ver que existen pocas propuestas de límites³⁴⁶ para las variables relevantes del metabolismo urbano, pero además encontramos *dos tipos de propuestas de límites diferentes*³⁴⁷:

- algunas se refieren a lo que hemos denominado *primer umbral de insostenibilidad*; i.e., tratan de establecer cuál es la cantidad per cápita máxima de utilización de un tipo de capacidad si todas las personas utilizan la misma capacidad. Suelen proponerse desde un *enfoque arriba-abajo*; i.e., se establece la cantidad total de recurso que se puede repartir, y se divide equitativamente entre todos los habitantes del planeta.
- otras se van a aproximar más a lo que hemos denominado *segundo umbral de insostenibilidad*, i.e., van a proponer valores de utilización de la capacidad global que solo son posibles si existe cierta desigualdad³⁴⁸. Suelen establecerse al menos en parte siguiendo un *enfoque de abajo a arriba*, i.e., considerando las necesidades de consumo para un determinado patrón

³⁴⁴ Esto establece una limitación; dado que las ciudades agrupan en la actualidad aproximadamente el 50% de la población mundial, si todas las ciudades se comportan aproximadamente igual, la desigualdad máxima debe establecerse con habitantes del medio no urbano, limitando el consumo máximo total a 2 unidades de capacidad global per cápita.

³⁴⁵ Equivale a un ratio de desigualdad 7:1. Por otra parte, el límite máximo de 2 veces la capacidad media por habitante nos lleva a que incluso elevando la desigualdad a ratios mucho mayores, el umbral de insostenibilidad individual apenas se incrementa [e.g., para una desigualdad 1:9, en vez de multiplicar por 1,75 multiplicamos por 1,80. Incluso un ratio tan elevado de desigualdad como 33:1 solo incrementa el coeficiente hasta 1,94].

³⁴⁶ Adelantamos aquí que estas propuestas son a veces muy diferentes entre sí, y suelen aportar escasa información acerca de las bases sobre las que se plantean, dificultando su revisión /comparación entre ellas

³⁴⁷ Esta diferenciación no suele ser expresada por los autores, sino que la proponemos aquí y trataremos de revisar las propuestas de límites indicando si corresponden a uno u otro tipo.

³⁴⁸ Las propuestas de límites desde la perspectiva 'mejor practica', suelen entrar en esta segunda categoría, puesto que buscan la mejor practica dentro de los patrones de consumo de los países desarrollados, que en su mayoría superan los límites del entorno y por tanto cuyo sostenimiento en el tiempo requiere la existencia de niveles elevados de desigualdad con sociedades menos 'desarrolladas'.

de sociedad y estableciendo ‘niveles óptimos’ de consumo a partir del esfuerzo [moderación del consumo] que cada autor considera factible [o razonable]³⁴⁹.

Hay que insistir en que incluir la ‘desigualdad’ máxima admisible es justificable desde cuestiones exclusivamente medioambientales:

- la realidad está mostrando que las personas con acceso a muy pocos recursos están en la actualidad produciendo un gran deterioro del medio; *la desigualdad en el acceso a los recursos incrementa/acelera su destrucción.*
- la historia demuestra que los consumos excesivos por ciertos habitantes con frecuencia llevan a situaciones de violencia con elevado impacto negativo sobre el medio:
 - conflictos bélicos que buscan garantizar el acceso a los recursos.
 - conflictos sociales creados por la excesiva desigualdad.

Por tanto, no se trata de limitar la desigualdad que se acepta dentro del rango de sostenibilidad por razones éticas, sino por su correlación contrastada con ciertos impactos negativos sobre el medio ambiente en el corto y medio plazo.

Este planteamiento hace que los límites de sostenibilidad/insostenibilidad tengan que ser considerados ‘valores dinámicos’ cuyos valores deben ser recalculados periódicamente:

- Por una parte, *dependen del número de habitantes.* Dado que la población del planeta se está incrementando, vamos a realizar los cálculos para una población futura de 8.250 MM de personas³⁵⁰.
- Por otra parte, *para ciertos consumos es previsible que se varíe [se incremente o reduzca] la capacidad total disponible,* lo que también se ha considerado en el cálculo, por ejemplo:
 - ... el Territorio Bioproductivo se ha incrementado desde 1961 hasta 2011 un 123%. Si se incrementa un 1,12% hasta 2.050 [i.e., continua la tendencia], compensará aproximadamente el incremento de población previsto³⁵¹.
 - ... la capacidad existente de fuentes de Energía No Renovables va disminuyendo progresivamente; si continúa la tendencia de consumo actual, las reservas en 2.050 serán el 50% de las reservas actuales.
 - ... se prevé incrementar la potencia instalada en la actualidad de Energía Renovable un 715% para el año 2.050.

³⁴⁹ Es importante considerar que la mayoría de estas propuestas abajo-arriba no valoran que el cumplimiento por parte de todas las sociedades de los umbrales que proponen no implica de hecho la sostenibilidad del conjunto.

³⁵⁰ Este dato se sitúa aprox. a la mitad entre la población actual [7,300 MM de personas] y los 9,200 MM personas previsto para 2.050 por varias entidades. Por otra parte, nos habla de algo que no revisaremos en este texto, pero es importante destacar; la necesidad de un cierto control de la población por parte de cada sociedad.

³⁵¹ Aunque algunos autores sugieren que el territorio con aprovechamiento agrícola supera en la actualidad el máximo cuyo uso se considera compatible con el ecosistema global [Röckstrom et Al, 2009], existen otras formas de incrementar TB [e.g., la agricultura urbana introduce productividad biológica en una superficie actualmente contabilizada como ‘urbanizada’, sin incrementar el porcentaje total de superficie modificado]. Sin embargo, la disponibilidad de dicha superficie también es limitada.

Estos criterios nos permiten proponer los siguientes ratios generales:

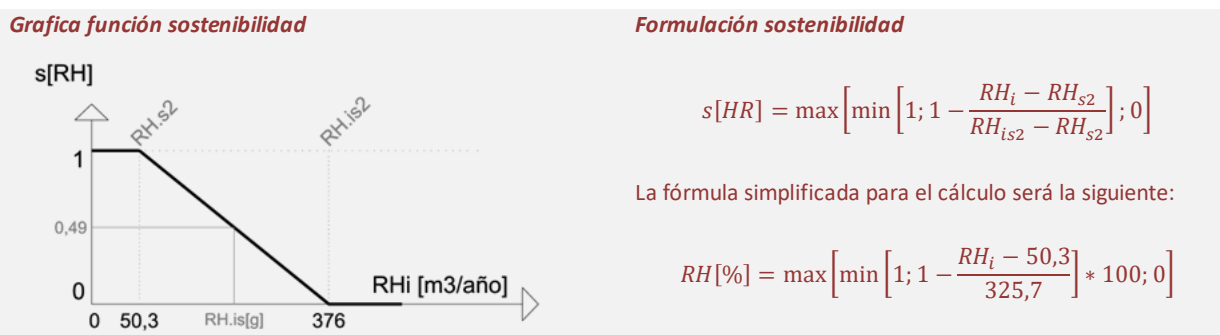
TABLA MO_ CRITERIO PARA ESTABLECER LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD				
	CAPACIDAD DISPONIBLE	OBJETIVO SOSTENIBILIDAD	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD	
			UMBRAL GLOBAL	UMBRAL INDIVIDUAL
Recursos azules	Viene determinada por el Caudal disponible en los ríos en los tres meses más secos, que es aproximadamente el 25,7% del caudal total	Se establece en el consumo de menos de 50,3 m ³ /hab/año	Se establece en la utilización de más del 20% de los recursos hídricos medios en los tres meses más secos, obteniendo una cifra de 204,93 m ³ /hab/año	El umbral anterior lo multiplicamos por 7/4, obteniendo un consumo de agua superior a 376 m ³ /hab/año (2)
Recursos grises	Viene determinado por el caudal calculado anteriormente, restándole la Huella Hídrica Azul [agua sustraída para uso humano que no es devuelta a los cauces]	Se establece en la preservación de la calidad natural del agua de los ríos [i.e., Huella Hídrica Gris cero]	El umbral de insostenibilidad se establece en la utilización de más del 70% de la capacidad de asimilación disponible en el mes más seco (3)	El umbral anterior lo multiplicamos por 7/4, obteniendo una huella hídrica gris superior al 122,5% de la capacidad de asimilación en el mes más seco (4)
Territorio bioproductivo	Viene determinado por el territorio capaz de sostener funciones biológicas. Se evalúa la cada categoría de TB independientemente.	Se establece en la utilización de hasta el 20% del TB de la Tierra	Se establece en la utilización de más del 80% del TB [se considera necesario preservar al menos el 20% para otras formas de biodiversidad]	El umbral anterior lo multiplicamos por 7/4, obteniendo el 131% de utilización del TB disponible por persona (5)
Recursos/Residuos Solidos	La revisión de una extensa literatura muestra una ausencia de umbrales en la actualidad. Por tanto, se proponen unos umbrales aproximados, considerando una correlación perfecta entre grado de sostenibilidad en uso de Recursos Solidos/resto de dimensiones de metabolismo, calculada a partir de datos conocidos del año 2010. Cada categoría de RU se evalúa independientemente en relación a los umbrales establecidos [se detallan en el indicador].			
Energía	Viene determinado por la cantidad de energía que es posible generar a partir de Fuentes Renovables (6)	Se establece en la utilización de una cantidad de ER de 4 Mwh/hab/año [algo menos del doble de la potencia actualmente instalada]	Se establece en la capacidad total de ER que se considera posible alcanzar en los próximos 35 años, equivalente a 16 MWh/hab/año (7).	La cifra anterior la multiplicamos por 7/4 obteniendo 28 Mwh/hab/año (8)
Emisiones GEI		Se establece en el equilibrio de carbono [las emisiones igualan a las absorciones]	Adoptamos el umbral que se intentó aprobar en la Cumbre de Copenhague [COP15], obteniendo 1,27 TmCO ₂ /hab/año	La cifra anterior la multiplicamos por 7/4, obteniendo una emisión de GEI del 2,22 TmCO ₂ /hab/año (10)
FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:				
<ol style="list-style-type: none"> (1) Se considera agua consumida aquella que es retirada de un curso de agua y evaporada, incorporada en productos o devuelta a un cauce diferente. (2) Una persona que consume más de 376 m³/hab/año obliga a otra persona a subsistir con menos de 51 m³/hab/año o causa graves daños al ecosistema. (3) En teoría sería aceptable utilizar hasta el 100% del caudal como recursos hídricos. Sin embargo, reservamos un 30% para posibles accidentes, vertidos no controlados y en previsión de años en los que las precipitaciones –y por tanto el caudal de los ríos– sean menores. (4) Una persona que utiliza más del 122,5% de la capacidad de asimilación per cápita de los ríos en el mes más seco obliga a otra persona a subsistir con menos del 17,5% de dicha capacidad, o causa graves daños al ecosistema. (5) Una persona que utiliza más del 131% del Territorio Bioproductivo per cápita, obliga a otra persona a subsistir con menos del 19% de TB, y ejerce una elevada presión para la sobreexplotación y reestructuración del territorio natural. (6) Complementariamente, establecemos límites a la utilización transitoria de Energías no Renovables [ENR] individuales para cada fuente de ENR, a partir de las reservas existentes y su administración para que duren 100 años más. (7) Calculo propio obtenido como promedio de las propuestas de diferentes autores. (8) Una persona que utiliza más del 175% de la Energía disponible per cápita, obliga a otra persona a subsistir con menos del 25% de la Energía per cápita. (9) Una persona que emite más de 2,22 de las TmCO₂ máximas per cápita, limita las emisiones de CO₂ de otra persona a menos del 25% de dichas emisiones o causa graves daños al ecosistema global. 				

4.2.1 M1. CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS [RH] ***

ÁREAS RELACIONADAS Medioambiente no urbano, Biodiversidad
 FUENTES E INDICADORES Water Footprint Network: Blue Water Footprint
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la utilización de los Recursos Hídricos Azules [RHA] es óptima. El Objetivo de Sostenibilidad 'RH_{s2}' es consumir menos de 50,3 m3.hab⁻¹.año⁻¹. El Umbral de Insostenibilidad 'RH_{is2}' se establece en el consumo de más 376 m3.hab⁻¹.año⁻¹. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo RH [%]_ Indicador 'Recursos Hídricos'; HR_i_ utilización RHa disponible; HR_{s2}_ Objetivo de Sostenibilidad en utilización recursos hídricos azules y HR_{is2}_ umbral de insostenibilidad en utilización RHa.

OBSERVACIONES

La **sostenibilidad en la utilización de los Recursos Hídricos** nos obliga a considerar su utilización en dos escalas diferentes:

Por una parte, una **escala global** en la cual el exceso de uso de recursos hídricos por parte de un grupo de personas requiere sustraérselos a otras personas o al medioambiente, incluso en lugares alejados³⁵². Como propuesta de límites de sostenibilidad e insostenibilidad encontramos los siguientes [Steffen et Al, 2011]:

TABLA M1-1_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD EN CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS			
OBJETIVO SOSTENIBILIDAD (1)		UMBRAL INSOSTENIBILIDAD GLOBAL	
[Gm3/año]	[m3/hab/año]	[Gm3/año]	[m3/hab/año]
415,0	50,3	4.000,0 (2)	484,8

FUENTE: elaboración propia a partir de Steffen Et Al, 2011
 (1) De los comentarios de dichos autores se deduce que consideran el valor preindustrial como Objetivo de Sostenibilidad

Por otra parte tenemos una **escala local**, en el cual se materializan los impactos sobre el medioambiente derivados del exceso de uso de recursos hídricos en cada ubicación concreta. Para ello, Hoeks-

³⁵² "el comercio creciente de productos con elevado contenido de agua virtual está haciendo que cada vez se convierta en un recurso más global; la utilización de recursos hídricos no siempre guarda conexión espacial con los consumidores finales" [Hoekstra et AL, 2011]

tra et al [2012] proponen los Índices de Escasez Hídrica que miden el porcentaje de los recursos hídricos consumidos en cada emplazamiento/cuenca hídrica sugiriendo los siguientes umbrales:

Consumo de recursos hídricos	Menos del 20% (1)	Ente el 20% y el 30%	Entre el 30% y el 40%	Más del 40%
Escasez de agua	Baja	Moderada	Significativa	Severa

FUENTE: Hoekstra et Al, 2012:2

(1) Consideramos que el consumo del 20% de los RHA constituye el umbral de insostenibilidad global, ya que los autores proponen que el 20% de los RHA totales constituyen los RHA disponibles para apropiación humana [Hoekstra & Mekonnen, 2011. Report 53. Appendix VII]

(2) La OCDE define como severa la presión hídrica cuando el consumo supera el 40% de los recursos renovables [OCDE 2009 citado en UNEP, 2011: 20]

Esta segunda escala corresponde por tanto a un modelo que evalúe la sostenibilidad asociada a un territorio concreto, y no a un modelo como el presente en el cual buscamos evaluar la sostenibilidad de una ciudad de acuerdo a su impacto sobre la globalidad del planeta.

Sin embargo, el concepto de Índice de Escasez Hídrica aporta una cuestión importante también para la evaluación desde la perspectiva global. *El caudal de los ríos no es constante a lo largo del año y evaluar la sostenibilidad de su consumo con datos anuales podría implicar un error elevado*³⁵³. No es posible evaluar la sostenibilidad en el consumo de recursos hídricos comparando la huella media anual de una ciudad con los recursos hídricos anuales disponibles ya que ambas cifras presentan variaciones importantes según la época del año:

- Los recursos hídricos durante los meses secos son aprox. la cuarta parte del valor medio³⁵⁴.
- La huella hídrica asociada a los usos urbanos e industriales se mantiene aproximadamente constante a lo largo del año, pero la huella hídrica de la agricultura no lo es. *En la mayoría de las zonas de la tierra, la huella hídrica es [considerablemente] mayor cuando los recursos hídricos son [considerablemente] menores.*

A partir de lo anterior podemos proponer los siguientes umbrales de insostenibilidad:

UMBRAL INSOSTENIBILIDAD GLOBAL (1)		UMBRAL INSOSTENIBILIDAD INDIVIDUAL
Gm ³ /año	m ³ /hab/año	m ³ /hab/año
1.690,7	204,93	376,0

FUENTE: elaboración propia a partir de Postel et Al, 1996 y Hoekstra & Mekonnen, 2011

(1) Tomamos como base los 40.700 Gm³/año como caudal total de los ríos de la Tierra, descontamos 7.774 Gm³/año ubicados en

³⁵³ Por ejemplo, Steffen et Al [2015:16. Table 1] proponen como umbral de insostenibilidad el consumo de hasta el 25% de RHA en periodos de bajo caudal; hasta el 30% en periodos intermedios y hasta el 55% en periodos de alto caudal.

³⁵⁴ La revisión de los datos de caudal de agua de las principales cuencas fluviales del planeta muestra que el promedio del caudal en los tres meses más secos es aproximadamente el 25,7% del caudal que resultaría dividiendo el caudal anual entre 12 [calculo propio a partir de datos de Hoekstra y Mekonnen, 2011. Report 53. Appendix VI]. Aunque la variación de caudal de cada hemisferio se ve compensada por la variación opuesta en el otro, se observa también una variación estacional a nivel global, lo que podría deberse a la mayor superficie del Hemisferio Norte.

Complementariamente, Si comparamos el consumo máximo que proponen para periodo de bajo caudal con el consumo admisible en periodos de caudal intermedio, vemos una reducción de aprox. un 15% frente a una reducción de aprox. el 74,3% del caudal. Dado que la huella hídrica urbana e industrial son aproximadamente constantes a lo largo del año, y la agrícola es mayor durante los meses más secos, queda claro que la sostenibilidad global en el uso de los RHA queda condicionada a la sostenibilidad de dicho uso durante los meses más secos.

zonas ‘remotas’ [Amazonas, Congo-Zaire y ríos muy al norte] y obtenemos 32.926 Gm³/año de caudal en zonas accesibles. Calculamos el caudal medio mensual aplicando un coeficiente del 39,67% [calculo propio a partir de datos de Hoekstra & Mekonnen, 2011. Report 53. Appendix VI] y obtenemos 13.062 Gm³/año de caudal medio en zonas accesibles [i.e., el caudal medio ‘real’ es inferior al caudal total dividido entre 12]. Lo reducimos a un 64,72% para considerar la reducción media en los tres meses con menor caudal del año [porcentaje deducido también de los autores anteriores para el conjunto de RHA a nivel global], obteniendo 8.454 Gm³/año. Consideramos que el consumo de recursos hídricos por encima del 20% supone que se traspasa el umbral a partir del cual el sistema es más insostenible que sostenible, obteniendo un umbral de insostenibilidad global de 1.690,7 Gm³/año o 204,93 m³/hab/año.

Por tanto a partir de los dos valores anteriores, podemos proponer los siguientes límites de sostenibilidad/insostenibilidad:

TABLA M1-4_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

Objetivo de Sostenibilidad (1)		Umbral de insostenibilidad		
[Gm ³ /año]	[m ³ /año/hab]	Global	Individual	
		[Gm ³ /año]	[m ³ /año/hab] (4)	[m ³ /año/hab]
415	50,3	1.690,7	204,93	376,0

Fuente: elaboración propia con las siguientes notas/fuentes:
 (1) Steffen et Al 2011
 (2) Calculo propio a partir de datos de Postel et Al, 1996 y Hoekstra & Mekonnen, 2011.

No hemos valorado la sostenibilidad en el uso de los Recursos Hídricos Verdes [agua de lluvia acumulada en el suelo] por la dificultad en la actualidad de obtener datos al respecto³⁵⁵.

El desigual reparto del consumo de recursos hídricos según usos³⁵⁶ hace necesario revisar independientemente los tres usos principales [agricultura, industrial y usos urbanos] para valorar posibles estrategias de reducción de insostenibilidad de dicho consumo.

En primer lugar se sitúa **el consumo asociado a los productos agrícolas, que constituye el mayor porcentaje de recursos hídricos consumidos**. Esto hace que la principal estrategia para modificar esta huella sea modificar los hábitos de consumo de dichos productos:

- Moderando la dieta y eliminando consumos innecesarios.
- Reduciendo el consumo de productos intensivos en agua [ganadería, biocombustibles,...].
- Eligiendo [para un mismo tipo de producto] el producido con menor impacto, lo que suele relacionarse con dos cuestiones:
 - las características hídricas locales:
 - priorizando el consumo de productos de zonas con recursos hídricos más elevados [el impacto del uso de los recursos hídricos es menor].
 - en caso de igualdad de recursos hídricos totales, priorizando aquellas zonas en que los Recursos Hídricos Verdes sean mayores que los Recursos Hídricos Azules [composición de la huella hídrica].

³⁵⁵ Los propios autores recomiendan excluir estos análisis en la actualidad por falta de datos, y solo realizarlos con fines de investigación Hoekstra et Al [2011: 81]

³⁵⁶ Mekonen & Hoekstra, 2011 afirman que la Huella Hídrica de un consumidor medio mundial en el periodo 1996-2005 fue de 1385 m³/año, de la cual el 92% se debió al consumo de productos agrícolas; el 5% a bienes industriales y el 4% a consumo directo doméstico. En España, el reparto fue el 82,5% Agricultura, el 13% Industria y el 4,5% el Suministro Urbano [Rodríguez Casado et Al, 2008: 31]. Esto es importante porque nos obliga a comprender que la mayor parte de la huella hídrica de los habitantes de un área urbana es indirecta, y puede materializarse en lugares alejados.

- las características de la explotación agrícola:
 - eficiencia en el uso del agua [riego por goteo, ...]
 - uso de técnicas orgánicas o hidropónicas, que minimicen el consumo de agua de riego [huella hídrica azul] y eliminen [o minimicen] los vertidos de fertilizantes, pesticidas e insecticidas [huella hídrica gris].

Complementariamente, se puede incorporar producción agrícola en el medio urbano, lo que suele presentar impactos positivos tanto sobre la huella azul³⁵⁷, como sobre las Huellas Hídricas Verde y Gris [y efectos complementarios como son la reducción del EIC].

El conjunto de cuestiones anteriores incrementará la sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos asociada a la agricultura, combinando una reducción de la Huella Hídrica con una reducción del Índice de Escasez Hídrica [al reducir los consumos en zonas con menos recursos hídricos].

En segundo lugar se sitúa el **consumo asociado a la producción de bienes**, que se podrá reducir optimizando los procesos de producción, pero también modificando los hábitos de consumo de la población [reduciendo los consumos totales y eligiendo productos menos intensivos en agua].

Y en tercer lugar, se sitúan **los consumos directos de agua** con un peso reducido sobre los consumos totales [4,5%]. Las dos estrategias más efectivas para reducir su impacto son:

- la *reducción de los consumos* que deberán limitarse estableciendo umbrales máximos de Recursos Hídricos sustraídos del medio exterior utilizados por habitantes y día³⁵⁸.
- la *maximización del cierre del ciclo del agua*³⁵⁹.

Por otra parte, la reducción de las superficies impermeables en el medio urbano y el diseño de infraestructura verde, puede contribuir a mantener los ciclos hídricos. Según Hough [1998] en terreno natural aproximadamente el 40% de la precipitación se evapora y en la ciudad lo hace el 15% [un 25% se convierte en escorrentía]. Por ello, la infraestructura verde debe evitar que esa agua de lluvia se transforme de Recurso Hídrico Verde en Huella Gris [agua residual]³⁶⁰:

- Mediante su filtrado y drenaje a acuíferos subterráneos [RHA]
- Mediante su retención en áreas naturalizadas [RHV/RHA e.g., azoteas verdes con dispositivos de acumulación que permitan devolver lentamente el agua a la atmosfera, parques...]
- Mediante su acumulación en aljibes y aprovechamiento para riego [RHA]

Es importante considerar la Huella Hídrica asociada a la producción de energía, que puede ser elevada sobre todo en los Biocarburantes/biomasa e Hidroeléctrica:

³⁵⁷ Una de las ventajas de la agricultura en el medio urbano es que si aprovecha agua depurada, entonces se enfrenta a un 'caudal constante' durante todo el año. Si aprovecha agua de lluvia acumulada, reduce huella gris y azul.

³⁵⁸ Es preciso indicar que los embalses para suministro de agua a las áreas urbanas reducen el impacto del consumo en los meses secos, pero ejercen "impactos negativos sobre los ecosistemas de los ríos, humedales y llanuras aluviales, afectando a la biodiversidad de los sistemas acuáticos" [YCELP, 2012: Change in water quantity]

³⁵⁹ El cierre del 100% del ciclo del agua eliminaría la Huella Azul directa de los hogares [Hoekstra et Al, 2011: 100].

³⁶⁰ En este sentido también la reducción de la contaminación atmosférica en el medio urbano sería beneficiosa.

TABLA M1-5_ HUELLA HÍDRICA ASOCIADA A FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA

	[m ³ /GJ]	[m ³ /MWh]
Energía Eólica	0,0	0
Energía Nuclear	0,1	0,36
Gas Natural	0,1	0,36
Carbón (1)	0,2	0,72
Energía Solar Térmica / Fotovoltaica	0,3	1,08
Petróleo (2)	1,1	3,96
Hidroeléctrica	22	79,2
Biomasa [media Holanda, EEUU, Brasil y Zimbabue]	72	259,2

FUENTE: Gerbens-Leenes et Al, 2008: 1058

- (1) Depende de si es a mucha profundidad [hasta 0,012 m³/GJ] o a poca profundidad [0,004 m³/GJ].
- (2) El petróleo extraído en tierra tiene una huella hídrica de 0,006 m³/GJ
- (3) La biomasa y biocombustibles, tienen una huella hídrica similar a las plantaciones agrícolas.

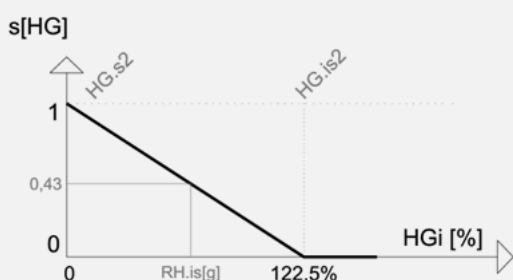
4.2.2 M2. CONTAMINACIÓN HÍDRICA [CH] ***

ÁREAS RELACIONADAS Medioambiente no urbano, Biodiversidad
 FUENTES E INDICADORES Water Footprint Network: Grey Water Footprint
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que se utiliza la capacidad de la red hidrológica de asimilar contaminantes producidos por la actividad humana. El Objetivo de Sostenibilidad 'CH_s' es no utilizar dicha capacidad [i.e., no contaminar los cursos de agua]. El Umbral de Insostenibilidad 'CH_{is2}' se establece en la utilización de más del 122,5% de la capacidad de asimilación de los cursos de agua por habitante en el mes más seco³⁶¹. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[CH] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{CH_i - CH_{s2}}{CH_{is2} - CH_{s2}} \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será:

$$CH[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{CH_i}{1,225} \right] * 100; 0 \right]$$

Siendo CH [%]_ Indicador 'Contaminación Hídrica'; CH_i_ utilización capacidad 'gris' disponible y CH_{is2}_ umbral de insostenibilidad en utilización capacidad 'gris'.

Para el cálculo de CH_i utilizamos la siguiente formula:

$$CH_i = \frac{Hg}{RHg} \quad (10)$$

Siendo CH_i_ utilización capacidad 'gris' disponible; hg_ Huella Hídrica Gris del área urbana y Rhg_ Recursos Hídricos Grises en el mes más seco.

OBSERVACIONES

La contaminación del agua se define como: "la introducción directa o indirecta, como consecuencia de la actividad humana, de sustancias [...] que puedan ser perjudiciales para la salud humana o para la calidad de los ecosistemas acuáticos, o de los ecosistemas terrestres que dependen directamente de ecosistemas acuáticos" [MARM, 2011: 6857]. Por tanto, la Huella Hídrica Gris no se vincula al volumen de agua que resulta de un proceso [volumen total de agua residual] sino a la cantidad de contaminación que lleve dicho volumen de agua. Un tratamiento de depuración elevado puede reducir la huella hídrica del agua residual aunque el volumen total no varíe³⁶². Para calcularla es necesario

³⁶¹ Lo expresamos en términos de porcentaje sin dar una cifra fija porque la capacidad total RHG varía según el valor de la Huella Hídrica Azul. Sin embargo, posteriormente proporcionamos una estimación de los umbrales actuales.

³⁶² Por ejemplo, si se retira agua de un río para suministro a los habitantes del área urbana, y luego se devuelve aguas abajo al mismo río, la huella hídrica producida dependerá de la cantidad de carga contaminante del agua residual respecto de la que tenía antes de ser utilizada [Hoekstra et Al, 2012: 37]

conocer la contaminación del agua vertida, los niveles naturales de contaminación del curso que recibe dicha agua, y los niveles de contaminación máximos admitidos [suelen establecerse en función de aspectos ecológicos].

Las principales fuentes de contaminación de cauces de agua de origen antrópico son:

- Las áreas urbanas por la descarga de aguas residuales, fertilizantes de jardines, ...
- Las plantas de energía, industrias y transporte.
- Las áreas rurales, por las aguas residuales no depuradas y la agricultura [en mayor medida cuanto mayor sea la intensidad del cultivo].

Gran parte de la contaminación del agua se produce por vertido de materia orgánica³⁶³, y otra vez la agricultura se presenta como el uso que contribuye en mayor medida a la Huella Hídrica gris. Esto nos lleva a establecer como estrategia prioritaria la reducción del consumo de alimentos así como la modificación de la composición de la dieta; incrementando el porcentaje de productos producidos de manera ecológica³⁶⁴.

LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

Consideramos que los Recursos Hídricos Grises disponibles son el agua de los ríos que no es consumida [i.e., RHA menos HHA], siendo importante considerar que tampoco son constantes a lo largo del año. En temporadas secas el impacto del vertido de una misma cantidad de agua residual a los ríos puede incrementarse notablemente, puesto que la capacidad de asimilación es menor. Otra vez el mes en que los ríos llevan el menor caudal es el parámetro condicionante, obteniendo los siguientes límites de sostenibilidad/insostenibilidad:

TABLA M2-1_ UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD

Objetivo de Sostenibilidad		Umbral insostenibilidad Global (1)		Umbral insostenibilidad Individual
Gm3/año	m3/hab/año	Gm3/año	m3/hab/año	m3/hab/año
0	0	4.907	594,84	1.041,0

FUENTE: elaboración propia a partir de Postel et Al, 1996 y Hoekstra & Mekonnen, 2011

- (1) Para el cálculo de los RHG partimos del caudal medio de los ríos calculado anteriormente [13.062 Gm3/año], y lo minoramos un 61,75% [reducción caudal en el mes más seco], obteniendo un total de 8.066 Gm3/año. Le deducimos la Huella Hídrica Azul [127,88 m3/hab/año equivalentes a 1055,03 Gm3/año] y obtenemos 7.011Gm3/año. Lo minoramos un 70% [reservamos un 30% de capacidad para años más secos,..] y obtenemos el umbral de insostenibilidad global de 4.907 Gm3/año o 594,84m3/hab/año. Es importante indicar que el valor anterior deberá recalcularse si se producen cambios en la Huella Hídrica Azul [e.g., si revisamos un área urbana cuya HHA sea superior o inferior a la media].

El Agua solo adquiere su condición de ‘Agua Residual’ cuando se vierte al medioambiente en condiciones menos favorables que las que posee en su estado natural. Por tanto, no consideramos agua residual el agua reutilizada dentro del sistema urbano o directamente en usos cercanos [sin ser vertida a los cauces].

³⁶³ Es importante indicar que “aunque la descarga o la escorrentía ocurren localmente, la eutrofización es un problema a escala regional” [Ecological Institute & Seri, 2010: 29]. Además, hay que considerar que la materia orgánica en el agua residual es responsable de la emisión de 3.558 GgCO_{2-eq}/año de CH₄ en España [Dato 2008. MARM, 2010a: 434]

³⁶⁴ Según Hoekstra et Al [2012: 100] a nivel agrícola, la Huella Hídrica Gris se podría reducir a cero, si toda la agricultura se realizara de modo ecológico [i.e., eliminando el uso de fertilizantes, pesticidas e insecticidas artificiales].

La mayoría de áreas urbanas españolas depuran el 100% de agua residual generada en su interior, lo que nos permite suponer que el agua vertida a cauces tendrá niveles de contaminación equivalentes a sus máximos admitidos³⁶⁵. Si el agua suministrada a la ciudad tenía los niveles de contaminación 'naturales', el volumen de agua residual equivale a Huella Hídrica gris³⁶⁶.

Por ello, reaprovechar el agua se convierte en una estrategia que reduce tanto la Huella Hídrica Azul como Gris³⁶⁷ ...

... reduciendo la cantidad de recursos hídricos que es necesario extraer del medio para el funcionamiento normal del área urbana en una cantidad igual al agua reutilizada.

... reduciendo la cantidad de agua residual que se vierte a sumideros exteriores.

No obstante, es necesario recordar que la Huella Gris completa de un sistema urbano se sitúa en gran medida fuera del área urbana [producción de bienes y alimentos]. La cantidad de agua residual que produce un sistema urbano es relevante a nivel local [puesto que puede ejercer una presión sobre los RHA cercanos, pudiendo influir al Índice de Escasez Hídrica local], pero a nivel global lo realmente relevante es la medida completa de su Huella Gris.

³⁶⁵ Entendemos que el agua se depura porque supera los límites ambientales permitidos [de lo contrario no sería necesario depurarla], y hasta conseguir que se sitúe justo en dichos límites [lo contrario sería ineficiente]. Si el área urbana vierte agua residual sin depurar, entonces el análisis se deberá realizar específicamente para cada caso.

³⁶⁶ La Huella Gris de un área urbana depende de la contaminación del agua después del proceso de depuración, no antes. Si el agua sale de la depuradora en una situación ajustada a los límites medioambientales aceptables, la reutilización de agua supone una reducción de la huella hídrica gris en una cantidad igual al agua reutilizada [Hoekstra et Al, 2011: 35]

³⁶⁷ La reutilización o reciclaje de agua reduce la Huella Hídrica Azul [si sustituye a consumo de Recursos Hídricos 'Azules'] y puede ayudar a reducir la Huella Hídrica Gris [puesto que reduce la cantidad de agua residual liberada] [Hoekstra et Al, 2012: 35].

4.2.3 M3. UTILIZACIÓN DEL TERRITORIO BIOPRODUCTIVO [TB] ***

ÁREAS RELACIONADAS Medioambiente no urbano, Biodiversidad
 FUENTES E INDICADORES Global Footprint Network: Ecological Footprint
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de sostenibilidad que implica la utilización del Territorio Bioproductivo para el Medioambiente no urbano. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, M3i con la fórmula:

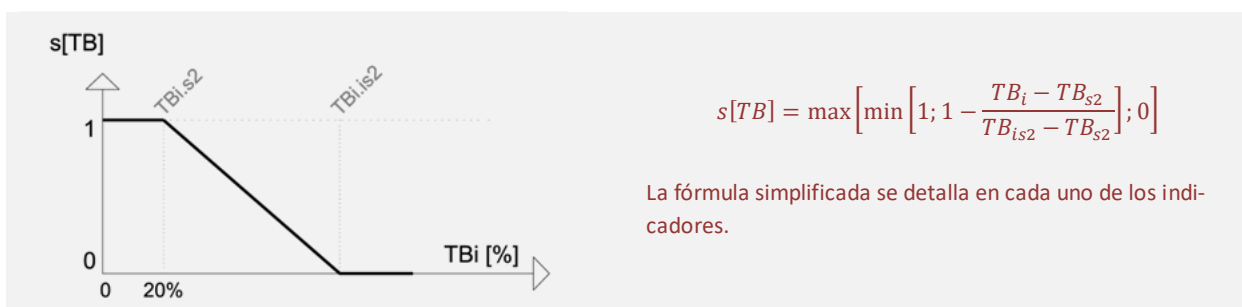
$$TB[\%] = \frac{1}{5} * \sum_{i=1}^5 M3_i * ke_i \quad (11)$$

Siendo BS [%] _ Indicador 'Territorio Bioproductivo' y M3i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador M3.

Los indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

- TA_ Indicador 'Territorio Agrícola'
- TP_ Indicador 'Territorio Pastos'
- TF_ Indicador 'Territorio Forestal'
- TP_ Indicador 'Territorio Pesca/Plataforma Continental'
- TU_ Indicador 'Territorio Urbanizable'

Todos los indicadores de Nivel 4 tienen la misma gráfica y función de sostenibilidad. El Objetivo de Sostenibilidad en todos es utilizar hasta el 20% de la Capacidad Total. El Umbral de Insostenibilidad se detalla en cada indicador. La gráfica y formula de la función sostenibilidad so:



Siendo TBi [%]_ Indicador de Nivel 4; TB_i_ utilización de Territorio Bioproductivo tipo i; TB_s_ Objetivo de sostenibilidad en utilización de Territorio Bioproductivo tipo i' y TB_{i.s}_ Umbral de insostenibilidad en utilización de TBi.

La formulación detallada de cada indicador es la siguiente:

INDICADOR TERRITORIO/BIOCAPACIDAD AGRÍCOLA [TA] ***

Establecemos los siguientes límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'TA_{is2}' es utilizar hasta 0,111 hag-eq
- El Umbral de Insostenibilidad 'TA_{is2}' es utilizar más de 0,975 hag-eq

Y lo calculamos con la siguiente formula:

$$s[TA] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{TA_i - 0,111}{0,864} \right]; 0 \right] \quad (12)$$

Siendo TA_i Indicador 'Territorio/Biocapacidad Agrícola'; TA_i Superficie equivalente utilizada; TA_∞ Objetivo de sostenibilidad en utilización de TA; TA_{is2} Umbral de insostenibilidad en utilización de TA.

INDICADOR TERRITORIO/BIOCAPACIDAD GANADERA [TG] ***

Establecemos los siguientes límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'TG_{s2}' es utilizar hasta 0,036 hag-eq
- El Umbral de Insostenibilidad 'TG_{is2}' es utilizar más de 0,218 hag-eq

Y lo calculamos con la siguiente formula:

$$s[TG] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{TG_i - 0,036}{0,182} \right]; 0 \right] \quad (13)$$

Siendo TG_i Indicador 'Territorio/Biocapacidad Ganadera'; TG_i Superficie equivalente utilizada; TG_∞ Objetivo de sostenibilidad en utilización de TG; TG_{is2} Umbral de insostenibilidad en utilización de TG.

INDICADOR TERRITORIO/BIOCAPACIDAD FORESTAL [TF] ***

Establecemos los siguientes límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'TF_{s2}' es utilizar hasta 0,124 hag-eq
- El Umbral de Insostenibilidad 'TF_{is2}' es utilizar más de 0,759 hag-eq

Y lo calculamos con la siguiente formula:

$$s[TF] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{TF_i - 0,124}{0,635} \right]; 0 \right] \quad (14)$$

Siendo TF_i Indicador 'Territorio/Biocapacidad Forestal'; TF_i Superficie equivalente utilizada; TF_∞ Objetivo de sostenibilidad en utilización de TF; TF_{is2} Umbral de insostenibilidad en utilización de TF.

INDICADOR TERRITORIO/BIOCAPACIDAD PESQUERA/PLATAFORMA CONTINENTAL [TP]

Establecemos los siguientes límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'TP_{s2}' es utilizar hasta 0,030hag-eq
- El Umbral de Insostenibilidad 'TP_{is2}' es utilizar más de 0,184hag-eq

Y lo calculamos con la siguiente formula:

$$s[TP] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{TP_i - 0,030}{0,164} \right]; 0 \right] \quad (15)$$

Siendo TP_i Indicador 'Territorio/Biocapacidad Pesquera'; TP_i Superficie equivalente utilizada; TP_{s2} Objetivo de sostenibilidad en utilización de TP; TP_{is2} Umbral de insostenibilidad en utilización de TP.

INDICADOR TERRITORIO URBANIZABLE [TU]

Establecemos los siguientes límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'TU_{s2}' es utilizar hasta 0,015hag-eq
- El Umbral de Insostenibilidad 'TU_{is2}' es utilizar más de 0,128hag-eq

Y lo calculamos con la siguiente formula:

$$s[TU] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{TU_i - 0,015}{0,113} \right]; 0 \right] \quad (16)$$

Siendo TU_i Indicador 'Territorio/Biocapacidad Urbanizable'; TU_i Superficie equivalente utilizada; TU_{s2} Objetivo de sostenibilidad en utilización de TU; TU_{is2} Umbral de insostenibilidad en utilización de TU.

Es importante destacar la singularidad del TU, ya que una vez que se urbaniza un territorio es muy difícil y costoso [en términos de recursos de tiempo, económicos y naturales] volver a restaurar su estado natural. Complementariamente, **un valor de 0,50 no significa que se conserve el 50% del territorio que se puede urbanizar, sino que se ha agotado ya todo el territorio urbanizable del que se disponía; cualquier urbanización posterior implica mayor insostenibilidad que sostenibilidad**³⁶⁸.

OBSERVACIONES

La Huella Ecológica es "una medida de cuanta tierra y agua bioproductiva necesita una persona, población o actividad para producir todos los recursos que consume y absorber los residuos que produce usando la tecnología y técnicas de gestión de recursos existentes en la actualidad" [WWF, 2012]

El indicador Huella Ecológica es mayoritariamente aceptado para medir la presión para la 'reestructuración física' y 'sobreeplotación' del territorio que ejerce una sociedad/ciudad. Las sociedades tienden a transformar los territorios que necesitan para proveerse, buscando priorizar sus servicios de

³⁶⁸ Para España obtenemos un 60,2% que indica que se ha utilizado el 80% de la capacidad disponible dentro de la franja 'sostenible'. En esta situación, será preferible resolver necesidades futuras siempre mediante la adecuación de las áreas ya urbanizadas frente a la urbanización de nuevo territorio, que de ser necesaria, deberá plantear siempre valores altos de capacidad.

aprovisionamiento, y reduciendo sus servicios de regulación y mantenimiento de la biodiversidad³⁶⁹. Por ello consideramos la 'Huella Ecológica' un indicador apropiado para medir el grado de sostenibilidad en la utilización del TB, pero introducimos tres modificaciones importantes:

La primera es que **ampliamos el concepto de hectárea global [hag] a 'hectárea global equivalente' [hag-eq]**, que nos permitirá evaluar el impacto de ciertas transformaciones que proveen elevada biocapacidad, pero apenas utilizan superficie [e.g., la apicultura urbana]

La segunda es que **evaluamos independientemente la utilización de cada categoría de territorio contra el área de territorio capaz de sostener dicho uso**³⁷⁰.

El motivo es que *las diferentes categorías de Territorio Bioproductivo no son intercambiables entre sí*; no podemos satisfacer la demanda de Territorio Agrícola con Territorio de Pastos, ni la de Territorio de Pesca con Territorio Forestal. La sostenibilidad de la demanda de cada tipo de TB debe valorarse en relación a la Capacidad existente [o prevista] de dicho tipo de TB.

Y la tercera es que **excluimos de este indicador la Huella CO₂**, ya que consideramos más correcto realizar la valoración de la sostenibilidad de las emisiones GEI mediante un indicador independiente³⁷¹. Esto es así por dos motivos:

- Asignar una parte del territorio de la Tierra a la absorción de CO₂ supone vincularlo a dicho uso en el futuro impidiendo su utilización para otros usos; i.e., supone una reducción no aceptable de resiliencia [y capacidad de adaptación].
- A medida que los bosques crecen, la absorción de CO₂ se estabiliza, llegando un punto en el cual alcanzan el equilibrio [i.e., dejan de acumular CO₂] y es necesario usar otros territorios como 'sumideros de carbono'³⁷². El porcentaje de tierra asignada a esta función debería incrementarse continuamente.

Por tanto, no es una estrategia sostenible en el largo plazo, motivo por el cual se considera más correcto plantear su medida independientemente. Además...

- ... Algunos autores sugieren que es más preciso expresar las emisiones de CO₂ en Tm que en base a una superficie de terreno [Wiedmann & Minx, 2008].
- ... No existe capacidad de asimilación de Gases GEI diferentes del CO₂ [constituyen el 34% aprox. de la Huella GEI].

³⁶⁹ "Se trata en definitiva de considerar que la modificación de un ecosistema [para incrementar la producción de comida o madera, por ejemplo] generalmente produce cambios en los demás servicios de los ecosistemas" [MEA, 2005: 47].

³⁷⁰ Frente al planteamiento actual de la Huella Ecológica que agrega todos los consumos y los tipos de territorio y luego compara ambos valores, en el presente modelo evaluamos cada consumo contra el tipo de TB capaz de sostenerlo, y luego agregar dichos indicadores. Nos acercamos por tanto a una medida de 'grado de organización'.

³⁷¹ La sostenibilidad que aporta la absorción de CO₂ por parte de masa vegetal se valora en el indicador Emisiones GEI, descontándola para el cálculo de las Emisiones Netas.

³⁷² Entrecorrimos la expresión porque considerar que un bosque es un 'sumidero de carbono' nos parece un error de concepto. El mejor 'sumidero de carbono' son los pozos de petróleo, donde el CO₂ se ha ido acumulando a lo largo de muchos años.

Sin embargo, es importante indicar que la reserva de territorio para absorber CO₂ constituye una cierta ‘reserva de biodiversidad’ [asociada a vegetación arbórea], por lo que excluir la Huella GEI de la contabilización de la Huella Ecológica hace necesario establecer Objetivos de Sostenibilidad que ‘descuenten’ la superficie necesaria para otras formas de biodiversidad³⁷³.

A este respecto, existen diferentes propuestas del porcentaje de TB que es necesario reservar:

TABLA M3-0 _ PORCENTAJE DE TB PARA PRESERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD	
GFN	El planteamiento inicial de la HE descontaba un 12% de TB para preservación de biodiversidad, basándose en WCED [1987]. Esta reserva se eliminó posteriormente por considerar que dicho objetivo queda fuera de la definición de Huella Ecológica [Wackernagel et Al, 2002; Knoblauch & Neubauer, 2010: 68].
Prescott Allen [2001: 303]	Propone una escala de sostenibilidad según el grado de modificación del territorio, en la cual un 0% de modificación del territorio constituye su estado óptimo, mientras que el 100% de territorio modificado constituye su estado pésimo (1)
Graymore et Al [2010:463]	Proponen reservar el 20% de ecosistemas inalterados, y el 25% para uso natural, lo que dejaría el 75% de los ecosistemas [que consideramos equivalente a un 75% del territorio bioproductivo] disponible para su ‘apropiación humana’ (2)
Hoekstra [2011:81]	Sugiere en torno a un 30% de territorio para biodiversidad.
Fuente: compilación de las siguientes fuentes/con las siguientes notas:	
(1) Indicator ‘Converted land as a percentage of total land’.	
(2) Los autores sugieren que esta modificación del territorio puede ser para “agricultura, urbana, forestal, industrial, comercial y provisión de servicios”.	

Vemos que el rango de propuestas es variado, concentrándose las más recientes en el rango 25-30%. A partir de las cifras anteriores [y las adelantadas en el capítulo 1] establecemos una reserva para otras formas de biodiversidad del 30% de la superficie/capacidad total existente, que descontamos en dos categorías de TB:

- Biodiversidad terrestre; se reserva un 30% de la biocapacidad total en tierra firme, que se descuenta en ‘Territorio de Pastos’ y ‘Territorio de Bosques’, proporcionalmente a la superficie existente de cada uno de ellos.
- Biodiversidad marina; se descuenta un 30% de la biocapacidad actual en ‘Territorio Pesca/Plataforma Continental’.

En cuanto a Objetivo de Sostenibilidad, en todas las categorías de territorio bioproductivo consideramos que el uso de hasta un 20% de la capacidad [una vez descontadas las reservas para biodiversidad] para cada una de las categorías constituye un estado que es óptimo para planeta y sociedad.

A partir de las cifras anteriores, obtenemos los siguientes límites de sostenibilidad/insostenibilidad:

M3-4_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD							
	Biocapacidad [hag/hab]		Reserva Biodiversidad (3)		Objetivo Sostenibilidad	Umbral Insostenibilidad	
	Actual (1)	Prevista 2050 (2)	%	Hag	20%	Global	Individual
Población	6.998	8.250					
Agrícola	0,560	0,557 (a)	0%	0,000	0,111	0,557 (4)	0,975
Ganadera	0,210	0,178	30%	0,096	0,036	0,082	0,144
Forestal	0,730	0,619	30%	0,333	0,124	0,287	0,502
Pesca	0,150	0,150 (b)	30%	0,045	0,030	0,105	0,184
Urbanizado	0,070	0,073 (c)	0%	0,000	0,015	0,073	0,128
Total	1,720	1,577	30%	0,473	0,315	1,104	1,932

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas/fuentes:

³⁷³ Aunque algunos autores consideran que el territorio reservado a actividades forestales constituye una cierta ‘reserva biológica’ [Hoekstra, 2008: 21], dado que la explotación forestal constituye una alteración, preferimos no contabilizarla.

- 1) Datos actuales de GFN Public Data Package, 2015
 - 2) Cálculo propio estableciendo una proporcionalidad a partir del incremento de población previsto, y con los siguientes supuestos.
 - a. En Territorio/biocapacidad agrícola consideramos que el avance tecnológico permite compensar el incremento de población de aquí a 2050, puesto que la productividad total puede ser incrementada, puede incorporarse cierta producción agrícola en las ciudades, etc... Supone un crecimiento de las hag-eq de Territorio Agrícola en línea con el acontecido los últimos 50 años [aprox. 123%]. Descontamos no obstante el incremento de superficie urbanizada, que suele ocupar terrenos con productividad agrícola.
 - b. En Plataforma Continental/Biocapacidad pesquera, no es posible incrementarlo en superficie, pero puede crecer en hag-eq, debido a las piscifactorías. Consideramos por tanto que el crecimiento puede compensar el incremento de población.
 - c. En Territorio susceptible de ser urbanizado, establecemos un límite del 5% del TB productivo actual, obteniendo un umbral de insostenibilidad global de 0,086 hag/hab [112%]; un crecimiento aproximadamente equivalente al considerado por incremento de población [constituye un incremento de 30m²/hab desde la superficie actual hasta 0,073 hag/hab], lo que implica que en 2050 se alcanzará el umbral del 5% de TB urbanizado [que establecemos como límite], y resalta la urgencia de utilizar siempre modelos de ciudad compacta.
 - 3) Como reserva de biodiversidad establecemos un 30% aplicado independientemente a TB terrestre/marino, obteniendo 0,428/0,045 hag/hab de reserva para otras formas de biodiversidad. La superficie de TB terrestre, la descontamos proporcionalmente en TB pastos y TB bosques
 - 4) Peters et Al, 2007 sugiere una superficie mínima de 0,18 Ha por persona para satisfacer una dieta vegetariana que requiera poca superficie. Si lo convertimos en hag-eq multiplicando por un factor tipo para superficie agrícola de 2,51 [GFN], obtenemos 0,45 hag, que nos da un valor del indicador de 0,61. Esto nos habla de la necesidad de moderar los consumos, y el reducido margen para dedicar TA a cultivos no alimentarios [e.g., biocarburantes].
-

Ya hemos comentado en el texto tres estrategias que de manera aislada o conjunta permiten reducir el porcentaje de TB/biocapacidad que es necesario utilizar:

- *Reducir los consumos* [huellas]. Excepto en situaciones en que los consumos son muy reducidos [e.g., países subdesarrollados], resulta la solución más eficiente y la única sostenible.
- *Aumentar la superficie de Territorio Bioproductivo* [e.g., mediante la 'puesta en carga de espacios cuya bioproductividad no es aprovechada actualmente, e.g., espacios urbanizados sin uso como azoteas en ciudades]. Dado que el espacio de estas características es reducido, solo es una estrategia viable en el corto/medio plazo.
- *Incrementar la productividad del territorio actualmente Bioproductivo*. Sin embargo, esta estrategia choca con dos cuestiones:
 - La historia demuestra que los incrementos de eficiencia tecnológica [productividad], van generalmente seguidos de aumentos del consumo³⁷⁴.
 - En el caso de cultivos agrícolas, cuanto más intensiva es la explotación mayor es su huella hídrica/consumo de energía y menores los 'servicios de regulación'³⁷⁵.

La reducción [y optimización] de los consumos aparece como la estrategia más sostenible.

Una cuestión pendiente de valorar es que los umbrales máximos de utilización del territorio dependen en parte de cómo se utilice, y serán menores cuando las explotaciones son muy intensivas [i.e., cuando la alteración del territorio respecto a su situación original sea mayor] y mayores cuando las

³⁷⁴ Una de las causas es que el incremento de eficiencia tecnológica suele hacerse para incrementar los consumos, no para reducirlos. En cierto modo, el 'Efecto Rebote' no es un accidente sino una consecuencia lógica de las estrategias comerciales subyacentes a la mejora tecnológica; las empresas mejoran la eficiencia de sus productos como medio para abaratar [e incrementar] su uso' [Alcott, 2005].

³⁷⁵ Según MEA [2005:47]: "el beneficio neto obtenido mediante las acciones para incrementar la productividad o cosecha de los ecosistemas ha sido menor del inicialmente considerado, una vez que se han descontado los efectos negativos".

explotaciones se diseñen buscando preservar los servicios de regulación [mantenimiento de los ciclos hídricos, biodiversidad,...].

4.2.4 M4. RECURSOS SÓLIDOS [MATERIAS PRIMAS Y SECUNDARIAS] [RS] ***

ÁREAS RELACIONADAS Medioambiente no urbano, Biodiversidad, Sostenibilidad Económica
FUENTES E INDICADORES [ver texto a continuación]
RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la utilización de los Recursos Sólidos es sostenible. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, M4_i con la fórmula:

$$RS[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 M4_i * ke_i \quad (17)$$

Siendo RS [%] _ Indicador 'Recursos Sólidos' y M4_i _ Indicadores de Nivel 4 del indicador M4

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

RB_ Indicador 'Recursos Bióticos'

RA_ Indicador 'Recursos Abióticos'

OBSERVACIONES

El presente indicador evalúa la cantidad de recursos que una vez utilizados son llevados a vertedero, lo que consideramos una medida [directa e indirecta] de sostenibilidad en el uso de los Recursos Sólidos.

Por una parte, **los habitualmente llamados 'residuos sólidos' son en realidad un tipo de 'recursos sólidos'**, que procesados de la manera adecuada presentan muchas posibilidades de utilización³⁷⁶. El concepto de '*residuo*'³⁷⁷ es un concepto antrópico [en los sistemas naturales no existen los residuos] que denota un paradigma inadecuado para enfrentar la cuestión:

- La gran mayoría de materiales designados como 'residuos' son en realidad 'recursos' que pueden ser utilizados en otro ciclo [a veces en el mismo que los ha producido] si son gestionados de la manera adecuada.
- Muchos recursos sólidos adquieren [o no] la condición de residuo para el medio ambiente en función de cómo son depositados en él. *La condición de residuo no pertenece al 'material', sino que se deriva sobre todo de nuestra gestión del mismo.*

Por otra parte, la **Primera Ley de la termodinámica** nos indica que las entradas a los ciclos generan una cantidad de salidas [susceptibles de convertirse en 'residuos'] que mantiene cierta 'proporcionalidad' con la cantidad de entradas/recursos utilizados.

³⁷⁶ Los residuos son "materias primas desaprovechadas en un mundo finito" [Naredo y Frías, 2003:14]

³⁷⁷ Se consideran 'residuos' aquellos materiales a los que la sociedad ya no atribuye 'utilidad', y de los que por ello se desprenden llevando a vertedero [se excluyen por tanto del concepto de 'residuos' los materiales/objetos reutilizados o reciclados].

Y el mejor modelo de gestión de los recursos son los *sistemas naturales* cuyos procesos nunca generan residuos; cualquier material que resulta de un ciclo es reincorporado como entrada en el mismo ciclo [o en otro asociado]. En los sistemas naturales, los recursos siguen *ciclos circulares o cerrados*. Frente a ello, el traslado de residuos a vertedero implica que deberán ser sustituidos por una cantidad proporcional de recursos de nueva extracción.

Es importante destacar que para la sostenibilidad, es tan importante el grado de cierre de los ciclos [porcentaje total de recurso utilizado que es reintegrado al ciclo], como el impacto sobre el medioambiente de los recursos utilizados que son dispuestos como residuos [i.e., en una manera no adecuada para el medio/ciclos productivos].

La primera cuestión comentada alude a la **‘necesidad de sustitución’**; la transformación de recursos en residuos [materiales no devueltos al ciclo] hace que la cantidad de recursos que es necesario extraer del medioambiente para el nuevo ciclo sea mucho mayor que la que resultaría si los residuos se devolvieran al ciclo.

El impacto medioambiental evitado será relacionable con la cantidad de material reincorporado al ciclo, mediante una función que deberá estimar el impacto reducido mediante el aprovechamiento de cada tipo de recurso, descontando la ‘acumulación de materiales’, y que podemos modelizar de manera simplificada como:

$$\Delta I \sim f[\Delta D] \sim f[C * [1 - R * Efe] + S] \quad (18)$$

Siendo ΔI impacto medioambiental evitado; D Demanda Total recursos en T_m ; C Consumo de recursos; R Porcentaje de recursos reciclados; Efe Eficiencia en el reciclaje o reutilización y S Acumulación de recursos en stock

La ecuación anterior nos permite ver que los consumos indirectos de recursos³⁷⁸, se deberán reducir aproximadamente proporcionalmente a la cantidad de residuo reducida para cada una de las fracciones revisadas, y deberemos considerar lo siguiente:

- Siempre será más beneficioso priorizar la reutilización frente al reciclaje.
- No tendrá el mismo impacto reutilizar los residuos como entrada en el mismo proceso que los genera, que en otro proceso diferente.
- No todos los procesos de reciclado tienen la misma eficiencia³⁷⁹.

Pero además, **diferentes tipos de RU producen impactos negativos muy diferentes sobre el medio.**

TABLA M4-0_ IMPACTOS PRINCIPALES SEGÚN DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES UTILIZADOS

MATERIAL	IMPACTOS PRINCIPALES
Materiales bióticos [recogidos directamente de la naturaleza]	El mayor impacto está asociado con la sobreexplotación, la polución [asociada a la agricultura intensiva, con uso de pesticidas y fertilizantes], reestructuración física [uso

³⁷⁸ Los consumos y residuos ‘indirectos’ [generados durante la producción de los bienes] pueden ser importantes. Por ejemplo, la comida consumida constituye solo el 14% de los materiales utilizados en toda la cadena de producción; empaquetado, materiales de construcción -almacenes o supermercados- y combustible para transporte suman el 86% restante [SEI & WWF, 2005 citado en Dawkins Et Al, 2008].

³⁷⁹ Por ello la reutilización es el proceso más interesante, puesto que es el proceso de máxima eficiencia [Efe=1]. Los demás tipos de reciclaje, presentan cierta ineficiencia [Efe es menor a 1 en todos los casos]. Por ejemplo, el porcentaje de RU recuperado mediante el reciclaje es de aproximadamente un 78% para Tetra Brick o PET, un 88% en vidrio [Meneses Et Al, 2009].

	del suelo], uso del agua y uso de energía [en el caso de invernaderos]. Los productos animales destacan por su consumo indirecto de una cantidad considerable de áreas de cultivo [alimentación animal], lo que resulta en un elevado uso de la tierra como consecuencia.
Materiales fósiles [combustibles y químicos]	Las fases de extracción y refinación de los combustibles son menos importantes. Su mayor efecto se relaciona con su uso en proceso de combustión. Los plásticos son importantes en cuanto a su impacto entre los materiales.
Metales	La minería y etapa de refinación son muy intensivas en energía. Algunos metales como cadmio o plomo son tóxicos. Aunque muchos materiales tienen elevados impactos por unidad de masa en relación con otros materiales, el tamaño de los flujos de cada uno de ellos hace que solo el acero, hierro y aluminio se consideren materiales prioritarios.
Materiales de construcción [arena, grava,...]	Aunque son utilizados en gran cantidad están raramente asociados con problemas de escasez o grandes impactos medioambientales, con la excepción de la fabricación de cemento, que causa emisiones de CO ₂ .

FUENTE: Compilación de UNEP, 2010: 28

- (1) Desde el punto de vista de 'destino' de los recursos, según Ecological Institute & Seri [2010:62] a nivel general, los impactos medioambientales y el uso de recursos en Europa son ocasionados sobre todo por tres áreas: vivienda [construcción y regulación de la temperatura], transporte y consumo de alimentos.

Por tanto, no es posible valorar el impacto de la utilización de recursos/producción de residuos a partir de la cantidad total utilizada/generada en términos de masa o volumen. *Ciertos recursos/residuos implican mayor impacto que otros sobre el medio ambiente, y valorarlo requiere evaluar separadamente cada fracción de RU que presente diferente impacto sobre el medio.*

Los límites de sostenibilidad/insostenibilidad deberán establecerse por separado para cada tipo de material³⁸⁰, y deberán ser actualizados a medida que se modifiquen las técnicas de producción, la composición de la bolsa de basura, la población o se incremente el conocimiento en la cuestión.

Lo anterior nos lleva a establecer una primera separación entre dos tipos de Recursos:

- *Para los recursos bióticos existe capacidad regenerativa;* su uso dentro de los límites de los ecosistemas podría ser sostenido indefinidamente:
 - Limitar su utilización tiene el objetivo de evitar la sobreexplotación de los ecosistemas.
 - Limitar su disposición como residuo tiene el objetivo de evitar la degradación de los ecosistemas.
- *Para los recursos no bióticos no existe capacidad regenerativa;* las reservas son finitas y cualquier umbral de utilización supondría su agotamiento en el largo plazo³⁸¹. Su reaprovechamiento tiene el objetivo tanto de evitar la degradación de los ecosistemas como de 'prolongar' las reservas disponibles.

En ambos casos, la reducción de residuos tiene un efecto importante sobre la Huella Hídrica [especialmente Huella Hídrica Gris en el caso del ciclo de las materias bióticas], Huella Ecológica [ahorro de

³⁸⁰ "se puede cuestionar que medir en toneladas no informa de [la] toxicidad [de los RU]. Sin embargo, esto se controlaría indirectamente por la obligación de cumplir los porcentajes parciales establecidos para cada tipología de residuos" [Rueda, 2007].

³⁸¹ Aunque en algunos casos es posible suponer que existen reservas para periodos de tiempo suficientemente prolongados. En muchos casos las reservas están localizadas solo en algunas zonas del planeta, y el reaprovechamiento adquiere importancia geoestratégica, para reducir el nivel de dependencia del exterior [incrementar la resiliencia].

Territorio Bioproductivo y reducción de Territorio Urbanizado], Huella Energética y Huella GEI [con la posibilidad de eliminar el CH₄ emitido en vertederos si se cierra el ciclo de las materias bióticas].

LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

Proponer Límites de Sostenibilidad/Insostenibilidad entraña considerable dificultad por la práctica inexistencia de propuestas suficientemente consistentes en esta área:

- Las propuestas más solventes de indicadores miden la ‘tendencia’ en la utilización de recursos por parte de la sociedad [a veces conectándola con el impacto ambiental que implica dicho consumo], pero no proponen límites de insostenibilidad/sostenibilidad [no pueden convertirse en indicadores de Grado de Sostenibilidad]³⁸².
- Existen muchas propuestas que valoran los porcentajes de reciclado de materias primas independientemente del estado final alcanzado³⁸³.
- Las pocas propuestas que incluyen límites de sostenibilidad/insostenibilidad, no justifican suficientemente los cálculos sobre los que se basan, y proporcionan objetivos globales para todos los RU [no diferencian según tipo de recurso/fracción de residuo].

Por ello, vamos a realizar una propuesta propia de límites, que sustentamos en un enfoque general de ‘ciclos cerrados’. Solo consideramos residuos los materiales que son depositados en vertedero; cualquier ‘recurso’ que sale de la ciudad y se incorpora como entrada en algún otro ciclo, estará sustituyendo a otro ‘recurso’ que era necesario...

- ... dejando por tanto de ser considerado residuo [se evita la degradación del medio]
- ... reduciendo la necesidad de incorporación de nuevos recursos al ciclo

Y buscaremos establecer cifras máximas de disposición de diferentes tipos de residuos en el medio basándonos en tres acercamientos a [revisiones de] la información disponible:

ACERCAMIENTO 1: A PARTIR DE LOS PORCENTAJES DE RECICLAJE CONSIDERADOS ÓPTIMOS

Consideramos que las cifras de RU que seguirían yendo a vertedero después de satisfacer las propuestas de tasa de reciclaje actuales constituyan ‘Objetivos de Sostenibilidad’ validos. Para ello adoptamos los porcentajes de reciclaje propuestos por AEUB [2010, indicadores 38 y 39]. Suponiendo que la reducción se hiciera manteniendo las proporciones de cada ‘tipo de RU’ según la composición media de los residuos en España [MARM, 2010], obtendríamos las siguientes cifras:

TIPO DE RECURSO	PRODUCCIÓN ACTUAL (1)	OBJETIVO RECICLAJE [%] (1)	OBJETIVO SOSTENIBILIDAD
Materia orgánica	197,1	80%	39,42
Papel y Cartón	94,9	80%	18,98
Textiles	21,535	60%	8,61
Vidrio	31,025	90%	3,10
Plásticos	47,45	60%	18,98
Metales	18,25	60%	7,30
Otros	26,28	-	26,28

³⁸² Es el caso del Environmentally Weighted Material Consumption [EWMC], Total Material Requirement [TMR] y Environmental Impact Load [EVIL]. Su descripción detallada se puede leer en Bringezu & Schütz, 2010.

³⁸³ No pueden considerarse indicadores de sostenibilidad, puesto que consideran más sostenible una ciudad que recicle mucho, pero cuya producción de RU siga siendo muy elevada, que otra que no recicle en absoluto pero apenas produzca RU

TOTAL	436,54	96,40
-------	--------	-------

FUENTE: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:
 (1) Ayuntamiento de Madrid, 2010
 (2) AEUB, 2010, indicadores 38 y 39

También nos interesa evaluar los Residuos Construcción y Demolición [RCD], cuya generación está muy asociada a la transformación urbana. Haciendo una estimación a partir de las cifras de producción disponibles y el objetivo de reciclaje del 75% [NYC DDC, 2003] obtenemos:

TIPO DE MATERIAL	PRODUCCIÓN ACTUAL (2) KG.HAB ⁻¹ AÑO ⁻¹	OBJETIVO RECICLAJE (3) [%]	OBJETIVO SOSTENIBILIDAD KG.HAB ⁻¹ AÑO ⁻¹
Residuos Construcción y Demolición	1.000	75%	250

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) Los Residuos de Construcción y Demolición RCD son la parte de los residuos sólidos que se producen como consecuencia de la limpieza de terrenos, la excavación, la construcción, demolición, remodelación y reparación de estructuras, carreteras e instalaciones [NYC DDC, 2003:2]
- (2) MARM [2009:48] estima entre 40 MM Tm en 2004 y 45 MM Tm en 2006, la cantidad de RCD generados en España. No obstante hay que indicar que en esos años España estaba en pleno auge del sector de la construcción, por lo que presumiblemente en la actualidad la cifra será muy inferior. Si dividimos los 45MM Tm de RCD de 2006 entre una población de aproximadamente 44,39 MM hab obtenemos aproximadamente 1000 kg.hab⁻¹año⁻¹
- (3) En varias ciudades de California está ya vigente el objetivo del 50% de recogida separada de RCD. NYC DDC propone llegar hasta el 75% en algunos casos [NYC DDC, 2003], valor que utilizamos dado lo elevado de la producción de RCD en España, vinculada al excesivo desarrollo del sector inmobiliario en los años que se revisan.
- (4) Hay que indicar que el volumen de RCD es el flujo de residuos más importante pero reúnen dos condiciones: no son 'peligrosos' y tienen gran potencial de reutilización y reciclaje' [AEUB, 2010: 61]. Se estima que cuando la recogida se hace separada por tipos de residuos RCD, la tasa de reciclaje puede llegar a superar el 90% y en algunos casos alcanzar el 100% [NYC DDC, 2003].

ACERCAMIENTO 2: A PARTIR DE PROPUESTAS DE INDICADORES EXISTENTES

Hemos encontrado solamente dos autores/propuestas de límites expresados en masa de producción de residuos [sin diferenciar entre diferentes tipos de RU].

Graymore et Al [2010:463] proponen las siguientes cifras:

- Umbral de insostenibilidad de 2000 kg.hab⁻¹.año⁻¹ y tasa de 0% de reciclaje
- Objetivo de Sostenibilidad de 200 kg.hab⁻¹.año⁻¹ y tasa del 50% de reciclaje

Si combinamos ambos valores obtenemos los siguientes datos:

	INSOSTENIBILIDAD TOTAL			SOSTENIBILIDAD TOTAL
	Kg.Hab ⁻¹ año ⁻¹	Kg.Hab ⁻¹ año ⁻¹	Kg.Hab ⁻¹ año ⁻¹	Kg.Hab ⁻¹ año ⁻¹
Residuos Sólidos	2.000	750	400	200
Porcentaje Reciclado	0 %	5 %	25 %	50 %
Cantidad no aprovechada	2000	712,5	300	100

FUENTE: Calculo propio a partir de Graymore et Al, 2010:463

Tehrani & Makhdoum [2013:202] proponen las siguientes cifras:

- Umbral de Insostenibilidad de 49 Tm.Ha⁻¹.año⁻¹. Si consideramos la densidad de población media que sugieren los autores [72,5 hab.Ha⁻¹] obtenemos 690 kg.hab⁻¹.año⁻¹
- Objetivo de Sostenibilidad de 0,5 kg.hab⁻¹.año⁻¹ [equivalen a 182,5 kg.hab⁻¹.año⁻¹]

Vemos por tanto que existe una diferencia considerable entre los límites que se deducen de los autores anteriores [si bien hay mayor cercanía en el Objetivo de Sostenibilidad]:

- $RN_{is2} = 2000 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1} / 690 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$
- $RN_{s2} = 100 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1} / 185 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

Si revisamos las cifras anteriores manteniendo constante el porcentaje que cada fracción de RU representa en relación al total de la bolsa, obtenemos los siguientes datos:

	GRAYMORE ET AL (1)		TEHRANI & MAKHDOUN (2)	
	OBJETIVO SOSTENIBILIDAD	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD	OBJETIVO SOSTENIBILIDAD	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD
Materia orgánica	45,15	451,51	82,40	311,54
Papel y Cartón	21,74	217,39	39,67	150,00
Textiles	4,93	49,33	9,00	34,04
Vidrio	7,11	71,07	12,97	49,04
Plásticos	10,87	108,70	19,84	75,00
Metales	4,18	41,81	7,63	28,85
Otros	6,02	60,20	10,99	41,54
TOTAL	100,00	1.000,00	182,50	690,00

FUENTE: Elaboración propia a partir de
 (1) Graymore et Al, 2010: 463. Hemos minorado los 2.000 kg.hab⁻¹.año⁻¹ que propone la autora como límite de insostenibilidad considerando que la mitad correspondan a RCD, contabilizados aparte.
 (2) Tehrani & Makhdoum, 2013
 (3) Como porcentaje que representa cada fracción de RU sobre la bolsa los hemos utilizado los del Ayuntamiento de Madrid, 2010

ACERCAMIENTO 3: A PARTIR DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO URBANO

Vamos a hacer una tercera revisión considerando que el grado de sostenibilidad en la utilización de recursos/producción de residuos sólidos sea similar al grado de sostenibilidad para el resto de dimensiones de Metabolismo, obteniendo los siguientes valores:

TIPO DE RECURSO	TIPO DE RU	OBJETIVO DE SOSTENIBILIDAD (3)	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD GLOBAL	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD INDIVIDUAL
RECURSOS BIÓTICOS	Materia orgánica	7,58	101,03	176,81
	Papel y Cartón	3,65	48,65	85,13
	Textiles (2)	0,83	11,04	19,32
RECURSOS ABIÓTICOS	Vidrio	1,19	15,90	27,83
	Plásticos	1,82	24,32	42,57
	Metal	0,70	9,36	16,37
	TOTAL DOMÉSTICOS	15,77	210,30	368,03
	Residuos Construcción y Demolición	38,45	512,61	897,06

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (0) Se ha calculado el valor de la Dimensión M considerando los indicadores: Huella Hídrica Contaminación Hídrica, Utilización Territorio Bioproductivo, Consumo de Energía y Emisiones GEI para España 2010, obteniendo un valor 13,1%. Se ha considerado que dicho valor representaría también el grado de sostenibilidad en la utilización de Recursos Sólidos, y se han deducido los límites de sostenibilidad/insostenibilidad mediante proporcionalidades.
- (1) Los datos de RU son del Ayuntamiento de Madrid en 2010 [Área de Gobierno de Medio Ambiente. Dirección General Gestión Ambiental Urbana y Dirección General Parque Tecnológico Valdemingómez]
- (2) Hemos considerado que los textiles son recursos bióticos pese a que parte puede ser no serlo [nylon, gomas sintéticas,...].
- (3) Aunque aparentemente, el Objetivo de Sostenibilidad debería ser en todos los casos producción de residuos cero, se acepta que en la actualidad una cierta cantidad de RU puede ser incluso más sostenible porque ciertos productos pueden tener un reciclaje muy complicado, que haga preferible su disposición en vertedero. Por ello, establecemos un 7,5% del umbral de insostenibilidad global.

PROPUESTA DE LÍMITES

La diversidad de las cifras anteriores [y falta de datos más precisos] hace difícil establecer límites de sostenibilidad/insostenibilidad con suficiente consistencia. Incluso la validez de los objetivos obtenidos a partir del cálculo propio carecen de la consistencia deseada, por dos motivos:

- asumir la existencia de correlación perfecta del grado de sostenibilidad en la utilización de recursos sólidos con el resto de la dimensión metabolismo, es una aproximación que podría incorporar un bastante inexactitud.
- valorar la sostenibilidad a partir de la gestión de los residuos en el área urbana supone asumir que en el resto de la cadena de gestión de los productos se realiza una gestión similar; i.e., supone considerar que el impacto directo e indirecto sean iguales.

Sin embargo, a día de hoy lo consideramos la mejor propuesta posible, por varias cuestiones:

- pese a haber revisado una extensa cantidad de literatura en la cuestión, no se han encontrado otros valores suficientemente justificados.
- aunque la correlación no sea perfecta, sí está demostrada la elevada correlación entre la sostenibilidad en la utilización de recursos sólidos y del resto de dimensiones del metabolismo.
- la imperfección de la valoración de este indicador en los términos planteados minimiza la distorsión en la valoración global de la dimensión Metabolismo, puesto que cumple las condiciones esenciales de agregación de información en Sistemas Complejos.

Por tanto, consideramos la propuesta aquí presentada el mejor conocimiento disponible en la actualidad³⁸⁴, y serán los valores que adoptemos como límites para el indicador. Hay que indicar que los objetivos de Sostenibilidad propuestos constituyen objetivos factibles en la actualidad³⁸⁵, pudiéndose avanzar hacia ellos desarrollando estrategias complementarias:

- En los procesos de diseño, mejorar los diseños actuales para que...
 - ... minimicen la cantidad de productos utilizados
 - ... utilicen productos de menor impacto posible
 - ... maximicen la cantidad e impacto de producto reciclable y la facilidad de hacerlo.
 - ... minimicen la cantidad e impacto de la fracción no reciclable de los productos.
- Mediante una contención del consumo de productos con elevado impacto³⁸⁶.
- En fases posteriores a la utilización de los productos,
 - mediante la separación en origen [se evita el rechazo de las plantas de tratamiento]
 - diseñando procedimientos de reciclaje que minimicen el esfuerzo necesario y maximicen la cantidad de RU reaprovechada.

³⁸⁴ Independientemente de que pueda [y deba] ser mejorado en el futuro, por ejemplo, reformulando el indicador con un planteamiento tipo 'huella', que valore también los impactos indirectos de la gestión de los recursos sólidos.

³⁸⁵ "podríamos evitar el vertido del 90% de los residuos generados realizando una buena gestión de las basuras; una gestión que incluya medidas que potencien la reutilización, el reciclado y la valorización energética" [IDEA, 2011a:168]

³⁸⁶ "Los estudios indican que la disminución de uso de recursos naturales derivada de la 'contención' del consumo, es cuando menos un 8% superior a la que se obtiene del reciclado del 100% de los residuos" [Lettenmeier y Salo, 2008]

M4.1 RECURSOS BIÓTICOS [RB] [%] [P] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Global
 FUENTES E INDICADORES Ver Indicador Global
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la utilización de los Recursos Bióticos es sostenible. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 5, M4.1_i con la fórmula siguiente³⁸⁷:

$$RB[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 M4.1_i * k_p * ke_i \quad (19)$$

Siendo RB [%]_ Indicador 'Recursos Bióticos'; M4.1_i_ Indicadores de Nivel 5 del indicador M4.1 y k_p_ coeficientes de ponderación por porcentaje de masa sobre el total de cada una de las facciones.

Los Indicadores de Nivel 5 son los siguientes:

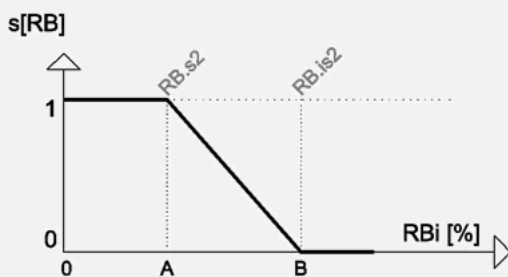
MO_ Indicador 'Materia Orgánica'

PC_ Indicador 'Papel y Cartón'

OB_ Indicador 'Otros recursos Bióticos' [Textiles, madera,...]

Todos los indicadores de Nivel 5 M4.1, se caracterizan por tener la misma gráfica y función de sostenibilidad, que tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[RB] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{RB_i - RB_{s2}}{RB_{is2} - RB_{s2}} \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo se incluye en cada uno de los indicadores.

³⁸⁷ No hemos conseguido datos de impacto medioambiental por utilización de recursos bióticos, que vamos a suponer similar para los tipos de RU diferenciados. Dado que la cantidad de residuo de cada uno es muy diferente, introducimos una doble ponderación en la agregación que valora el porcentaje de cada uno sobre el total [Alvira, 2014b. Anexo IV]

INDICADOR MATERIA ORGÁNICA [MO]

Informa del grado en que los residuos orgánicos generados en el sistema son aceptables para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad MO_{s2} es generar menos de $7,5 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad MO_{is2} es $175 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$MO[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{MO_i - 7,5}{167,5} \right] * 100; 0 \right] \quad (20)$$

Siendo MO_i cantidad de Residuos Orgánicos producidos en el área urbana en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

INDICADOR PAPEL Y CARTÓN [PC]

Informa del grado en que los residuos de Papel y Cartón generados son aceptables para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad PC_{s2} es generar menos de $3,5 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad PC_{is2} es $85 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$PC[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{PC_i - 3,5}{81,5} \right] * 100; 0 \right] \quad (21)$$

Siendo PC_i cantidad de Papel y Cartón desechada como Residuo en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

INDICADOR OTROS RESIDUOS BIÓTICOS

Comprende los Residuos Orgánicos no incluidos en los anteriores [Madera, Textiles,...]. Informa del grado en que su producción es aceptable para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad PC_{s2} es generar menos de $1 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad PC_{is2} es $20 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$OB[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{OB_i - 1}{19} \right] * 100; 0 \right] \quad (22)$$

Siendo OB_i cantidad de Madera, Textiles,... desechados como Residuo en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

OBSERVACIONES

Como estrategias óptimas para la reducción/eliminación de Residuos Bióticos se presentan:

- El ‘compostaje’ de la materia orgánica para su uso como abono agrícola [con elevado contenido en nitrógeno y fosforo].
- La reintroducción del papel y cartón en su ‘cadena de producción’, hasta un límite máximo del 75%, por encima del cual el papel y cartón deberá ser aprovechado en otros ciclos [e.g., para la cadena de producción de compost³⁸⁸, en materiales de construcción,]
- La madera admite distintas opciones de reutilización, pudiendo también incorporarse al ciclo de la materia orgánica [si bien requiere periodos más largos para convertirse en compost].

El reciclaje de los Residuos Bióticos presenta posibilidades de reducir considerablemente la huella hídrica gris, de energía y de carbono:

³⁸⁸ Incorporar el porcentaje excedente de papel y cartón a la fracción orgánica permite mejorar el compost producido, al equilibrar la proporción C/N, que es relativamente baja en los residuos orgánicos domésticos [exceso de N].

- Su aprovechamiento como compost para la producción agrícola permitiría prescindir casi totalmente de aporte de abonos artificiales reduciendo notablemente la Huella Hídrica Gris³⁸⁹, producida en gran medida por los drenajes de Nitrógeno [con impacto en la acidificación] y Fósforo [con impacto en la eutrofización] de los abonos artificiales.
- Poseen un elevado potencial energético que puede constituir una fuente considerable de Energía Renovable.
- Su acumulación en vertedero produce CH₄ [GEI], que desaparece si se reincorporan al ciclo. Complementariamente, si se destina a 'compost', constituye un cierto 'sumidero de carbono' natural, permitiendo su reincorporación a los suelos.

³⁸⁹ Según la mayoría de autores, la eliminación del uso de fertilizantes químicos supondría una reducción muy considerable de la huella hídrica gris de la agricultura, que –si se combina con la no utilización de pesticidas- podría llegar al 100%.

M4.2 RECURSOS ABIÓTICOS [RA] [%] [P] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver Indicador Global
 FUENTES E INDICADORES Ver Indicador Global
 RELACIONADOS Ver Indicador Global

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la utilización de los Recursos Abióticos es sostenible. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 5, M4.2_i con la fórmula siguiente³⁹⁰:

$$RA[\%] = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 M4.2_i * ke_i \quad (23)$$

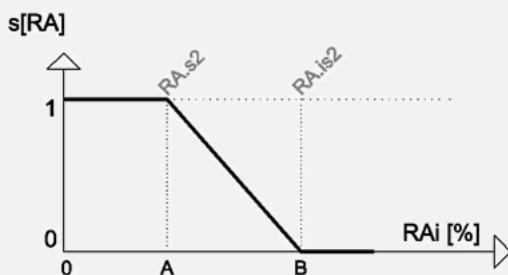
Siendo RA [%]_ Indicador 'Recursos Abióticos' y M4.2_i_ Indicadores de Nivel 5 del indicador M4.2

Los Indicadores de Nivel 5 son los siguientes:

- VD_ Indicador 'Vidrio'
- MT_ Indicador 'Metal'
- EN_ Indicador 'Plásticos'
- RCD_ Indicador 'Construcción y Demolición'

Todos los indicadores de Nivel 5 M4.2, se caracterizan por tener la misma gráfica y función de sostenibilidad, que tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[RA] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{RA_i - RA_{s2}}{RA_{is2} - RA_{s2}} \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo se incluye en cada uno de los indicadores.

³⁹⁰ En este caso no introducimos doble ponderación ya que las cantidades producidas de los diferentes RU son más parecidas. Solo RCD presenta cifras más elevadas de residuos, pero a cambio su impacto es menor.

INDICADOR 'VIDRIO' [VD]

Informa del grado en que los residuos de Vidrio generados son aceptables para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad VD_{s2} es generar menos de $1,2 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad VD_{is2} es $28 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$VD[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{VD_i - 1,2}{26,8} \right] * 100; 0 \right] \quad (24)$$

Siendo VD_i cantidad de Vidrio desechado como residuo en el área urbana en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

INDICADOR 'PLÁSTICOS' [PL]

Informa del grado en que los residuos de Plástico generados son aceptables para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad PL_{s2} es generar menos de $1,8 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad PL_{is2} es $42,5 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$PL[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{PL_i - 1,8}{40,7} \right] * 100; 0 \right] \quad (25)$$

Siendo PL_i cantidad de 'plásticos' eliminados como residuo en el área urbana en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

INDICADOR 'METAL' [MT]

Informa del grado en que los residuos de Metal generados son aceptables para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad MT_{s2} es generar menos de $0,7 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad MT_{is2} es $16,4 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$MT[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{MT_i - 0,7}{15,7} \right] * 100; 0 \right] \quad (26)$$

Siendo MT_i cantidad de 'metales' eliminados como residuo en el área urbana en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

INDICADOR 'CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN' [RC]

Informa del grado en que los Residuos de Construcción y Demolición generados son aceptables para la sostenibilidad del entorno. El Objetivo de Sostenibilidad RC_{s2} es generar menos de $38,5 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. El Umbral de insostenibilidad RC_{is2} es $895 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. La fórmula simplificada es:

$$RC[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{RC_i - 38,5}{856,5} \right] * 100; 0 \right] \quad (27)$$

Siendo RC_i cantidad de 'RCD' eliminados como residuo en el área urbana en $\text{kg.hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$

OBSERVACIONES

La especificidad de los Residuos Peligrosos [Pilas y Baterías, Aceites industriales,...] ha hecho preferible que no los incluyamos en el indicador, quedando pendiente su formalización en el futuro.

La reutilización/rehabilitación de edificios se presenta Como principal estrategia para reducir la cantidad de RCD³⁹¹.

³⁹¹ Los residuos de construcción y demolición en los EEUU suponen entre el 25% y 45% del total de RU [en peso], llegando hasta el 60% en NY. "Rehabilitar un edificio supone en la mayoría de los casos un ahorro energético del 60% respecto a derribarlo y volver a construirlo y evita numerosos impactos ambientales" [De Luxan et Al, 2008].

4.2.5 M5. INDICADOR CONSUMO DE ENERGÍA [CE] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Medioambiente no urbano, Biodiversidad
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	[Ver texto a continuación]

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Indica el grado de sostenibilidad que implica el Consumo de Energía del área urbana para el Medioambiente no urbano. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética con doble ponderación de los indicadores de Nivel 4, M5i, con la fórmula:

$$CE[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 M5_i * k_i * ke_i \quad (28)$$

Siendo CE [%] _ Indicador 'Consumo de Energía', M5i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador M5 y ki_ ponderación según porcentaje de cada tipo de energía sobre el consumo total.

Los indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

ENR_ Indicador 'Energía no Renovable'

ER_ Indicador 'Energía Renovable'

OBSERVACIONES

Este indicador evalúa la sostenibilidad en el uso de **dos tipos de energía con características muy diferentes:**

- *Energía Renovable [ER]*. Su consumo es a priori sostenible pero es necesario hacer algunas aclaraciones:
 - existen límites máximos a la cantidad total de ER que sería posible aprovechar utilizando todo el potencial disponible en el planeta; la ER no es ilimitada.
 - existen ciertos valores máximos de aprovechamiento de la capacidad total de ER que no se pueden traspasar; no todo el potencial del planeta es aprovechable y cierta parte de ER cuyo aprovechamiento sería muy poco eficiente o tendría efectos muy negativos para el entorno [i.e., sería medioambientalmente insostenible].
 - la capacidad actualmente disponible es reducida [aprox. 2,4 MWh/hab/año], e incrementar dicha capacidad requiere invertir tiempo, dinero y recursos [incluyendo ENR]
- *Energía no Renovable [ENR]*. Su consumo nunca puede ser considerado sostenible por dos motivos:
 - la ENR se obtiene a partir de recursos no renovables³⁹²; las reservas existentes se reducen año tras año, en una cantidad que depende del consumo anterior.
 - implica siempre efectos negativos para la sostenibilidad del medioambiente.

³⁹² Aunque en sentido estricto los combustibles fósiles son recursos renovables, su tasa de renovación requiere plazos temporales tan elevados, que a efectos prácticos no pueden ser considerados renovables.

Sin embargo, existen ciertas cuestiones a considerar:

- si se moderan los consumos...
 - los efectos negativos para el medioambiente pueden ser ‘aceptables’
 - las reservas existentes podrían ‘sostener’ el uso durante mucho tiempo.
- su uso es inevitable durante los próximos años [i.e., es necesario utilizar ENR en la transición hacia las ER]

Esto nos obliga a incorporar una novedad respecto a los demás indicadores del modelo; los umbrales de insostenibilidad en ENR son valores decrecientes cada año; *un consumo constante de ENR es cada vez más insostenible a medida que pasa el tiempo.*

En consecuencia, **el uso de las ENR en los próximos años debe plantearse como una transición que debe ir desde las ENR hacia las ER**, y nos lleva a dos cuestiones importantes:

La primera es que **los consumos de ENR y ER no son intercambiables**, y por tanto su valoración deberá realizarse mediante dos indicadores diferentes.

Esto nos permitirá valorar que una ciudad que consume una cantidad muy reducida de energía no renovable es más sostenible que otra ciudad que consume una elevada cantidad de energía, aunque gran parte de ella provenga de fuentes renovables. *Lo relevante para la sostenibilidad no es el porcentaje de ER sobre el consumo total de energía, sino la cantidad total de energía consumida de cada tipo en relación a la capacidad máxima disponible.*

La segunda es que **si la transición debe ir de las ENR hacia las ER, entonces los consumos de ENR deben ser siempre constantes o decrecientes**. Solo en casos muy especiales puede aceptarse un ligero incremento de consumo de ENR.

Incorporar esta última cuestión va a exigir que formalicemos una **Condición restrictiva** que se añada a las anteriores. *Solo se admiten transformaciones urbanas que incrementen el Consumo de ENR si el estado final alcanzado es $ENR_2 \geq 0,75$ ³⁹³*. En caso contrario, las transformaciones urbanas deben mantener o reducir el Consumo de ENR para ser aceptables [$\Delta ENR \geq 0$].

$$\text{Condición restrictiva} \quad ENR_2 < 0,75 \rightarrow \Delta ENR \geq 0 \quad (22)$$

Dado que las predicciones apuntan a que los Consumos de Energía actuales/previstos superan con creces la capacidad actual/máxima de ER, la transición desde la situación actual hacia un modelo sostenible de Consumo de Energía va a requerir un esfuerzo combinado:

- *de todas las sociedades, para incrementar la capacidad de ER instalada [muy reducida en la actualidad] y facilitar su acceso universal.*

³⁹³ La existencia de cierto margen es necesaria para permitir el desarrollo de iniciativas que requieren una inversión inicial de ENR [e.g., instalar una factoría de producción de paneles solares]. Para una ciudad con valor 0,75 para los cuatro tipos de ENR representaría un consumo de 5,75 Mwh/hab/año [Petróleo: 1.48; Carbón: 2.30; Gas Natural: 1.08 y Uranio: 0.90].

- *de las sociedades más ricas [y más consumidoras de energía] para reducir sus consumos totales de energía, que no serían sostenibles ni siquiera si se aprovecha todo el potencial de ER.* Esto presenta además algunos beneficios importantes para dichas sociedades/ciudades:
 - Si la energía reducida era utilizada en el medio urbano, suele reducir la polución y redundar en una mejora del bioclima.
 - Suele reducir la dependencia de las sociedades/ciudades del exterior³⁹⁴, incrementando su resiliencia y sostenibilidad económica.

Puede plantearse una cierta duda en relación a la valoración en este indicador de dos cuestiones:

- el Consumo de Energía durante la producción, transporte, almacenamiento de bienes de consumo y alimentos³⁹⁵.
- el Consumo de Energía implícito en el Consumo de Producción Primaria Neta [PPN].

Mientras que el primero es contabilizado por el indicador, la PPN la consideramos uniformemente repartida por todo el territorio bioproductivo³⁹⁶, y ‘aproximadamente’ evaluada por el indicador TB.

Es importante indicar que el incremento de la eficiencia tecnológica no ha sido hasta ahora una estrategia eficiente para la reducción de los consumos globales de energía, algo que se relaciona con el Efecto Rebote y la Paradoja de Jevons [Jevons, 1865; Alcott, 2005].

Un ejemplo son los vehículos automóviles; su eficiencia individual se ha incrementado un 11% en los últimos años [energía consumida/km recorrido], pero en el mismo periodo su utilización se ha incrementado un 214% [km recorridos/hab]³⁹⁷.

En gran parte se debe a que *la motivación de incrementar la eficiencia ha sido posibilitar mayor consumo [mayores ventas y/o mayor utilización de los bienes]*, pero lo que se hace necesario ahora es orientar los incrementos de eficiencia a la reducción de los consumos totales hasta ajustarlos a las capacidades disponibles. La mejora tecnológica debe ir acompañada de cambios en los comportamientos [hábitos de movilidad, consumo,...]

Como estrategias adecuadas en la actualidad para reducir la huella energética de las ciudades podemos proponer:

- Modificar los hábitos de consumo, eliminando consumos innecesarios y eligiendo siempre las opciones de menor impacto disponibles³⁹⁸.

³⁹⁴ España tiene una dependencia energética del exterior del 82% (por encima de la media europea, que es del 50%), que en el caso del petróleo es prácticamente total [IDEA, 2011a]

³⁹⁵ Los consumos indirectos de energía asociados a la comida pueden constituir hasta el 20% del consumo total de energía en los hogares, y sumados al resto del bienes de consumo hasta el 60% del consumo de energía en los hogares [Carlsson-Kanyama Et Al, 2002: 35].

³⁹⁶ O dicho de otra manera, consideramos bioproductivo el territorio que tiene PPN. En sentido estricto, la PPN no se halla uniformemente repartida por el territorio físico, pero los factores de equivalencia que transforman las áreas bio-productivas en hag implican que las hag sí poseen PPN en cantidad similar.

³⁹⁷ Datos de MARM [2010a: 164] e Inventario De Emisiones [Marzo 2010:3.79-3.8].

- Modificar los hábitos de movilidad; reducir el uso del coche³⁹⁹.
- Reducir el ‘Efecto Isla de Calor’⁴⁰⁰.
- Mejorar la eficiencia energética de la edificación⁴⁰¹.

LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD EN CONSUMO DE ENERGÍA

Aunque la revisión detallada de los límites de sostenibilidad /insostenibilidad la realizamos en cada uno de los indicadores, se hace conveniente incluir una revisión general de la necesidad individual de disposición de energía.

Existe una aceptación generalizada de que el acceso a la energía constituye una necesidad humana básica. Esto hace importante la revisión de las diferentes formas en que dicha provisión de energía puede ser satisfecha sin implicar la insostenibilidad del medioambiente, y nos interesan dos propuestas que delimitan un rango de energía necesario para una vida ‘deseable’:

TABLA M5-0_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

INDICADOR	LIMITES [hab/año]		
	Sostenibilidad	Insostenibilidad	
	MWh/hab/año	Umbral global (0)	Umbral individual
Goldemberg et Al [1985] (1)	1KW per cápita	8,76	
Spreng [2005] (2)	2000 W/cápita Society	17,52	

FUENTE: Elaboración propia a partir de Spreng, 2005 y Goldemberg et Al, 1985:

- 0) Ambos valores equivalen a umbrales globales porque se calculan dividiendo la capacidad total entre la población global.
- 1) Los autores buscan proponer umbrales de energía que permitan llevar una vida deseable a los habitantes de países subdesarrollados. Goldemberg et Al indican que el hecho de que muchos países subdesarrollados se sitúen en ubicaciones cálidas permite menores consumos individuales que en países desarrollados [en localizaciones más frías], ya que se ahorra la energía necesaria para calefacción. Además, destacan el potencial de incremento de eficiencia por mejora tecnológica. La mitad [500 W] es energía utilizada directamente y la otra mitad energía utilizada indirectamente [producción de bienes, alimentos, ...]
- 2) El autor propone este límite a partir del límite mundial de producción de CO2 a partir de 2050 [8Gt/año], y demuestra que es suficiente para permitir un modo de vida deseable. En el Año 2008, el consumo per cápita de energía fue de 21,4 MWh/hab/año, si bien su reparto entre las personas se realiza con elevada desigualdad.

Aunque estas propuestas exceden la vertiente revisada en este indicador [que es el impacto medioambiental del consumo de energía] puesto que revisan cuestiones fundamentalmente sociales, nos interesa incluirlas porque nos sirven para poder valorar si los objetivos propuestos son aceptables en relación a las necesidades humanas.

³⁹⁸ “Se estima que cambios de los hábitos de los habitantes podrían llegar a un ahorro en el consumo de energía de hasta el 50%” [Dawkins et Al, 2008]

³⁹⁹ “El coche representa el 15% de la energía total consumida en España; el 50% de desplazamientos urbanos en coche son inferiores a 3 km y el 10%, a 500 m, pudiéndose realizar andando o en bicicleta” [IDAE, 2011]. La tendencia actual de consumo de petróleo asociado a la movilidad se considera insostenible siquiera hasta 2020 [Capellán et Al, 2014]

⁴⁰⁰ “El agua que se evapora durante la actividad fotosintética enfría el aire y puede lograr bajar la temperatura entre 3 y 6°C en las zonas arboladas [...] una temperatura en el exterior cerca de los 26°C, podría llevar a la no necesidad de aire acondicionado, siendo suficiente un ventilador en el techo [que puede producir una sensación de descenso de la temperatura de entre 3 y 5°C]” [IDAE, 2011a: 112]

⁴⁰¹ Pequeñas mejoras en el aislamiento pueden [ahorrar] hasta un 30% en calefacción y aire acondicionado; una capa de 3 cm de corcho, fibra de vidrio o poliuretano, tiene el mismo poder aislante que un muro de piedra de 1 m de espesor [IDAE, 2011a]. Por la cubierta exterior de un edificio es por donde se gana [en verano] o pierde [en invierno] más calor si no está bien aislada [IDAE, 2011a]. De aquí la importancia de acondicionar bien las cubiertas [...] pero también otras cuestiones de diseño: sombreado mediante textiles, zonas ajardinadas que absorban la radiación, y pavimentos claros reflectantes en el resto, vegetación [de hoja caduca], etc...

INDICADOR CONSUMO ENERGÍA NO RENOVABLE [ENR] ***

Lo calculamos mediante la agregación aritmética con doble ponderación de los indicadores de nivel inferior, utilizando la siguiente formula:

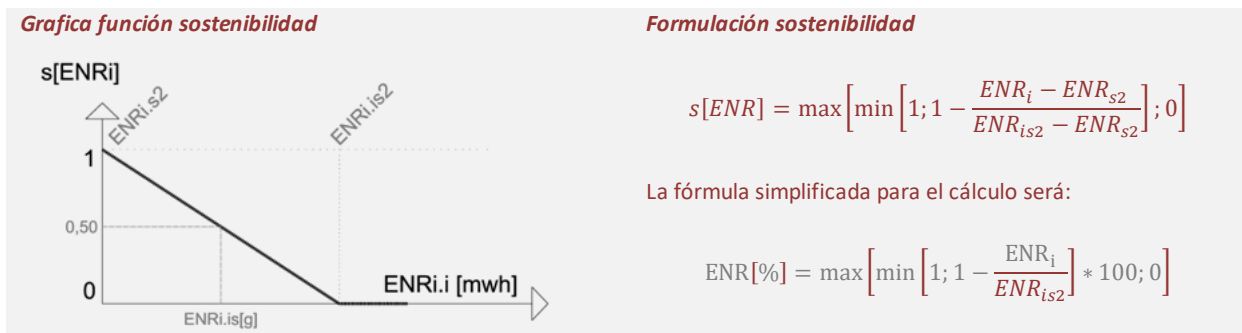
$$ENR[\%] = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 ENR_i * k_i * ke_i \quad (29)$$

Siendo ENR [%] _ Indicador 'Consumo de Energía no Renovable', ENR_i_ Indicadores de Nivel 5 del indicador ENR y k_i_ ponderación según porcentaje de cada tipo de energía sobre el consumo total, en la situación óptima.

Los indicadores de Nivel 5 y sus coeficientes de ponderación son:

- Consumo de Petróleo [CP] 25,65%
- Consumo de Carbón [CC] 40,00%
- Consumo de Gas [CG] 18,70%
- Consumo de Uranio [CU] 15,65%

El Objetivo de Sostenibilidad para todos estos indicadores es '0' [i.e., no consumir ENR]. El Umbral de insostenibilidad se detalla a continuación para cada uno de ellos. La función y grafica de sostenibilidad es la misma para todos ellos:



Siendo ENR_i_ Indicador 'Consumo de Energía no Renovable' tipo i; ENR_i_ Cantidad de Energía tipo i utilizada, ENR_{s2}_ Objetivo de Sostenibilidad en 'Consumo de Energía' tipo i y ENR_{is2}_ Umbral de Insostenibilidad para 'Consumo de Energía' tipo i

El diseño detallado de los indicadores es el siguiente:

INDICADOR CONSUMO DE PETRÓLEO [CP] ***

Se plantea un indicador con dos límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'CP_{s2}' es el consumo 0 MWh.hab⁻¹.año⁻¹
- El Umbral de Insostenibilidad 'CP_{is2}' es consumir más de 5,9 MWh.hab⁻¹.año⁻¹

$$CP[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{CP_i}{5,9} \right] * 100; 0 \right] \quad (30)$$

Siendo CP_i_ Consumo de Petróleo de los habitantes el área urbana [MWh.hab⁻¹.año⁻¹]

INDICADOR CONSUMO DE GAS [CG]***

Se plantea un indicador con dos límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'CG_{s2}' es el consumo 0 MWh.hab⁻¹.año⁻¹
- El Umbral de Insostenibilidad 'CG_{is2}' es consumir más de 4,3 MWh.hab⁻¹.año⁻¹

$$CG[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{CG_i}{4,3} \right] * 100; 0 \right] \quad (31)$$

Siendo CG_i_ Consumo de Gas de los habitantes el área urbana [MWh.hab⁻¹.año⁻¹]

INDICADOR CONSUMO DE CARBÓN [CC]***

Se plantea un indicador con dos límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'CC_{s2}' es el consumo 0 MWh.hab⁻¹.año⁻¹
- El Umbral de Insostenibilidad 'CC_{is2}' es consumir más de 9,2 MWh.hab⁻¹.año⁻¹

$$CC[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{CC_i}{9,2} \right] * 100; 0 \right] \quad (32)$$

Siendo CC_i_ Consumo de Carbón de los habitantes el área urbana [MWh.hab⁻¹.año⁻¹]

INDICADOR CONSUMO DE URANIO***

Se plantea un indicador con dos límites:

- El Objetivo de Sostenibilidad 'CC_{s2}' es el consumo de 0 MWh.hab⁻¹.año⁻¹
- El Umbral de Insostenibilidad 'CC_{is2}' es consumir más de 3,6 MWh.hab⁻¹.año⁻¹

$$CU[\%] = \max \left[\min \left[1; 1 - \frac{CU_i}{3,6} \right] * 100; 0 \right] \quad (33)$$

Siendo CC_i_ Consumo de Uranio de los habitantes el área urbana [MWh.hab⁻¹.año⁻¹]

OBSERVACIONES

Hemos revisado la insostenibilidad el Consumo de ENR, que se puede justificar fundamentalmente por sus efectos negativos sobre el medioambiente, así como porque las reservas existentes de fuentes ENR son limitadas, lo que nos lleva a la necesidad de plantear una 'transición desde el modelo ENR hacia el modelo ER, para lo cual se hace necesario establecer unos límites de sostenibilidad/insostenibilidad que puedan tanto guiar dicha transición como servir para el modelo posterior.

LIMITES AL CONSUMO DE ENR

Otra vez nos encontramos con pocas propuestas suficientemente consistentes, que valoran cuestiones diferentes, y que no coinciden entre ellas. Para revisarlas vamos a agruparlas en tres enfoques:

ACERCAMIENTO 1: REVISIÓN PROPUESTAS EXISTENTES

Encontramos varias propuestas relativamente consistentes, que en su mayoría combinan un enfoque 'best practice' con expectativas de los límites del entorno:

TABLA M5.1-1_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

AUTOR/ORGANIZACIÓN	INDICADOR	LÍMITES [hab/año]		
		SOSTENIBILIDAD	INSOSTENIBILIDAD	
		MWh	Umbral global	Umbral individual
Prescott Allen , 2001	Energy consumption per person	0	33,33 (1)	177,7
Sustainable Society Index [2012]	Energy Use	0		58
Graymore et Al [2010]	Energy use per person	1,5	7,5 (2)	24
AEUB, 2010	Consumo Energético por sectores.		8 (3)	-

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) En sentido estricto el autor no habla de límites, sino que establece unos valores a partir de los cuales clasifica los diferentes países. Los consideramos una propuesta de límites interpretándolo con cierta 'flexibilidad'. El umbral global lo hemos calculado como valor medio entre 'top of poor' y 'top of medium' [Prescott Allen, 2001:306].
- (2) Lo hemos calculado como valor medio entre los valores y 3 propuestos por los autores [Graymore et Al, 2010: 463]
- (3) AEUB, 2010: 55. Indicador 31. El indicador valora solo el consumo de energía vinculado a la edificación, estableciendo un valor límite de 75 kWh/m² en Edificación Residencial y 150 kWh/m² en Edificación Terciario e Institucional. Consideramos que el valor que propone equivale a un 'umbral global'. Sin embargo, los impactos del sector Industrial y el Transporte que no están valorados, podrían llegar a suponer hasta el 73,5% del consumo total de energía [Jacobson & Delucchi, 2011:1158]. Si lo ajustamos con ese porcentaje, obtenemos un umbral global de 29,62 MWh/hab/año, casi coincidente con Prescott Allen.

ACERCAMIENTO 2: REVISIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES EXISTENTES

Las reservas totales existentes de ENR constituyen un límite que determina la sostenibilidad de su consumo. Cierta cantidad de consumo de ENR podría ser sostenido durante plazos tan elevados, que a efectos prácticos podría llegar a considerarse sostenible. Para poder evaluarlo, es necesario evaluar la *sostenibilidad del consumo de ENR independientemente para cada tipo de fuente, por dos motivos:*

- la cantidad de reservas existentes es diferente para cada una de ellas; la sostenibilidad de su consumo debe ser evaluada contra capacidades diferentes.
- las fuentes no son en general intercambiables; sustituir una fuente por otra para satisfacer un uso puede no ser posible o requerir modificaciones tecnológicas importantes.

Una estimación de las reservas actuales de fuentes de energía no renovable es la siguiente:

TABLA M5.1-2_ CAPACIDAD RESTANTE EN LA ACTUALIDAD DE FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES

		URR [Z] (1)	Extraído hasta 2010 (2)	Remanente [Z]	Consumido	Consumo anual máximo [Z]/TW (3)	Umbral de insostenibilidad global [MWh/hab/año]	Umbral insostenibilidad individual [MWh/hab/año]
Petróleo	Conv	16,71	7,15	9,56	42,79%	0,09 / 23.634	2,38	4,17
	NConv	4,2		4,2	0,00%	0,04 / 10.383	1,05	1,83
Gas (4)		13,6	3,5	10,1	25,74%	0,09 / 24.969	2,52	4,41
Carbón		27,8	6,65	21,15	23,92%	0,19 / 52.287	5,27	9,23
Uranio		8,2	1,07	7,13	13,05%	0,06 / 17.627	1,78	3,11
Total		70,51		52,14	26,05%	0,46 / 128.902	13,00	22,76

FUENTE: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:

- (1) Ultimate Recoverable Resources. Datos de Capellán Et Al 2014. Se trata por tanto de límites de consumo de 'Energía Primaria'
- (2) Datos suministrados por Capellán vía email en abril/2015.
- (3) Cálculo realizado suponiendo que se distribuyen las reservas disponibles en la actualidad para que duren 100 años más a partir de 2050 [elegimos esta cifra por homogeneidad con los demás indicadores de metabolismo], es decir, hasta 2150. Incorpora la reducción por previsión de aumento de población hasta 8.250 MM hab. No obstante, se considera que dicha cifra de población se mantiene constante hasta 2150, lo cual requiere un esfuerzo de los países para lograrlo. De no cumplirse este equilibrio de población, las reservas se acabarían mucho antes o los consumos máximos permitidos deberían ser menores.
- (4) Se prevé que la cifra máxima que se podría alcanzar serían 19,9 ZJ

ACERCAMIENTO 3: REVISIÓN IMPACTOS NEGATIVOS SOBRE EL MEDIO

Una de las cuestiones importantes del consumo de ENR es que todas ellas producen impacto negativo sobre el medio ambiente, y encontramos propuestas de algunos autores, desde dos perspectivas:

- el elevado riesgo del crecimiento de la *energía nuclear* por el incremento de...
 - ... probabilidad de accidentes con elevado impacto sobre el medio y la sociedad
 - ... posibilidad desvío de uranio para uso bélico
- las elevadas emisiones GEI que implica el consumo del resto de ENR [*combustibles fósiles*], que incrementan y aceleran el cambio climático.

Desde esta perspectiva, podemos proponer unos límites de consumo siguiendo el criterio de mantener la capacidad nuclear actual y limitar el uso de fuentes de energía fósiles a 2000 W/hab [Spreng 2005], obteniendo los siguientes valores:

	Umbral insostenibilidad global [MWh/hab/año]	Umbral insostenibilidad individual [MWh/hab/año]
Uranio	2,14 (1)	3,74
Resto ENR	17,52 (2)	30,66
Total	19,66	34,40

FUENTE: elaboración propia a partir de las fuentes indicadas

(1) Umbral calculado anteriormente para que las reservas duren hasta 2115

(2) Cálculo propio multiplicando los 2000w/hab [Spreng, 2005] por 8.760 h/año, El límite 2000w/hab es propuesto por el autor para no superar las 8GtmCO₂/año de emisiones para una población de 8.000 MM hab.

LÍMITES ADOPTADOS PARA EL INDICADOR

Los umbrales obtenidos a partir de las reservas disponibles son los más restrictivos [13,0 MWh/hab/año frente a 19,7 MWh/hab/año], por los que adoptamos para el cálculo del indicador⁴⁰², estableciendo para cada tipo de fuente de energía el límite individual obtenido. Sin embargo, es importante destacar dos cuestiones importantes en relación a este indicador:

La primera es que dado que **las fuentes de ENR no son recursos renovables**, evaluar el grado de sostenibilidad de los consumos va a requerir revisarlos en cada momento para un plazo aceptable/suficientemente elevado [en este texto hemos considerado 100 años] en relación a los recursos todavía existentes en dicho momento.

Ese plazo de tiempo es dinámico; para el presente documento lo hemos calculado distribuyendo las reservas actuales para garantizar su duración hasta 2150, pero si lo recalculamos en 2020, será necesario dividir las reservas [que serán menores] garantizando su duración hasta 2155, y así sucesivamente...

Y las predicciones indican que si no se modifica la tendencia actual, el consumo de ENR se incrementará progresivamente excediendo los umbrales de insostenibilidad actuales, reduciendo cada vez

⁴⁰² Es importante indicar que aunque los límites establecidos por las reservas disponibles no están directamente impuestos por la sostenibilidad del medioambiente global [hemos afirmado que la dimensión M es un indicador indirecto de sostenibilidad del medio ambiente no urbano], sí son límites de Metabolismo [puesto que limitan los flujos desde el exterior del sistema] y además son consistentes con los límites del entorno, cumpliendo por tanto los axiomas de la Teoría Matemática [Alvira, 2014a].

más rápido las reservas existentes, y con ello los umbrales de insostenibilidad, en mayor medida cuando más exceda el consumo los umbrales actuales.

TABLA M5.1-4_ REDUCCIÓN UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD ENR A PARTIR DE PREVISIONES DE CONSUMO

AÑO	Consumo Total ENR Tendencia Actual [ZJ]	RESERVAS EXISTENTES SEGÚN CONSUMOS PREVISTOS [ZJ]						UMBRAL DE INSOSTENIBILIDAD GLOBAL [MWh.hab ⁻¹ .año ⁻¹] (1)						% reservas existentes	Variación anual
		Petróleo		Gas	Carbón	Uranio	Total	Petróleo		Gas	Carbón	Uranio	Total		
		Conv.	No conv.					Conv.	No conv.						
		9,56	4,20	10,10	21,15	8,20	53,21								
2015	0,52	9,39	4,19	9,96	20,97	8,17	52,69	2,3	1,0	2,5	5,2	2,0	13,1		
2020	0,58	8,56	4,16	9,22	19,93	8,04	49,90	2,1	1,0	2,3	5,0	2,0	12,4	95%	1,1%
2025	0,63	7,73	4,12	8,46	18,65	7,90	46,84	1,9	1,0	2,1	4,7	2,0	11,7	89%	1,2%
2030	0,68	6,93	4,07	7,69	17,10	7,77	43,55	1,7	1,0	1,9	4,3	1,9	10,9	83%	1,3%
2035	0,73	6,19	4,00	6,93	15,26	7,63	40,01	1,5	1,0	1,7	3,8	1,9	10,0	76%	1,4%
2040	0,81	5,53	3,92	6,17	13,02	7,50	36,13	1,4	1,0	1,5	3,2	1,9	9,0	69%	1,5%
2045	0,90	4,94	3,82	5,43	10,29	7,36	31,84	1,2	1,0	1,4	2,6	1,8	7,9	60%	1,7%
2050	1,00	4,44	3,69	4,73	6,98	7,23	27,06	1,1	0,9	1,2	1,7	1,8	6,7	51%	1,9%

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Capellán et al [2015] suministrados vía email por Capellán [Abril, 2015]. Modelo WoLim [World Limits]
 (1) Para obtener el Umbral de insostenibilidad individual, es necesario multiplicar estas cifras por 1,75

Es decir, que si la tendencia actual de consumo se mantiene...

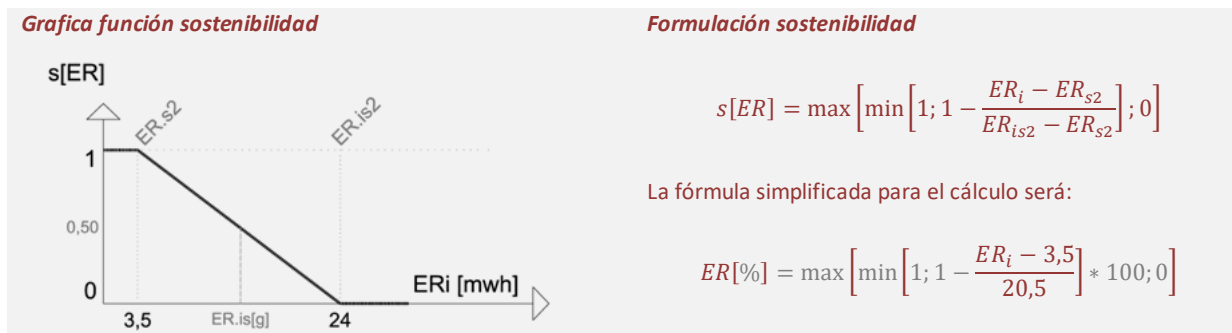
- ... los umbrales de insostenibilidad global en consumo de ENR se reducirán en los próximos 35 años en torno a un 49%, y la tasa de crecimiento en 2050 [1,9%], parece indicar que las reservas totales no durarían más allá de 2070.
- ... las previsiones de consumo total de energía duplican incluso las previsiones más optimistas de potencial total de ER disponible en 2050 [se revisan en el siguiente indicador], demostrando que sustituir consumo de ENR por consumo de ER no es suficiente; además es necesario reducir los consumos totales.

La segunda cuestión es que comparar el consumo de cada fuente ENR contra la capacidad global de cada una de ellas parece apropiado para evaluar sistemas con elevada dependencia energética del exterior [i.e., que importan casi toda la energía que consumen], pero puede carecer de sentido en sistemas que centren la mayoría de su consumo en alguna fuente de ENR porque les sea más fácil hacerlo [e.g., posean elevados recursos propios de dicha fuente].

En este último caso, se puede evaluar conjuntamente todo el consumo de ENR, utilizando para ello el umbral global total incluido en la tabla anterior [multiplicándolo por 1,75].

INDICADOR CONSUMO ENERGÍA RENOVABLE [ER] ***

El Objetivo de Sostenibilidad ER_{s2} es no superar un Consumo de Energía Renovable de 3,5 MWh.hab⁻¹.año⁻¹. El Umbral de Insostenibilidad ER_{is2} se alcanza cuando el Consumo de Energía Renovable alcanza los 24 MWh.hab⁻¹.año⁻¹. La gráfica y formula de la función sostenibilidad serán:



Siendo ER_i Indicador 'Consumo Energía Renovable'; ER_i Cantidad de Energía Renovable consumida, ER_{s2} Objetivo de Sostenibilidad en 'Consumo de Energía Renovable' y ER_{is2} Umbral de Insostenibilidad para 'Consumo de Energía Renovable'

OBSERVACIONES

Existe una tendencia generalizada a considerar que todo el consumo de energía que proviene de fuentes renovables es sostenible⁴⁰³, ignorando que existen límites a la capacidad total de energía que es posible obtener a partir de fuentes renovables. La producción de ER siempre implica cierta insostenibilidad y a partir de ciertas cifras incrementarla implica un incremento exponencial de los impactos sobre el medio por unidad de ER obtenida.

Los consumos de ER solo pueden ser 'sostenibles' si se sitúan por debajo de ciertos límites, que vamos a tratar de establecer.

LOS LIMITES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES

En los últimos años varios autores han realizado estimaciones del potencial máximo de generación de ER, entre los cuales podemos citar los siguientes:

TABLA M5.2-1_ LIMITES A LA CAPACIDAD MÁXIMA POSIBLE DE ENERGÍA RENOVABLE [EJ]							
	Solar	Eólica	Mareas	Hidroeléctrica	Biomasa	Geotérmica	TOTAL
Lightfoot/Green [2002] (a)	163	72	2,7	17,5	539	1,5	795,7
Gross et Al [2003] (a)	93,5	108	10,5	59,5			271,5
Sims et Al [2007] (a)	1650	600	7	62	250		2.569,0
Resch et Al [2008] (a)	1600	600		50	250		2.500,0
Klimchenko et Al [2009] (a)	2592	191	22	54	22		2.881,0
Cho [2010] (a)	1577	631	50	284			2.542,0
Tomabechi [2010] (b)	1600	700	11	59	200		2.570,0
Jacobson & Delucchi [2011] (c)	1.003	599	15	11		17	1.722
VALOR PROMEDIO	1.284,8	437,6	17,0	74,6	252,2	9,2	2.075/1.981 (1)

FUENTE: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:
 a) Moriarty & Honnery [2011: 427]

⁴⁰³ La mayoría de indicadores miden únicamente el porcentaje de energía que procede de fuentes renovables, sin valorar el consumo total

- b) Tomabechi [2010: 693]. El autor también propone 100 EJ de energía térmica proveniente de los océanos, que no se han contabilizado en la presente tabla.
- c) Jacobson & Delucchi [2011: 1164]. El valor total lleva incorporados los aprox. 66 EJ de ER instalados en la actualidad, ya que las capacidades propuestas por el autor se suman a las existentes [excepto en energía hidroeléctrica.
- 0) Valores en ExaJulios [1 EJ =10E18 J]
- 1) El valor 2075 EJ se obtiene promediando los valores propuestos por los diferentes autores para cada tipo de energía renovable. El valor 1981 EJ se obtiene promediando la capacidad total de ER propuesta por cada autor.

Aunque hay una cierta coincidencia de varios autores en valores en torno a 2,5 ZJ, si promediamos las capacidades máximas propuestas obtenemos valores más reducidos [aprox. 2,0 ZJ].

Además, los valores anteriores no necesariamente contemplan que no todo el potencial de energía renovable presenta las mismas características de aprovechamiento; **existe cierta cantidad de energía renovable cuyo aprovechamiento es difícil, poco eficiente o implica elevados impactos negativos para el medio** [Moriarty & Honnery, 2011 y 2012]⁴⁰⁴:

- ciertas energías renovables dependen del uso de materiales escasos o cuya obtención requiere un gran esfuerzo, lo que limita [y encarece] su posibilidad de crecimiento.
- por encima de ciertos valores la producción de ER es cada vez menos ‘eficiente’:
 - debido a factores en la producción, y necesidad de aprovechar ubicaciones con menor eficiencia.
 - debido a sus características específicas [intermitencia, distribución no homogénea por la superficie del planeta, etc...] que obligan a almacenaje y transporte que pueden llegar a requerir hasta el 50% de la energía generada.
- se incrementan mucho sus impactos negativos [e.g., necesidad de ocupar terrenos valiosos, trabajar en ubicaciones en las que la eficiencia en la generación se reduce,...].

Además, preparar la infraestructura que permita aprovechar ese potencial requiere plazos a veces prolongados de tiempo⁴⁰⁵, que obligan a reducir sensiblemente la capacidad de energía renovable que podemos utilizar en un plazo suficientemente cercano:

TABLA M5.2-2_ PREVISIÓN DE CAPACIDAD DE ENERGÍA RENOVABLE INSTALADA EN 2050

	CAPACIDAD POSIBLE [EJ]	CAPACIDAD OPTIMA [EJ]	UMBRAL DE INSOSTENIBILIDAD GLOBAL [MWh/hab/año]
Delucchi & Jacobson [2011]	477 (1)		16
Capellán et Al [2015]	251 (2)		8,4
Moriarty [2015] (3)	500-550	300 (4)	17,7
Promedio	409		13,78

FUENTE: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes/con las siguientes notas:

- (1) Delucchi & Jacobson [2011:1179] propone el modelo WWS [Wind, Water and Sun] que afirman es perfectamente implementable con la tecnología actual, pero requiere cambios políticos y sociales. Si los cambios se realizan, prevén un 25% del sistema energético basado en WWS para 2025 y el 100% para 2050. Sin cambios, la adaptación del sistema llevará más tiempo. Los autores estiman que la potencia total teóricamente necesaria para 2050 sería de 21,6 TWe, pero el cambio a un modelo WWS in-

⁴⁰⁴ Por ejemplo, Jacobson & Delucchi [2011: 1159] indican que la energía total que sería posible generar a partir del viento ronda los 1700 TWh/año, pero si se excluyen vientos de velocidad inferior a 7m/s [menor eficiencia en la generación] la energía que es posible generar se reduce a 70-170 Twh/año, y si se excluyen las ubicaciones difíciles de desarrollar, se reduce hasta una cifra final de 40-85 TW [algo menos del 4% de la capacidad total]. A partir de los datos que proponen dichos autores se deduce que casi todas las ER presentan porcentajes de reducción similares.

⁴⁰⁵ Como lo demuestra el hecho de que a día de hoy [después de varias décadas hablando del potencial de la energía renovable] solamente se encuentren operativos algo más de 66 EJ de ER [calculado propio a partir de Moriarty & Honnery, 2011]. De Castro et Al [2014] afirman que “Al considerar la cuestión de la energía es, en general, mejor ser prudente y no confundir el potencial tecnológico concreto, con su traducción a la realidad a escala global”

- crementa la eficiencia en torno a un 30%, llegando así a una potencia necesaria real inferior de 15,1 TWe [información comunicada por los autores por email al autor de la presente en Abril/2015].
- (2) Los autores sugieren que la sustitución de las energías actuales por energías renovables será más sencilla en la electricidad, y planteará un reto mayor en los combustibles utilizados para el transporte, cuyo suministro prevén podría llegar a plantear problemas tan pronto como a partir de 2020 [Mediavilla et Al, 2013]. Sin embargo, es importante indicar que los autores también estiman que la potencia total instalada según la tendencia actual será más reducida, entorno a los 178,4 EJ; si no se toman medidas para fomentar el ritmo actual de crecimiento de ER, la capacidad real disponible en 2050 podría ser por tanto muy inferior a los valores de la tabla anterior.
 - (3) Datos suministrados por Moriarty en conversación mantenida en el contexto de la red Researchgate [Abril/2015].
 - (4) Moriarty & Honnery [2011: 2749] definen la capacidad optima como aquella para la cual "el nivel sostenible de energía disponible para la economía se maximiza", i.e., la producción neta de energía es máxima [energía obtenida menos coste ambiental por unidad de energía obtenida].

El hecho de que Capellán et Al, 2015 indiquen una cifra bastante inferior a los otros autores [especialmente si no se modifica la tendencia actual de crecimiento de ER], nos lleva a 'preferir' el valor inferior de los dos propuestos por Moriarty, obteniendo una previsión de capacidad ER instalada en 2050 en torno a 13,78 MWh/hab/año.

PROPUESTA EN EL PRESENTE MODELO

A partir de las propuestas anteriores, establecemos los siguientes límites de sostenibilidad/insostenibilidad para el indicador:

TABLA M5.2-3_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD [MWh/hab/año]		
SOSTENIBILIDAD	INSOSTENIBILIDAD	
	Umbral global	Umbral individual
3,5 (2)	13,5	24

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos/fuentes anteriores

- 0) Para mayor facilidad hemos redondeado los valores obtenidos, que son respectivamente: 3,45/13,780/24,115 MWh/hab/año. El objetivo de sostenibilidad equivale aproximadamente a una sociedad 400w/cápita [algo inferior a los 500w/capita propuestos para la India por Pachauri & Spreng, 2004 citados en Spreng 2005]
- 1) Para el cálculo del indicador utilizamos el límite de sostenibilidad y el umbral de insostenibilidad para consumo individual. La formulación nos proporciona un valor aproximado de 0,68 para un consumo total de 300 EJ [valor optimo sugerido por Moriarty, 2015] y de 0,74 para un consumo individual de 1KWe [valor sugerido por Goldemberg, 1985]. Dichos valores implican elevada sostenibilidad [viene a ser un 'notable']. La Sociedad 2000w/cápita obtiene un 0,32
- 2) Equivale a considerar que la situación óptima sería poder satisfacer la demanda futura incrementando aprox. un 55% la capacidad de ER instalada en la actualidad [2,22 MWh/hab/año].

Existen dos cuestiones que podrían hacer necesario revisar los límites y formulación propuestos para este indicador:

La primera es que al igual que las fuentes ENR, las fuentes de ER tampoco son siempre intercambiables entre sí. Sin embargo, vamos a evaluar el uso de todas las ER en conjunto por dos motivos:

- la ER se produce con vistas a sustituir un uso equivalente de ENR, con lo que la no intercambiabilidad pierde relevancia. El mayor interés de la sustitución alude a la ENR sustituida, que ya está valorado en el indicador anterior.
- la distribución no homogénea de las ER por la Tierra apunta a que es más interesante valorar la capacidad total instalada que el uso de cada fuente individualmente.

Sin embargo, la evolución futura de la estructura de generación y usos de las ER podría hacer conveniente/necesario revisar cada tipo de fuente individualmente.

La segunda es que la capacidad real instalada de ER dependerá de las acciones que se tomen en el futuro, y por tanto las estimaciones utilizadas conllevan un margen de incertidumbre elevado. Los valores aquí propuestos deben ser ajustados periódicamente según la evolución real de la potencia

instalada, y podrán ser incrementados [si la realidad supera las previsiones] o reducidos si el crecimiento de la potencia instalada es menor del previsto, aproximándose a una capacidad total de 178,4 EJ [Capellán et Al, 2015] si no se modifica la tendencia actual.

*Es decir, que **si no se realizan acciones específicas para fomentar el crecimiento de las ER⁴⁰⁶, los umbrales de insostenibilidad se reducirán notablemente** siendo el umbral de insostenibilidad global de 6 MWh/hab/año y el Umbral de Insostenibilidad Individual de 10 MWh/hab/año.*

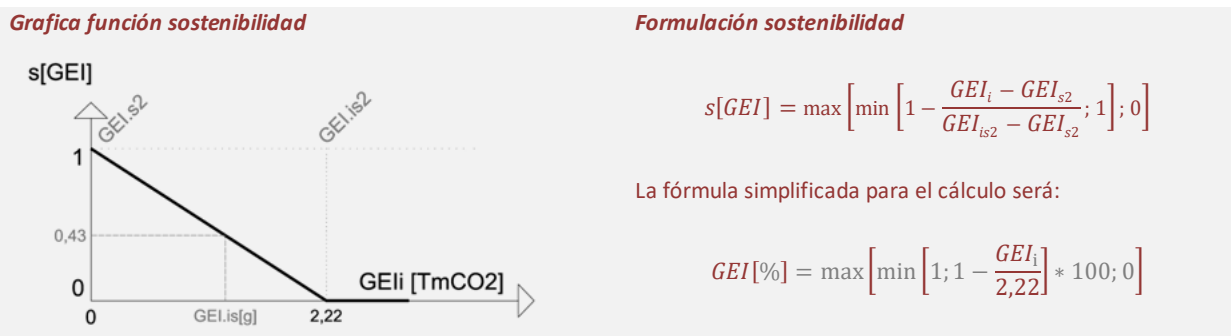
⁴⁰⁶ Las previsiones de los autores muestran un crecimiento medio del 2,64% anual de la capacidad total de ER instalada para el periodo 2015-2050. Los límites propuestos en el presente indicador requieren que en los próximos 35 años dicho crecimiento sea más del doble. De lo contrario, los umbrales de insostenibilidad será menores a los aquí indicados.

4.2.6 M6. EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO [GEI] ***

ÁREAS RELACIONADAS Medioambiente no urbano, Biodiversidad
 FUENTES E INDICADORES [Ver texto a continuación]
 RELACIONADOS

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de sostenibilidad de la Huella GEI de los habitantes del área urbana en relación a los umbrales máximos admisibles. El Objetivo de Sostenibilidad GEI_{s2} es '0' $TmCO_{2eq}.hab^{-1}.año^{-1}$. El Umbral de Insostenibilidad GEI_{is2} se sitúa en la emisión de más de 2,22 $TmCO_{2eq}.hab^{-1}.año^{-1}$. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo $GEI[\%]$ Indicador 'Emisiones GEI'; GEI_i Emisiones GEI netas del área urbana; GEI_s Objetivo de sostenibilidad en 'Emisiones GEI'; GEI_{is2} Umbral de Insostenibilidad en 'Emisiones GEI'.

Las emisiones GEI netas del área urbana [GEI_i] las calculamos como:

$$GEI_i = GEI_g - GEI_c \quad (5)$$

Siendo GEI_i Emisiones GEI netas del área urbana; GEI_g Emisiones totales generadas [directa o indirectamente] por los habitantes del área urbana [Huella GEI]; GEI_c emisiones compensadas por el entorno

Como emisiones compensadas por el entorno consideramos las siguientes:

- El CO_2 almacenado en suelos [e.g., mediante la transformación de Residuos Orgánicos en compost]
- El CO_2 necesario para la producción de la materia biótica de ciertos alimentos [e.g., la producción de vegetales para un consumo de 1,1 kg fruta/verduras $hab^{-1}.día^{-1}$ 'utiliza' 0,5 $TmCO_2 hab^{-1}.año^{-1}$ aproximadamente].
- El CO_2 almacenado en ciertos productos: libros, madera [muebles, construcción,..] que tienden a conservarse durante periodos de tiempo muy elevados.

OBSERVACIONES

El indicador valora tanto las emisiones de Gases de Efecto Invernadero [GEI] directas [movilidad, calefacción,...] como indirectas [alimentos, bienes y servicios, transformaciones del territorio,...] imputables al área urbana evaluada⁴⁰⁷.

TABLA M6-0_ GASES DE EFECTO INVERNADERO [GEI]

CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
HFC	Hidrofluorocarbonos
PFC	Perfluorocarbonos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre

FUENTE: JE, 2005. Anexo A. Protocolo de Kyoto.

Aunque no toda la comunidad científica está de acuerdo en el efecto sobre el clima de la emisión de gases GEI [algunos autores sugieren que no existe evidencia suficiente del cambio climático], hemos ‘decidido’ incluir este indicador en el modelo por la ‘mayor utilidad esperada’ de hacerlo⁴⁰⁸:

- El esfuerzo necesario para reducir las emisiones GEI es reducido puesto que requiere modificar pautas de consumo/comportamiento cuya contingencia demuestra su reciente incorporación a la sociedad, i.e., hasta hace poco eran innecesarias.
- En términos de utilidad esperada, si atribuimos la misma credibilidad a los científicos que sostienen que el cambio climático se va a producir y a los que no, vemos que:
 - si actuamos contra el cambio climático, la ‘utilidad’ esperada es preservar el ecosistema global en su estado actual, y la ‘desutilidad’ obtenida es la modificación de hábitos de consumo y producción desarrollados en los últimos 200 años.
 - si no actuamos contra el cambio climático, la desutilidad esperada será el colapso climático y por tanto de toda la sociedad, y la utilidad será poder mantener las pautas de producción y consumo actuales.
- La capacidad creativa de la sociedad permite considerar que reducir la Huella GEI a nivel cero o casi cero no supone un reto inalcanzable para la sociedad. Incluso con la tecnología disponible en la actualidad, el esfuerzo necesario para reducirla muchísimo es moderado.

Parece innecesario por tanto extenderse más en la importancia de la reducción de la Huella GEI hasta los límites sostenibles de emisiones.

Es importante indicar que las emisiones GEI tienen una correlación muy alta con la renta [$e=0,57$], aunque no es igual para todos los gases [Hertwich and Peters, 2009]:

⁴⁰⁷ Coincide con la definición de Huella GEI como medida de “la emisión de gases que contribuyen al calentamiento del planeta, en unidades CO₂-e por unidad de tiempo o producto” [Ercin & Hoekstra, 2012]. Las principales causas de origen antrópico son: quema de combustibles fósiles [carbón, petróleo y gas], fabricación de cemento, quema de gas, madera y vegetación, y pérdida de bosques [Prescott Allen, 2001: 82]

⁴⁰⁸ Aunque ciertos autores [e institucionalmente] lo justifican desde el Principio de Precaución [‘en ausencia de consenso científico acerca de si una acción o política es perjudicial para la población o el medioambiente, la obligación de demostrar que dicha acción no es perjudicial recae en aquellos que buscan desarrollar la acción’]. Hemos preferido justificarlo en términos de utilidad esperada, proporcionando una justificación complementaria. El planteamiento coincide en parte con la ‘Apuesta de Pascal’ sobre la existencia de Dios. No importa cuán grande consideremos la utilidad que obtenemos de los bienes a los que tenemos que renunciar, siempre será inferior a la desutilidad de ‘perderlo todo’.

- La elasticidad Renta-emisiones CO₂ es 0,8.
- La elasticidad para el resto de gases GEI no CO₂ es más reducida e=0,3.

Es importante indicar que existen numerosos tipos de emisiones de gases GEI independientes del consumo de energía como son los cambios en el uso del suelo⁴⁰⁹, y en general todas aquellas vinculadas a las emisiones de los gases CH₄, N₂O y gases fluorados⁴¹⁰.

LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

Como en los demás indicadores de metabolismo, encontramos propuestas de límites muy diferentes, lo que hace casi imposible proponer una cifra a partir del ‘consenso entre ellas’. Vamos por tanto a hacer una propuesta personal a partir de su revisión desde dos acercamientos:

ACERCAMIENTO 1: PROPUESTAS DE AUTORES RELEVANTES

Algunas cifras propuestas por diferentes autores/organizaciones que combinan un enfoque ‘best practice’ con cierta consideración de los umbrales globales son:

AUTOR/ORGANIZACIÓN	INDICADOR	LIMITES	
		Sostenibilidad	Insostenibilidad
Prescott Allen [2001: 304] (1)	Carbon dioxide emissions per person	0	6,4
Sustainable Society Index, SI [2012]	Greenhouse Gases	0	10
Ycelp [2012: 67] (2)	CO2 emissions per capita	1,262	-
AEUB, 2010 (3)	Emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera	0	2

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) En sentido estricto el autor no habla de límites, sino que establece unos valores a partir de los cuales clasifica los diferentes países. Los consideramos una propuesta de límites interpretándolo con cierta ‘flexibilidad’.
- (2) El informe indica que el valor más alejado del óptimo registrado alcanza los 19,5 TmCO₂eq/hab/año.
- (3) AEUB, 2010: 67. Indicador 44. El indicador valora solo emisiones directamente generadas en un ámbito urbano, excluyendo el sector industrial, contabilizando exclusivamente “el residencial, los servicios, la movilidad, el ámbito primario, el ciclo hidrológico, los equipamientos y servicios municipales y la gestión de residuos y el servicio de limpieza urbana”.

ACERCAMIENTO 2: LIMITES GLOBALES A LAS EMISIONES GEI

La importancia otorgada a nivel mundial a las emisiones GEI se materializa en la creación de varios organismos y celebración de diferentes convenciones para lograr llevar las emisiones globales hacia umbrales sostenibles.

Aunque hasta ahora dichos organismos han tenido un éxito muy reducido, han elaborado varias propuestas consistentes de límites utilizando un enfoque arriba-abajo, estableciendo objetivos decrecientes hasta 2050, para permitir una adaptación progresiva de las sociedades. Los umbrales propuestos han sido los siguientes:

⁴⁰⁹ En algunos países son la fuente dominante de emisiones GEI [Hertwich & Peters, 2009]

⁴¹⁰ Estos tres tipos representaron casi el 30% de la Huella GEI en el año 2001 –sin incluir las emisiones debidas a cambios en el uso del suelo- [Hertwich & Peters, 2009]. En países con Renta baja, las emisiones de CH₄ y N₂O [relacionadas con la producción de alimentos] tienden a ser más importantes que las emisiones de CO₂ a partir de combustibles fósiles.

Por ejemplo, las emisiones CH₄ derivadas de la fermentación de MO en vertederos registran en España un crecimiento continuo, pasando de representar el 2,7% en el año 1990 al 4,4% en 2009] [MARM, 2011]

TABLA M6-2_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

	Porcentaje reducción sobre año base (1)	Emisiones totales [GTmCO ₂ /año]	Emisiones por habitante [TmCO ₂ /hab/año] (5)	Umbral de insostenibilidad individual [TmCO ₂ /hab/año]
Reducción Kyoto para 2008-2012 (1)	5%	20,01	2,43	4,24
Reducción Copenhague para 2050 (3)	50%	10,49	1,27	2,22
Spreng 2005 para 2050 (4)		8,00	0,97	1,70

FUENTE: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:

- (1) Se toma 1990 como año base, siendo las emisiones totales dicho año de 20,97 GTmCO₂/año [IEA, 2014:14]
- (2) Fuente: IEA, 2014:14. El Protocolo de Kioto fue el acuerdo resultante de la Tercera Conferencia de las Partes del Convenio Marco sobre Cambio Climático (COP 3). Su periodo de validez era 2008-2012
- (3) Fuente: MMAMRM, 2009b:33. Estos valores constituyen el objetivo inicial de la Decimoquinta Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (COP 15), que acabó sin acuerdo entre los países miembros.
- (4) Incorporamos también la propuesta de Spreng [2005: 1906], que también sigue un criterio top-down
- (5) Equivale al umbral de Insostenibilidad global GEI_{is2[g]}

Las últimas evidencias científicas apuntan a que la capacidad de la atmosfera de absorber emisiones GEI es limitada; i.e., que existe una cantidad máxima total de emisiones GEI que pueden almacenarse. Esto quiere decir que todo lo que se utilice en la actualidad dicha capacidad implica su reducción para periodos futuros⁴¹¹. La única Huella GEI sostenible con certeza es ‘cero’. Por tanto, el Objetivo de Sostenibilidad que vamos a considerar es 0 [i.e., equilibrio de Carbono].

LIMITES ADOPTADOS PARA EL INDICADOR

Escogemos los dos valores deducidos mediante el enfoque arriba-abajo, que son:

- El Objetivo de Sostenibilidad GEI_{s2}, es el equilibrio de Carbono, i.e., 0 TmCO_{2-eq}.Hab⁻¹.Año⁻¹
- El Umbral de Insostenibilidad GEI_{is2} se alcanza si se superan las 2,22 TmCO_{2-eq}.Hab⁻¹.Año⁻¹

Estos límites deben ser revisados en el tiempo y ajustados si es necesario en función de la evolución de la acumulación de partículas en la atmosfera; una acumulación excesiva de partículas podría hacer necesario reducirlos.

Para diseñar estrategias de reducción de emisiones GEI, es conveniente tener en cuenta el porcentaje en que son generadas en diferentes procesos / por diferentes agentes. Según Hertwich and Peters [2009] a nivel global el 72% de las emisiones GEI se deben a consumos de las personas, el 10% a consumos de los gobiernos, y el 18% a ‘inversión’ [formación de capital fijo]. La comida es responsable del 20% de las emisiones GEI, el mantenimiento de los hogares de un 19% [energía] y la movilidad privada de un 17%. La evaluación de las emisiones directamente producidas en un área urbana deja sin contabilizar una parte importante de las emisiones de CO₂, por lo que no debe utilizarse como indicador indirecto.

⁴¹¹ ‘últimamente se está imponiendo la idea de que existe un límite superior a la emisiones totales acumuladas en el atmosfera desde el principio de la Revolución Industrial [...] Esta idea se basa en que los efecto de las emisiones GEI no dependen del momento en que son o han sido emitidas [...] Se ha estimado que el máximo incremento de temperatura en relación con las temperaturas pre-industriales podría ser limitado a dos grados C si las emisiones acumuladas no superan los 1000 E12 de C, más de la mitad ya han sido emitidas [...] Desde esta perspectiva, la máxima Huella GEI no puede ser formulada como una cantidad anual, sino como un máximo total que podemos emitir desde ahora hasta digamos, el final de este siglo , lo que significa que la HG debería declinar continuamente hasta llegar a tener un valor cero’ [Ercin y Hoekstra, 2012:13 citando a diversos autores: Allen et Al., 2009; Matthews et Al., 2009, Raupach, 2009]

4.3 INDICADORES ECONÓMICOS

Al igual que en la dimensión Metabolismo, en esta dimensión encontramos problemas para utilizar los indicadores existentes, ya que aunque existen muchos indicadores para monitorizar la economía de las sociedades, la inmensa mayoría están diseñados para medir su crecimiento/actividad económica, pero **casi ninguno valora su sostenibilidad**:

- No buscan monitorizar la evolución de los diferentes países/sistemas hacia estados más sostenibles, sino su evolución según el estándar/paradigma económico de los países con mayor RBD, cuya sostenibilidad se cuestiona desde numerosos puntos de vista.
- En muchos casos el objetivo subyacente es preservar al máximo el actual 'statu quo', y por tanto monitorizan el grado en que el sistema global se mantiene aproximadamente en su estado actual. Dicho de otra manera, *la sostenibilidad [perduración] que se monitoriza no es la de las sociedades, sino la de los agentes que acumulan mayor poder [económico y político] en la actualidad, y en plazos de tiempo reducido.*

El hecho de que varios países que presentaban valores adecuados en los indicadores económicos clásicos se hayan visto gravemente afectados por la reciente crisis económica [en mucha mayor medida que otros países que presentaban valores similares según dichos indicadores], muestra que no es posible relacionar unívocamente estos indicadores con la sostenibilidad.

La valoración de la economía de las sociedades mediante los indicadores económicos clásicos no nos informa de su sostenibilidad⁴¹².

Por ello, los indicadores que detallamos a continuación, aunque se construyen sobre indicadores [y aprovechan variables] utilizados actualmente, introducen modificaciones en la contabilización de los parámetros relevantes que implican variaciones a veces considerables en los valores obtenidos.

Es importante indicar que todos los indicadores presentados a continuación han sido validados empíricamente, en dos líneas:

- contrastando los valores que proporcionan mediante su comparación con la evolución económica de los países de la UE28 en el periodo 2005-2014, obteniendo resultados que coinciden en grado elevado con la realidad.
- contrastando su aplicabilidad mediante su aplicación práctica.

Complementariamente, la consistencia de las valoraciones obtenidas con afirmaciones en textos de autores suficientemente reconocidos, nos permite considerar una segunda contrastación de los indicadores.

⁴¹² Si países que cumplían aproximadamente los criterios de sostenibilidad económica entraron en una profunda crisis, entonces es imposible que dichos criterios midan 'resiliencia económica' [o por lo menos son claramente insuficientes para valorarla adecuadamente]. La revisión detallada de esta cuestión se incluye en el ANEXO IX: EVALUAR SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA: CRECIMIENTO VS ESTABILIDAD.

4.3.1 E1. ESTRUCTURA/DIFERENCIACIÓN ACTIVIDAD ECONÓMICA [EA/DA] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Resiliencia y Estabilidad
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la concentración de la actividad económica en ciertos sectores acerca al sistema a estados óptimos de elevada resiliencia.

Incluimos dos indicadores alternativos para valorarlo. La elección de uno u otro dependerá del tamaño del área:

- DA_ Indicador ‘Diversificación Actividad’, que valorará la diferenciación de la actividad económica [áreas pequeñas]
- EA_ Indicador ‘Estructura Económica’, que valorará la estructura general de la actividad económica como una medida de ‘grado de organización’ [áreas grandes]

OBSERVACIONES

La estructura económica se puede valorar desde dos perspectivas, que siendo complementarias, proporcionan valoraciones diferentes:

La primera es desde la perspectiva de **diversificación**, desde la cual se suele considerar que la diversificación del Empleo y la Actividad Económica incrementan la resiliencia de las áreas frente a crisis económicas:

- Una actividad laboral/económica muy concentrada en un sector o unos pocos sectores será muy vulnerable a una crisis en cualquiera de dichos sectores
- Por el contrario, una actividad laboral/ económica diversificada suelen tener una resiliencia elevada; el conjunto puede superar mejor una crisis de un sector económico.

Pero también cierta especialización laboral/económica de las áreas [mayor concentración de la actividad económica/población activa en ciertos sectores] puede ser positiva:

- Permite Economías de Aglomeración⁴¹³.
- Permite que la Actividad Económica se adapte a las características concretas de cada región. Cada parte del territorio suele ser más propicia a unas actividades económicas u otras, y cierta especialización económica es la respuesta natural y más eficiente⁴¹⁴.

⁴¹³ Denominamos Economías de Aglomeración aquellas que incrementan su eficiencia cuando se concentran espacialmente; lo que “facilita la aparición de un mercado de trabajadores más amplio y flexible [...] el intercambio de información y difusión del conocimiento [y] aumenta la disponibilidad de los inputs intermedios y reduce los costes de transacción” [Pablo-Martí y Muñoz-Yebra, 2009:142].

⁴¹⁴ Por ejemplo, carecería de sentido tratar de evitar que en una región con muchos recursos minerales [o que en una región con un clima privilegiado] el sector minero [o el sector turístico] tengan mayor preponderancia que en otra región que no lo sea.

Por ello, cuando planteemos medidas de diferenciación, el Objetivo de Sostenibilidad no será la máxima diferenciación posible sino valores que admitan cierta especialización⁴¹⁵.

Y la segunda es desde la perspectiva de **grado de organización**. La revisión de numerosas economías [y especialmente de aquellas que mayor estabilidad han demostrado en los últimos años], muestra que *las actividades económicas no son intercambiables; i.e., las sociedades más estables presentan un patrón similar de distribución de la actividad económica/laboral*.

Desde esta perspectiva, el Objetivo de Sostenibilidad será que la estructura de cada área urbana/región se asemeje suficientemente al patrón estable de actividad económica/laboral.

Sin embargo, no hemos encontrado propuestas existentes de valores óptimos/pésimos de diferenciación ni de organización de la actividad. Y como criterio para proponer valores de especialización admisibles [óptimos] y umbrales de concentración pésimos, vamos a utilizar los dos siguientes:

Cuando utilicemos medidas de '*grado de organización*', los umbrales van a proponerse a partir de la comparación con una estructura tipo que podamos considerar óptima [en el caso económico, será la de aquellos países que mejor desempeño han mostrado en los últimos años, ya que el carácter adaptativo de la economía desaconseja utilizar datos antiguos]⁴¹⁶.

Cuando utilicemos medidas de '*diferenciación*', los umbrales van a proponerse a partir de la evaluación del impacto que una crisis económica que afectara profundamente a dichos sectores ocasionaría sobre el conjunto de la economía local:

- En términos de empleo, valoraremos la tasa de desempleo que se produciría.
- En términos de actividad económica, valoraremos dos cuestiones:
 - el nivel de pobreza equivalente que se produciría.
 - el nivel máximo de reducción de PIB admisible sin que el endeudamiento público supere el umbral de insostenibilidad.

El criterio para elegir entre un indicador u otro deberá ser en general el tamaño del área/economía a valorar [tanto en términos de población como económicos]. *La diferenciación constituye un criterio aceptable para valorar áreas pequeñas [nivel local], mientras que en el conjunto [nivel global] siempre se debe valorar la estructura/organización*.

Es importante indicar que cierta especialización bien planteada en el nivel local puede lograr un equilibrio [organización óptima] y máxima eficiencia en el nivel global; la superposición de unidades cuya

⁴¹⁵ Complementariamente, la especialización económica de ciertas partes de la ciudad les confiere identidad diferente. Sin embargo, mientras que una cierta especialización de la actividad puede ser beneficiosa para la identidad urbana, no necesariamente sucede lo mismo con la concentración del empleo, que admite estar ocupado por personas que habitan en áreas diferentes de la ciudad.

⁴¹⁶ Esta forma de evaluar la estructura económica comparativamente es habitual en economía. Puede ser con una estructura de actividad considerada óptima; con la estructura economía media de un grupo de regiones similares o en una región mayor,.... Por ejemplo, en Rodríguez [2005] el autor revisa la especialización de la estructura del empleo de cada país de la unión europea en relación a la media del conjunto, y en Madrona [2013] el autor revisa la economía aragonesa comparándola con el conjunto de la economía española.

estructura se aleja de la organización óptima -presentan niveles de especialización excesiva en algún[as] área[s] de actividad- puede permitir un aprovechamiento óptimo de las singularidades de cada ubicación llevando al conjunto a un estado equilibrado.

Ello quiere decir que para la evaluación será necesario considerar categorías de actividad suficientemente definidas, pero a la vez flexibles, proponiéndose para ello el primer nivel de la clasificación CNAE-2009, que comprende 21 categorías de actividad:

TABLA E2-0_ ACTIVIDADES ECONÓMICAS CNAE-2009

1. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	12. Actividades inmobiliarias
2. Industrias extractivas	13. Actividades profesionales, científicas y técnicas
3. Industria manufacturera	14. Actividades administrativas y servicios auxiliares
4. Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	15. Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria
5. Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	16. Educación
6. Construcción	17. Actividades sanitarias y de servicios sociales
7. Comercio al por mayor y menor, reparación de vehículos de motor y motocicletas	18. Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento
8. Transporte y almacenamiento	19. Otros servicios
9. Hostelería	20. Actividades de los hogares
10. Información y comunicaciones	21. Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales
11. Actividades financieras y de seguros	

Fuente: www.ine.es y MEH, 2007

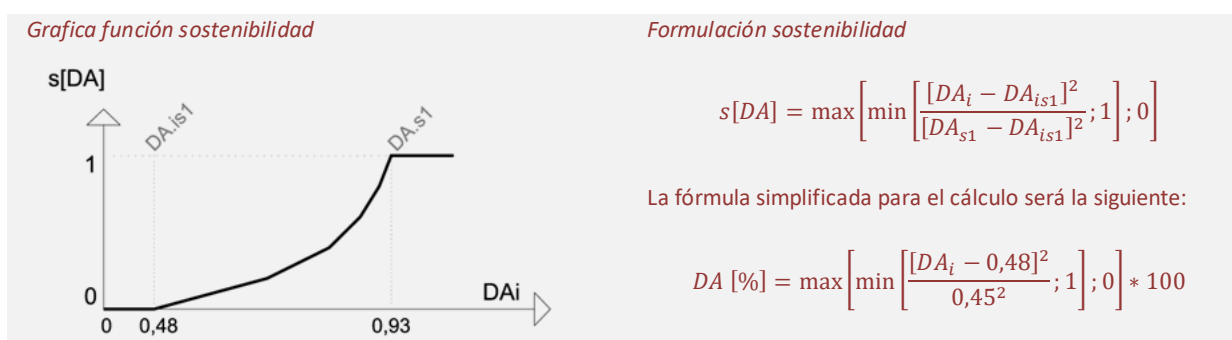
- (1) La clasificación CNAE-2009 constituye un estándar europeo [NACE-2009], posibilitando la utilización de los criterios/indicadores que vamos a proponer [así como su contrastación] en un grupo amplio de países.

E1a DIFERENCIACIÓN ACTIVIDAD ECONÓMICA [DA] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador principal
FUENTES E INDICADORES	Índice de Herfindahl-Hirschmann
RELACIONADOS	MFOM, 2012. Indicador CJU.04.20. Índice de Diversidad Urbana.

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la diversificación/especialización de la actividad económica acerca un área urbana a un estado óptimo de elevada resiliencia ante crisis cíclicas de la economía. El Objetivo de Sostenibilidad 'DA_s' es alcanzar valores de diferenciación de 0,93. El Umbral de Insostenibilidad 'DA_{is}' se sitúa en 0,48. La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo DA_ Indicador 'Diversificación Actividad; DAi_ diversificación Actividad en el área urbana; DA_s_ Objetivo de Sostenibilidad para Diversificación Actividad y DA_{is}_ umbral de insostenibilidad para Diversificación Actividad

Para medir la Diversificación de la Actividad 'DA_i' utilizamos el Índice de Herfindahl-Hirschmann:

$$DA_i = \sum_{i=1}^{21} VAB_i^2 \quad (23)$$

Siendo VAB_ porcentaje que representa el Valor Añadido Bruto de cada categoría de actividad económica respecto al total.

OBSERVACIONES

Vamos a considerar que el VAB de la actividad económica sea proporcional a la RBD de los ciudadanos, permitiéndonos relacionar 'máxima reducción de VAB' con 'máxima Deuda Total admisible':

- **Objetivo de Sostenibilidad.** Partimos de una situación de deuda 0 y Equilibrio Presupuestario [Gastos de los ciudadanos iguales a ingresos], y establecemos aquel valor de concentración de la actividad económica para el cual una crisis⁴¹⁷ que afecte a dos sectores mantendría al sistema en una situación óptima.
 Para un valor óptimo de Carga Vivienda y Transporte de los Habitantes inferior o igual al 17% de la Renta Disponible [RND], resultaría una concentración del 14,5% de la Actividad Económica en dos sectores. Para las 21 categorías de actividad indicadas y suponiendo que el resto

⁴¹⁷ La reducción del VAB aportado por el Sector de la Construcción entre 2008-2013 ha sido del 51,35%, mientras que en el mismo periodo la del Sector Financiero ha sido del 35% [Datos de Eurostat. Acceso febrero 2015]. La elevada dificultad de modelizar las interdependencias entre sectores hace que prefiramos la simplificación de considerar que una crisis de un sector implica que su VAB es cero.

de actividad se divide igualmente entre los demás sectores, obtenemos un valor $DA_s=0,93$

- *Umbral de insostenibilidad.* Establecemos aquel valor de concentración de la actividad económica para el cual una crisis total de dicho sector llevaría a los habitantes del área desde una situación de endeudamiento moderado [Deuda=25% de RD; CE=0,6] a una situación de endeudamiento pésima [Deuda=60% RD; CE=0].

Este valor se alcanzaría para una concentración máxima del 71,67% de la actividad económica en un sector. Suponiendo que el resto de actividad se divide igualmente entre todos los demás sectores, obtenemos un valor de $DA_{is}=0,48$

E1b ESTRUCTURA ACTIVIDAD ECONÓMICA [EA] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador principal
 FUENTES E INDICADORES Alvira, 2014. Grado de Organización
 RELACIONADOS

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la Estructura de la Actividad Económica de una sociedad le acerca a un estado óptimo y de elevada resiliencia. El cálculo del indicador será como una medida de grado de organización [agregación aritmética con doble ponderación] a partir de los indicadores [indicadores de Nivel 4, EL_i] que informan de la adecuación de la concentración de la actividad económica en cada sector de actividad, mediante la fórmula siguiente:

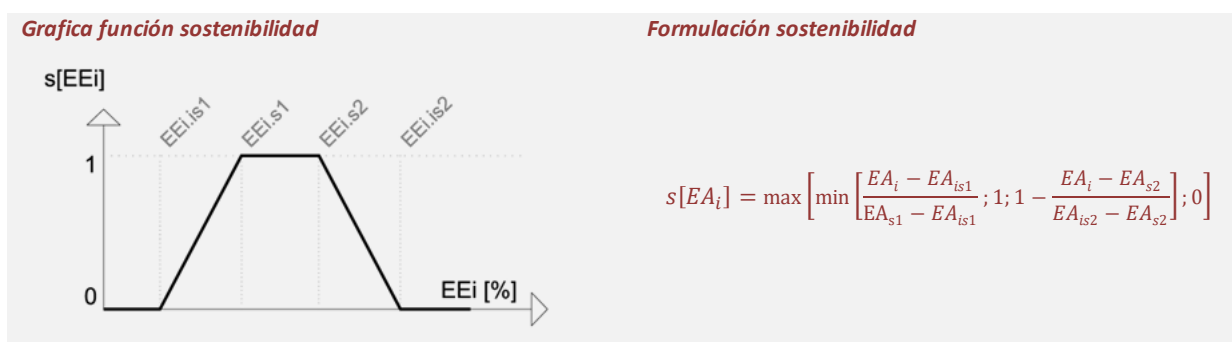
$$EL[\%] = \frac{1}{21} * \sum_{i=1}^{21} EA_i * k_i * k_u * ke_i \quad (24)$$

Siendo EA [%]_ Indicador 'Estructura Económica'; EA_i_ Indicadores del Grado en que la concentración de la actividad económica en cada sector de actividad acerca el sistema a su estado óptimo; k_i_ coeficiente de ponderación según porcentaje de actividad concentrado en cada categoría 'i' de actividad .

Los indicadores para cada sector de actividad tienen cuatro límites, que son los siguientes:

- Como Objetivos de Sostenibilidad EA_{s1}/EA_{s2} establecemos una desviación de hasta un 85%/115% de la concentración en dicho sector en la organización óptima
- Como Umbrales de Insostenibilidad EA_{is1}/EA_{is2} establecemos una desviación igual o superior al 55% /180% de la concentración en dicho sector en la organización óptima.

Todos los indicadores tienen la misma gráfica y formula de la función sostenibilidad:



Siendo EA_ indicador 'Estructura Actividad Económica; EA_{s1}/EA_{s2}_ Objetivos de Sostenibilidad para cada categoría de actividad en 'Estructura Actividad Económica' y EA_{is1}/EA_{is2}_ umbral de insostenibilidad para cada categoría de actividad 'Estructura Actividad Económica'.

Los límites de Sostenibilidad/Insostenibilidad son los siguientes:

TABLA E1.2_0_LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD					
	Organización Óptima (1)	EAs1	EAs1	EAs2	EAs2
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1,29%	0,71%	1,10%	1,49%	2,33%
Industrias extractivas	0,35%	0,19%	0,30%	0,40%	0,63%

Industria manufacturera	29,86%	16,42%	25,38%	34,34%	53,75%
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	2,54%	1,40%	2,16%	2,92%	4,57%
Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos	1,03%	0,56%	0,87%	1,18%	1,85%
Construcción	6,60%	3,63%	5,61%	7,59%	11,89%
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos	9,73%	5,35%	8,27%	11,19%	17,52%
Transporte y almacenamiento	6,38%	3,51%	5,42%	7,33%	11,48%
Hostelería	2,17%	1,19%	1,85%	2,50%	3,91%
Información y comunicaciones	4,37%	2,40%	3,71%	5,02%	7,86%
Actividades financieras y de seguros	4,37%	2,40%	3,72%	5,03%	7,87%
Actividades inmobiliarias	6,73%	3,70%	5,72%	7,74%	12,11%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	6,07%	3,34%	5,16%	6,98%	10,92%
Actividades administrativas y servicios auxiliares	3,26%	1,79%	2,77%	3,75%	5,87%
Administración Pública y defensa; Seguridad Social obligatoria	4,21%	2,32%	3,58%	4,84%	7,58%
Educación	3,28%	1,81%	2,79%	3,78%	5,91%
Actividades sanitarias y de servicios sociales	5,39%	2,96%	4,58%	6,20%	9,70%
Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento	0,97%	0,53%	0,83%	1,12%	1,75%
Otros servicios	1,33%	0,73%	1,13%	1,53%	2,40%
Actividades hogares como empleo de personal doméstico; y/o como productora de servicios	0,08%	0,05%	0,07%	0,09%	0,15%
Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FUENTE: Elaboración propia con los siguientes comentarios:					
(1) Valor medio del grupo de países considerados estables en el periodo 2000-2014					

OBSERVACIONES

Para valorar el impacto de la concentración de la actividad económica en cada sector de actividad hemos utilizado el VAB+CI de cada sector de actividad. El motivo es que el CI nos da una idea aproximada de las interrelaciones entre sectores; i.e., del porcentaje real de la economía de una sociedad que se ve afectado cuando un sector es afectado por una crisis económica.

Los valores de concentración en cada sector de actividad de la organización tipo los hemos calculado a partir de la revisión de los países más estables dentro de la UE durante el periodo 2000-2014.

La doble ponderación de la formulación nos permite valorar el hecho de que no es lo mismo una desviación de la organización tipo que implique al 1% de la economía, que otra que implique al 20%.

4.3.2 E2. EMPLEO [EM] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Resiliencia y Estabilidad, Calidad de Vida, Vertebración Social
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores a continuación

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la actividad laboral de una sociedad es sostenible, acercándola a un estado óptimo y de elevada resiliencia. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 3, $E2_i$ con la fórmula:

$$EM[\%] = \frac{1}{3} * \sum_{i=1}^3 E2_i * k_u * ke_i \quad (25)$$

Siendo $EM[\%]$ _ Indicador 'Empleo' y $E2_i$ _ Indicadores de Nivel 3 del indicador E2

Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

TD_ Indicador 'Tasa de Desempleo'

EL_ Indicador 'Estructura Laboral'

EE_ Indicador 'Estabilidad Empleo'

OBSERVACIONES

El indicador valora agregadamente tres variables con gran influencia sobre la sostenibilidad económica de un área urbana:

El *porcentaje de población empleada/desempleada*, que presenta correlación con varias cuestiones importantes:

- Con el ingreso/pobreza de los habitantes. A menor porcentaje de población desempleada...
... mayor ingreso económico tiene al área en su conjunto, y con ello mayor capacidad de resistir diferentes tipos de impactos, crisis cíclicas de la economía⁴¹⁸...
... mayor es la distribución del ingreso entre los habitantes, y menor el porcentaje de población en riesgo de exclusión social
- Con los ingresos/gastos públicos. A menor porcentaje de población desempleada...
... mayores ingresos públicos [impuestos directos sobre la actividad económica]
... menor gasto publico [gastos en cobertura social]
- Con la 'inseguridad', que se incrementa si los niveles de desempleo son elevados⁴¹⁹.

⁴¹⁸ La realidad parece corroborar que las crisis económicas son causadas por factores endógenos [inherentes al sistema] y por tanto no se pueden evitar. Mansilla y Acatitla [2013] hacen una revisión sencilla desde la idea de Sistemas Complejos.

⁴¹⁹ "las tasas elevadas de desempleo producen [...] aumento de robos y delitos" [Chacón y Sauma, 2006: 51]

Sin embargo, las crisis económicas suelen implicar una destrucción [a veces muy elevada] del empleo, y tan relevante como la Tasa de Desempleo de una sociedad en un momento dado es su capacidad de sostener valores reducidos sin incrementarlos pese a variaciones cíclicas de la economía.

En este sentido, la revisión de la evolución en los últimos años de varias economías muestra la elevada correlación de dicha 'estabilidad' de la tasa de Desempleo con dos variables:

- la *estructura del empleo* [su organización en diferentes categorías de actividad]
- el *porcentaje de cada tipo de empleo* [tasa de empleo estable –indefinido- frente a tasa de empleo inestable –temporal-]

Ambas variables no solo indican el comportamiento previsible de la tasa de desempleo en crisis cíclicas de la economía [su resiliencia/estabilidad o vulnerabilidad/inestabilidad ante dichos impactos, a veces externos y a veces endógenos] sino que son además indicadores indirectos de dos cuestiones importantes:

- De la adecuación entre capacitación de las personas y necesidades del sistema económico. El trabajo aporta 'experiencia' que equivale a 'formación continua', y una estructura laboral [in]adecuada supone la formación continua [in]adecuada de personas⁴²⁰.
- De la utilización del capital social y económico de la sociedad, que supone un coste de oportunidad [los recursos invertidos en unos sectores dejan de estar disponible para otros]. Y la economía es un juego competitivo; una sociedad que invierte mal sus recursos pierde competitividad frente a otras sociedades que los inviertan bien.

Una estructura laboral inadecuada supone un riesgo ante posibles crisis y una carga económica para el presente y para el futuro. Sin embargo, cierta 'concentración de la actividad' es necesaria para posibilitar economías de aglomeración y aprovechar las especificidades de cada 'contexto'. Por ello, su evaluación necesariamente debe hacerse en relación a categorías de actividad suficientemente definidas, pero a la vez flexibles, para lo cual consideraremos también las 21 categorías de primer nivel CNAE.

⁴²⁰ Para un interesante análisis de la influencia de la formación 'laboral' de las personas en el desarrollo de las sociedades, se recomienda Hausmann et Al [2007]

E2.1 TASA DE DESEMPLEO [TD] [%] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador principal

FUENTES E INDICADORES

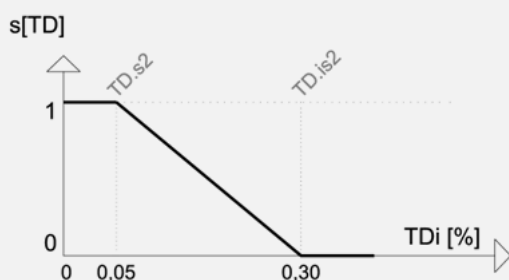
Prescott Allen, 2011:323. Annual unemployment rate

RELACIONADOS

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado de sostenibilidad económica que implica el porcentaje de población desempleada. El Objetivo de Sostenibilidad TD_s es que sea inferior al 5% de la población activa. El Umbral de Insostenibilidad TD_{is} se alcanza si más del 30% de la población activa está desempleada. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[TD] = \max \left[\min \left[1 - \frac{TD_i - TD_{s2}}{TD_{is2} - TD_{s2}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula para el cálculo será la siguiente:

$$TD[\%] = \min \left[1 - \frac{TD_i - 0,05}{0,25}; 1 \right] * 100$$

Siendo TD [%]_ Indicador Tasa de Desempleo; TD_i _ tasa de desempleo en el área urbana; TD_{s1} _ Objetivo de Sostenibilidad de Tasa de Desempleo y TD_{is1} _ umbral de insostenibilidad de Tasa de Desempleo

OBSERVACIONES

Aunque suele considerarse que la existencia de población desempleada es siempre negativa, esto no es siempre así. Existe cierta tasa de desempleo necesaria para que la economía de una sociedad funcione óptimamente, por varios motivos:

- No toda la población desempleada lo es por falta de oportunidades de empleo; existe desempleo voluntario y necesario [e.g., por estudios,...].
- Un desempleo excesivamente bajo puede producir ‘fallos del mercado’: obligar a pagar salarios por encima de las posibilidades del mercado, producir inflación excesiva⁴²¹,....

Por ello se considera que el 3-5% de tasa de desempleo constituye una situación óptima del sistema.

Por otra parte, el umbral de insostenibilidad absoluta, lo deducimos de la revisión de datos históricos de desempleo:

- Durante la Gran Depresión de 1929, vemos que el desempleo en los países desarrollados se situó entre el 25% y el 33%.
- En los últimos 20 años, solo vemos desempleo superior de los países europeos al 30% en países afectados por conflictos bélicos⁴²².

⁴²¹ Prescott-Allen [2001:33] sugiere que un desempleo inferior al 3% es fácil que provoque alzas en los precios.

- En la reciente crisis europea, Grecia alcanzó un 27,5% de desempleo en 2013, i.e., una situación de muy elevada insostenibilidad económica⁴²³.

Parece correcto por tanto afirmar que, para una estructura económica europea, la tasa de desempleo solo supera el 30% en situaciones críticas cercanas a la insostenibilidad absoluta.

En consecuencia establecemos los siguientes límites de sostenibilidad/insostenibilidad:

- Objetivo de sostenibilidad: desempleo igual o inferior al 5%
- Umbral de insostenibilidad: desempleo igual o superior al 30%.

En proyectos de Nuevos Desarrollos Urbanos o grandes actuaciones de ensanche/reforma urbana, podemos usar el siguiente indicador alternativo:

VARIEDAD URBANA [VU] [%] [P]

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador principal
 FUENTES E INDICADORES Hernández Aja, 2000. Variedad Urbana
 RELACIONADOS

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que un Área Urbana provee empleo para sus habitantes. El 'Objetivo de sostenibilidad' VU_s depende del tipo de tejido urbano siendo los siguientes:

TABLA E1A-0_ OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD DE VARIEDAD URBANA SEGÚN TEJIDO	
TIPO DE TEJIDO URBANO	VUs
BARRIOS DORMITORIO	60%
TEJIDO RESIDENCIAL	90%
TEJIDO MEDIO / CENTRAL	120%
FUENTES: Elaboración propia a partir de datos de Hernández Aja, 2000.	

La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

<p>Grafica función sostenibilidad</p>	<p>Formulación sostenibilidad</p> $s[VU] = \max \left[\min \left[\frac{VU_i - VU_{is1}}{VU_{s1} - VU_{is1}}; 1 \right]; 0 \right]$ <p>Y La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:</p> $VU [\%] = \frac{VU_i}{VU_s} * 100 = \frac{e}{E} * \frac{100}{VU_s} * 100$
--	--

Siendo $VU [\%]$ _ Indicador Variedad Urbana; VU_s _ 'Objetivo de Sostenibilidad' en Variedad Urbana; e _ Número de Empleos que puede sustentar el Área evaluada y E _ Número de empleos que necesita el área urbana

⁴²² El 36,70% Macedonia [2004] y 31,80 % en Bosnia Herzegovina [2006]. Fuente: <http://databank.worldbank.org>. Acceso Febrero 2015.

⁴²³ La insostenibilidad económica de Grecia se materializo en el rescate económico de la UE en 2011.

El Número de Empleos [e], lo calculamos con la siguiente fórmula:

$$e = \sum_{i=1}^n [S_i * K_i] \quad (26)$$

Siendo S_i Superficie construida para cada uso generador de empleo y K_i Ratio empleo/superficie en cada superficie.

Como ratios de generación de empleo [K_i] podemos utilizar los siguientes:

TABLA E1A-1_ RATIOS DE EMPLEO SEGÚN SUPERFICIE	
USO	K [Nº Empleos/ m2]
Comercial	1 empleo / 25m2c
Terciario	1 empleo / 24 m2c
Industria	1 empleo / 40 m2c
Fuente: Hernández Aja, 2000	

El Número de empleos necesarios [E], lo calculamos como:

$$E = N_v * O_c * 0,48 \quad (27)$$

Siendo N_v Número de viviendas; O_c ocupación [nº habitantes por vivienda]. Actualmente se puede considerar el valor 3

OBSERVACIONES

Este indicador constituye una simplificación solo admisible para la evaluación de desarrollos urbanos en fase de proyecto, ya que incorpora dos simplificaciones importantes:

- Predice el número de empleos generados a partir del área de cada tipo de uso, admitiendo errores que pueden llegar a ser importantes en función de las características reales de las actividades instaladas.
- No valora en que porcentaje los empleos creados serán ocupados por la población local, que puede así presentar una tasa de desempleo diferente a la prevista.

Por ello, puede ser necesario completarlo con otros indicadores que será necesario definir en función de las características concretas de cada proyecto.

Por otra parte, existe la posibilidad de compensar un cierto porcentaje de déficit de VU en un área urbana con valores de VU mayores que el 100% en áreas contiguas.

- Un valor de e/E mayor que 1 indica Áreas urbanas con dotación de empleo mayor que las necesidades de la población local; proporcionan empleo a habitantes de otras áreas
- Un valor de e/E menor que 1 indicará Áreas urbanas con menor dotación de empleo que las necesidades de la población local; sus habitantes tendrán que desplazarse a otras áreas urbanas para poder trabajar.

Será tan importante alcanzar los 'Objetivos de Sostenibilidad' para VU en el nivel barrio, como que a nivel ciudad se alcance un valor de $e/E=100\%$, lo que indicaría que toda la población puede encontrar trabajo en la propia ciudad, reduciendo la necesidad de desplazamientos interurbanos.

<40%	Barrios Dormitorio
40%-60%	Tejidos Residenciales
60-90%	Tejidos Medios
120%	Tejidos Centrales

Fuente: Hernández Aja, 2000

Es importante indicar que el ‘espacio productivo’ además de sustentar empleo, ofrece servicios a la población, por lo que también es una medida de la cantidad de servicios que puede disponer la población en el nivel local [Hernández Aja, 2000]⁴²⁴.

⁴²⁴ De hecho, el indicador Variedad Urbana presenta una correlación elevada con el Indicador Mezcla de Usos.

E2.2 ESTRUCTURA/DIFERENCIACIÓN ACTIVIDAD LABORAL [DL/EL] [%] [U]***

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador principal
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores parciales

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la estructura/diferenciación de la actividad laboral acerca a las áreas urbanas a estados óptimos de elevada resiliencia ante crisis cíclicas de la economía. Para ello utilizamos alternativamente uno de los dos siguientes indicadores, que elegimos en función del siguiente criterio:

- En áreas pequeñas, Diferenciación Estructura Laboral [DL]
- En áreas grandes, Estructura Actividad Laboral [EL]

OBSERVACIONES

El motivo de plantear dos indicadores es que la escala de análisis hace más interesante utilizar uno u otro, puesto que es necesario valorar cuestiones en esencia diferentes [aspecto ya explicado en el indicador anterior, que volvemos a revisar brevemente].

La revisión de los datos de la UE muestra que las actividades económicas no son intercambiables. El patrón óptimo de distribución de la actividad laboral no presenta un patrón de equiprobabilidad; la mayor estabilidad y resiliencia aparece cuando los porcentajes de actividad laboral que se concentra en cada sector no son iguales.

Dado que estructuras laborales con valores similares de diferenciación pueden presentar diferente concordancia con la organización óptima, y con ello diferente grado de idoneidad, aparentemente la estructura de la actividad laboral debería valorarse siempre en términos de grado de organización.

Sin embargo, la organización en el nivel global, permite [y necesita] admitir cierta especialización en lo local, y con ello deberemos diferenciar según el tamaño del área evaluada:

- al evaluar pequeñas áreas urbanas, barrios, etc... será más conveniente valorar la diversificación que combina dos cuestiones:
 - permite a las áreas crear estructuras capaces de resistir impactos localizados sobre uno o dos sectores productivos, pero a la vez...
 - permite suficiente flexibilidad para dar cabida a cierta especialización en funciones de las características contextuales.
- al evaluar ciudades en su conjunto, regiones o países será más conveniente valorar la idoneidad de la estructura global conformada, lo que podemos hacer comparándola con estructuras cuya estabilidad se haya contrastado.

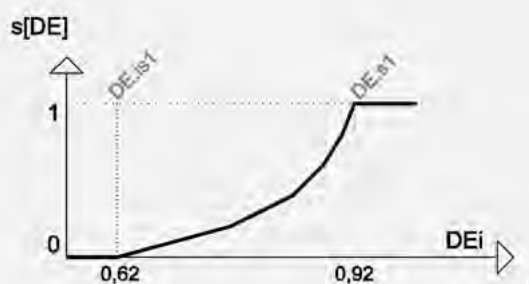
E2.2ª DIFERENCIACIÓN ACTIVIDAD LABORAL [DL] [%] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS	Ver indicador principal
FUENTES E INDICADORES	
RELACIONADOS	Índice de Herfindahl-Hirschmann

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la diferenciación de la actividad laboral acerca a las áreas urbanas a estados óptimos de elevada resiliencia ante crisis cíclicas de la economía. El Objetivo de Sostenibilidad 'DL_s' es alcanzar valores de diferenciación de 0,92. El Umbral de Insostenibilidad 'DL_{is}' se sitúa en 0,62. La gráfica y formula de la función sostenibilidad serán:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[DL] = \max \left[\min \left[\frac{[DL_i - DL_{is1}]^2}{[DL_{s1} - DL_{is1}]^2}; 1 \right]; 0 \right]$$

La fórmula simplificada para el cálculo será la siguiente:

$$DL [\%] = \max \left[\min \left[\frac{[DL_i - 0,62]^2}{0,09}; 1 \right] * 100; 0 \right]$$

Siendo DL_ Indicador 'Diversificación Actividad Laboral'; DL_i diferenciación del empleo en el área urbana; DL_s_ Objetivo de Sostenibilidad para Diversificación Actividad Laboral y DL_{is1}_ umbral de insostenibilidad para Diversificación Actividad Laboral

Para medir la Diversificación del empleo 'DL_i' utilizamos el Índice de Herfindahl-Hirschmann:

$$DL_i = \left[1 - \sum_{i=1}^n e_i^2 \right] \quad (28)$$

Siendo n_ número de categorías de actividad consideradas; e_i_ porcentaje de población empleada en cada categoría de actividad económica.

OBSERVACIONES

Los límites de sostenibilidad/insostenibilidad que proponemos son los siguientes:

- **Umbral de insostenibilidad.** Suponemos que una crisis económica centrada en un único sector pueda llevar a una reducción de hasta el 60% de sus trabajadores⁴²⁵, alcanzándose el umbral de insostenibilidad de Desempleo si más del 61,4% de la población de dicho área trabaja en dicho sector. Asignamos dicho porcentaje del empleo a un sector y repartimos el resto por igual entre los demás sectores, obteniendo un valor DE_{is}=0,62.
- **Objetivo de Sostenibilidad.** Adoptamos el valor medio de la UE en 2014 DE_s=0,92⁴²⁶.

⁴²⁵ En el periodo 2008-2014 el sector económico que más redujo el empleo en España fue la construcción que redujo el 60% de sus trabajadores [datos EUROSTAT. Acceso Febrero 2015]. Sin embargo, se trata de un porcentaje de concentración solo admisible en áreas muy reducidas.

⁴²⁶ El cálculo del indicador con estos límites para el grupo de países estables de la UE-28 proporciona un valor medio de 93%.

E2.2B ESTRUCTURA ACTIVIDAD LABORAL [EL] [%] [U]***

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador principal
 FUENTES E INDICADORES Alvira, 2014. Grado de Organización.
 RELACIONADOS

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la Estructura de la Actividad Laboral acerca a una sociedad a un estado óptimo y de elevada resiliencia. El cálculo del indicador se hará como una medida de grado de organización [agregación aritmética ponderada] a partir de los indicadores de Nivel 4 EL_i que informan de la adecuación de la concentración de la actividad laboral en cada sector económico de actividad, mediante la fórmula siguiente:

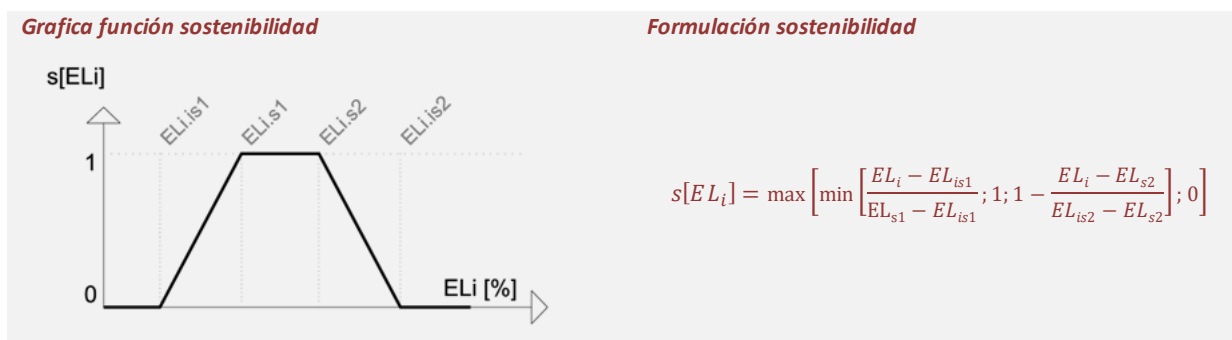
$$EL[\%] = \frac{1}{21} * \sum_{i=1}^{21} EL_i * k_i * k_u * ke_i \quad (29)$$

Siendo $EL [\%]$ Indicador 'Estructura Laboral'; EL_i Indicadores del Grado en que la concentración de la actividad laboral en cada sector de actividad acerca el sistema a su estado óptimo; k_i coeficiente de ponderación según porcentaje de empleo concentrado en cada categoría 'i' de actividad económica.

Los indicadores para cada sector de actividad tienen cuatro límites, que son los siguientes:

- Como Objetivos de Sostenibilidad EL_{s1}/EL_{s2} establecemos una desviación de hasta un 80%/120% de la organización tipo.
- Como Umbrales de Insostenibilidad EL_{is1}/EL_{is2} establecemos una desviación igual o superior al 55% /180% de la organización tipo.

Todos los indicadores tienen la misma gráfica y formula de la función sostenibilidad:



Siendo EL indicador 'Estructura Laboral'; DSi porcentaje población actividad empleada en cada categoría de actividad; EL_{s1}/EL_{s2} Objetivos de Sostenibilidad para cada categoría de actividad en 'Estructura Laboral' y EL_{is1}/EL_{is2} umbral de insostenibilidad para cada categoría de actividad 'Estructura Laboral'.

Los Objetivos de Sostenibilidad son los siguientes:

TABLA E1.2_0_LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD					
	Valor óptimo (1)	ELs1	ELs2	ELis1	ELis2
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2,58%	1,42%	2,06%	3,10%	4,65%
Industrias extractivas	0,15%	0,08%	0,12%	0,18%	0,27%

Industria manufacturera	15,15%	8,33%	12,12%	18,18%	27,27%
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	0,58%	0,32%	0,46%	0,69%	1,04%
Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos	0,55%	0,30%	0,44%	0,66%	0,99%
Construcción	6,27%	3,45%	5,02%	7,53%	11,29%
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos	5,32%	2,92%	4,25%	6,38%	9,57%
Hostelería	4,22%	2,32%	3,38%	5,07%	7,60%
Información y comunicaciones	2,82%	1,55%	2,26%	3,38%	5,08%
Actividades financieras y de seguros	2,86%	1,57%	2,29%	3,43%	5,15%
Actividades inmobiliarias	1,12%	0,62%	0,89%	1,34%	2,01%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	6,68%	3,67%	5,34%	8,01%	12,02%
Actividades administrativas y servicios auxiliares	5,80%	3,19%	4,64%	6,97%	10,45%
Administración Pública y defensa; Seguridad Social obligatoria	7,08%	3,89%	5,66%	8,49%	12,74%
Educación	7,40%	4,07%	5,92%	8,88%	13,32%
Actividades sanitarias y de servicios sociales	12,32%	6,77%	9,85%	14,78%	22,17%
Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento	1,51%	0,83%	1,21%	1,81%	2,72%
Otros servicios	2,89%	1,59%	2,31%	3,46%	5,20%
Actividades hogares como empleo de personal doméstico; y/o como productora de servicios	0,88%	0,48%	0,71%	1,06%	1,59%
Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales	0,03%	0,01%	0,02%	0,03%	0,05%

FUENTE: Elaboración propia con los siguientes comentarios:

(1) Valor medio del grupo de países de la UE considerados estables en el periodo 2000-2014

OBSERVACIONES

Al revisar la estructura laboral de los países de la UE vemos un conjunto de países con elevada resiliencia o estables [que han conseguido pasar la crisis sin grandes problemas] y un conjunto de países con reducida resiliencia o inestables, y vemos un grado de coincidencia elevado en la estructura de la actividad laboral de los países estables, que configura un patrón del cual se alejan los países inestables.

Esto nos indica que las sociedades que han experimentado una crisis con mayor dureza deben modificar su estructura laboral acercándola a patrones más estables; no tratar de volver a ‘crecer’ sobre la estructura anterior⁴²⁷.

Por otra parte, el carácter ‘adaptativo/evolutivo’ de la economía implica que la organización óptima evoluciona en el tiempo, por lo que los parámetros aquí incluidos deberán ser revisados periódicamente.

⁴²⁷ El caso de Portugal y España es paradigmático ya que a raíz de la crisis de 2008, sus estructuras laborales se han acercado mucho más al patrón estable. [Portugal 2008, 46%; 2010:54%; España 2008: 60%, 2010: 78%], recordándonos a las dinámicas de Criticalidad Autoorganizada. El problema es que dicho reajuste se basa en reducir la actividad [i.e., incremento del desempleo – el 5,3% Portugal y el 13,2% España- y reducir el VAB –el 1,15% Portugal y el 6,0% España-] y plantea la dificultad de reorientar inversiones y capital humano sin formación adecuada, lo que requiere una inversión económica y de tiempo difíciles de acometer precisamente cuando la economía ha sufrido un revés importante.

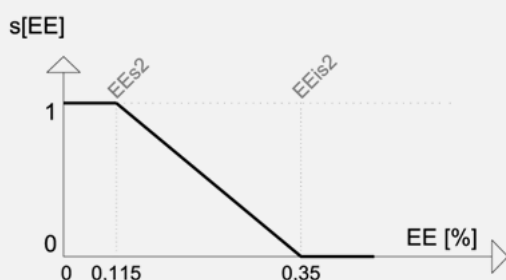
E2.3 ESTABILIDAD DEL EMPLEO [EE] [%] [U] ***

ÁREAS RELACIONADAS Ver indicador principal
 FUENTES E INDICADORES -
 RELACIONADOS -

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que el reparto de contratación laboral [temporal/inestable versus indefinida o estable] acerca al sistema a su estado óptimo. El Objetivo de Sostenibilidad EE_{s1} es que menos del 11,5% de la población empleada lo esté con contratos temporales. El Umbral de Insostenibilidad TD_{is} se alcanza si más del 35% de la población empleada lo está con contratos temporales. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:

Grafica función sostenibilidad



Formulación sostenibilidad

$$s[EE] = \max \left[\min \left[1 - \frac{EE_i - EE_{s2}}{EE_{is2} - EE_{s2}}; 1 \right]; 0 \right]$$

Y la fórmula para el cálculo será la siguiente:

$$EE [\%] = \min \left[1 - \frac{EE_i - 0,115}{0,235}; 1 \right] * 100$$

Siendo $EE [\%]$ Indicador Estabilidad Empleo; EE_i Tasa de contratos temporales en el área urbana; EE_{s1} Objetivo de Sostenibilidad de Estabilidad Empleo y EE_{is1} umbral de insostenibilidad de Estabilidad Empleo.

OBSERVACIONES

Como Objetivo de Sostenibilidad hemos escogido el valor medio de contratos temporales del grupo de países más estables de la UE en el periodo 2000-2014 [11,44% que redondeamos hasta 11,50%].

Como umbral de Insostenibilidad establecemos un valor ligeramente superior al que España ha tenido durante la pasada crisis [35%], en la cual la destrucción de 1 de cada 3 empleos temporales le ha acercado a los umbrales de Insostenibilidad total en Tasa de Desempleo.

En un desarrollo posterior del indicador, ambos umbrales podrían establecerse de forma dinámica, condicionándolos a las Tasas de Desempleo existentes en cada economía.

4.3.3 E3. DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO [DI] [U]

ÁREAS RELACIONADAS	Estabilidad y Resiliencia Económica, Accesibilidad Universal
FUENTES E INDICADORES	Coefficiente de Gini
RELACIONADOS	UNDP, 2011. Inequality-Adjusted Human Development Index [IHDI]

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la Distribución del Ingreso entre la población acerca al sistema a su estado óptimo. Los límites de sostenibilidad/insostenibilidad se establecen de manera dinámica, siendo:

- El Límite de Insostenibilidad DI_{is1} es el valor de Distribución del Ingreso [DI] para el cual la Renta Disponible equivale a que toda la población se halle en o por debajo del ‘umbral de pobreza’:

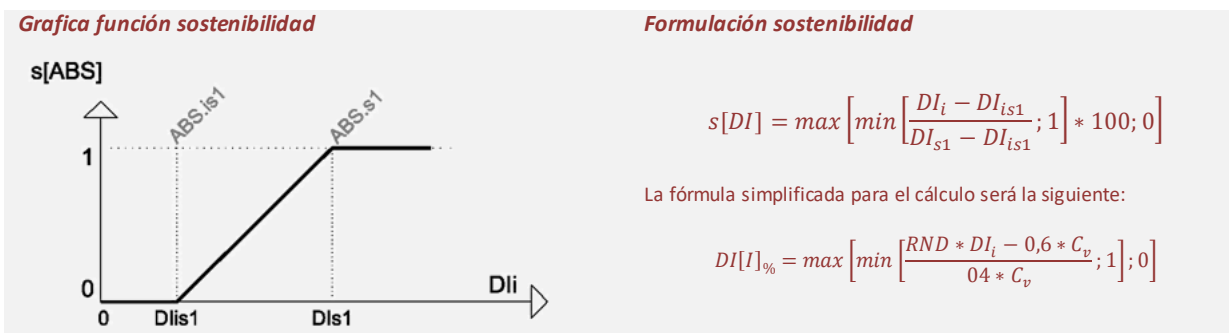
$$DI_{is1} = \frac{0,6 * C_v}{RD} \quad (30)$$

Siendo RD _ la Renta Neta Disponible, C_v el Coste de la Vida en el Área Urbana.

- El Objetivo de Sostenibilidad DI_{s1} es el valor de Distribución del Ingreso [DI] para el cual se alcanza el Equilibrio Presupuestario [Gastos estrictamente igual a Ingresos, equivalente a $C_v=RND$], y viene dado por la fórmula:

$$DI_{s1} = \frac{C_v}{RD} \quad (31)$$

La gráfica y formula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo $DI_{i\%}$ indicador ‘Distribución del Ingreso’; DI_i distribución del Ingreso en el área urbana; DI_{is1} Umbral de insostenibilidad en ‘Distribución del Ingreso’ y DI_{s1} Objetivo de Sostenibilidad para ‘Distribución del Ingreso’

Y la Diferenciación del Ingreso ‘ DI_i ’ la calculamos como el valor complementario de la Concentración de la Renta:

$$DI_i = 1 - C \quad (32)$$

Siendo C _ Concentración de la Renta [Gini, Theil,...] después de impuestos y transferencias sociales

OBSERVACIONES

La importancia de la Distribución del Ingreso es enorme para la estabilidad y resiliencia de una economía. Valorarlo requiere revisar dos perspectivas diferentes⁴²⁸:

La primera es en relación a su *influencia sobre la capacidad de los ciudadanos de acceder a los distintos servicios que ofrece una ciudad/sociedad*. La mayoría de bienes y servicios en las áreas urbanas requieren el pago para acceder a ellos. A mayor desigualdad en la Distribución del Ingreso, mayor cantidad de población ve limitado [o imposibilitado] el acceso a un número creciente de servicios⁴²⁹.

Y la segunda perspectiva es por la *influencia de los ciudadanos para el sostenimiento del conjunto*, que se plasma en varias dimensiones:

- ... capacidad de adquirir formación adecuada
- ... capacidad de ahorro [reservas disponibles en periodos bajos de la economía, planes de pensiones,...]
- ... capacidad de puesta en marcha de iniciativas individuales de inversión e innovación.
- ... capacidad de sostener al estado [los ciudadanos son en última instancia la garantía de la deuda pública⁴³⁰].

Estas cuestiones se maximizan para situaciones de elevada Distribución del Ingreso, y se reducen a medida que el Ingreso se concentra en un número reducido de personas.

Existe por tanto una influencia directa entre la sostenibilidad económica de las sociedades y la distribución del ingreso entre los habitantes; calores elevados de distribución hacen las sociedades más estables social y económicamente; **las capacidades individuales determinan la resiliencia global**.

LOS LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

Es importante indicar que el concepto de sociedad siempre implica la existencia de cierta desigualdad. Sin embargo, ésta puede situarse en un rango muy amplio de valores, y buscamos establecer los dos valores límites:

- Un valor mínimo de desigualdad por encima del cual incrementar la Distribución del Ingreso apenas incrementa Resiliencia ni Accesibilidad a Bienes y Servicios, pero provoca disfunciones en el funcionamiento del conjunto puesto que:
 - impide establecer ingresos diferenciados para diferentes niveles de responsabilidad.

⁴²⁸ Complementariamente, la mayoría de autores [Platón, Aristóteles, Aquinas, Macchiavello, Rousseau,...] coincide en que la Democracia solo es posible si existe suficiente distribución de la riqueza; la concentración del ingreso lleva a polarización política e inestabilidad [e.g., Roma]. El análisis de EEUU en el SXIX de Tocqueville es ilustrativo al respecto.

⁴²⁹ La Distribución del Ingreso constituye por tanto una medida del grado de pobreza como posibilidad [o imposibilidad] de los habitantes de acceder a las diferentes opciones deseables que ofrece una ciudad, e influye en la estabilidad y cohesión social.

⁴³⁰ Existe una relación entre Distribución del Ingreso, Ingreso medio del quintil de población con ingreso más reducido y Salario Mínimo Interprofesional, y la conjunción de estas tres variables ha mostrado una correlación significativa con la sostenibilidad económica de las sociedades en la última crisis. Los datos revisados muestran que el valor del indicador aquí propuesto proporciona un valor medio de 0,85 para los países estables y 0,35 para los cuatro países rescatados.

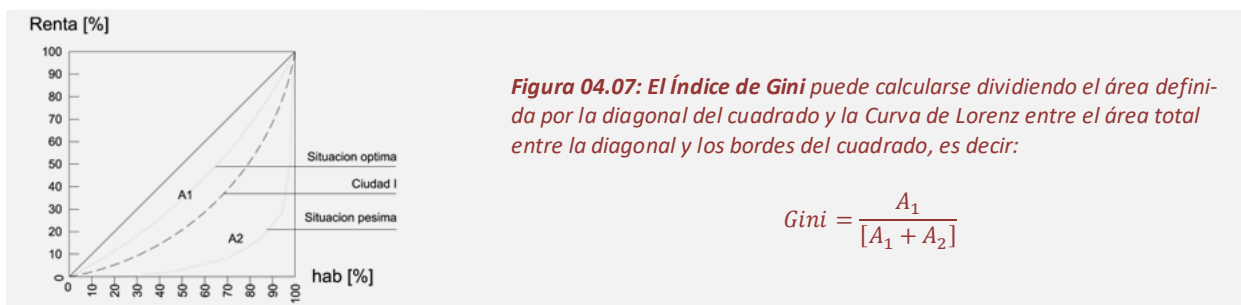
- impide establecer incentivos económicos para personas generadoras de especial utilidad para el conjunto [desaparece el incentivo a la iniciativa individual].
- Un valor máximo de desigualdad por encima del cual reducir la distribución del ingreso equivale a situar a toda la sociedad en una situación de pobreza generalizada y al conjunto en posiciones de máxima vulnerabilidad
 - reduciendo mucho la formación de ‘capital humano’ al dificultar o incluso imposibilitar el acceso a educación, y como consecuencia, reduciendo la competitividad respecto a otras sociedades.
 - reduciendo la resiliencia del conjunto al desaparecer la capacidad de los ciudadanos de ahorrar/sostener económicamente al estado en periodos de crisis económica.

Esto quiere decir que *ni la total igualdad en la distribución del ingreso puede ser el objetivo de sostenibilidad ni la total concentración del ingreso puede ser el umbral de insostenibilidad*. Sin embargo, a la hora de establecer cuáles pueden ser dichos límites nos encontramos con pocas propuestas, muchas de ellas insuficientemente justificadas, por lo que vamos a hacer una propuesta propia a partir de la revisión de tres acercamientos.

REVISIÓN DE VALORES HISTÓRICOS DE CONCENTRACIÓN DEL INGRESO

La Distribución del Ingreso se calcula como valor complementario de la Concentración del Ingreso, y un coeficiente utilizado frecuentemente es el Índice de Gini, que posee dos valores extremos:

- Un valor 0 implica que la renta de la sociedad se halla totalmente repartida entre sus habitantes [implica la total Distribución del Ingreso o valor 1].
- Un valor 1 implica que toda la renta de la sociedad es recibida por un único habitante [implica la nula Distribución del Ingreso o valor 0].



Sin embargo, el Índice presenta un ‘rango natural de valores posibles’ que se sitúan alejados de los valores extremos teóricos, y que son [Banco Mundial, 2012]:

- Mínimo histórico: G=0,163 [Azerbaiyán, 2004]
- Máximo histórico: G=0,743 [Namibia, 1993]

Este rango constituye por tanto el espacio de ‘autorregulación de las sociedades’; i.e., *es altamente improbable [casi imposible, dado lo extenso del periodo registrado por el Banco Mundial] que una sociedad se sitúe en valores fuera de dicho rango*.

REVISIÓN DE PROPUESTAS EXISTENTES: EQUIDAD Y BIENESTAR SOCIAL

Existen varias propuestas de valores óptimos de Distribución del Ingreso desde las perspectivas de 'equidad' como justicia⁴³¹ y bienestar social. Buscan por tanto establecer el umbral de desigualdad económica que hace a una sociedad equitativa y maximiza el bienestar de sus ciudadanos:

- Osberg [1985] afirma que "el bienestar económico que se puede obtener de un determinado ingreso total, se maximiza al redistribuir los ingresos hasta que todos los ingresos sean iguales"⁴³². Por tanto consideramos que propone un valor óptimo de $DI=1$.
- Alkire and Foster [2010] también consideran óptima la situación de máxima distribución, pero introducen la marginalidad decreciente de la utilidad mediante una ponderación logarítmica que valora menos los incrementos de la Distribución cuando ésta presenta valores elevados⁴³³.
- Dagum [2004] propone un valor óptimo $I_G = 0,18$. Sin embargo, aunque el valor parece 'razonable', el autor no aporta una justificación suficientemente consistente⁴³⁴.
- López y Hernández [2010: 74] sugieren valores de $I_G=0,25-0,30$ [característicos de varios países nórdicos europeos] como un reparto 'aceptablemente igualitario'

En Wikipedia [acceso 2015] se hace referencia a un valor inferior a 0,30 como 'baja desigualdad', y un valor superior a 0,50 como 'desigualdad elevada', indicando que la dificultad de interpretar el Índice de Gini radica en que un mismo valor puede tener diferente significado dependiendo del contexto:

- por ejemplo, un valor bajo de Gini en un país desarrollado implica que la 'riqueza' se reparte equitativamente entre todos, mientras que el mismo valor en un país subdesarrollado implica que la 'pobreza' está igualmente repartida entre todos.
- y complementariamente, un valor elevado de Gini en un país con un gran crecimiento económico puede ser aceptable.

LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO COMO MEDIDA DE EFICIENCIA EN LA CREACIÓN DE UTILIDAD

Alkire y Foster [2010:6] proponen interpretar la Concentración de la Renta como una medida de "porcentaje [...] de riqueza desperdiciado como consecuencia de [su] desigual distribución".

Equivale a considerar que la Concentración de la Renta implica una reducción de la utilidad total que sería posible crear con dicha Renta [o dicho de otra forma, es una medida de ineficiencia en la creación de utilidad total] y es evidente que *el estado óptimo de concentración de la Renta de una sociedad será el que maximiza la creación de utilidad total para la renta disponible en el sistema.*

Existe un *Coste de la Vida mínimo*⁴³⁵ [equivale a la cantidad de Renta necesaria para acceder a los Bienes y Servicios básicos en dicha sociedad] en un área urbana, y si aceptamos DR como una medida

⁴³¹ Se asientan sobre el concepto de limitar la desigualdad a aquella que está justificada [Rawls, 1971]

⁴³² En términos similares se pronuncia Lerner [1979]

⁴³³ El IDHI introduce una ponderación logarítmica en la agregación de la 'Desigualdad', de manera que valora más la reducción de la desigualdad cuando esta presenta valores altos, que cuando presenta valores bajos [Alkire y Foster, 2010: 14].

⁴³⁴ Se basa en proponer un valor que equivale a la mitad del valor registrado para los EEUU en los últimos años, pero no justifica porqué debe ser la mitad y no otro porcentaje.

de eficiencia, existirán valores mínimos de Distribución de la Renta que garanticen que todos los habitantes puedan acceder a dichos Bienes y Servicios, que será el **Objetivo de Sostenibilidad**:

$$RND * DI \geq C_v \rightarrow C \leq \max \left[1 - \frac{C_v}{RND}; 0 \right] \quad (33)$$

Siendo DR_ Distribución del Ingreso; C_ Concentración de la Renta; RND_ Renta Disponible y Cv Coste de la Vida

Una cuestión importante que se deduce de la fórmula anterior, es que la Distribución del Ingreso deberá ser mayor cuanto menor sea la diferencia entre la RND y C_v ; si se mantiene constante la Renta Neta Disponible, en regiones donde sea más barato 'vivir', la Distribución de la Renta podrá ser menor para un mismo grado de Accesibilidad [económica] a Bienes y Servicios.

Por otra parte, también existe un límite inferior por debajo del cual la Distribución de la Renta equivale a una accesibilidad nula [imposibilidad generalizada de acceder] a Bienes y Servicios y que consideramos equivalente a la línea de pobreza. Establecemos el **Umbral de Insostenibilidad** para la Concentración de la Renta en aquel valor para el cual la eficiencia de la Renta en creación de utilidad equivale a pobreza generalizada, es decir⁴³⁶:

$$DI_{is1} = \min \left[\frac{0,6 * C_v}{RND}; 1 \right] \quad (34)$$

Siendo RND_ la Renta Neta Disponible y C_v el Coste de la Vida en el Área Urbana

El cálculo para Madrid con datos 2011-2012 mediante las formulas anteriores proporciona los siguientes valores:

- Umbral de Insostenibilidad ' DI_s ' igual a 0,521 y por tanto 0,479 como valor de Concentración de la Renta a partir del cual la eficiencia en la creación de bienestar debido a la distribución de la renta equivale a 'pobreza generalizada' [deseabilidad, innovación y resiliencia muy reducidas] y por tanto 'insostenibilidad absoluta'.
- Objetivo de Sostenibilidad ' DI_s ' igual a 0,869 y por tanto 0,131 como valor de Concentración de la Renta a partir del cual valores más reducidos de concentración de la renta no incrementan resiliencia ni deseabilidad pero reducen diferenciación y por tanto sostenibilidad⁴³⁷.

⁴³⁵ En algunos países existen propuestas oficiales del Coste de la Vida. Por ejemplo, en España el Indicador de Precios de Efecto Múltiple [IPREM] o las partidas de gastos consideradas 'imprescindibles' en la Encuesta de Presupuestos Familiares [INE]. Sin embargo estas propuestas pueden estar politizadas, y no ser realmente representativas de la realidad. En este sentido, un parámetro que proporciona datos consistentes [y no implica decisiones políticas] es el gasto medio por persona del segundo quintil de población.

⁴³⁶ "La tasa de riesgo de pobreza es el porcentaje de personas que está por debajo del umbral de pobreza, medido éste como el 60% de la mediana de los ingresos por unidad de consumo de las personas. La mediana es el valor que, ordenando a todos los individuos de menor a mayor ingreso, deja una mitad por debajo de dicho valor y la otra mitad por encima. Por tanto, por tratarse de una medida relativa, su valor depende de cómo se distribuya la renta entre la población" [INE, 2011b: 2]

⁴³⁷ Esto debería llevar a una formulación que redujera el Grado de Sostenibilidad si la concentración de la renta se sitúa por debajo de este valor. La reducida probabilidad de que una sociedad se sitúe espontáneamente en valores inferiores de concentración de renta, puesto que aproximadamente coincide con el límite superior del rango de autorregulación indicado anteriormente] hacen innecesario en general modelizar esta variación.

Este planteamiento implica que los límites de sostenibilidad/insostenibilidad son cambiantes en el tiempo, puesto que dependen de Cv y RND que lo son a su vez.

TABLA E3-1_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

	DIs2_ Objetivo de Sostenibilidad		DIs2_ Umbral de Insostenibilidad	
	2005	2010	2005	2010
UE	0,20	0,25	0,52	0,55
España	0,10	0,14	0,46	0,49

Fuente: Cálculo propio a partir de datos de Eurostat [Acceso Mayo 2015]. Dado que no ha sido posible obtener un valor 'oficial' del coste de la vida en cada ámbito, hemos tomado el gasto medio por habitante para el segundo quintil económico de población.

Los valores obtenidos mediante este tercer acercamiento se sitúan -en general- dentro del rango de valores posibles, se parecen suficientemente a algunas propuestas existentes revisadas y son propuestos desde bases suficientemente sólidas [y relacionadas con el concepto medido por este indicador]. Por tanto, los adoptamos como límites para el indicador.

Es importante indicar que una mejora de los indicadores económicos puede significar un aumento del consumo de bienes, y por tanto una reducción de la Sostenibilidad Medioambiental⁴³⁸. Por tanto, si se prevén incrementos de la 'Renta Disponible' es fundamental planificar políticas de 'consumo sostenible'; lo contrario podría llevar a que un incremento de sostenibilidad económica redunde en una reducción de sostenibilidad medioambiental⁴³⁹.

Si revisamos las tendencias de los últimos años, vemos que en países de la UE en situaciones normales se destina aproximadamente un 14% de la RBD al ahorro. Si aplicamos esta tasa de ahorro a los incrementos de renta generados, obtendremos la cantidad de renta que previsiblemente se destinará al consumo, lo que nos permite tener una estimación del volumen económico para el cuál será necesario diseñar alternativas de consumo 'sostenible'⁴⁴⁰.

⁴³⁸ De hecho, se calcula que con las estructuras actuales de producción-consumo "un aumento del gasto en 1000 € implica un incremento de 0,09 gha de la huella ecológica per cápita en un área urbana" [Moore, 2011: 6]. En Gales entre 1990 y 2003 la huella ecológica se ha incrementado un 1,5% en paralelo al incremento sufrido por el Valor Añadido Bruto durante el referido periodo [Dawkins et Al, 2008: V]

⁴³⁹ Por ejemplo, un aumento de la renta disponible se puede canalizar hacia un mayor consumo de productos alimentarios de tipo orgánico, cuya huella ecológica es menor pero su precio más elevado. De esta manera se podría transformar el incremento de la huella ecológica derivado de la mayor renta disponible, en una reducción de huella ecológica.

⁴⁴⁰ En realidad un incremento de renta disponible es un elemento 'óptimo' para implementar pequeños [o grandes] cambios del modelo hacia modelos más sostenibles, que habitualmente no se pueden implementar por falta de recursos [fomento de la agricultura ecológica, renovación de las azoteas, mejora eficiencia energética edificios, etc...]. En el momento actual en España, una parte considerable de ese incremento de renta se debería destinar a reducir el excesivo endeudamiento de numerosas personas/empresas/entidades públicas.

4.3.4 E4. INDICADOR 'CARGA ECONÓMICA' [CE]

ÁREAS RELACIONADAS	Accesibilidad Universal, Estabilidad y Resiliencia Económica, Estado del Bienestar
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	Ver indicadores a continuación

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa de la sostenibilidad de la Carga Económica tanto del Sector Público como de los Habitantes. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética con doble ponderación de los indicadores de Nivel 3, $E4_i$, con la fórmula siguiente:

$$CE[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 E4_i * k_i * ke_i \quad (35)$$

Siendo CE [%]_ Indicador 'Carga Económica'; $E4_i$ _ Indicadores de Nivel 3 del indicador E4 y K_i _ coeficiente de ponderación. Los Indicadores de Nivel 3 son los siguientes:

CEP_ Indicador 'Carga Económica del Sector Público'

CEH_ Indicador 'Carga Económica Habitantes'

OBSERVACIONES

Definimos la Carga Económica de un sistema como el porcentaje de su Capacidad de Endeudamiento utilizada/Ingresos futuros comprometidos; i.e., incluye la carga que constituye el endeudamiento financiero, pero también la que constituyen gastos fijos no evitables. El primero de ambos enfoques será el que utilizemos al revisar el Sector Público, mientras que para revisar la situación de los habitantes valoraremos ambas cuestiones.

El endeudamiento es un mecanismo utilizado habitualmente desde el **Sector Público**, como mecanismo para poder cumplir ciertas de sus funciones:

- la construcción del capital fijo 'compartido' por los miembros de la sociedad [infraestructuras, equipamientos,...]⁴⁴¹
- hacer frente al coste económico de sostener el estado del bienestar [que suele incrementarse en los periodos de crisis económica]

Dicho endeudamiento puede ser sostenible y permite a muchas sociedades situarse en estados mejores que sociedades con niveles de endeudamiento más reducidos. Sin embargo, niveles excesivos de deuda implican que el sistema compromete un porcentaje cada vez mayor de sus ingresos futuros y agota su capacidad de endeudarse [que deja de estar disponibles para otros usos]; i.e., reduce su resiliencia frente a crisis futuras.

Por otra parte, **los habitantes tienen ciertos gastos fijos ligados a necesidades fundamentales**, y destacan dos de ellos: la vivienda y el transporte. El primero por representar a veces un elevado por-

⁴⁴¹ Existe una correlación elevada entre Deuda Pública y Calidad y Habitabilidad de las ciudades; la mayoría de sociedades que presentan buenos valores de desempeño en la Dimensión Q presentan niveles de Deuda Pública elevados.

centaje del gasto fijo de las personas, y el segundo porque en la mayoría de los casos es un gasto asociado a la actividad económica.

La elevada correlación detectada de esta cuestión con la sostenibilidad económica de los países, nos permite afirmar que *las estructuras de precios en las que gastos básicos [no evitables] de las personas [e.g., vivienda y transporte para ir a trabajar] absorben un elevado porcentaje del ingreso, acercan a los sistemas a situaciones de vulnerabilidad económica elevada.*

La sostenibilidad de la Carga Económica de las sociedades ha demostrado tener una importancia decisiva en la última crisis europea, y por ello, *este indicador además de informar del Grado de Sostenibilidad económica se establece como condición restrictiva a la hora de decidir la viabilidad de las transformaciones urbanas.*

Solo se admiten transformaciones urbanas que incrementen la Carga Económica cuando el estado final alcanzado es $CE_2 \geq 0,60^{442}$. En caso contrario, las transformaciones urbanas deben mantener o reducir la Carga Económica para ser aceptables [$\Delta CE \geq 0$].

Condición restrictiva
$$CE_2 < 0,6 \rightarrow \Delta CE \geq 0 \quad (36)$$

La doble ponderación K_i se introduce para valorar el porcentaje que representa sobre la economía cada uno de los dos sectores, pudiendo hacerlo a partir del gasto total que realizan habitantes/sector público, encontrando los siguientes valores:

TABLA E4-0_RANGO DE GASTO HABITANTES/SECTOR PUBLICO UE-28			HABITANTES	SECTOR PÚBLICO
Porcentaje máximo	habitantes/mínimo		80,03%	19,97%
sector público [Rumania]				
Porcentaje mínimo	habitantes/máximo		63,72%	36,28%
sector público [Suecia]				
Media UE-28			72,53%	27,47%
España			74,77%	25,23%

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat. Acceso Mayo 2015.

(1) Las cifras muestran elevado parecido con la afirmación de Fernández y Jiménez [2010: 80]: “la Renta Bruta Disponible de los hogares de la zona del euro ha representado durante la última década entre el 65% y el 70% de la Renta Bruta Disponible del total de la economía’

Es importante indicar que estos indicadores se relacionan con aspectos fundamentales del modelo del Estado del bienestar:

- Valores muy reducidos de CH implicarán una elevada dificultad de los ciudadanos para acceder a los servicios básicos, y una mayor vulnerabilidad del Sector Público⁴⁴³.

⁴⁴² Si suponemos que todos los indicadores parciales se sitúan en dicho valor, implicaría los siguientes valores:

- Deuda Pública: 50% sobre el PIB / 150% sobre Ingresos Presupuestarios
- Carga Económica Habitantes: Vivienda 25% sobre RND y Vivienda + Transporte 34% sobre RND.

- Valores muy reducidos de CP implicarán una elevada dificultad de la Administración para proveer los servicios cuya prestación asume dentro de dicho modelo:

TABLA E4-1_ SERVICIOS QUE DEBEN PRESTAR LOS MUNICIPIOS

Todos los municipios	Alumbrado público, cementerio, recogida de residuos, limpieza viaria, abastecimiento domiciliario de agua potable, alcantarillado, acceso a los núcleos de población, pavimentación de las vías públicas y control de alimentos y bebidas.
Población superior a 5.000 hab-eq	Los anteriores y además: Parque público, biblioteca pública, mercado y tratamiento de residuos.
Población superior a 20.000 hab-eq	Los anteriores y además: Protección civil, prestación de servicios sociales, prevención y extinción de incendios e instalaciones deportivas de uso público.
Población superior a 50.000 hab-eq	Los anteriores y además: Transporte colectivo urbano de viajeros y protección del medio ambiente.

FUENTE: JE, 1985: Artículo 26

- (1) Los servicios pueden ser prestados por cada Ayuntamiento individualmente o en asociación con otros Ayuntamientos/municipios.
- (2) Los Municipios podrán solicitar de la Comunidad Autónoma respectiva la dispensa de la obligación de prestar los servicios mínimos que les correspondan cuando, por sus características peculiares, resulte de imposible o muy difícil cumplimiento el establecimiento y prestación de dichos servicios por el propio Ayuntamiento.
- (3) El concepto de 'habitante equivalente' [hab-eq] alude a la población flotante. Por ejemplo, si un área tiene una componente de terciario o industrial importante, deberemos asignarle un número de habitantes equivalentes a partir de la población trabajadora. En proyectos de nuevos desarrollos, podemos asignar a cada 50m² de espacio productivo un habitante equivalente [Marín y Roger, 2011:21]. Otros ratios posibles serían los propuestos por Hernández Aja, 2000, que son ligeramente superiores y diferencian según tipo de espacio productivo.

⁴⁴³ Los ciudadanos son en última instancia la mejor garantía de la Deuda Pública. Un ejemplo reciente lo podemos ver en Bélgica, donde niveles de Deuda Pública muy superiores a los de España no han requerido un rescate dada la solvencia económica de sus ciudadanos, capaces de garantizar la disponibilidad de fondos públicos.

4.3.4.1 E4.1. INDICADOR ‘CARGA ECONÓMICA SECTOR PÚBLICO’ [CP]

ÁREAS RELACIONADAS	Estabilidad y Resiliencia Económica, Estado del Bienestar Tratado Constitutivo de la Unión Europea. UE, 2006: 44. Art.2
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	FMI & BM. Marco de Sostenibilidad de la Deuda Prescott Allen, 2001: 34. Public Gross Debt SSI, 2012. Indicator 21. Public Debt

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa de la sostenibilidad de la Carga Económica de la Administración Pública. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, E4.1_i, con la fórmula siguiente:

$$CP[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 E4.1_i * ke_i \quad (37)$$

Siendo CP [%]_ Indicador ‘Carga Económica Sector Público’ y E4.1_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador E4.1

Los Indicadores de Nivel 4 son los siguientes:

DRP_ Indicador ‘Deuda respecto a PIB’

DRI_ Indicador ‘Deuda respecto a Ingresos’

OBSERVACIONES

El Sector Público comprende “la Administración Central, Comunidades Autónomas, Corporaciones Locales y Fondos de Garantía Social. Su deuda incluye efectivo y depósitos, títulos de deuda y préstamos” [ESA, 2010]. La Carga Económica de la Administración es un indicador indirecto de su capacidad de...

- ... proporcionar los servicios asociados al Estado del Bienestar.
- ... mitigar crisis económicas cíclicas mediante inversión pública en sectores estratégicos.
- ... tomar decisiones independientes.

Una objeción a estos dos indicadores reside en utilizar como valores de referencia el PIB/Ingresos Presupuestarios, sin entrar a valorar su sostenibilidad en el tiempo, que podemos revisar diferenciando dos tipos de insostenibilidad⁴⁴⁴:

- La relacionada con cuestiones sociales y medioambientales, ya es valorada por otros indicadores del modelo, por lo que si el PIB se basa en una gestión insostenible del medioambiente/recursos naturales [extracción de petróleo, urbanización del suelo, construcción,..] o una situación insostenible de la sociedad, el valor de la Dimensión M o Q será muy reducido, y con ello el Grado de Sostenibilidad ‘S’ proporcionado por el modelo.

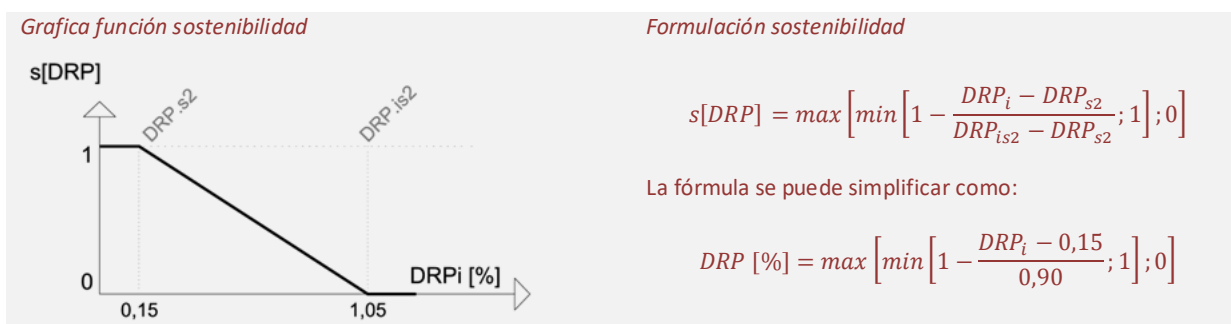
⁴⁴⁴ Por ejemplo, los ingresos presupuestarios de los Estados de la UE se redujeron en su conjunto un 2,5% entre 2008 y 2009, recuperando a partir de 2011 valores previos a la crisis. Sin embargo, algunos países redujeron más esos ingresos [España un 4,5% entre 2008 y 2009] y todavía no han recuperado la situación previa a la crisis.

- La relacionada con la estructura económica y laboral, que pueden ser más o menos ‘vulnerables’ a crisis económicas, y por tanto no sostenibles en el tiempo.

Y esta segunda cuestión es importante porque indica que *la sostenibilidad de la Deuda de las sociedades se relaciona mucho con la idoneidad de sus estructuras económicas.*

E.4.1.1 INDICADOR ‘DEUDA RESPECTO A PIB’ [DRP]

Informa del grado de sostenibilidad del endeudamiento del Sector Público, a partir del ratio de Deuda Pública en relación al PIB. El Objetivo de Sostenibilidad ‘DRP_s’ es un ratio inferior al 10%. El Umbral de Insostenibilidad ‘DRP_{is}’ se alcanza si el ratio iguala o supera el 105%. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo DRP [%]_ Indicador ‘Deuda respecto al PIB’; DRP_i _ porcentaje de Endeudamiento Público en relación al PIB; DRP_s_ Objetivo de sostenibilidad en ‘Deuda respecto al PIB’ y DRP_{is}_ umbral de insostenibilidad de ‘Deuda respecto al PIB’

OBSERVACIONES

Existen diferentes propuestas de valores límite, que vamos a revisar brevemente:

NIVELES DE DEUDA EN LA CRISIS DE DEUDA DE LA UE [2010-ACTUALIDAD]

La actual crisis de Deuda de los países europeos hace que los valores de deuda alcanzados por los gobiernos rescatados nos sirvan como umbrales de insostenibilidad [datos de Eurostat]:

- ... Grecia solicitó el rescate de la UE en 2010 cuando alcanzó una Deuda Pública del 146% PIB [en 2013 fue el 173,9% del PIB]
- ... Portugal solicitó el rescate financiero de la UE en 2011, año en que alcanzo un deuda del 111% PIB.
- ... España solicitó el rescate financiero en 2012 que alcanzó una Deuda Pública del 84,4% [en 2013 fue el 92,1% del PIB].
- ... Chipre solicitó el rescate de la UE en 2012, año en que su Deuda alcanzó el 79,9% PIB.

El conjunto de los países anteriores muestra un rango de ratios Deuda/PIB previos a los rescates muy diferente, con un valor medio de 105,33%, que podemos considerar equivalente a un umbral de insostenibilidad. Este umbral [redondeado a 105%] proporciona valores consistentes cuando evaluamos los países de la UE-28.

PROPUESTAS DE AUTORES RECONOCIDOS

Encontramos dos propuestas de autores cuyos modelos ofrecen [en general] elevada consistencia:

- Prescott-Allen [2001:301] propone los siguientes valores:

- Un valor mínimo [que consideramos equivalente a un Umbral de insostenibilidad del 150%PIB [sugiriendo que el 80% PIB ya es un valor elevado]
- Un valor óptimo del 1%⁴⁴⁵
- SSI [2014] propone los siguientes valores:
 - como umbral de insostenibilidad 112%PIB
 - como objetivo de sostenibilidad 2,5%PIB

NIVELES DE DEUDA SOSTENIBLE PARA PAÍSES DE BAJOS INGRESOS

Se trata de valores para los cuales encontramos propuestas de umbrales de deuda pública potencialmente insostenibles del Fondo Monetario Internacional/Banco Mundial:

	DEUDA EXTERNA			DEUDA INTERNA (2)	TOTAL DEUDA
	[depende del nivel de fortaleza institucional y calidad de las políticas] (1)				
	Deficiente	Mediano	Firme		
Valor Presente [VP] deuda/PIB	30%	40%	50%	20-25%	50-75% (3) (4)
VP deuda/ingreso presupuestario	200%	250%	300%	92-167%	292-467%

FUENTE: FMI, 2014 con las siguientes notas:

(0) El Valor Presente equivale al Valor Actual Neto [VAN] o Valor Actual Descontado [VAD]

(1) FMI, 2014:2. Valores propuestos en 2005 por el FMI/BM en el 'Marco de Sostenibilidad de la Deuda' [MSD], en función de la 'fortaleza institucional' del país [a mayor fortaleza, mayor nivel de endeudamiento es admisible]. Sin embargo, KRAAY & NEHRU [2004:20] sugieren que:

- a. la importancia de la fortaleza institucional es en los países pobres o en vías de desarrollo, hace más conveniente establecer niveles adecuados para cada uno de ellos.
- b. la fortaleza institucional pierde relevancia para evaluar la sostenibilidad de la deuda de países ricos, en los cuales los indicadores de deuda tiene más importancia.

(2) DRI, 2007: 21

(3) El 60% incluido en el Tratado de funcionamiento de la Unión Europea [UE, 2010] se sitúa aproximadamente a mitad del rango.

(4) IMF&WB [2012:24] sugieren un rango algo más reducido de 38-74% en VP [o 50-75% en Valor Nominal]. Estos valores están calculados para una probabilidad de 'debt distress' del 18-22% [IMF&WB, 2012: 38]. 'A debt distress episode is defined as a period lasting three or more years in which at least one distress signal is observed' [IMF&WB, 2012: 39].

INCREMENTO DEL RATIO DEUDA/PIB EN PERIODOS DE CRISIS ECONÓMICA

La evolución de la Deuda Pública de los países europeos nos muestra que si sumamos los incrementos de deuda de cada país y luego hallamos el valor medio, obtenemos que en 2014 cada país habría sumado de media un 25,2% del PIB a su ratio Deuda/PIB de 2008⁴⁴⁶.

Dado que la valoración en términos de sostenibilidad económica requiere valorar las variaciones cíclicas de las variables relevantes si estas son previsibles, podemos proponer un Objetivo de Sostenibilidad como aquel valor cuyo incremento en una crisis del sistema mantendría al sistema por encima de los ratios de deuda sostenibles.

Adoptamos el ratio de deuda sostenible para una fortaleza institucional media [MSD] de un 40% como valor que no se debería sobrepasar en una crisis económica y obtenemos un Objetivo de Sostenibilidad del 15% Deuda/PIB.

⁴⁴⁵ El autor indica que en dicho momento el mínimo ratio Deuda /PIB del conjunto de las naciones se sitúa en el 6%.

⁴⁴⁶ Ello pese a que el PIB del conjunto en dicho periodo se ha incrementado el 13%.

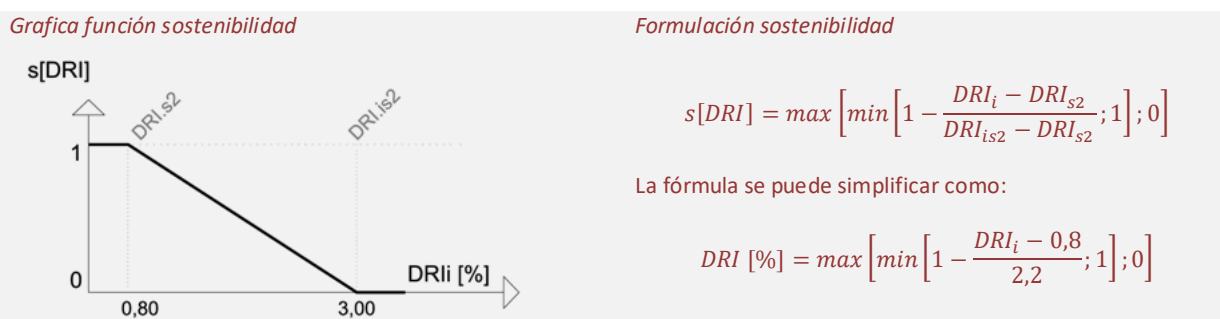
PROPUESTA DE LÍMITES

A partir de la revisión anterior, proponemos los siguientes dos límites

- Como Objetivo de sostenibilidad 'DRPs' establecemos el 15% del PIB.
- Como Umbral de insostenibilidad 'DRP_{is}' establecemos el valor medio de deuda registrado por los países de la UE rescatados 105% del PIB.

E.4.1.2 INDICADOR 'DEUDA PÚBLICA RESPECTO A INGRESOS' [DRI]

Informa del grado de sostenibilidad del Endeudamiento del sector Público. El Objetivo de Sostenibilidad 'DRI_s' es un endeudamiento inferior al 80% de los ingresos presupuestarios. El Umbral de Insostenibilidad 'DRI_{is}' se alcanza si el endeudamiento supera el 300% de los ingresos presupuestarios. La gráfica y fórmula de la función sostenibilidad tendrán la siguiente forma:



Siendo DRI [%]_ Indicador 'Deuda respecto a Ingresos'; DRI_i _ Endeudamiento Público en relación a los ingresos presupuestarios; DRI_s _ Objetivo de sostenibilidad en 'DRI' y DRI_{is} _ umbral de insostenibilidad de 'DRI'

OBSERVACIONES

Para el establecimiento de los límites de sostenibilidad /insostenibilidad hemos seguido dos procesos:

Para establecer el *Umbral de insostenibilidad* hemos revisado los ratios Deuda/Ingresos alcanzados por los gobiernos de los países rescatados [datos de Eurostat]:

- ... Grecia solicitó el rescate de la UE en 2010. No hemos encontrado datos para dicho año, pero en 2011 su ratio Deuda/Ingresos alcanzó el 391,22%.
- ... Portugal solicitó el rescate financiero de la UE en 2011, año en que su ratio Deuda/Ingresos alcanzó el 260,64% [en 2014 fue del 292,53%]
- ... España solicitó el rescate financiero en 2012 que su ratio Deuda/Ingresos alcanzó el 228,23% [en 2014 fue el 258,64%].
- ... Chipre solicitó el rescate de la UE en 2012, año en que su ratio Deuda/Ingresos alcanzó el 219,21% [en 2013 fue del 280,15%].

El valor ratio Deuda/Ingresos medio de los cuatro países anteriores en el momento de su rescate se sitúa en un valor del 274,83%, mientras que su ratio medio en 2014 se sitúa en un valor del 301%, prácticamente idéntico al umbral de insostenibilidad sugerido por FMI/BM para países con fortaleza institucional elevada.

Para establecer el *Objetivo de Sostenibilidad*, revisamos el incremento del ratio Deuda /Ingresos experimentado por los países rescatados, obteniendo que dichos países en 2014 han sumado como media el 170% al ratio Deuda/Ingresos presupuestarios que tenían en 2008.

En consecuencia, vamos a considerar el umbral propuesto por el FMI/BM para países con fortaleza institucional media [250%] y elegir como Objetivo de Sostenibilidad el ratio de Deuda que, si sufre dicho incremento, lleva al sistema como máximo hasta el valor 250%, obteniendo un 80% Deuda/Ingresos.

Por tanto establecemos los siguientes dos umbrales:

- Objetivo de Sostenibilidad $DRI_s=80\%$
- Umbral de Insostenibilidad $DRI_{is}=300\%$

Es importante considerar que numerosas transformaciones urbanas pueden modificar [incrementar o reducir] los Ingresos Presupuestarios⁴⁴⁷.

En este sentido, existe cierto debate sobre si contabilizar o no [y en caso afirmativo, cómo hacerlo] tres conceptos que no necesariamente constituyen ingresos, pero cuya valoración se considera necesaria por la función 'pública' de corregir fallos del mercado [Stiglitz, 2000]:

- Externalidades [pueden ser monetizables o no]⁴⁴⁸
- Tiempo de Ocio
- Aspectos no monetizables

En relación a estos últimos, se han propuesto diversos métodos para valorarlos:

TABLA E4.1.2-0_ MÉTODOS PARA LA VALORACIÓN DE ASPECTOS NO MONETIZABLES

VALORACIÓN CONTINGENTE	Se busca establecer un valor económico a partir de encuestas a los habitantes preguntando su valoración económica de dicha cuestión [e.g., cuánto valoran los habitantes de una ciudad la habilitación de un parque natural, ...] (1)
PRECIOS HEDONISTAS	Se calcula cuánto incrementa dicha cuestión el valor de venta o renta de un bien [e.g., cuánto se incrementa el valor de una vivienda si se cubre una vía de tren, o se sitúa una estación de tren al lado,....] (2)
COSTE DE OPORTUNIDAD	Se calcula el valor monetario al que una persona está dispuesta a renunciar para acceder a un determinado servicio [e.g., se calcula el valor del tiempo de ocio a partir del salario recibido por una persona en caso de dedicar ese tiempo a trabajar] (3).

FUENTES: Elaboración propia a partir de las siguientes fuentes:

- (1) Hanneman [1994] y Stiglitz [2000: 325]
- (2) Stiglitz [2000]; Florio [2003] y De Rus Mendoza et Al [2006]. Por ejemplo, se estima que la habilitación de una azotea ajardinada comunitaria en un inmueble, puede elevar el valor de dicho inmueble entre un 5% y un 15 [Florio, 2003: 131].
- (3) El problema que plantea es que requiere que la persona pueda realmente escoger entre dichas opciones [e.g., la mayoría de las personas no pueden transformar a voluntad tiempo de ocio en tiempo de trabajo remunerado –ni viceversa-].

Sin embargo, el criterio que vamos a utilizar en el presente modelo es contabilizar solo aquellas cuestiones que implican ingresos o gastos reales, por dos motivos⁴⁴⁹:

- Este indicador pretende valorar la sostenibilidad económica, y la contabilización de aspectos no monetizables podría hacer parecer económicamente sostenibles actuaciones que no lo son, pudiendo llevar a una reducción de la sostenibilidad económica tras su implementación, yendo así contra la propia lógica del indicador.

⁴⁴⁷ Alternativamente, pueden reducir los gastos, lo que presenta un efecto equivalente.

⁴⁴⁸ Por regla general, todo coste o beneficio social cuyas repercusiones se extiendan más allá del proyecto y afecten a otros agentes, sin que exista compensación, habrá de tenerse en cuenta en el ACB, además de los costes financieros [Florio, 2003: 34].

⁴⁴⁹ Adoptamos el criterio propuesto en Florio [2003: 34]: "En la medida de lo posible habrá que dar a las externalidades un valor monetario. Si esto no es posible, habrán de cuantificarse mediante indicadores no monetarios"

- El impacto positivo de las cuestiones no monetizadas ya está contabilizado en otros indicadores [sobre todo las dimensiones Q y M]; valorar también económicamente dichas cuestiones sería una doble contabilización de su impacto positivo.

Complementariamente, ciertas transformaciones urbanas plantean modificaciones del medio físico que pueden llevar implícito un carácter de ‘inversión’, llevándonos a la posibilidad de valorarlas en términos de ‘Valor Residual de la inversión’ o ingreso que se conseguiría con la venta del bien en el último año del Cv considerado [Florio, 2003: 27]⁴⁵⁰.

Sin embargo, preferimos no contemplarlo en lo relativo al sector inmobiliario, por los efectos negativos ya comentados anteriormente, y en el resto de sectores económicos no parece en general relevante [referido al sector público].

Es importante indicar que el coste de muchos servicios de la Administración depende del número de usuarios, y por tanto, cualquier transformación urbana que modifique el número de personas a las cuales debe proporcionar servicios la Administración estará modificando [incrementando o reduciendo] los gastos de la Administración:

Área de Gasto	Política de Gasto	Grupo de Programas. Denominación
1. SERVICIOS PÚBLICOS BÁSICOS	13. Seguridad y Movilidad Ciudadana	132 Seguridad y Orden Público
		133 Ordenación del tráfico y del estacionamiento.
		135 Servicio de extinción de incendios
		151 Urbanismo
		152 Vivienda
	15. Vivienda y Urbanismo	153 Acceso a la vivienda
		161 Saneamiento, abastecimiento y distribución de aguas.
		162 Recogida, eliminación y tratamiento de residuos.
		169 Otros servicios de bienestar comunitario.
		211 Pensiones
2. ACTUACIONES DE PROTECCIÓN Y PROMOCIÓN SOCIAL	21. Pensiones	221 Otras prestaciones económicas a favor de empleados
	23. Servicios Sociales y promoción social	231 Acción social
		233 Asistencia a personas dependientes
	31 Sanidad	312 Hospitales, servicios asistenciales y centros de salud
	3. PRODUCCIÓN DE BIENES PÚBLICOS DE CARÁCTER PREFERENTE	32 Educación
322 Enseñanza secundaria		
33 Cultura		332 Bibliotecas y Archivos
34. Deporte		333 Museos y Artes Plásticas
4. ACTUACIONES DE CARÁCTER ECONÓMICO	49 Otras actuaciones de carácter económico.	342 Instalaciones deportivas
		493 Oficinas de defensa al consumidor
9. ACTUACIONES DE CARÁCTER GENERAL.	92. Servicios de carácter general.	924 Participación ciudadana
		925 Atención a los ciudadanos

FUENTE: Compilación de datos de Marín y Roger [2011: 54-57]

- (0) Puede ser conveniente distinguir entre gastos municipales que se pueden recuperar cobrando una tarifa y aquellos que no [lo prohíbe el Art 21 del RDL 2/2004; Ley Reguladora de las Haciendas Locales]. Estos últimos necesariamente deberán ser cargados los presupuestos generales [MH, 2004. Art 21], y comprenden: Abastecimiento de aguas en fuentes públicas, Alumbrado de vías públicas, Vigilancia pública en general, Protección civil, Limpieza de la vía pública y Enseñanza obligatoria.

⁴⁵⁰ Aplicado al patrimonio público y privado de un país, nos permite entender que los países con mejor valor en la Dimensión Q [usualmente coincide con el concepto de ‘países desarrollados’] admiten mayor tasa de endeudamiento; su Deuda Pública se halla respaldada por un capital fijo más elevado [o en otros términos; dichos países ya han construido una parte elevada del capital fijo implícito en la idea de desarrollo, y por tanto han ‘liberado’ un mayor porcentaje de sus ingresos futuros].

Desde una perspectiva económica, las transformaciones urbanas podrán actuar sobre estos servicios de dos maneras:

- traspasando el coste de dicho servicios de la administración municipal a los habitantes
- reduciendo o eliminando la necesidad de prestación de alguno de dichos servicios.

En ambos casos el coste desplazado o ahorrado deberá ser contabilizado en las respectivas cuentas, y podrá dar lugar a subvenciones de diferente tipo, cuando la administración [i.e., el conjunto de la sociedad] se apropie del beneficio generado por un individuo concreto.

4.3.4.2 E4.2. INDICADOR ‘CARGA ECONÓMICA DE LOS HABITANTES’ [CH] [%] [U]

ÁREAS RELACIONADAS	Accesibilidad Universal, Estabilidad y Resiliencia Económica
FUENTES E INDICADORES RELACIONADOS	FHA. Risk Management Guidelines USHUD. Cost-Burdened Households Fannie Mae. Eligibility Matrix

DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD Y CÁLCULO DEL INDICADOR

Informa del grado en que la Carga Económica de los Habitantes acerca al sistema a su estado óptimo. El cálculo del indicador se hará mediante agregación aritmética ponderada de los indicadores de Nivel 4, E4.2_i, con la fórmula siguiente:

$$CH[\%] = \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^2 E4.2_i * ke_i \quad (38)$$

Siendo CH [%]_ Indicador ‘Carga Económica Habitantes’ y E4.2_i_ Indicadores de Nivel 4 del indicador E4.2

E.4.2.1_INDICADOR ‘CARGA VIVIENDA’ [CV]

Informa del grado de sostenibilidad que implica la carga económica del acceso a la vivienda en el área urbana. El cálculo del indicador se hará como una medida de grado de organización [agregación aritmética ponderada] a partir de los indicadores [de Nivel 5, CV_{ij}] que informan de la Carga Económica que acceder a la vivienda implica para cada quintil de renta de la población del área urbana, mediante la fórmula:

$$CV_i[\%] = \frac{1}{5} * \sum_{i=1}^5 CV_{ij} * Ke_{ij} \quad (39)$$

Siendo CV [%]_ Indicador ‘Carga Vivienda’ y CV_{ij}_ Indicadores de Nivel 4 del indicador E3.1.

Los indicadores para cada quintil de renta tienen dos límites. El Objetivo de Sostenibilidad CV_{s2} es que la carga de la vivienda sea inferior al 18% del SMI. El Umbral de Insostenibilidad CV_{is1} se alcanza cuando la carga de la vivienda alcanza o excede el 67,5% del SMI. Todos los indicadores tienen la misma gráfica y fórmula de la función sostenibilidad:

<p>Grafica función sostenibilidad</p>	<p>Formulación sostenibilidad</p> $s[CV] = \max \left[\min \left[1 - \frac{CV_i - CV_{is2}}{CV_{is2} - CV_{s2}}; 1 \right]; 0 \right]$ <p>La fórmula se puede simplificar como:</p> $CV[\%] = \max \left[\min \left[1 - \frac{CV_i - 0,18}{0,495}; 1 \right]; 0 \right]$
--	---

Siendo CV [%]_ Indicador ‘Carga Vivienda’; CV_i_ Carga Vivienda; CV_{s2}_ Objetivo de Sostenibilidad en ‘Carga Vivienda’ y CV_{is2}_ umbral de insostenibilidad en Carga Vivienda

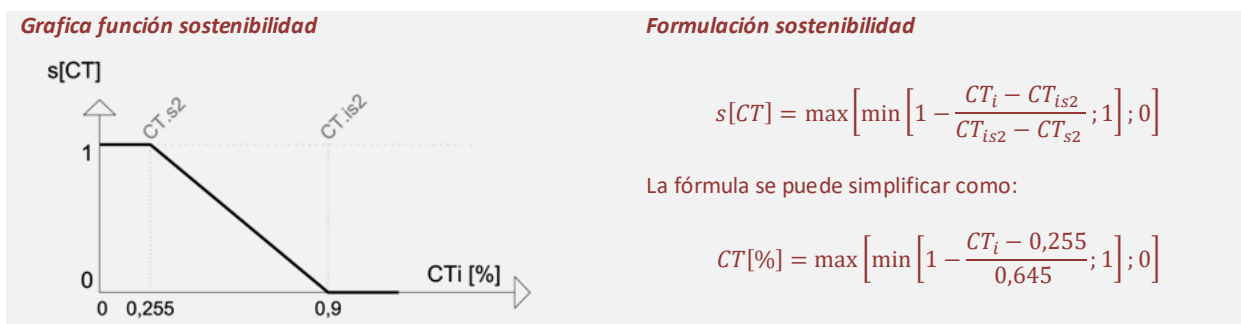
E.4.2.2_ INDICADOR 'CARGA VIVIENDA Y TRANSPORTE [CT]

Informa del grado de sostenibilidad que implica la Carga de acceder a la Vivienda y el Transporte para los habitantes del área urbana. El cálculo del indicador se hará como una medida de grado de organización [agregación aritmética ponderada] a partir de los indicadores [indicadores de Nivel 5, CT_{ij}] que informan de la sostenibilidad de la Carga de la Vivienda y el Transporte para los diferentes quintiles de renta en que se dividen los habitantes del área urbana.

$$CT_i [\%] = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m CT_{ij} * K e_{ij} \quad (40)$$

Siendo CT [%]_ Indicador 'Carga Económica de Vivienda y Transporte' y CT_{ij}_ Indicadores de Nivel 4 del indicador E4.2.

Los indicadores para cada quintil de renta tienen dos límites. El Objetivo de sostenibilidad CT_{s2} es no superar el 25,5% del SMI. El umbral de Insostenibilidad CT_{is2} se alcanza si supera el 90% del SMI. Todos los indicadores tienen la misma gráfica y fórmula de función sostenibilidad:



Siendo CT [%]_ Indicador 'Carga Vivienda y Transporte Habitantes'; CT_i_ Carga Vivienda y Transporte en relación al SMI; DT_{s2}_ Objetivo de Sostenibilidad en 'Carga Vivienda y Transporte' y CT_{is2}_ umbral de insostenibilidad en Carga Vivienda y Transporte

OBSERVACIONES

La Carga Económica de los habitantes es un indicador muy importante del grado de sostenibilidad económica de cada sociedad. La inmovilización [apalancamiento] en grado elevado de los ingresos de los habitantes implica numerosos impactos negativos; individuales y para el conjunto⁴⁵¹.

Sin embargo, la evaluación de los datos de países europeos muestra que la práctica habitual de evaluar el apalancamiento en relación a los ingresos [RND] no proporciona resultados consistentes. La RND de los habitantes puede sufrir fluctuaciones importantes lo largo del tiempo [se puede reducir mucho en los periodos recesivos –crisis–], mientras que el Coste de la Vivienda y el Transporte no necesariamente se reduce en los periodos recesivos [puede incrementarse].

Es decir, que si evaluamos la Carga Económica en relación a la RND, en los ciclos expansivos el indicador nos dirá que 'todo va muy bien', y en ciclos recesivos nos dirá que 'todo va muy mal'. Compa-

⁴⁵¹ Este apalancamiento puede referirse tanto a deuda como gastos que no constituyen deuda pero que no son prescindibles ni modificables a voluntad propia.

rar la Carga de Deuda con la RND nos permite saber en qué situación estamos en un momento dado, pero no la sostenibilidad en el tiempo de dicha situación⁴⁵².

Por ello, el diseño del indicador evalúa la Carga Económica en relación al Salario Mínimo Interprofesional [SMI], que presenta dos cualidades interesantes:

- *presenta una variación ‘estable’ a lo largo del tiempo, habitualmente limitada a incrementos anuales que compensan la inflación*⁴⁵³.
- su cuantía es decidida por el Gobierno, generalmente consultando a representantes de empleadores [empresas] y trabajadores [sindicatos], y refleja por tanto *la valoración real de la situación económica [y de su previsible evolución futura] por parte de los tres agentes económicos con mayor conocimiento de la misma*.

Además, los ratios Carga Económica/RND y Carga Económica/SMI comparten una parte de significado en cuanto a la evolución del sistema [su estado futuro], pero el segundo indicador proporciona mayor información:

- El ‘apalancamiento’ de los ciudadanos elevado respecto a la Renta Neta Disponible representa tres cuestiones negativas:
 - reducida calidad de vida, puesto que una elevada parte del ingreso se destina necesariamente a cubrir necesidades elementales.
 - reducida [o nula] capacidad de inversión, y por tanto de innovación, necesaria para mantener la competitividad frente a otras economías⁴⁵⁴.
 - reducida [o nula] capacidad de ahorro, y por tanto –resiliencia- ante crisis económicas cíclicas.
- Pero un ratio excesivo en relación al SMI implica todo lo anterior y además...
 - Elevada vulnerabilidad social [e.g., situación de exclusión social en caso de desempleo, ya que en periodos recesivos el empleo generado suele recibir menor salario].
 - Elevado riesgo para el sistema financiero y el sector público en caso de crisis económica.
 - Mayor tiempo necesario y dificultad para recuperarse después de un ciclo recesivo.
 - Mayor coste de oportunidad, reduciendo el porcentaje de ingreso futuro disponible para otros usos necesarios [tanto a nivel individual como a nivel del sistema en su conjunto]⁴⁵⁵.

⁴⁵² Por ejemplo, en el periodo 2005-2014 los cuatro países de la UE rescatados solo incrementaron su RND per cápita un 2% [la crisis de 2008 produjo una reducción del 10%], pero vieron incrementado el coste de la vivienda un 80% [media para los tres quintiles económicos inferiores de población –i.e., el 60% de habitantes con menores ingresos-] multiplicando su ratio CV/RND previo a la crisis por 1,75. Para que estos países no hubieran sobrepasado el umbral de Carga Excesiva de la UE [40-50%] hubieran tenido que partir de situaciones iniciales [2008] inferiores al 22%. Sin embargo, la media del ratio CV/RND en 2005 era el 33%, que implica un ratio CV/RND en 2014 del 58%.

⁴⁵³ Si revisamos el intervalo 2005/2010 para los países de la UE-28 [solo aquellos que tienen establecido SMI], el ratio Cv/RND se ha incrementado un 126%, mientras que el ratio Cv/SMI lo ha hecho solo el 106%. El ratio Cv/SMI presenta mucha mayor estabilidad.

⁴⁵⁴ Tanto la investigación como el desarrollo de nuevas iniciativas económicas requieren elevada inversión inicial, no disponible cuando todo el ingreso ya está comprometido.

LIMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

La importancia del apalancamiento de las personas es ampliamente aceptada. Sin embargo, aunque existen varias propuestas consistentes para evaluar el apalancamiento en relación a la RND, no hemos encontrado propuestas referidas al SMI. Por ello, para establecer los límites daremos dos pasos: primero revisaremos límites existentes en relación a la RND, y después los adaptaremos para referirlos al SMI.

LIMITES A LA CARGA ECONÓMICA QUE IMPONE LA VIVIENDA

Habitualmente se considera que la ‘carga de la vivienda’ no solo incluye el coste de la misma, sino también el de todos los servicios necesarios para su mantenimiento. Su importancia es que la vivienda [y gastos asociados] es una necesidad básica [no prescindible] que constituye el principal gasto de muchas personas, e incluye los siguientes conceptos:

TABLA E.4.2-0_ GASTOS QUE SE CONTABILIZAN COMO ‘VIVIENDA’	
Vivienda en propiedad	Hipoteca
	Segunda hipoteca o préstamos con garantía hipotecaria
	Impuestos sobre la propiedad inmobiliaria
	Seguro del hogar
	Comunidad de vecinos [si procede]
	Costo de hogar móvil [si procede]
Vivienda en alquiler	Suministros [Electricidad, Gas, Agua y Alcantarillado, y otros suministros –gasóleo, ...-] (1)
	Alquiler mensual
	Suministros [Electricidad, Gas, Agua y Alcantarillado, y otro suministros –gasóleo, ...-]

FUENTE: Schwartz & Wilson, 2008

Si la suma de los conceptos anteriores es un porcentaje elevado de los ingresos de los habitantes, supone una carga que limita el gasto disponible para otros conceptos diferentes a la vivienda, existiendo varias propuestas de umbrales:

TABLA E.4.2-1_ SIGNIFICADO DEL RATIO CARGA VIVIENDA/INGRESO			
	VIVIENDA ES ACCESIBLE (0)	CARGA ELEVADA	CARGA EXCESIVA
USHUD (1)	Cvív < 30% Ingresos (2)	30% < Cvív < 50% Ingresos	50% Ingresos < Cvív
UE	Cvív < 25% RND (3)		40% RND < Cvív

FUENTE: Compilación a partir de U.S. Department of Housing and Urban Development [USHUD] y Eurostat

(0) Se considera que una vivienda es económicamente accesible cuando su coste [compra o alquiler] posibilita el acceso a la misma de la mayoría de la población [Pitini, 2012:3]. Esto quiere decir que no es posible definir un umbral universal en relación a la RND media de un país, puesto que el porcentaje de la población que pueda acceder a dicha vivienda dependerá de la Distribución de la Renta: un mismo ratio implicará mayor dificultad de acceso cuando mayor sea la Concentración de la Renta.

(1) USHUD states that housing is “affordable” if no more than 30% of a household’s monthly income is needed for rent, mortgage payments and utilities. Households that are cost-burdened “may have difficulty affording necessities such as food, clothing, transportation, and medical care” [http://portal.hud.gov/].

(2) Complementariamente el indicador de gasto destinado a vivienda es un indicador de pobreza “the figure of 30% of income allotted to housing is often considered a critical value to determine whether a household falls below the poverty level” [Tanguay et al, 2009:5]

(3) El 25% de la RND es el primer escalón considerado por Eurostat en el apartado ‘Carga Económica de la Vivienda’.

Si adoptamos como límites valores intermedios entre las propuestas de la UE y USHUD, podemos considerar que si la vivienda requiere más del 27,5% de la RND [ingresos disponibles] constituye una carga que impide otros gastos necesarios para las personas [dificulta el acceso a bienes y servicios necesarios], y a partir del 45% empieza a configurarse como una barrera.

⁴⁵⁵ Reduciendo el consumo y capacidad de inversión futuros; el acceso a la educación, etc...

Complementariamente nos interesa valorar también el transporte dentro de este indicador, porque es un gasto en gran medida ligado a la actividad económica [gran parte del gasto en transporte es realizado para desplazarse al trabajo] y por su gran relación con la forma y opciones de movilidad urbana, habiendo encontrado dos parámetros de referencia:

- El modelo STAR [2014:24] propone el indicador ‘Housing affordability’, indicando que vivienda y transporte no deben superar el 45% de la mediana de ingresos de los habitantes⁴⁵⁶.
- El gasto medio en transporte de la UE ha constituido durante el periodo 2005-2014 el 9,13% de los ingresos de los ciudadanos.

LIMITES AL APALANCAMIENTO MÁXIMO DE LOS CIUDADANOS

Existen algunas propuestas de umbrales de Carga Total sostenible por parte de las personas, que suelen relacionarse con los umbrales máximos de endeudamiento admitidos para la concesión de créditos. Así, la **Federal Housing Association [FHA]** propone dos ratios [f/b] para evaluar la solvencia crediticia de las personas que son:

- *Front End Ratio*. Se refiere al coste de la vivienda [incluye hipoteca, seguro del hogar, impuestos sobre la propiedad y costes comunidad de vecinos]
- *Back End Ratio*. Se refiere al porcentaje de ingreso que se destina a pagar todos los costes recurrentes de deuda [incluye los anteriores y además cualquier coste de tarjeta de crédito, créditos de compra de coche, de estudios, pensiones de alimentación y juicios legales]

TABLA E.4.2-3_ UMBRALES DE ENDEUDAMIENTO MÁXIMO ADMISIBLE

	FRONT END RATIO	BACK END RATIO
FHA (1)	31%	43%
FANNIE MAE (2)	36%	48%

(1) La FHA [2013] propone que estos ratios se pueden incrementar por dos circunstancias:

- Si se trata de hipotecas de Viviendas Eficientes Energéticamente [los gastos de mantenimiento son menores], pueden llegar hasta 33%/45%
- Si se trata de personas con elevado índice crediticio [mayor a 580] y factores compensatorios [e.g., ahorros por valor de tres meses de pagos o compra de un hogar energéticamente eficiente] pueden llegar hasta un máximo de 40/50%.

(2) Umbrales de ratio Deuda/Ingreso para considerar una persona elegible para un crédito hipotecario [Fannie Mae, 2041].

Desde una interpretación flexible de ambos valores, vamos a considerar que el 12% de diferencia FER/FBR constituya el margen de apalancamiento disponible para el transporte.

LIMITES PARA LOS INDICADORES REFERIDOS A LA RND

A partir de las propuestas anteriores podemos proponer los siguientes límites de sostenibilidad/insostenibilidad en relación a la RND:

Para evaluar la **Carga de Vivienda**:

- Consideramos como Umbral de Insostenibilidad un valor intermedio entre el propuesto por la UE [40%] y los EEUU [50%] obteniendo un 45%
- Consideramos como valor 0,6 el valor límite propuesto por la UE para considerar una vivienda accesible [25%]⁴⁵⁷, y deducimos proporcionalmente el Objetivo de Sostenibilidad del 12%

⁴⁵⁶ En el original, se utiliza este criterio para evaluar la accesibilidad a la vivienda en las áreas urbanas.

Estos dos límites proporcionan valores consistentes con los datos de la UE-28 en el periodo 2005-2014⁴⁵⁸.

En cuanto a la **Carga Económica de Vivienda y Transporte**, podemos establecer los límites a partir de dos criterios:

- *Criterio 01: aplicando un incremento del 12% en relación a la Carga de la Vivienda en el umbral de 'accesibilidad' [valor 0,6].*
- *Criterio 02: buscando consistencia con los datos de la UE-28.* En el periodo 2005-2014 los países de la UE-28 han tenido de media un valor global 'E' [excluyendo la influencia de la Carga Económica] de aprox. 0,6. Si calculamos el indicador para el gasto medio en transporte de 9,13% obtenemos un valor muy elevado [78%], que se corrige si adaptamos ligeramente dichos valores.

TABLA E.4.2-4_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD CARGA VIVIENDA Y TRANSPORTE

	CRITERIO 01		CRITERIO 02	
	Incremento Gasto Transporte	Umbral Carga Vivienda + Transporte	Incremento Gasto Transporte	Umbral Carga Vivienda + Transporte
Objetivo Sostenibilidad	5,76%	17,75%	5%	17%
Límite Accesibilidad [CE=0,6]	12%	39,5%	9% (1)	36,5%
Umbral insostenibilidad	21,60%	66,7%	15%	60%

FUENTE: Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas
 (1) Vemos que el gasto medio en transporte en la UE se sitúa razonablemente cerca del 'umbral de accesibilidad'.

Los límites deducidos por tanto siguiendo el segundo criterio se parecen suficientemente a los obtenidos mediante el primer criterio, aportando la mayor solidez de la contrastación empírica. Por tanto los consideramos válidos para valorar la Carga Económica de Vivienda y Transporte referida a la RND.

Pero hemos indicado que no es el ratio Carga Económica/RND lo decisivo para evaluar la resiliencia de una economía, sino el ratio Carga Económica/SMI, haciendo necesario adaptar los valores anteriores, cuestión difícil por varios motivos:

- no todos los países han establecido un Salario Mínimo Interprofesional.
- el ratio SMI/Salario Medio presenta un rango variable, que no presenta correlación suficiente con la estabilidad de los países⁴⁵⁹.

Por ello vamos a hacer la adaptación siguiendo otra vez dos criterios diferentes.

⁴⁵⁷ CE>0,6 es una condición restrictiva que hemos establecido para acometer transformaciones urbanas, o expresado en otras palabras, los límites elegidos para el indicador solo permiten acometer transformaciones urbanas que mantengan o incrementan la accesibilidad a la vivienda, cumpliendo así los preceptos constitucionales.

⁴⁵⁸ La revisión de datos de la UE muestra que los países rescatados [que peor ratio Carga Económica/RND presentan tras la crisis] han visto reducido el 10% su RND per cápita, pero aumentado el coste de la vivienda el 22% en el periodo 2008-2014. Si establecemos como Objetivo que la vivienda siga siendo 'accesible' en tiempos de crisis [i.e., carga inferior a 25%RND], entonces el ratio máximo previo a una crisis será de 18,5%. Por tanto, si se hubiera cumplido el límite propuesto del 12%, los países rescatados hubieran preservado la accesibilidad a la vivienda.

⁴⁵⁹ En la UE-28 durante el periodo 2005-2014 el ratio SMI/Salario Medio se sitúa en el rango 30%-50%, con un mínimo de 30,1% [Rumania, 2008] y un máximo de 50,7% [Grecia 2009]

El primero es tomando el ratio medio SMI/RND per cápita de la UE-28 [SMI=40,7% de RND per cápita] obteniendo un ratio de 2,5 por el cual multiplicamos los valores anteriores. Sin embargo, este criterio plantea dos cuestiones sin resolver:

- el ratio SMI/RND per cápita posee diferente significado según la Desigualdad en la Distribución del Ingreso que haya en cada sociedad.
- los datos muestran que la carga de vivienda es mayor cuanto menor es el ingreso

Por ello vamos a plantear un segundo criterio que se relaciona con la definición de ‘vivienda accesible’ como aquella a la cual podría acceder la gran mayoría de la población. Esto nos lleva a revisar el ratio SMI/RND para los tres quintiles de población con menor renta [representa aprox. el 70% de los habitantes], obteniendo un ratio de 1,5.

TABLA E4.2-5_ POSIBLES LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

	VIVIENDA		VIVIENDA + TRANSPORTE	
	Objetivo Sostenibilidad	Umbral Insostenibilidad	Objetivo Sostenibilidad	Umbral Insostenibilidad
RND	12%	45%	17%	60%
SMI [ratio 2,5]	30%	112,5% (1)	42,5%	150,0% (1)
SMI [ratio 1,5] (2)	18,0%	67,5%	25,5%	90,0%

FUENTE: Elaboración propia

(1) Estos valores parecen inaceptables desde cualquier perspectiva, por tanto los descartamos.

(2) Ratios para el periodo 2005-2014, calculados considerando solo los países de la UE que tienen establecido SMI : Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Estonia, France, Germany [descontándole la inflación del valor de 2015], Greece, Hungary, Ireland, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain y United Kingdom

Los umbrales de insostenibilidad obtenidos siguiendo el primer Criterio [ratio 2,5] no parecen aceptables desde ninguna perspectiva, mientras que los obtenidos siguiendo el segundo criterio [ratio 1,5] –aunque algo elevados en el límite de apalancamiento del 90% del SMI- proporcionan valores consistentes con las evaluaciones de los datos disponibles. Por tanto, los aceptamos como límites de sostenibilidad e insostenibilidad para los dos indicadores.

TABLA E4.2-6_ LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD/INSOSTENIBILIDAD

	VIVIENDA		VIVIENDA + TRANSPORTE	
	Objetivo Sostenibilidad	Umbral Insostenibilidad	Objetivo Sostenibilidad	Umbral Insostenibilidad
	18,0%	67,5%	25,5%	90,0%

FUENTE: Elaboración propia

(1) En aquellos países en los que no exista SMI, podrá calcularse el ratio en relación a los ingresos medios de los tres quintiles inferiores de renta, divididos entre 1,5.

Una cuestión que puede plantearse es que aparentemente, el indicador ‘Carga Vivienda’ valora aspectos ya contemplados por el indicador ‘Carga Total’, y podría eliminarse del modelo. Sin embargo, se mantiene por dos motivos:

- la carga que impone la vivienda a los habitantes es en gran medida generada por el sector privado [cuando el sector público entra en el mercado de la vivienda, lo hace con intención –y precios- sociales, y la Carga Económica resultante es reducida]
- frente a ellos, la carga del transporte va en gran medida ligada al sector público, como gestor de las redes de transporte/transportes públicos.

Por tanto, ambos parámetros no son totalmente intercambiables; un valor bueno del indicador Carga Total podría estar ocultando un coste del transporte muy reducido [que implique un elevado coste

para el Sector Público] y una Carga de la Vivienda muy elevada [que implique un gran beneficio para ciertos agentes –no todos- del sector Privado].

Por ello consideramos necesario evaluar ambas cuestiones por separado.

En el caso de transformaciones urbanas que impliquen costes de implantación importantes cuya repercusión sobre el ‘endeudamiento’ sea conveniente evaluar, establecemos periodos de amortización de Deuda equivalentes al Ciclo de Vida, que consideramos entre 20 y 30 años, en función de la estrategia evaluada⁴⁶⁰.

⁴⁶⁰ Periodo sugerido por ISPA [Instrumento Estructural de Preadhesión, Unión Europea], que indica que “aun cuando la duración de los activos materiales pueda ser mucho mayor — e.g., un puente puede mantenerse en pie 100 años — carece de sentido, en general, hacer previsiones de períodos más dilatados” [Florio, 2003: 22].

5 INDICADORES DE EVALUACIÓN/VARIACIÓN: PARÁMETROS PARA LA DECISIÓN

Estos indicadores nos permiten modelizar la variación del sistema entre dos estados [pasado, presente o futuro previsible/posible] del sistema. No son por tanto indicadores de sostenibilidad [en los términos en que se define en Alvira, 2014^a], sino indicadores que informan de la variación de sostenibilidad del sistema [o de variables relevantes para la misma].

Nos servirán para describir las diferencias entre dos estados posibles del sistema, y tendrán tres aplicaciones principales:

- cuando comparemos un estado pasado con un estado presente nos permitirán caracterizar tendencias pasadas, y detectar correlaciones.
- cuando comparemos el estado presente de un sistema con su estado futuro previsto siguiendo el curso actual [BAU], nos permitirá prever la sostenibilidad de su desarrollo.
- cuando comparemos el estado futuro previsto de un sistema con otros estados futuros posibles, nos permitirá elegir las transformaciones que más incrementen su sostenibilidad.

Se trata por tanto de indicadores cuya función es permitirnos comparar dos estados posibles de un sistema, y es necesario tener en cuenta que numerosas de las cuestiones valoradas por el modelo no son intercambiables, lo que va a obligar a comparar la variación de indicadores en más de un nivel:

- ciertas cuestiones podrán considerarse valoradas en la variación del valor global [S]
- ciertas cuestiones requerirán revisar la variación de indicadores de especial relevancia
- ciertas cuestiones requerirán imponer condiciones que aplican a todos los indicadores del modelo [i.e., implican de facto revisar la variación del valor de todos los indicadores]

En total, estableceremos ocho ‘condiciones restrictivas’, siete de las cuales serán ‘indicadores de variación’ y una que será una condición que aplica a todos los indicadores del modelo.

TABLA 5-1_ PARAMETROS DECISION/CONDICIONES RESTRICTIVAS

Condición	Aplica a ...	
01 Incremento de Sostenibilidad	Indicador Agregado S	$\Delta S \geq 0$
02 Calidad y Habitabilidad	Dimensión Q	$Q_2 > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$
03 Sostenibilidad Metabolismo	Dimensión M	$M_2 > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$
04 Sostenibilidad Económica	Dimensión E	$E_2 > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$
05 Consumo Energía no Renovable	Indicador ENR	$ENR_2 > 0,75$ o $\Delta ENR \geq 0$
06 Distribución Ingreso	Indicador DI	$DI_2 > 0,7$ o $\Delta DI \geq 0$
07 Carga Económica	Indicador CE	$CE_2 > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$
08 No intercambiabilidad de indicadores	Todos los indicadores	$I_2 > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$
09 Esfuerzo Económico	EE	$EE_2 > 0\%$

FUENTE: Elaboración propia

Designamos con la letra 1 el momento temporal presente o futuro previsto según el curso actual del sistema, y con el numero 2 los diferentes escenarios a evaluar, que describen ‘otros estados posibles’ del sistema. Vamos a revisarlos con algo más de detalle.

5.2.1 INCREMENTO DE SOSTENIBILIDAD [ΔS]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben incrementar su sostenibilidad respecto al estado actual o al que sería previsible que el sistema alcanzara si no se interviene [de lo contrario no tendría sentido acometerlas], lo que formalizamos como:

$$\Delta S > 0 \quad (4)$$

Y el cálculo de ΔS se hará mediante la fórmula:

$$\Delta S[\%] = (1 - S_1) * k_{u_1} - (1 - S_2) * k_{u_2} \quad (5)$$

Siendo ΔS [%]_ Indicador 'Variación Sostenibilidad'; S_2 _ indicador 'Sostenibilidad' en el momento temporal 2; S_1 _ indicador 'Carga Económica' en el momento temporal 1 y $k_{u_}$ los coeficientes por traspaso de umbral

Dado que S es altamente improbable que tenga un valor inferior a 0, en general la formula anterior se podrá simplificar como:

$$\Delta S[\%] = S_2 - S_1 > 0 \quad (6)$$

5.2.2 VARIACIÓN DE CALIDAD Y HABITABILIDAD [ΔQ]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben llevar a un estado de elevada Calidad y Habitabilidad [$Q \geq 0,7$], o si esto no fuera posible [si el sistema se encuentra o se espera encontrar en una situación de reducida Calidad y Habitabilidad] entonces deben incrementarla o al menos preservarla. Podemos formalizarlo como:

$$Q_2 \geq 0,7 \vee \Delta Q \geq 0 \quad (7)$$

Y el cálculo de ΔQ se hará mediante la fórmula:

$$\Delta Q[\%] = (1 - Q_1) * k_{u_1} - (1 - Q_2) * k_{u_2} \quad (8)$$

Siendo ΔQ [%]_ indicador 'Variación de Calidad y Habitabilidad del Área Urbana'; Q_2 _ indicador Calidad y Habitabilidad del Área Urbana en el momento temporal 2; Q_1 _ indicador Calidad y Habitabilidad del Área Urbana en el momento temporal 1 y $k_{u_}$ los coeficientes por traspaso de umbral

Este indicador y el indicador ΔE valoran las cuestiones más 'visibles' de las intervenciones urbanas; informan de la 'deseabilidad social' de las transformaciones urbanas. La mayoría de las cuestiones medidas por Q son deseables –y compartidas- por toda la población; i.e., **Q representa la componente compartida del desarrollo urbano [y humano]**.

Complementariamente, desde una perspectiva económica, casi todos los incrementos de Q [$\Delta Q > 0$] son interpretables como un 'incremento del valor del capital artificial del sistema'.

5.2.3 VARIACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL METABOLISMO [ΔM]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben llevar a un estado de elevada Sostenibilidad de su Metabolismo [$M \geq 0,7$], o si esto no fuera posible [si el sistema se encuentra o se espera encontrar en una situación de reducida Sostenibilidad del Metabolismo] entonces deben incrementarla o al menos preservarla. Podemos formalizarlo como:

$$M_2 \geq 0,7 \vee \Delta M \geq 0 \quad (9)$$

Y el cálculo de ΔM se hará mediante la fórmula:

$$\Delta M[\%] = (1 - M_1) * k_{u_1} - (1 - M_2) * k_{u_2} \quad (10)$$

Siendo ΔM [%]_ Indicador 'Variación de la Sostenibilidad del Metabolismo del Área Urbana'; M_2 _ indicador sostenibilidad del Metabolismo Urbano en el momento 2; M_1 _ indicador sostenibilidad del Metabolismo Urbano en el momento 1 y $k_{u_}$ los coeficientes por traspaso de umbral

El indicador ' ΔM ' valora en qué grado cada modelo urbano es compatible con la sostenibilidad del medio ambiente. Dado que en general la huella ecológica de las áreas urbanas de los países desarrollados supera ampliamente la capacidad disponible en el medio [su valor es muy inferior a 0.7], $\Delta M \geq 0$ se convierte en condición necesaria en cualquier propuesta de transformación urbana.

5.2.4 VARIACIÓN DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA [ΔE]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben llevar a un estado de elevada Sostenibilidad Económica [$E \geq 0,7$], o si esto no fuera posible [si el sistema se encuentra o se espera encontrar en una situación de reducida Sostenibilidad Económica] entonces deben incrementarla o al menos preservarla. Podemos formalizarlo como:

$$E_2 \geq 0,7 \vee \Delta E \geq 0 \quad (11)$$

Y el cálculo de ΔE se hará mediante la fórmula:

$$\Delta E[\%] = (1 - E_1) * k_{u_1} - (1 - E_2) * k_{u_2} \quad (12)$$

Siendo ΔE [%]_ Indicador 'Variación Sostenibilidad Económica'; E_2 _ indicador 'Sostenibilidad Económica' en el momento temporal 2; E_1 _ indicador 'Sostenibilidad Económica' en el momento temporal 1 y $k_{u_}$ los coeficientes por traspaso de umbral

El indicador ΔE valora en qué grado la economía de cada modelo urbano es sostenible, y se desliga de los indicadores económicos habituales, orientados fundamentalmente a la medida del 'crecimiento económico'. Los incrementos de Sostenibilidad Económica se podrán conseguir de diferentes maneras, muchas de ellas siendo independientes del crecimiento:

- Incrementos de Renta [siempre y cuando la Carga Económica y Desigualdad decrezcan, se mantengan constantes o crezcan en menor medida].

- Incrementos de la Eficiencia del Sistema; cualquier reducción de los 'Costes de mantenimiento habitual del sistema [gastos públicos y privados] produce un incremento del indicador.
- Optimización de la Distribución del Ingreso y el Coste de la Vida.
- Optimización de la Estructura Económica
- ...

5.2.6 VARIACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA NO RENOVABLE [ΔENR]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben llevar a un estado de reducido Consumo de Energía no Renovable [$ENR \geq 0,75$], o si esto no fuera posible [si el sistema consume o espera consumir excesiva Energía no Renovable] entonces deben reducirlo o al menos no incrementarlo. Podemos formalizarlo como:

$$ENR_2 > 0,75 \vee \Delta ENR \geq 0 \quad (13)$$

Y el cálculo de ΔENR se hará mediante la fórmula:

$$\Delta ENR[\%] = (1 - ENR_1) * k_{u_1} - (1 - ENR_2) * k_{u_2} \quad (14)$$

Siendo $\Delta ENR[\%]$ Indicador 'Variación de la Sostenibilidad del Consumo de ENR; ENR_2 _ Sostenibilidad del Consumo de ENR en el momento temporal 2; ENR_1 _ Sostenibilidad del Consumo de ENR en el momento temporal 1 y k_u los coeficientes por traspaso de umbral

Constituye una condición restrictiva por la urgencia de reducir el Consumo de ENR, que solo hace aceptable incrementarlo en situaciones de muy reducido consumo, en las cuales puede ser necesario incluso para la fase inicial de implementación de ER. Las transformaciones deben facilitar la transición del sistema hacia la ER.

5.2.6 VARIACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO [ΔDI]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben llevar a un estado de óptima Distribución del Ingreso [$DI \geq 0,7$], o si esto no fuera posible [si el sistema se encuentra o se espera encontrar en una situación de excesiva Concentración del Ingreso] entonces deben incrementarla o al menos preservarla. Podemos formalizarlo como:

$$DI_2 > 0,7 \vee \Delta DI \geq 0 \quad (15)$$

Y el cálculo de ΔDI se hará mediante la fórmula:

$$\Delta DI[\%] = (1 - DI_1) * k_{u_1} - (1 - DI_2) * k_{u_2} \quad (16)$$

Siendo $\Delta DI [\%]$ Indicador 'Variación de la Distribución del Ingreso; DI_2 _ Distribución del Ingreso en el momento temporal 2; DI_1 _ Distribución del Ingreso en el momento temporal 1 y k_u los coeficientes por traspaso de umbral

Constituye una condición restrictiva por varias cuestiones:

- su vinculación con la capacidad de ahorro y recuperación ante crisis económicas

- su vinculación con el Salario Mínimo Interprofesional

Complementariamente, la valoración de la Desigualdad en el acceso al Ingreso nos permite considerar S una función social del bienestar en los términos propuestos por Sen [1998].

5.2.7 MANTENIMIENTO O MEJORA DE LA CAPACIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA [ΔCE]

Las transformaciones de los sistemas urbanos deben preservar una Capacidad Económica alta o si esto no fuera posible [si el sistema se encuentra en una situación inicial de excesiva Carga Económica] entonces deben preservarla o incrementarla. Podemos formalizarlo como:

$$CE_2 \geq 0,6 \vee \Delta CE \geq 0 \quad (17)$$

Y el cálculo de ΔCE se hará mediante la fórmula:

$$\Delta CE[\%] = (1 - CE_1) * k_{u_1} - (1 - CE_2) * k_{u_2} \quad (18)$$

Siendo ΔCE [%]_ Indicador 'Variación Carga Económica'; CE_2 _ indicador 'Carga Económica' en el momento temporal 2; CE_1 _ indicador 'Carga Económica' en el momento temporal 1, y $k_{u_}$ los coeficientes por traspaso de umbral

Constituye una condición restrictiva por varias cuestiones:

- su relación con la capacidad de las sociedades de decidir su futuro autónomamente.
- su vinculación con la resiliencia económica de las sociedades.

5.2.8 NO INTERCAMBIABILIDAD DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Las condiciones anteriores restringen [definen un espacio] de posibles variaciones del valor de los indicadores de nivel inferior a los cuales comprenden, pero no imposibilitan que un indicador reduzca su valor si otro [u otros] indicador[es] compensan dicha reducción con un incremento suficiente. Permiten que una transformación urbana empeore ligeramente un indicador que presente un valor muy elevado, si con ello mejora un indicador [o varios] con valor inicial muy reducido⁴⁶¹.

Sin embargo, la especificidad de las cuestiones medidas hace conveniente excluir ciertas posibilidades del espacio de posible compensación entre indicadores, lo que hacemos estableciendo una condición complementaria que aplica a cualquier indicador cuyo máximo rango de influencia sobre el valor global supere el 1%.

$$\forall i: R_i \geq 1,00\% \rightarrow I_{i_2} > 0,5 \vee \Delta I_i \geq 0 \quad (19)$$

Y el cálculo de ΔI se hará mediante la fórmula:

$$\Delta I_i[\%] = (1 - I_{i_1}) * k_{u_1} - (1 - I_{i_2}) * k_{u_2} \quad (20)$$

Siendo ΔI [%]_ Variación Indicador de sostenibilidad 'i'; I_{i_2} _ Indicador de sostenibilidad 'i' en el momento temporal 2; I_{i_1} _ Indicador de sostenibilidad 'i' en el momento temporal 1, y $k_{u_}$ los coeficientes por traspaso de umbral

⁴⁶¹ Algo implícito en las fórmulas de agregación utilizadas, y la marginalidad decreciente de la sostenibilidad.

Es decir, consideramos que ninguna transformación urbana debe llevar a un estado final en el que un indicador reduzca su valor, si su estado final implica mayor insostenibilidad que sostenibilidad del sistema⁴⁶² [i.e., se sitúa por debajo del valor 0.5].

5.2.9 ESFUERZO ECONÓMICO [EE]

Indica el Esfuerzo Económico necesario para implementar cada transformación urbana, constituyendo así un parámetro clave para determinar la ‘viabilidad’ de los diferentes escenarios. Lo obtenemos como suma de todos los gastos necesarios para implementar cada transformación evaluada, entre el total de Recursos Disponibles.

$$Ee [\%] = \frac{1}{RD} * \sum_{i=1}^n G_i \quad (21)$$

Siendo Ee_ indicador ‘Esfuerzo Económico’; Gi_ gastos asociados a la estrategia que permite alcanzar el escenario evaluado y RD_ Recursos Económicos Disponibles

El Esfuerzo Económico se diferencia del resto de indicadores del modelo porque no es un indicador de sostenibilidad, sino económico, y sigue una lógica contraria; un valor 0% es mucho mejor que un valor 100%.

El Esfuerzo Económico global asociado a las diferentes transformaciones urbanas posibles condiciona su viabilidad, y será necesario tener en cuenta dos cuestiones:

- Suele existir un umbral a partir del cual una transformación no es económicamente posible
- Suele existir un rango difuso de ‘Esfuerzo Económico’ en el cual las transformaciones son ‘más o menos’ posibles

Marín y Roger [2011] proponen una metodología para estimar el límite de la inversión municipal disponible, que resultaría de restar a los ‘Ingresos Corrientes’ los Gastos Corrientes’ y dividir el resultado entre el número de habitantes. Lo multiplicamos por los habitantes en el Ámbito, y obtenemos el presupuesto municipal disponible para invertir anualmente.

TABLA EE-0_ PRESUPUESTO CONSOLIDADO AYUNTAMIENTO DE MADRID 2011

Total Ingresos Corrientes	4.186.749.007 €/año
Total Gastos Corrientes	3.645.830.613 €/año
Diferencia [Disponible Para Inversión Municipal]	540.918.394 €/año
Ratio Por Habitante (0)	165 €/año
FUENTE: Elaboración propia a partir del Presupuesto Consolidado del Ayuntamiento De Madrid 2011 [Área de Gobierno de Hacienda y Administración Pública, Dirección General de Política Financiera.]	
(0) Puede ser necesario contrastar este cálculo con la serie histórica, por cuanto el mismo cálculo para el año anterior arroja un ratio considerablemente menor de 33 €/hab/año	

Este ratio debería ser completado con los Recursos Económicos Privados Disponibles, que podemos estimar restando a la Renta Neta Disponible per cápita el IPREM *12 [o el Coste de la Vida].

⁴⁶² Supone una reinterpretación del Criterio de mejora de Pareto aplicado a la toma de decisiones multicriterio. Solo quedan excluidos indicadores con muy reducida influencia sobre el valor global.

La suma de ambos nos da el total de **Recursos Económicos Disponibles**, permitiéndonos establecer un porcentaje máximo para la evaluación de la viabilidad económica de las transformaciones. El valor obtenido representa el presupuesto total para inversión disponible en el Área Urbana, que debe ser repartido entre diferentes áreas de actuación lo que generalmente es realizado por diferentes técnicos municipales, revisando las previsiones de gastos, asignando los Recursos Disponibles a las diferentes partidas,...

Esto quiere decir que consideramos que el Esfuerzo Económico máximo para la transformación que se evalúa debe estar establecido previamente a la implementación de la presente metodología.

6 METODOLOGÍA OPERATIVA DE APLICACIÓN DEL MODELO

El modelo 'meta[s]' se ha diseñado pensando en cuatro aplicaciones fundamentales, que son las siguientes:

- Evaluar la sostenibilidad actual de áreas urbanas o ciudades, y establecer prioridades de intervención.
- Estimar la sostenibilidad de desarrollos urbanos desde la fase de diseño, y evaluar diseños alternativos.
- Estimar el impacto de diferentes transformaciones urbanas:
 - Políticas y proyectos de renovación urbana.
 - Implantación generalizada de productos comerciales.
- Ayudar en la Formulación de políticas urbanas y planes estratégicos, permitiendo la valoración cuantitativa de sus efectos previsibles sobre la sostenibilidad.

Para todas estas aplicaciones, el modelo requiere la formulación de 'escenarios' que serán de dos tipos: escenarios de referencia y escenarios de evaluación.

- Los **Escenarios de Referencia** son dos:
 - *Escenario Base [E00]*. Representa la situación actual del área. Se elaborará para todas las aplicaciones que se refieren a áreas urbanas actualmente existentes.
 - *Escenario Tendencial [ET]*. Representa el futuro que se producirá en el área urbana si no se introducen medidas diferentes de las actuales⁴⁶³.
- Los **Escenarios de Evaluación** podrán ser tantos como se quiera, aunque un número muy elevado [superior a 15] puede complicar la aplicación del modelo. Se denominarán con números sucesivos [E-01, E-02,....E-n], y describirán cada una de las opciones posibles.

Previamente a describir la aplicación de la herramienta vamos a revisar las características que deben tener los Escenarios de Evaluación.

6.0 ESCENARIOS DE EVALUACIÓN: FUTUROS POSIBLES

El 'diseño de escenarios' es un método habitual en métodos de evaluación que comparan estados posibles de sistemas como estrategia para la toma de decisiones, lo que se hace a partir del nivel de preferencia de las diferentes opciones:

- Los *Escenarios de referencia* son la evaluación del estado actual del sistema y predicción de su estado futuro según el curso actual del sistema.
- Los *Escenarios de Evaluación* son 'alternativas de futuro' cuya utilidad es mejorar nuestra comprensión de las consecuencias futuras de las acciones actuales⁴⁶⁴.

⁴⁶³ Equivale a lo que se suele llamar 'Situación sin cambios' o 'Business as Usual' [BAU]. La dificultad de predecirlo, hace que en la mayoría de los casos pueda considerarse el Escenario Actual [E00] como Escenario Tendencial.

⁴⁶⁴ "Los escenarios [...] representan una serie de alternativas de futuro [...] Pueden ser utilizados para mejorar nuestra comprensión de [...] el impacto potencial de políticas específicas" [WWF 2012: 98]

Los escenarios constituyen opciones que posibilitan el análisis comparado y nos permiten elegir la opción o combinación de opciones óptima o sostenible; i.e., más beneficiosa para el sistema.

Estos escenarios u opciones se identifican con el concepto de ‘visiones urbanas’ y la teleología de los Sistemas Adaptativos; *gran parte del estado futuro de estos sistemas se vincula a sus decisiones, permitiéndoles establecer ‘metas’ y orientar el cambio hacia ellas.*

MEA [2005:100] sugiere que es importante tener presente cuatro cuestiones en el diseño/evaluación de escenarios⁴⁶⁵:

- Los escenarios individuales, representan ‘proyecciones’ condicionales a partir de asunciones específicas, e incorporan cierto grado de incertidumbre derivado de nuestro desconocimiento de algunas cuestiones de los ecosistemas naturales y humanos.
- Existe incertidumbre al trasladar resultados obtenidos de escenarios aplicados en una escala a otras diferentes.
- Los escenarios casi siempre incorporan cuestiones escondidas difíciles de articular entre sí.
- Los escenarios siempre han tendido a incorporar mejor la modelización de los aspectos medioambientales que de los aspectos sociales.

Adicionalmente, el nivel de definición de los escenarios debe ser suficiente para poder compararlos en profundidad con situaciones urbanas [reales/previstas], lo que nos permite interpretarlos como ‘diseños urbanos posibles’, y por ello para su diseños podremos utilizar las técnicas habituales de diseño urbano, que deberán...

... proporcionar la información propia de los diseños urbanos, con suficiente nivel de detalle [planos, cálculos económicos, etc....] para poder ser valorados en todas las variables relevantes [medioambientales, sociales y económicas].

... contemplar los efectos sobre todas las variables relevantes para la sostenibilidad, lo que exige que necesariamente se formulen acompañados de las ‘estrategias’ que se proponen para alcanzarlos⁴⁶⁶.

Esta inseparabilidad ‘Escenario-Estrategia’ es fundamental. Mientras el primero se relaciona con las cualidades que debe tener una ciudad sostenible, el segundo se relaciona con las ‘estrategias para hacer más sostenibles las ciudades’, cuestiones ambas revisadas anteriormente.

En el diseño de escenarios hay que destacar dos cuestiones que maximizan *la viabilidad técnica y social de las transformaciones urbanas*:

- Es fundamental que sea realizado por un equipo técnico cualificado, trabajando con la tecnología y medios disponibles en el momento de la redacción, evitando hacer previsiones no factibles o en base a tecnologías no disponibles todavía.

⁴⁶⁵ MEA [2005:100] indica que “los Escenarios de Evaluación conllevan cierta incertidumbre, que deriva de nuestra propia falta de conocimiento de las respuestas tanto de los sistemas ecológicos como de las personas ante determinados cambios”

⁴⁶⁶ La estrategia para alcanzar cada escenario puede condicionar el coste económico y viabilidad de cada escenario. Esto nos llevara a identificar en muchas ocasiones ambos términos; hablar de escenario o estrategia indistintamente.

- Es igualmente importante que se implementen sistemas para permitir la participación ciudadana que permitan a dicho equipo técnico conocer aspectos ‘poco visibles’ de la realidad local y las preferencias/preocupaciones concretas de sus habitantes⁴⁶⁷.

Por otra parte, se plantea la dificultad de compatibilizar el ya comentado ‘carácter cambiante de las áreas urbanas’ con el diseño de escenarios que supone un ‘diseño fijo y determinado’⁴⁶⁸ a realizar durante un plazo que puede ser elevado.

En este sentido, el equipo técnico deberá buscar el equilibrio entre la suficiente ‘definición’ de los escenarios y la flexibilidad de su evolución posterior; “la ciudad nunca tiene una forma acabada salvo que se convierta en un museo, pero sí tiene una forma general temporal en cualquier etapa de su desarrollo” [Frey, 1999]

6.1 EVALUACIÓN DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DE ÁREAS URBANAS EXISTENTES

Será necesario evaluar el Área Urbana en cada uno de los aspectos valorados por los indicadores del modelo. Calcularemos primero los *indicadores elementales* [referidos directamente a información del área] y posteriormente los *indicadores no elementales* [que obtendremos mediante diferentes agregaciones de otros indicadores], hasta al *indicador global ‘S’* que nos informará del Grado de Sostenibilidad del área urbana⁴⁶⁹.

El interés de esta evaluación es doble:

- Nos permite detectar y establecer áreas y prioridades de intervención, a partir de los valores de los indicadores.
- En ausencia de un Escenario Tendencial, constituirá el Escenario Base contra el cual evaluaremos el impacto de las transformaciones urbanas.

Sin embargo, el hecho de que el modelo se estructure en niveles, hace que unos indicadores puedan tener una influencia muy diferente sobre el valor global, y en consecuencia un valor muy reducido de un indicador puede representar una gran prioridad de actuación o no, dependiendo de la influencia de dicho indicador sobre el valor global.

Por ello, la prioridad de actuar sobre cada indicador no la estableceremos directamente a partir de su valor, sino calculando su ‘espacio de mejora potencial’; i.e., la modificación del valor de ‘S’ que podríamos obtener actuando sobre dicho indicador:

$$P[I_i] = [1 - I_i] * k_{u_i} * R_i \quad (41)$$

Siendo $P[I_i]$ espacio de mejora potencial, I_i cada uno de los indicadores del modelo y R_i rango de influencia del indicador sobre ‘S’ en situación de equilibrio.

⁴⁶⁷ “La Participación sirve a los planificadores para obtener información del entorno en el que van a trabajar; [...] y a los ciudadanos que participan, para expresar sus preocupación y aumentar su vinculación con el proyecto” [LCF, 2004]

⁴⁶⁸ “la forma de la ciudad nunca está acabada, siempre está cambiando [mientras que] el diseño tiende a congelar la forma y la estructura, y a impedir que la ciudad se adapte a las condiciones socio económicas cambiantes” [Frey, 1999]

⁴⁶⁹ Sin embargo, el modelo operativo adopta ciertas simplificaciones por lo que para una evaluación ‘completa’ de la sostenibilidad, se recomienda completar el modelo con las variables ‘directas’ [población y estado del ecosistema, etc,...].

Para obtener un ordenamiento general de los indicadores según prioridad de actuación, bastará con ordenarlos de mayor a menor 'espacio potencial'. En este ordenamiento solo incluiremos los indicadores elementales⁴⁷⁰ [i.e., no agregados].

Es importante tener presente dos cuestiones de esta evaluación inicial:

- es un documento idóneo para explicar a los habitantes la situación y prioridades del área, cuyo feed-back permitirá validar dicha evaluación/prioridades.
- la situación del área urbana se modifica en el tiempo, siendo necesario actualizar periódicamente la evaluación, y siempre cada vez que se utilice el modelo⁴⁷¹.

6.2 ESTIMACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DE DESARROLLOS URBANOS EN FASE DE DISEÑO

Evaluaremos el diseño previsto para el desarrollo urbano mediante el modelo, obteniendo en primer lugar los indicadores elementales y posteriormente los indicadores agregados, que nos permitirán obtener una estimación del Grado de Sostenibilidad esperado del desarrollo urbano.

El interés de esta evaluación es doble:

- Los equipos de diseño, podrán utilizar el modelo para evaluar comparadamente diferentes opciones de diseño, y elegir las que mejores resultados proporcionen.
- Las AAPP pueden establecer niveles mínimos de prestación en nuevos desarrollos urbanos, tanto para ciertos indicadores individuales como para el valor global 'S'⁴⁷².

Sin embargo, es importante indicar que si bien el modelo puede utilizarse para evaluar nuevos desarrollos urbanos en fase de diseño, no es su principal objetivo⁴⁷³, por lo que puede ser necesario revisar ciertos indicadores o que el equipo de diseño realice predicciones acerca del valor de indicadores a partir de áreas similares ya en funcionamiento, introduciendo –justificadamente– las correcciones estimadas en base a las diferencias en el planteamiento de diseño.

6.3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DEL DESARROLLO DE ÁREAS URBANAS

Sera necesario diseñar un *Escenario Tendencial*, que representa el futuro previsto [más probable] para el área urbana si no se introduce ninguna medida específica que modifique su tendencia actual.

⁴⁷⁰ La condición de ser indicadores operativos implica que informan de áreas en las cuales se puede actuar independientemente. Por tanto, establecer la prioridad de actuar sobre cada indicador elemental equivale a establecer la prioridad de actuar sobre cada área en que es posible actuar independientemente.

⁴⁷¹ Salonen [2008] propone que la evaluación del estado actual de un área urbana es un informe que es necesario actualizar cada vez que el área se modifica apreciablemente y como mucho cada 3-5 años. Dado los beneficios que la aplicación práctica del modelo ha mostrado, parece posible recomendar la actualización anual de la evaluación [si el área casi no ha cambiado, la actualización requiere poco esfuerzo, y si ha cambiado mucho, entonces se considera necesaria].

⁴⁷² El establecimiento de niveles mínimos de rendimiento equivale al concepto de 'programación por metas' [revisado en la metodología de decisión multicriterio]; establecer unos niveles de rendimiento que se consideren aceptables, y convertirlos en valores de referencia para la consecución de licencias urbanísticas, etc.

⁴⁷³ A lo largo del texto se ha comentado que España ha gastado ya el 80% del territorio cuya urbanización se considera sostenible. Gran parte de este 80% presenta malas condiciones o está infrautilizado, y su transformación adecuada ha sido el principal objetivo de este modelo.

Posteriormente evaluamos dicho Escenario Tendencial y lo comparamos contra la situación actual del área urbana [Escenario Base]. Los indicadores de Variación nos informarán de la variación del Grado de Sostenibilidad del Área según su ‘desarrollo previsto’.

- Los indicadores con valor positivo nos indicaran áreas en las cuales el sistema urbano tiende a aumentar sus sostenibilidad.
- Los indicadores de variación con valor negativo indicarán áreas en las cuales el sistema urbano tiende a reducir su sostenibilidad, haciendo conveniente modificar su tendencia.

Es importante indicar que tan importante o más que la tendencia, es el valor final esperado del indicador de Decisión en el momento temporal futuro revisado [5, 10, 20 años]. *Es menos importante corregir una tendencia negativa de un indicador cuyo valor final en un plazo igual o mayor a 10 años sea superior a 0,7 que plantear alternativas para un indicador cuya tendencia sea estable [no se prevé modificación de su valor] pero tenga un valor muy reducido [$<0,35$], y un espacio de mejora potencial elevado.*

Siempre que sea posible predecir sobre criterios suficientemente sólidos un Escenario Tendencial, la evaluación se deberá hacer utilizando dicho escenario como base; **no nos importa tanto la situación de partida del sistema como su punto de llegada**⁴⁷⁴. Y las prioridades de actuación deberán establecerse a partir de dicho ‘futuro esperado’.

6.4 EVALUACIÓN DE POLÍTICAS, PROYECTOS DE RENOVACIÓN URBANA E IMPLANTACIÓN A GRAN ESCALA DE PRODUCTOS COMERCIALES

Será necesario formular tres escenarios:

- los dos Escenarios de Referencia:
 - Escenario Base [E00]
 - Escenario Tendencial [ET].
- un Escenario de Evaluación [E01] que representa el estado esperado del área urbana como consecuencia de la política, proyecto de renovación o implantación generalizada del producto comercial que se evalúa.

La evaluación consistirá en comparar los resultados obtenidos para el E01 y E0T contra el ‘Escenario Base E00 [situación actual del área urbana]’⁴⁷⁵.

- *Indicadores Sostenibilidad y Dimensiones [Niveles 1 y 2]*. Nos indicarán el grado de sostenibilidad alcanzado en cada una de las situaciones/escenarios
- *Indicadores de Variación*. Nos indicarán el ‘grado de sostenibilidad’ que alcanzará el área urbana siguiendo su ‘tendencia’ actual o mediante la actuación propuesta.

⁴⁷⁴ Esto nos permite comprender de otra manera los criterios para establecer los límites de sostenibilidad en Consumo de ENR. Establecer los objetivos de sostenibilidad a partir de las reservas existentes en el futuro, equivale a modelar [parcialmente] el E00 en dicho futuro.

⁴⁷⁵ Si se ha sido capaz de formular un ‘Escenario Tendencial, ET’, también se evaluará éste contra el E00, de manera que podremos comparar las variaciones de los indicadores de Nivel 1 y 2 entre el E01 y el ET

El interés de esta evaluación es triple:

- Permite evaluar el grado en que una política, proyecto de renovación urbana o implantación generalizada de un producto comercial acerca al área a su estado óptimo [indicadores de Nivel 0], valorando si se incrementa su sostenibilidad y como se modifica cada dimensión.
- Permite comparar más de una opción para ver cuál produce mayores beneficios.
- En el caso de proyectos de renovación,
 - La administración podrá exigir valores mínimos de prestación.
 - Los equipos de diseño, podrán utilizar el modelo para evaluar comparadamente diferentes opciones, y elegir las que mejores resultados proporcionen.
- En el caso de implantación generalizada de productos comerciales [e.g., paneles solares, azoteas verdes,...], las empresas pueden explicar los beneficios de sus productos con mayor claridad, apoyándose en datos sólidos, y solicitar subvenciones a partir de beneficios producidos para el conjunto [externalidades positivas monetizables⁴⁷⁶].

6.5 FORMULACIÓN DE POLÍTICAS URBANAS O ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN COMPLEJAS

El procedimiento se hace algo más complicado, ya que no solo es necesaria la evaluación comparada de diferentes posibilidades, sino establecer una metodología que permita establecer cuál es la combinación óptima entre ellas. Para ello, es necesario que el proceso considere las posibilidades de combinación de opciones y valore el beneficio tanto individual como de su implementación conjunta.

La metodología contempla los siguientes pasos:

6.5.1 PASO 1: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE REFERENCIA Y EVALUACIÓN

En primer lugar, es necesario formular los dos Escenarios de Referencia; E00 y ET⁴⁷⁷.

A continuación formularemos los escenarios de análisis [E-xx], que podrán ser tantos como se considere necesario, debiendo cumplir las siguientes condiciones:

- Representan todas las posibilidades existentes en el momento de su redacción en relación con la política que se está formulando aplicables en el área urbana evaluada⁴⁷⁸.
- Se formulan lo más desagregados posible para la evaluación inicial, ya que a partir de los resultados obtenidos en la primera evaluación, propondremos formas de composición de escenarios más complejos que permitirán aprovechar todo el potencial disponible.
- Son alcanzables con la tecnología y técnicas de gestión existentes en el momento de su redacción⁴⁷⁹.

⁴⁷⁶ En algunos casos dichas subvenciones podrán justificarse en base a beneficios no monetizables, pero su valoración excede el presente modelo, ya que dicho planteamiento podría poner en peligro la Sostenibilidad Económica del sistema.

⁴⁷⁷ Cuando no sea posible formular ET con suficiente certeza, lo consideraremos igual a E00. Para el modelo meta[s] los límites de los indicadores de M se han calculado para la situación esperada en 2050, y por tanto la evaluación de E00 coincide con E0T en la parte de metabolismo. Dado que E es intrínsecamente impredecible más allá de su tendencia general, y Q no suele modificarse apreciablemente si no se interviene, en muchas ocasiones podremos considerar que E00=E0T

⁴⁷⁸ La evaluación no debe omitir ninguna opción relevante; lo contrario podría obligar a repetir todo el proceso.

- Son el resultado razonable [i.e. esperado con ‘elevada probabilidad’] de las estrategias previstas para alcanzarlos [política urbana, proyecto de renovación, etc...] que son claramente descritas.

Una vez formulados los escenarios será necesario revisar las **complementariedades y exclusiones**:

- *Complementariedades entre escenarios*. Se refieren a la no-linealidad de la realidad; i.e., a que cuando consideramos conjuntamente los escenarios, la de veces sus efectos son diferentes a la suma de los efectos de cada uno de ellos individualmente⁴⁸⁰, y las denominamos:
 - *Sinergias* si su ejecución conjunta mejora el resultado global.
 - *Repeticiones* si los mismos conceptos son contados en dos o más escenarios. Puede tener varias connotaciones.
 - Si se refiere a obras de infraestructura comunes implica que los recursos económicos necesarios para la implementación conjunta serán más reducidos que la suma de los necesarios para cada escenario por separado.
 - Si se refiere a otras cuestiones, habrá que valorarlas individualmente.
- *Incompatibilidades o exclusiones [parciales o totales]*. La implantación de un escenario impide total o parcialmente la implementación de otro. Puede ser de dos tipos:
 - *incompatibilidad total si ambos escenarios son excluyentes*, i.e., la implementación de uno obliga a descartar el otro.
 - *incompatibilidad parcial si ambos escenarios pueden coexistir*, pero no totalmente.

Para la metodología propuesta ‘complementariedad’ e ‘incompatibilidad’ presentan diferentes implicaciones⁴⁸¹, y será conveniente tenerlas claramente identificadas siendo de utilidad elaborar una tabla o ‘Matriz de complementariedades e incompatibilidades’.

TABLA 6.2_MATRIZ DE COMPLEMENTARIEDADES E INCOMPATIBILIDADES

	EE1	EE2	E...	EEx
EE1	-	A ₁₂	A _{1...}	A _{1X}
EE2	-	-	A _{2...}	A _{2X}
E...	-	-	-	A _{..X}
EEx	-	-	-	-

FUENTE: Elaboración propia.

6.5.2 PASO 2: EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS

Una vez formulados todos los escenarios de evaluación, procedemos a la aplicación del modelo y cálculo de los indicadores de evaluación, que utilizaremos para comparar la evolución que implican las diferentes estrategias/escenarios.

⁴⁷⁹ Trabajar con expectativas de tecnologías futuras puede llevar a errores importantes si luego no se cumplen dichas expectativas, y en cualquier caso impediría la implementación de las estrategias mientras no se consiga su desarrollo.

⁴⁸⁰ Su efecto combinado no será la suma de sus efectos individuales, y por eso los designamos como ‘políticas complejas’. No porque necesariamente intervengan muchos elementos, sino porque interactúan entre ellos de manera no lineal.

⁴⁸¹ Es importante indicar que las incompatibilidades entre escenarios complican y alargan el proceso, ya que incrementan exponencialmente el número de combinaciones entre opciones que hay que evaluar, pudiendo llegar a imposibilitar el cálculo de la solución óptima si su número es excesivo [e.g., si alguna puede implementarse en grado difuso entre todo y nada]. Como se ha indicado anteriormente, el problema que tratamos pertenece a la clase NP, que no admite [al menos a día de hoy] soluciones ‘eficientes’ [en tiempo polinómico].

En primer lugar, será necesario revisar la *viabilidad económica* de cada una de ellas.

6.5.3 PASO 3: VIABILIDAD ECONÓMICA DE CADA ESTRATEGIA

Revisamos el EE de cada estrategia verificando que sea inferior al límite establecido para el proyecto⁴⁸²:

- En caso afirmativo, la estrategia se selecciona, y se continua el siguiente paso.
- En caso negativo, será necesario evaluar alternativas [e.g., el fraccionamiento temporal de la implantación de la estrategia, que implícitamente supone reducir el EE entre el número de años a lo largo de los cuales se realice la implantación⁴⁸³].

6.5.4 PASO 4: RECALCULAR ESTRATEGIAS PARA LAS CUALES SE HAN PROPUESTO ALTERNATIVAS

Si a resultas del punto anterior se ha decidido proponer una alternativa a alguna estrategia, será necesario re-evaluarla ya que algunos parámetros pueden haberse modificado.

Volvemos a comprobar su viabilidad económica [EE<recursos disponibles], y seleccionamos solo las estrategias que cumplan la condición anterior.

Con las estrategias seleccionadas pasamos al siguiente paso.

6.5.5 PASO 5: SELECCIONAR SOLO ESTRATEGIAS QUE MANTENGAN LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS PARA LAS DECISIONES PÚBLICAS:

- Seleccionar solo estrategias que aporten un Beneficio neto positivo [i.e., descartar escenarios que no cumplan la condición $\Delta S > 0$ ⁴⁸⁴].

$$\Delta S > 0 \quad (42)$$

- Seleccionar solo escenarios que mantengan o incrementen la condición de 'Dimensión' [i.e., descartar todas aquellas estrategias que no lleven a un estado de elevada Sostenibilidad en cada dimensión, o la mantengan o mejoren]:

$$D_2 \geq 0,7 \vee \Delta D \geq 0 \quad (43)$$

Siendo D las dimensiones Q, M y E

⁴⁸² Este límite debe ser determinado en cada caso en relación con la capacidad y situación económica del contexto.

⁴⁸³ Existen estrategias para las cuales el fraccionamiento temporal es muy claro [e.g., las relacionadas con la sustitución de vehículos, calderas, etc... pueden hacerse progresivamente aprovechando su renovación natural], mientras que en otras puede no ser viable.

⁴⁸⁴ ΔS constituye el 'beneficio neto' [si positivo si negativo sería 'pérdida neta'] que proporciona cada estrategia [i.e., la utilidad colectiva que implica cada escenario].

⁴⁸⁵ La distancia 0,70-1,00 representa el espacio en el cual los sistemas pueden reducir su eficiencia sin reducir su sostenibilidad. Evidentemente, las reducciones de eficiencia solo pueden ser puntuales. De lo contrario el sistema tarde o temprano traspasará los umbrales.

- Seleccionar solo escenarios que cumplan la condición de Consumo de Energía no Renovable [i.e., descartar todas aquellas estrategias que no lleven a un estado de elevada sostenibilidad en el Consumo ENR, o la mantengan o mejoren]:

$$ENR_2 \geq 0,75 \vee \Delta ENR \geq 0 \quad (44)$$

- Seleccionar solo escenarios que cumplan la condición de Estabilidad Presupuestaria [i.e., descartar todas aquellas estrategias que no lleven a un estado de elevada Capacidad Económica, o la mantengan o mejoren]:

$$CE_2 \geq 0,6 \vee \Delta CE \geq 0 \quad (45)$$

- Seleccionar solo escenarios que cumplan la condición de ‘equidad’ [i.e., descartar todas aquellas estrategias que no lleven a un estado de elevada Distribución del Ingreso, o la mantengan o mejoren]:

$$DI_2 \geq 0,7 \vee \Delta DI \geq 0 \quad (46)$$

- Seleccionar solo escenarios que cumplan la condición de ‘Pareto’ [i.e., descartar todas aquellas estrategias que no lleven a todos los indicadores cuyo rango de influencia sea mayor o igual a 1,00% a valores mayores a 0,5, o mantengan o incrementen su valor]:

$$\forall I: R_I \geq 1,00\% \rightarrow I_2 \geq 0,5 \vee \Delta I \geq 0 \quad (47)$$

6.5.6 PASO 6: COMBINAR ESCENARIOS TOTALMENTE COMPATIBLES

Seleccionamos los escenarios que cumplen las condiciones anteriores y los ordenamos de mayor a menor valor de ΔS . De esta lista elegimos todos aquellos escenarios que son totalmente compatibles con todos los demás y los combinamos en un único escenario que será totalmente compatible con cada escenario no combinado⁴⁸⁶.

Este escenario será el Escenario Base para la segunda ronda de la evaluación, y lo llamaremos E00a

6.5.7 PASO 7: FORMULACIÓN DEL NUEVO ESCENARIO BASE E00A

En primer lugar, revisaremos si existen complementariedades entre el E00a y algún escenario que se haya descartado en el Paso 3 [EE> recursos disponibles] o Paso 5 $D_2 > 0,70$ o $\Delta D \geq 0$; $ENR_2 > 0,75$ o $\Delta ENR \geq 0$; $CE_2 > 0,60$ o $\Delta CE \geq 0$; $DI_2 > 0,70$ o $\Delta DI \geq 0$; $I_2 > 0,50$ o $\Delta I \geq 0$].

⁴⁸⁶ Evaluamos si algún escenario descartado en el Paso 1 presenta complementariedad en el EE en relación al E00a [es decir, que estudiándola en relación al E00a el EE sí resulte asumible], se deberá también considerar para determinar que estrategias presentan compatibilidad con todas las demás.

En caso afirmativo, se deberá re-evaluar en relación a este nuevo E00a, ya que los efectos de dicha estrategia considerando el E00a como Escenario Base podrían ser aceptables [i.e., la estrategia podría ahora cumplir las condiciones restrictivas]⁴⁸⁷.

Si la estrategia/escenario satisface ahora dichas condiciones, tendremos dos opciones:

- Si es compatible con los demás escenarios, se integrará en el E00a.
- Si presenta incompatibilidad con algún otro escenario, se dejará sin combinar y se evaluará con los demás escenarios que presentan incompatibilidades [Paso 9].

Por otra parte, podría ser que en el Paso 7 se dejara algún escenario sin combinar por presentar incompatibilidad con alguna estrategia, que ahora haya sido definitivamente descartada. Dado que ahora la incompatibilidad habría desaparecido, se podrá integrar dicha estrategia en el nuevo E00a.

6.5.8 PASO 8: RE-EVALUACIÓN DE ESCENARIOS TOTAL O PARCIALMENTE EXCLUYENTES

Dado que todos los escenarios ya compatibles que presenten viabilidad económica ya han sido combinados en el E00a, los escenarios no integrados son -total o parcialmente- incompatibles entre sí.

Por tanto, para no dejar sin evaluar ninguna posibilidad, será necesario evaluar todas las combinaciones posibles entre ellos en relación al E00a resultante del Paso 8.

6.5.9 PASO 9: SELECCIÓN DEL MEJOR ESCENARIO GLOBAL

A partir de los resultados de la evaluación anterior, revisaremos los valores que proporcionan las distintas estrategias al implementarlas sobre E00a. Para seleccionar la estrategia preferente para el área urbana, repetiremos los pasos 4 y 6, que serán:

- Viabilidad económica [si no se cumple, ver paso siguiente]
- Ordenar por mayor valor de S.

Si varias estrategias son viables económicamente, y presentan valores de S muy similares, priorizamos en función de los siguientes criterios:

- Resultado final más equilibrado en las tres dimensiones [Q≈M≈E]⁴⁸⁸.
- Mayor viabilidad económica [menor Esfuerzo Económico, EE].
- Mayor viabilidad social [propuesta preferida por los habitantes del área].

6.5.10 PASO 10: VIABILIDAD ECONÓMICA DEL ESCENARIO GLOBAL Y PLANIFICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN

En el punto anterior consideramos que el EE del escenario global preferido fuera admisible, pero en muchas ocasiones la combinación global de opciones superará los Recursos Económicos Disponibles, y será necesario revisar distintas posibilidades para abordarlo.

⁴⁸⁷ Por ejemplo, un escenario puede reducir su esfuerzo económico si se realiza conjuntamente con otros escenarios ya incluidos en E00a

⁴⁸⁸ Se puede calcular la desviación estándar entre las dimensiones, o restar su media aritmética al valor S. En ambos casos, cuanto menor sea el valor obtenido, más preferido será dicho escenario.

En la mayoría de ocasiones, el fraccionamiento temporal es la solución más sencilla, utilizando los escenarios individuales que componen el escenario global como unidades para planificar la implantación, lo que haremos asignándoles niveles de prioridad según los criterios explicados.

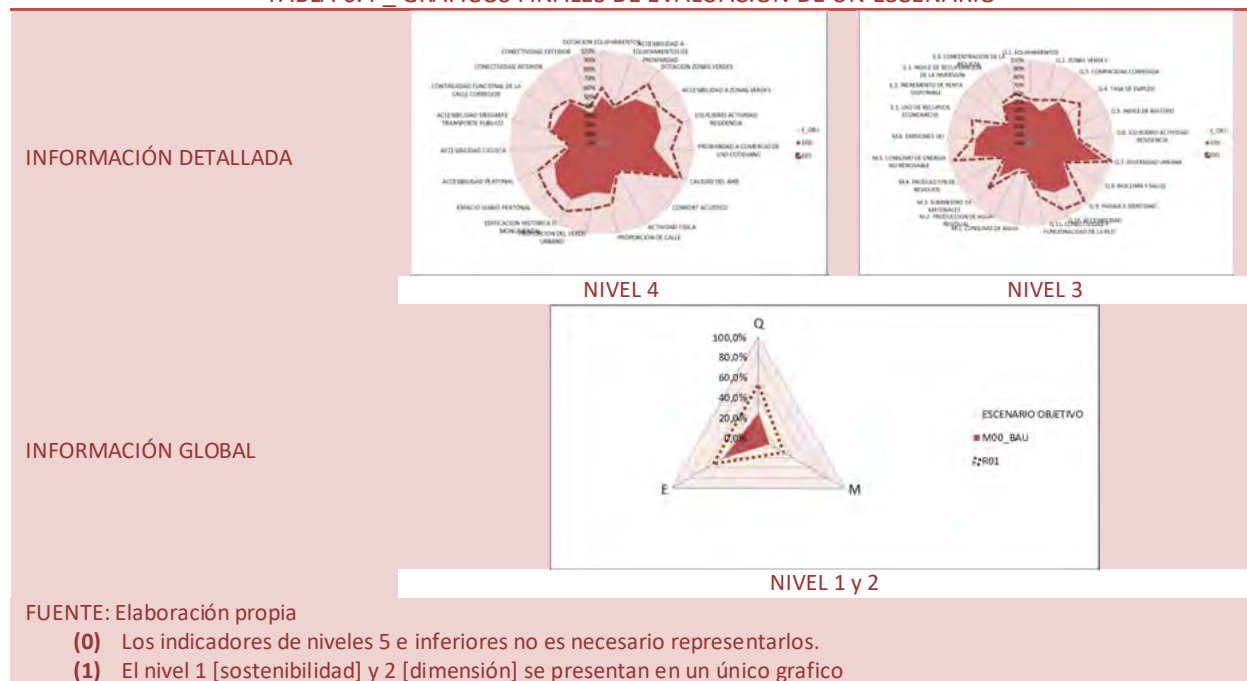
Otro criterio de prioridad será implantar primero aquellos escenarios que más incrementan la Capacidad Económica del área [CE], puesto que incrementarán el EE admisible para las siguientes actuaciones, y por tanto posibilitarán antes la implantación del resto de escenarios, mejorando la viabilidad económica de la implantación global.

6.5.12 RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL ESCENARIO ELEGIDO

Una vez elegido el escenario preferido será necesario presentar los resultados, tanto numérica como gráficamente, que incluirán los datos del Escenarios elegido y los escenarios de referencia [EOB y ET], lo que nos permite:

- Visualizar la magnitud del impacto que se produce sobre el área urbana y si los beneficios se concentran más en unas áreas que en otras o se producen equilibradamente.
- Visualizar a cuanta distancia estamos antes y después de implementar las estrategias de los Objetivos de Sostenibilidad para cada una de las áreas evaluadas.
- Si el ET es diferente del E00, permite visualizar los beneficios de modificar las tendencias actuales del sistema urbano; es decir, ver hacia donde evoluciona el sistema y como le influyen los cambios que se proponen.

TABLA 6.4 _ GRÁFICOS FINALES DE EVALUACIÓN DE UN ESCENARIO



Complementariamente, la representación gráfica facilita detectar áreas en las que el sistema se halle todavía alejado de la situación óptima, y formular estrategias complementarias para mejorar su estado en dichas áreas.

PARTE III: APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO

7.0_ APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA A UN ÁREA DE LA CIUDAD DE MADRID

Vamos a utilizar la herramienta propuesta para evaluar y diseñar posibles transformaciones de un barrio de la ciudad de Madrid: Palos de Moguer.

- En primer lugar, evaluaremos su situación actual, lo que nos servirá para establecer las prioridades de actuación.
- En Segundo lugar, y a partir de la evaluación anterior, evaluaremos/diseñaremos varias propuestas de transformación que agrupamos en cuatro áreas:
 - Implantación generalizada de un sistema de gestión y procesamiento de residuos.
 - Plan de Optimización de la Movilidad
 - Normativa de azoteas
 - Proyecto de renovación urbana. La estación de Atocha
- Por último, una vez estableceremos las transformaciones que nos permiten alcanzar el mejor estado posible para cada una de las áreas anteriores, revisaremos su efecto combinado sobre el ámbito.

7.1_ EVALUACIÓN DE UN ÁREA URBANA EXISTENTE: EL BARRIO DE PALOS DE MOGUER

Constituye la primera acción que es necesario realizar, y comprende el diseño/modelización y análisis comparado de dos escenarios:

- E00 que describe la situación actual del ámbito
- E0T, que describe el estado previsto del ámbito en un momento temporal futuro T, si no se realiza ninguna intervención específica sobre el mismo.

El análisis nos permitirá por tanto valorar tanto el estado actual como el futuro previsto; detectar las principales carencias del área y establecer prioridades de actuación. Esta información será la que nos permita preseleccionar posibles estrategias de transformación urbana. Complementariamente, los dos escenarios anteriores serán ‘escenarios de referencia, contra los cuales evaluaremos los escenarios propuestos, para medir los avances o mejoras posibles.

7.1.1_ DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO EVALUADO

El Ámbito que vamos a analizar es el Barrio de Palos de Moguer, situado en la almendra central de la ciudad de Madrid. Se trata de un área urbana consolidada, perteneciente al Ensanche Madrileño proyectado en 1860 por Carlos M^a de Castro, y comenzado a construir algunos años más tarde.



Imagen 07.01: Barrio de Palos de Moguer, Madrid. La elevada colmatación del ámbito y escasez de Espacios Libres Públicos es evidente [parcelación privada en gris oscuro y espacios libres en verde claro].

Su alta densidad de población lo sitúa entre los diez barrios más densos de Madrid.

El Área presenta una colmatación elevada, con morfología en manzana cerrada característica de Ensanche del XIX en su mayoría divididas en varias parcelas, edificación con altura media entre 5 y 7

plantas y patios de manzana interiores ocupados en gran porcentaje por construcciones auxiliares [talleres, industrias,...].

TABLA 7.1-1_ DATOS GENERALES DEL BARRIO PALOS DE MOGUER

Superficie Total		64,35	Ha
Número Habitantes		27.845	Hab
Número de viviendas		13.852	Viv
N viviendas consideradas Hogares [Viviendas principales + secundarias]		11.760	Viv
Densidad Bruta		215,26	viv/Ha
Nº de Habitantes por vivienda		2,37	Hab/viv
Superficie Construida	Residencial	1.160.060	m ² c
	Comercial	402.910	m ² c
	Institucional	132.031	m ² c
	m ² c _{residenciales} /viv	83,75	m ² c /viv
	m ² c _{comercial e institucional} /viv	29,09	m ² c /viv
Edificabilidad	Bruta	2,63	m ² c /m2
	Neta	4,21	m ² c /m2
Superficies de suelo	Viales	227.444	m ²
	Espacios Libres Públicos	13.320	m ²

FUENTE: Elaboración propia con datos del Ayuntamiento de Madrid y medición sobre plano.

Para una descripción más detallada del ámbito, ver Anexo XII

7.1.2_ DATOS NUMÉRICOS DE LA EVALUACIÓN

Evaluamos la situación actual del ámbito obteniendo los siguientes valores para cada uno de los indicadores:

TABLA 7.1-2_ EVALUACIÓN SITUACIÓN ACTUAL ÁMBITO PALOS DE MOGUER

INDICADORES 1 Y 2	NIVEL	INDICADORES NIVELES 3 Y 4	E00_SITUACION SIN CAMBIOS	INFLUENCIA EN EQUILIBRIO (1)	POTENCIAL DE MEJORA (2)
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA			53,3%	33,33%	15,58%
		Q1. COMPACIDAD	51%	3,33%	1,64%
		Densidad de Población	85%	1,67%	0,25%
		Compacidad Corregida	31%	1,67%	1,15%
		Q.2. EQUIPAMIENTOS	66%	3,33%	1,12%
		Dotación Equipamientos	73%	1,67%	0,46%
		Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61%	1,67%	0,65%
		Q.3. ZONAS VERDES	25%	3,33%	2,51%
		Dotación Zonas Verdes	10%	1,67%	1,51%
		Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	1,67%	0,89%
		Q4. BIODIVERSIDAD	22%	3,33%	2,59%
		Índice de Biotopo	21%	1,11%	0,87%
		Arbolado en viario	77%	1,11%	0,26%
		Corredores Verdes	0%	1,11%	1,11%
		Q5_ MEZCLA DE USOS	87%	3,33%	0,43%
		Equilibrio Actividad Residencia	100%	1,67%	0,00%
		Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	1,67%	0,39%
		Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84%	3,33%	0,53%
		Diversidad de Superficies Habitacionales	84%	1,67%	0,26%
		Dotación Vivienda protegida	-	1,67%	
		Q7. BIOCLIMA Y SALUD	42%	3,33%	1,94%
		Calidad del Aire	52%	0,83%	0,40%
		Confort Acústico	34%	0,83%	0,55%
		Confort Térmico	43%	0,83%	0,48%
		Actividad Física	41%	0,83%	0,49%
		Q8. ACCESIBILIDAD	45%	3,33%	1,84%
		Accesibilidad Peatonal	90%	0,83%	0,08%
		Accesibilidad Ciclista	3%	0,83%	0,81%
		Accesibilidad mediante Transporte Público	86%	0,83%	0,12%
		Tiempo destinado a movilidad	48%	0,83%	0,43%
		Q9. ESTRUCTURA URBANA	87%	3,33%	0,45%
		Continuidad Funcional de la Calle	78%	1,11%	0,24%
		Conectividad de la Red	95%	1,11%	0,05%
		Configuración Urbana	88%	1,11%	0,13%
		Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	84%	3,33%	0,55%
		Proporción de Calle	100%	1,11%	0,00%
		Calidad de la Escena Urbana	62%	1,11%	0,43%
		Percepción del Verde Urbano	99%	1,11%	0,01%

M_ METABOLISMO URBANO	13,0%	33,33%	29,01%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	26%	5,56%	4,12%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72%	5,56%	1,56%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	17%	5,56%	4,63%
Agrícola	0%	1,11%	1,11%
Ganadera	21%	1,11%	0,88%
Forestal	86%	1,11%	0,15%
Plataforma Continental [Pesca]	0%	1,11%	1,11%
Urbanizable	60%	1,11%	0,44%
M4 RESIDUOS	22%	5,56%	4,34%
Recursos Bióticos	8%	2,78%	2,55%
Recursos Abióticos	41%	2,78%	1,64%
M5 ENERGIA	12%	5,56%	4,91%
Energía no renovable	9%	4,87%	4,42%
Energía renovable	98%	0,68%	0,01%
M6. EMISIONES GEI	0%	5,56%	5,56%
E_SOSTENIBILIDAD ECONOMICA	40,9%	33,33%	19,70%
E1. EMPLEO	65,7%	8,33%	2,86%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	8,33%	3,92%
Diversificación Laboral	66,3%	4,17%	1,40%
Diversificación Económica	42,5%	4,17%	2,40%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	8,33%	5,01%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	8,33%	6,86%
Carga Económica Sector Publico	33%	2,10%	1,42%
Carga Económica Habitantes	14%	6,23%	5,39%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	100,00%	67,13%

FUENTE: Elaboración propia utilizando los indicadores del modelo

- (1) Corresponde al rango de influencia de cada indicador sobre el valor global [Alvira; 2014^a. Anexo VI]
- (2) Coincide con el concepto de 'posibilidad' como espacio de posible mejora mediante la variación del valor de cada indicador. Por sencillez, hemos considerado el rango de influencia del indicador en situación de equilibrio, si bien sería más correcto calcularlo para el valor concreto del indicador [el potencial se incrementa para indicadores con valor inferior a S y se reduce para indicadores con valor superior a S]

Vemos que la sostenibilidad global del ámbito es reducida [inferior al 33%], siendo conveniente el análisis detallado de los indicadores para establecer prioridades de actuación que nos permitan elegir áreas de intervención y dentro de dichas áreas definir estrategias de intervención concretas/escenarios posibles.

7.1.3_ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE ACTUACIÓN

Para establecer las prioridades de actuación es útil representar gráficamente los datos anteriores, que facilita apreciar con claridad cuáles son los aspectos menos sostenibles del área urbana evaluada, comenzando por los indicadores de niveles 1 y 2, y descendiendo progresivamente.

INDICADORES DE INFORMACIÓN GLOBAL: NIVEL 1 Y 2



El gráfico no deja dudas acerca de urgencia de actuar en este orden: Metabolismo Urbano, Sostenibilidad Económica y Calidad y Habitabilidad. Sin embargo, a la hora de diseñar posibles escenarios y estrategias de intervención, los niveles 1 y 2 no aportan suficiente información, por lo que se hace necesario revisar los indicadores de los siguientes niveles.

INDICADORES DE INFORMACIÓN DETALLADA DEL ÁREA URBANA: NIVELES 3 Y 4

Si representamos los indicadores de nivel 3 en un gráfico de radar, vemos diferencias notables en sus valores.



Para facilitar la comparación de la prioridad de actuar sobre las diferentes áreas y detectar en qué áreas se encuentra la mayor prioridad de actuación, es aconsejable ordenarlos según valor creciente de influencia/potencial de mejora, lo que permite detectar rápidamente las cuestiones en las que las actuaciones sobre el área aportarán mayores beneficios/reducen en mayor medida su sostenibilidad [y en las cuales por tanto es prioritario actuar]:



Complementariamente, junto al valor de cada indicador es importante revisar su rango de influencia sobre el valor global:

TABLA 7.1-3_ EVALUACIÓN INDICADORES DE NIVEL 3

	VALOR INDICADOR	INFLUENCIA S/VALOR GLOBAL	POTENCIAL DE MEJORA
E4. CARGA ECONÓMICA	18%	8,33%	6,86%
M6. EMISIONES GEI	0%	5,56%	5,56%
M5. ENERGÍA	40%	8,33%	5,01%
E3. DISTRIBUCIÓN DE LA RENTA	12%	5,56%	4,91%
M3. UTILIZACIÓN TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	17%	5,56%	4,63%
M4. RESIDUOS	22%	5,56%	4,34%
M.1. USO RECURSOS HÍDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	26%	5,56%	4,12%
E2. DIFERENCIACIÓN ECONÓMICA	53%	8,33%	3,92%
E1. EMPLEO	66%	8,33%	2,86%
Q4. BIODIVERSIDAD	22%	3,33%	2,59%
Q.3. ZONAS VERDES	25%	3,33%	2,51%

Q7.BIOCLIMA Y SALUD	42%	3,33%	1,94%
Q8. ACCESIBILIDAD	45%	3,33%	1,84%
Q1. COMPACIDAD	51%	3,33%	1,64%
M.2. CONTAMINACIÓN HÍDRICA	72%	5,56%	1,56%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66%	3,33%	1,12%
Q10.PAISAJE E IDENTIDAD	84%	3,33%	0,55%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84%	3,33%	0,53%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	87%	3,33%	0,45%
Q5_MEZCLA DE USOS	87%	3,33%	0,43%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[S]

Se hace evidente la prioridad de actuar sobre las dimensiones M y E⁴⁸⁹, cuyos indicadores de Nivel 3 poseen además mayor rango de influencia sobre el nivel global que los de la Dimensión Q.

Sin embargo, algunas de las áreas que se presentan como prioritarias presentan cierta agregación de aspectos que no necesariamente poseen el mismo valor, por lo que es interesante la revisión de los indicadores de nivel inferior, lo que hacemos representándolo directamente en orden creciente de potencial de mejora:



Grafico 7.1.4: Indicadores de nivel 4 ordenados según valor decreciente de potencial de mejora [de mayor a menor].

La línea roja marca el valor 50%, limite por debajo del cual un indicador expresa mayor insostenibilidad que sostenibilidad.

TABLA 7.1-4_ EVALUACIÓN INDICADORES DE NIVEL 4

ÁREA	VALOR INDICADOR	POTENCIAL DE MEJORA	DIMENSIÓN
Carga Económica Habitantes	14%	5,4%	E
Energía no renovable	9%	4,4%	M
Recursos Bióticos	8%	2,5%	M
Diversificación Económica	42%	2,4%	E
Recursos Abióticos	41%	1,6%	M
Dotación Zonas Verdes	10%	1,5%	Q
Carga Económica Sector Publico	33%	1,4%	E
Diversificación Laboral	66%	1,4%	E
Compacidad Corregida	31%	1,1%	Q
Corredores Verdes	0%	1,1%	Q
Agrícola	0%	1,1%	M
Plataforma Continental [Pesca]	0%	1,1%	M
Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	0,9%	Q
Ganadera	21%	0,9%	M
Índice de Biotopo	21%	0,9%	Q
Accesibilidad Ciclista	3%	0,8%	Q
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61%	0,6%	Q
Confort Acústico	34%	0,6%	Q

⁴⁸⁹ Esta reducida sostenibilidad de las Dimensiones M y E se relaciona en parte con el hecho de que son las dimensiones cuya sostenibilidad es más difícil de modelizar con las herramientas actuales [y es imposible actuar sobre algo que no es posible valorar], algo que se puso de manifiesto al explicar la ausencia de indicadores adecuados en la PARTE II.

Actividad Física	41%	0,5%	Q
Confort Térmico	43%	0,5%	Q
Dotación Equipamientos	73%	0,5%	Q
Urbanizable	60%	0,4%	M
Tiempo destinado a movilidad	48%	0,4%	Q
Calidad de la Escena Urbana	62%	0,4%	Q
Calidad del Aire	52%	0,4%	Q
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	0,4%	Q
Diversidad de Superficies Habitacionales	84%	0,3%	Q
Arbolado en viario	77%	0,3%	Q
Densidad de Población	85%	0,3%	Q
Continuidad Funcional de la Calle Forestal	86%	0,2%	M
Configuración Urbana	88%	0,1%	Q
Accesibilidad mediante Transporte Publico	86%	0,1%	Q
Accesibilidad Peatonal	90%	0,1%	Q
Conectividad de la Red	95%	0,1%	Q
Percepción del Verde Urbano	99%	0,0%	Q
Energía renovable	98%	0,0%	M
Equilibrio Actividad Residencia	100%	0,0%	Q
Proporción de Calle	100%	0,0%	Q

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[S]

Se hace importante destacar dos indicadores cuyo valor reducido se une a una elevada influencia sobre el valor global proporcionando un elevado potencial de mejora: Carga Económica de los habitantes y Consumo de Energía no renovable.

7.1.4_ CONCLUSIONES Y RESUMEN DE PRIORIDADES

A partir de los resultados de la Evaluación podemos definir las prioridades de actuación para el Ambiente, que serán las siguientes:

TABLA 7.1.5_ RESUMEN DE POSIBILIDAD/PRIORIDADES DE ACTUACIÓN

INDICADOR	NIVEL	VALOR INDICADOR	INFLUENCIA	POTENCIAL
Emisiones GEI	3	0,00%	5,56%	5,56%
Carga Económica Habitantes	4	13,93%	6,23%	5,36%
Distribución De La Renta	3	39,93%	8,33%	5,01%
Energía no renovable	4	2,69%	4,87%	4,74%
Uso Recursos Hídricos / Suministro De Agua	3	25,84%	5,56%	4,12%
Empleo (2)	3	65,68%	8,33%	2,86%
Recursos Bióticos	4	8,24%	2,78%	2,55%
Diversificación Económica	4	42,47%	4,17%	2,40%
Recursos Abióticos	4	41,00%	2,78%	1,64%
Contaminación Hídrica	3	72,00%	5,56%	1,56%
Dotación Zonas Verdes	4	9,57%	1,67%	1,51%
Carga Económica Sector Publico	4	32,62%	2,10%	1,42%
Diversificación Laboral	4	66,31%	4,17%	1,40%
Compacidad Corregida	4	31,03%	1,67%	1,15%
Corredores Verdes	4	0,00%	1,11%	1,11%
Utilización Territorio Agrícola	4	0,00%	1,11%	1,11%
Utilización Plataforma Continental [Pesca]	4	0,00%	1,11%	1,11%
Accesibilidad a Zonas Verdes	4	46,34%	1,67%	0,89%
Utilización Territorio Ganadero	4	20,88%	1,11%	0,88%
Índice de Biotopo	4	21,37%	1,11%	0,87%
Accesibilidad Ciclista	4	3,31%	0,83%	0,81%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	4	61,02%	1,67%	0,65%
Confort Acústico	4	33,60%	0,83%	0,55%
Actividad Física	4	41,17%	0,83%	0,49%
Confort Térmico	4	42,64%	0,83%	0,48%
Dotación Equipamientos	4	72,62%	1,67%	0,46%
Utilización Territorio Urbanizable	4	60,18%	1,11%	0,44%
Tiempo destinado a movilidad	4	48,44%	0,83%	0,43%
Calidad de la Escena Urbana	4	61,51%	1,11%	0,43%
Calidad del Aire	4	51,88%	0,83%	0,40%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	4	76,82%	1,67%	0,39%
Diversidad de Superficies Habitacionales	4	84,15%	1,67%	0,26%

Arbolado en viario	4	76,92%	1,11%	0,26%
Densidad de Población	4	84,96%	1,67%	0,25%
Continuidad Funcional de la Calle	4	78,12%	1,11%	0,24%
Utilización Territorio Forestal	4	86,46%	1,11%	0,15%
Configuración Urbana	4	87,91%	1,11%	0,13%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	4	85,91%	0,83%	0,12%
Accesibilidad Peatonal	4	90,02%	0,83%	0,08%
Conectividad de la Red	4	95,10%	1,11%	0,05%
Percepción del Verde Urbano	4	98,71%	1,11%	0,01%
Energía renovable	4	98,34%	0,68%	0,01%
Equilibrio Actividad Residencia	4	100,00%	1,67%	0,00%
Proporción de Calle	4	100,00%	1,11%	0,00%

FUENTE: propia utilizando el modelo meta[S]

- (1) El establecimiento de prioridades de actuación debe referirse a indicadores elementales, ya que cualquier indicador agregado representa un resumen de aspectos cuya prioridad de intervención puede ser diferente.
- (2) Aunque en el modelo meta[s] el indicador 'Empleo' se obtiene como agregación de tres indicadores [Tasa de Desempleo, Estructura Empleo y Estabilidad Empleo], para la presente aplicación se ha introducido una transformación que hace que sea un indicador elemental.

Una vez establecidas las prioridades de mejora, vamos a diseñar una Plan de intervención que nos permita tanto evaluar la posible mejora del área como la aplicación de la herramienta para una abanico amplio de supuestos de intervención diferentes.

7.2_ FORMULACIÓN DE UN MINI-PLAN ESTRATÉGICO PARA EL ÁMBITO

Una vez detectadas las prioridades del área, vamos a diseñar posibles escenarios y estrategias de intervención cuyo efecto evaluaremos, buscando diseñar una intervención global [un mini-plan estratégico] que optimice la situación futura del ámbito.

Para ello revisamos tres posibles áreas de intervención, cuya vinculación con las prioridades detectadas es aceptada por una mayoría de autores y cuyo potencial global de mejora podemos ‘estimar’:

TABLA 7.1-5_ ÁREAS DE INTERVENCIÓN E INFLUENCIA SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL ÁREA			
ÁREA INTERVENCIÓN	INDICADORES AFECTADOS	VALOR INDICADOR	POTENCIAL DE MEJORA
RESIDUOS	Emisiones GEI [CH4 en vertederos]	0%	5,56%
	Carga Económica de los Habitantes (3)	14%	5,39%
	Consumo de Energía no renovable (4)	9%	4,42%
	Empleo	66%	2,86%
	Uso Recursos Bióticos	8%	2,55%
	Diversificación Económica	42%	2,40%
	Recursos Abióticos	41%	1,64%
	Empleo	72%	1,56%
	Calidad de la Escena Urbana	62%	0,43%
	Carga Económica del Sector Publico	33%	1,42%
POTENCIAL DE MEJORA TOTAL			28,21%
MOVILIDAD	Emisiones GEI	0%	5,56%
	Carga Económica Habitantes	14%	5,39%
	Distribución De La Renta	40%	5,01%
	Consumo de Energía no renovable (1)	9%	4,42%
	Uso de Recursos Hídricos	26%	4,12%
	Contaminación Hídrica	72%	1,56%
	Carga Económica Sector Publico	33%	1,42%
	Compacidad Corregida (2)	31%	1,15%
	Corredores Verdes Urbanos	0%	1,11%
	Utilización Territorio Bioproductivo Agrícola	0%	1,11%
	Accesibilidad A Zonas Verdes	46%	0,89%
	Accesibilidad Ciclista	3%	0,81%
	Accesibilidad a Equipamientos	61%	0,65%
	Confort Acústico	34%	0,55%
	Actividad Física	41%	0,49%
	Confort Térmico	43%	0,48%
	Tiempo destinado a movilidad	48%	0,43%
	Calidad de la Escena Urbana	62%	0,43%
	Calidad del Aire	52%	0,40%
	Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	0,39%
Arbolado en viario	77%	0,26%	
Percepción del Verde Urbano	99%	0,01%	
POTENCIAL DE MEJORA TOTAL			36,62%
AZOTEAS	Emisiones GEI	0%	5,56%
	Carga Económica Habitantes	14%	5,39%
	Distribución De La Renta	40%	5,01%
	Consumo de Energía no renovable	9%	4,42%
	Uso Recursos Hídricos	26%	4,12%
	Empleo	66%	2,86%
	Diversificación Económica	42%	2,40%
	Contaminación Hídrica	72%	1,56%
	Dotación Zonas Verdes	10%	1,51%
	Diversificación Laboral	66%	1,40%
	Compacidad Corregida	31%	1,15%
	Corredores Verdes Urbanos	0%	1,11%
	Utilización Territorio Bioproductivo Agrícola	0%	1,11%
	Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	0,89%
	Índice de Biotopo	21%	0,87%
	Confort Térmico	43%	0,48%
	Urbanizable	60%	0,44%
POTENCIAL DE MEJORA TOTAL			40,27%
PLAN ESTRATÉGICO	POTENCIAL DE MEJORA TOTAL		50,72%

Fuente: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) El consumo del coche puede variar mucho, en función del número de km recorridos. Según el IDEA “un coche de tipo medio que se utilice más de 20.000 km al año consume tanta energía como la consumida en una vivienda media” [IDEA,2011b:21]
- (2) Una adecuada restructuración de la movilidad puede liberar espacio de estancia que reduca los elevados niveles de compacidad

del área.

- (3) El aprovechamiento de RU plantea elevada posibilidad de generación de beneficios económicos, también individuales.
- (4) La recuperación de RU plantea elevadas oportunidades para la generación de energía renovable.

Vemos que existe un espacio de mejora potencial elevado sobre el cual es posible actuar mediante estas tres áreas de intervención.

Por otra parte, no solo queremos revisar la posible mejora del área; también queremos revisar la aplicabilidad de la herramienta para cada uno de los supuestos planteados, y para ello vamos a plantear la intervención sobre cada una de las áreas anteriores de forma que responde a una tipología de situaciones en las que la herramienta puede ser aplicada:

- la intervención en los Residuos se planteara como evaluación de un proyecto comercial de gestión alternativa de los RD.
- la intervención sobre la Movilidad se planteara como una intervención municipal orientada a optimizar la movilidad y el uso del espacio [publico] destinado a ella.
- la intervención sobre las Azoteas se planteará como una Normativa municipal que regule las condiciones de diseño y uso de estos espacios por parte de los ciudadanos.

Si los contemplamos conjuntamente con la evaluación de la situación actual del área [realizada en el apartado anterior] constituyen por tanto un ejemplo de cada una de las aplicaciones planteadas para la herramienta. Complementariamente, constituyen un escenario ‘amplio’ de formas de intervención diferentes, tanto por sus contenidos como por estar promovidas/gestionadas por diferentes agentes:

- La primera se relaciona con la modificación del ‘funcionamiento’ de la edificación⁴⁹⁰.
- La segunda constituiría en gran medida una intervención pública, actuando sobre los servicios de transporte y el espacio público.
- La tercera constituiría una intervención regulada por la Administración ejecutada por agentes privados [propietarios de inmuebles]⁴⁹¹.

Se trata por tanto de un repertorio suficientemente variado de alternativas que nos permite una contrastación ‘amplia’ de la aplicabilidad y posibilidades del modelo meta[S].

Complementariamente, su elevado espacio de mejora potencial y elevada aceptación de su carácter de ‘herramientas’ para la sostenibilidad, nos permitirá valorar el grado en que los paradigmas actuales sean correctos. Vamos pues a revisar cada una de ellas, en el orden indicado que coincide con su ordenación en orden creciente de dificultad⁴⁹².

⁴⁹⁰ El proyecto responde a una idea real y la necesidad de evaluarlo a la voluntad de buscar socios/profesionales interesados en participar en el mismo así como presentar un informe al Ayuntamiento para obtener ayuda [o al menos impulso] municipal.

⁴⁹¹ En algunos casos la Administración podrá ser propietaria de los edificios en que se sitúen las azoteas, participando así también directamente en el proyecto.

⁴⁹² La intervención sobre las azoteas se ha publicado como texto independiente [Alvira, 2016b], por lo que solo recogemos aquí los resultados obtenidos, que integraremos en la evaluación global.

7.2.1_ UNA PROPUESTA DE NEGOCIO CON ORIENTACIÓN DE SOSTENIBILIDAD

En primer lugar, vamos a evaluar el impacto sobre la sostenibilidad urbana de una propuesta empresarial⁴⁹³, que plantea un tratamiento y gestión de los RD diferente a la habitual. Es una de las aplicaciones más sencillas de la herramienta, y solo requiere evaluar el Grado de Sostenibilidad del estado que sería previsible alcanzar en caso de que se implantara dicha propuesta.

Los resultados de esta evaluación pueden utilizarse en diferentes procesos que se prevén para dicho proyecto, entre los cuales podemos citar a modo de ejemplo:

- confirmación de los beneficios del proyecto para los propios autores del diseño [bien como evaluación final o como feed-back intermedio en el proceso de diseño]⁴⁹⁴.
- explicación de los beneficios del proyecto para la solicitud de apoyo por parte de la AAPP⁴⁹⁵.
- explicación de los beneficios del proyecto para la búsqueda de inversores para poner en funcionamiento la empresa.

Ya tenemos el escenario E00, por lo que directamente evaluamos el escenario del proyecto.

7.2.1.1_ DATOS NUMÉRICOS DE LA EVALUACIÓN

	E00_Situacion sin Cambios	R01	
		VALOR	VARIACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	53,3%	0,0%
Q1. COMPACIDAD	51%	-	-
Densidad de Población	85%	-	-
Compacidad Corregida	31%	-	-
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66%	-	-
Dotación Equipamientos	73%	-	-
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61%	-	-
Q.3. ZONAS VERDES	25%	-	-
Dotación Zonas Verdes	10%	-	-
Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	-	-
Q4. BIODIVERSIDAD	22%	-	-
Índice de Biotopo	21%	-	-
Arbolado en viario	77%	-	-
Corredores Verdes	0%	-	-
Q5_ MEZCLA DE USOS	87%	-	-
Equilibrio Actividad Residencia	100%	-	-
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	-	-
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84%	-	-
Diversidad de Superficies Habitacionales	84%	-	-
Dotación Vivienda protegida	-	-	-
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	42%	-	-

⁴⁹³ La propuesta empresarial es real y se evaluó la posibilidad de desarrollarla como negocio en la ciudad de Madrid. Frecuentemente escuchamos las numerosas virtudes para la sostenibilidad de ciertos productos comerciales, que rara vez vienen acompañadas de datos concretos, o si lo hacen, revisan el impacto del producto sobre áreas muy pequeñas de la realidad urbana, sin valorar si este es muy o poco relevante para el conjunto. En este caso se quería evaluar el impacto real del proyecto sobre un área suficientemente extensa de una ciudad.

⁴⁹⁴ La evaluación no necesariamente debe tener carácter final. Si los autores de la propuesta descubren que los beneficios son menores de lo esperado, podrían revisar los datos buscando introducir las mejores oportunas.

⁴⁹⁵ Aunque en este texto no lo incluiremos, el autor también ha desarrollado una metodología sencilla que permite calcular la cuantía de subvenciones públicas a productos que presentan externalidades positivas [e.g., paneles solares, coches eléctricos, bicicletas,...] calculado en base a los resultados del modelo, y garantizando su 'sostenibilidad' [la importancia de esta cuestión la podemos ver en la recientemente comprobada insostenibilidad de las subvenciones a las ER en España]. Además, un mismo producto comercial puede tener diferentes efectos en diferentes localizaciones, algo que casi nunca es revisado/explicado por las empresas. El modelo permite a las empresas justificar los beneficios reales de sus productos en cada contexto concreto.

	Calidad del Aire	52%	-	-
	Confort Acústico	34%	-	-
	Confort Térmico	43%	-	-
	Actividad Física	41%	-	-
	Q8. ACCESIBILIDAD	45%	-	-
	Accesibilidad Peatonal	90%	-	-
	Accesibilidad Ciclista	3%	-	-
	Accesibilidad mediante Transporte Público	86%	-	-
	Tiempo destinado a movilidad	48%	-	-
	Q9. ESTRUCTURA URBANA	87%	-	-
	Continuidad Funcional de la Calle	78%	-	-
	Conectividad de la Red	95%	-	-
	Configuración Urbana	88%	-	-
	Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	84%	84%	0,5%
	Proporción de Calle	100%	-	-
	Calidad de la Escena Urbana	62%	62%	0,9%
	Percepción del Verde Urbano	99%	-	-
M_ METABOLISMO URBANO		13,0%	17,1%	4,2%
	M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	26%	26%	0,4%
	M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72%	85%	12,9%
	M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	17%	-	-
	Agrícola	0%	-	-
	Ganadera	21%	-	-
	Forestal	86%	-	-
	Plataforma Continental [Pesca]	0%	-	-
	Urbanizable	60%	-	-
	M4 RESIDUOS	22%	96%	73,9%
	Recursos Bióticos	8%	95%	87,1%
	Recursos Abióticos	41%	96%	55,4%
	M5 ENERGIA	12%	16%	4,6%
	Energía no renovable	9%	10%	0,6%
	Energía renovable	98%	84%	-14,3%
	M6. EMISIONES GEI	0%	0%	9,8%
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA		40,9%	42,6%	1,7%
	E1. EMPLEO	65,7%	67,6%	2,0%
	E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	53,7%	0,8%
	Diversificación Laboral	66,3%	67,4%	1,1%
	Diversificación Económica	42,5%	43,0%	0,6%
	E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	42,3%	2,3%
	E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	19,3%	1,6%
	Carga Económica Sector Publico	33%	33%	0,1%
	Carga Económica Habitantes	13,5%	15,5%	2,0%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD		32,9%	35,4%	2,5%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]. Los guiones implican que el indicador mantiene su valor actual

Y los indicadores de decisión presentan los siguientes valores:

TABLA 7.2.1-2_ EVALUACION PROPUESTA: PARAMETROS DECISION

	CONDICIÓN	UMBRAL DE ACEPTACION	VALOR	R01	CUMPLE
01	Grado de Sostenibilidad	$\Delta S > 0$	2,51%		SI
02	Dimensión Calidad [Q]	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	0,0%		SI
03	Dimensión Metabolismo [M]	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	4,2%		SI
04	Dimensión Económica [E]	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	1,7%		SI
05	Distribución del Ingreso [DI]	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	2,3%		SI
06	Carga Económica [CE]	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	1,6%		SI
07	Todos los indicadores	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$			SI
08	Esfuerzo Económico [EE]	$EE < 5\%RD$	16,5%		NO

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Vemos que el único parámetro de decisión que incumple los límites establecidos es el Esfuerzo Económico, que llega hasta el 16.5% valor excesivamente elevado. Sin embargo, este incumplimiento es fácilmente resoluble mediante el fraccionamiento temporal de la implantación del proyecto, que no solo es completamente factible, sino que además aporta varias ventajas:

- Permite la creación y crecimiento gradual de la empresa de gestión de residuos, sostenida en base a beneficios crecientes [minimizando la inversión inicial necesaria].

- Permite la realización gradual de las obras de acondicionamiento de la edificación, contribuyendo a la creación de puestos de trabajo estables⁴⁹⁶.
- Permite el crecimiento de la implantación en paralelo al del 'mercado' de compra de RU.

Por tanto, vamos a considerar un fraccionamiento temporal en diez años, equivalente a una implantación en el 10% de los edificios cada año, lo que reducirá el EE al 1.65%, que satisface la condición $EE < 5\%$ y se presenta como un valor asumible.

Para el diseño del fraccionamiento temporal, la unidad 'física' de fraccionamiento será la unidad edificatoria, pudiendo resultar interesante agrupar por tipologías de edificación o por calles, para rentabilizar al máximo la instalación del sistema/recogida RU.

7.2.1.2_ CONCLUSION

Vemos que la propuesta apenas modifica la dimensión Q, centrando sus beneficios sobre las dos áreas cuya mejora es prioritaria según la evaluación inicial del ámbito:

- el Metabolismo con un incremento del 4,2%, mejorando las Emisiones GEI [9,8%] y Consumo de Energía [4,6%]⁴⁹⁷.
- la Sostenibilidad Económica con un incremento del 1,7%, reduciendo la Carga Económica de los Habitantes [2,0%] y mejorando la Distribución del Ingreso [2,9%].

Es decir, *el proyecto aporta mejoras perceptibles en las cuatro áreas de actuación prioritaria, pudiendo afirmar su interés para incrementar la sostenibilidad del área* y lo incorporamos al conjunto de medidas cuya evaluación combinada revisaremos posteriormente.

⁴⁹⁶ Se trata de evitar otro 'boom' [frecuentes por desgracia en el sector de la construcción en España], en los cuales todo el trabajo se concentra en periodos elevados de actividad, seguidos de periodos de inevitable desempleo. En realidad, si la implantación se realiza para un 5% anual de los edificios, la estabilidad sería máxima puesto que 20 años suele ser un periodo de renovación frecuente, resultando un EE menor. Sin embargo, el reducido valor de M no parece permitir plazos tan elevados de implantación, siendo preferible apuntar a un periodo máximo de 10 años, para reducir cuanto antes la insostenibilidad del área.

⁴⁹⁷ Es interesante revisar el valor negativo que aparece en variación de Energía Renovable, y recordar que la capacidad total de Energía Renovable de la Tierra también es limitada [al menos en la actualidad]. Sin embargo, el valor final se sitúa en un 84%, muy por encima del valor que hemos fijado como umbral para la condición de Pareto [0,5]

7.2.2_ PLAN ESTRATÉGICO DE MOVILIDAD

La evaluación del ámbito nos ha permitido ver que existe un potencial de mejora elevado actuando sobre la movilidad. Y para aprovechar al máximo este potencial, vamos a seguir la metodología propuesta, que contempla el siguiente proceso:

- en primer lugar, vamos a formular una serie de escenarios de evaluación que corresponden al estado que alcanzaría el ámbito siguiendo las practicas más aceptadas en la actualidad para movilidad urbana sostenible
- en segundo lugar, vamos a revisar individualmente el impacto sobre la sostenibilidad de cada uno de dichos escenarios.
- por último, vamos a estructurar una actuación global que combine dichos escenarios/estrategias en una combinación que maximice el impacto positivo [incremento de sostenibilidad] conseguido⁴⁹⁸.

Se trata por tanto de una aplicación del modelo en una actuación frecuente en el campo de diseño/planeamiento urbanos, y cuya revisión es interesante para comprender tanto la versatilidad del presente modelo como algunas de las diferencias que aporta respecto a otros modelos existentes.

Vamos pues a realizar una propuesta de modificación de la estructura actual de la movilidad del ámbito que más lo acerque a su estado óptimo en base a estrategias mayoritariamente aceptadas.

7.2.2.1_ FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Dado que ya tenemos evaluada la situación actual [que constituye el E00 para la formulación del Plan Estratégico], pasamos a formular los nuevos escenarios de evaluación, lo que haremos considerando las estrategias consideradas más sostenibles por la mayoría de expertos e instituciones, que proponen actuar en este orden⁴⁹⁹:

- Tres líneas de actuación destinadas a reducir la utilización de medios de transporte motorizados:
 - 1_ fomentar los desplazamientos peatonales
 - 2_ fomentar los desplazamientos en bicicleta
 - 3_ fomentar los desplazamientos en transporte publico
- Y una destinada sobre todo a reducir la contaminación atmosférica -local [calidad del aire] y global [CO₂]- y acústica:
 - 4_ fomentar la implantación de tecnologías menos contaminantes

En base a dichas líneas de actuación, vamos a proponer una serie de escenarios de evaluación [o futuros posibles], que serán los siguientes:

⁴⁹⁸ Para obtener la máxima flexibilidad posible en la composición de esta actuación global, las prácticas evaluadas individualmente deben ser lo más desagregadas posible.

⁴⁹⁹ Por ejemplo, los Compromisos de Aalborg plantean las siguientes [CA et al, 2004. Mejor movilidad y reducción de tráfico]:

- reducir la dependencia del transporte privado motorizado y promover alternativas atractivas [y] accesibles para todos.
- aumentar el porcentaje de desplazamientos en transporte público, peatonal y en bicicleta.
- promover el cambio a vehículos con bajas emisiones
- reducir el impacto del transporte en el medio ambiente y en la salud pública.

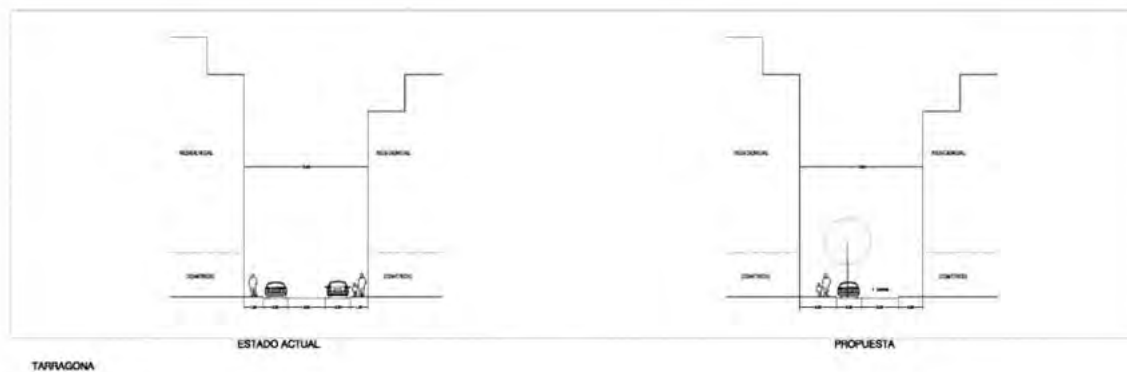
- un escenario que contempla la *mejora de la accesibilidad y movilidad peatonal*, cumpliendo los requerimientos de la normativa de Accesibilidad así como las prescripciones de diseño de la Instrucción para el Diseño de la Vía Pública del Ayuntamiento de Madrid.
- un escenario basado en *aumentar la cuota de utilización de la bicicleta para movilidad diaria, sustrayendo el máximo posible de usuarios al coche* [establecemos un 14,5%, cifra que se explica más adelante].
- dos escenarios que buscan *mejorar el servicio del transporte público*:
 - Incrementando la velocidad comercial del autobús de los 13,5 km/h actuales hasta 20 km/h mediante la independización de los carriles bus que actualmente en todas las vías coinciden con zonas con aparcamiento de automóviles.
 - Ampliando el Servicio de Transporte Público introduciendo un Servicio de Bicicleta Compartida con el objetivo de captar un 5% del reparto modal.
- tres escenarios que introducen soluciones tecnológicas menos contaminantes [vehículos de bajas emisiones o combustibles neutros en carbono].

A continuación describimos las características principales adoptadas para cada uno de los escenarios:

ESCENARIO M-01: MEJORA DE LA ACCESIBILIDAD PEATONAL

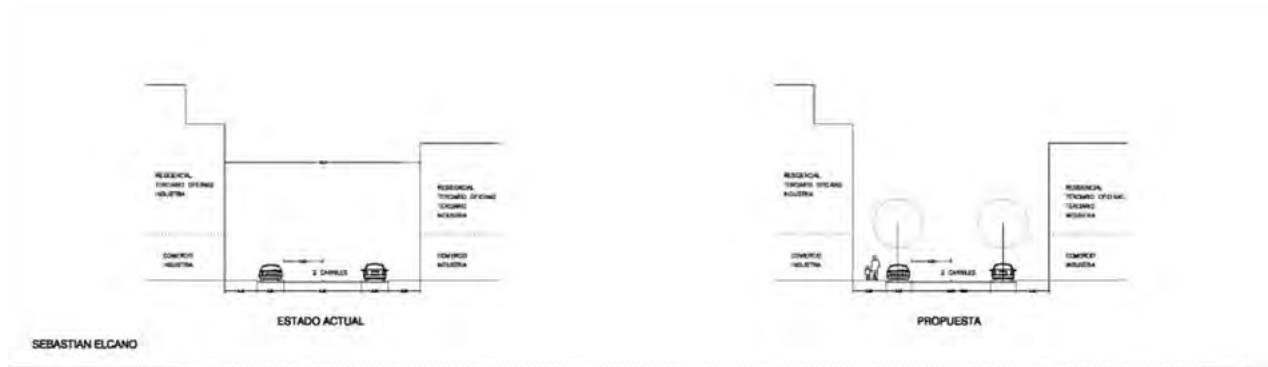
Contempla las siguientes medidas/estrategias:

- Cumplimiento de anchos mínimos de accesibilidad en todas las aceras, estableciendo un ancho mínimo de acera de 2,50 m [1,80 m de paso libre⁵⁰⁰ + 0,80 m para farolas y mobiliario].
- Plantación de arbolado en todas las calles [en los dos lados en calles con ancho mayor a 15 m y en un lado en calles con ancho entre 8 y 15 m]⁵⁰¹.



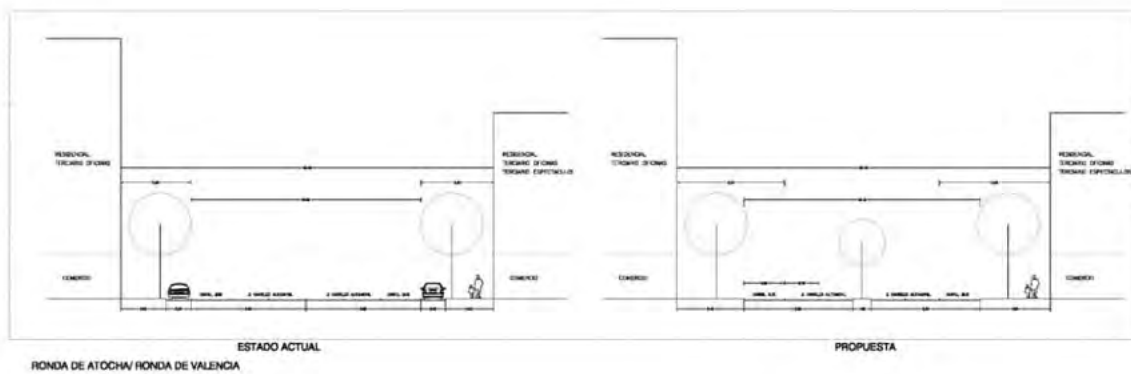
⁵⁰⁰ Ancho mínimo de paso libre para considerar un itinerario peatonal 'accesible' [MV, 2010, Orden VIV/561/2010, Art 5.2b]

⁵⁰¹ "Todas las vías en medio urbano, a excepción de las metropolitanas, deberán acondicionarse mediante arbolado de alineación en ambas aceras, bulevares y medianas [...]" [GMU, 2000. Ficha 10.4:13]. La IVP admite en calles estrechas la colocación de arbolado solamente en una acera. En las calles con orientación E-O, elegiremos la acera norte [GMU, 2000. Ficha 10.4:2]

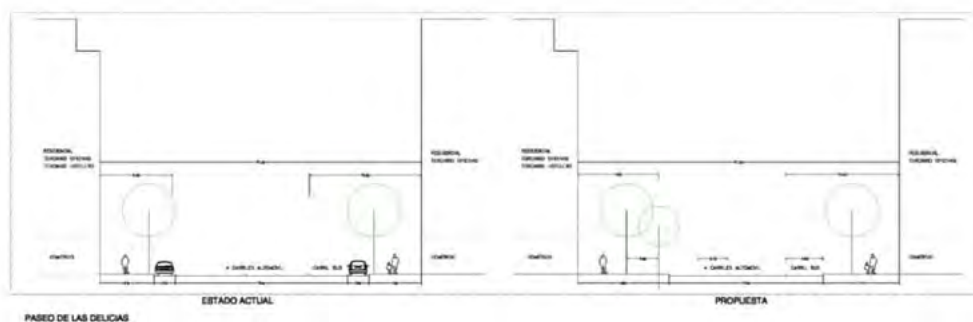


En todos los casos en que se prevé la plantación de arbolado, se contemplará el ensanchamiento de la acera hasta los 3 m a eje del árbol, más 0.50 m si hay aparcamiento o 1.00 m si no lo hay [GMU, 2000. Ficha 10.4.6]

- Instalación de mediana refugio para ayudar al cruce de peatones en calles con calzada de ancho mayor a 14 m/4 carriles [Rondas de Atocha y Ronda de Valencia] [GMU, 2000. Ficha 4.2:19]. Esta mediana tendrá un ancho $\geq 1,5$ m [Orden VIV/561/2010, Art 42.5.a] y se aprovechará para plantar vegetación [GMU, 2000]



- Adecuación de los Itinerarios Peatonales Principales, cumpliendo los anchos de aceras recomendados [6 m] [GMU, 2000: Ficha 4.2.19], ocupando las franjas de aparcamiento. Si es posible, se añadirá otra hilera de arbolado, que puede ser al tresbolillo.



- Calmado de tráfico en calles residenciales, lo que haremos con las mismas medidas previstas para M04 y M02 [se explican posteriormente]⁵⁰². La presencia de arbolado también actúa como elemento atenuante de la velocidad de los automóviles.
- Incorporación de medidas para posibilitar el cruce peatonal de calles:
 - semáforos en tramos de viario con IMD elevada mayores a 150m.
 - pasos de cebra en tramos de viario con IMD reducida o media mayores a 150m
- Ascensor en escalera exterior de Atocha para incrementar conectividad en el borde urbano.



Existen dos previsible beneficios de esta transformación que no contabilizaremos debido a la dificultad de hacer una predicción suficientemente precisa:

- La previsible reducción de la cuota de reparto del automóvil privado [debido a los estrechamientos del viario y la eliminación de aparcamiento en superficie].
- El previsible incremento de la cuota de desplazamientos peatonales.

ESCENARIO M-02: FOMENTO DE LA BICICLETA

Se plantea un cambio modal incrementando la utilización de la bicicleta privada hasta el 15.0% de la cuota de reparto [frente al 1% actual], sustrayendo dicho incremento al automóvil⁵⁰³. Como medidas encaminadas a permitir la utilización de la bicicleta en condiciones seguras se proponen:

⁵⁰² En la línea de las 'ciudades paseables' ['walkable city'], y junto con la promoción del Transporte público [en la forma 'Transit Oriented Development'], serían las dos estrategias más importantes para conseguir una movilidad urbana sostenible [Pozueta, 2005: 21]. El mismo autor propone velocidades por debajo de 30-20 km/h como objetivo [Pozueta, 2000: 65]

⁵⁰³ El aumento de la movilidad ciclista per se no supone una reducción de los impactos negativos del uso del automóvil, salvo que se acompañe de una reducción del número de usuarios del automóvil. Esta reducción de la cuota de utilización del automóvil en movilidad diaria [a menos del 15%] debe ser un objetivo generalizado en las políticas de movilidad urbana [Rueda, 2012. Indicador MVS.03.12. Modo de desplazamiento de la población]. Pozueta et Al [1995: 25-26] proponen que esta cuota se

- Carril bici separado en vías con IMD superior a 20.000 vehículos /día⁵⁰⁴.
- Acondicionamiento de vías locales para una velocidad de circulación menor a 30 km/h [calmado de tráfico], incluyendo intersecciones con pérdida de prioridad o medidas reductoras de velocidad a distancias máximas de 75 m⁵⁰⁵ [GMU, 2000:Ficha.4.1.6/7].



Como medidas encaminadas a reducir un 14,5% la cuota de utilización del automóvil, incluimos las siguientes:

- Reducción de la superficie de circulación de automóviles⁵⁰⁶, en igual porcentaje a la cuota de reparto desplazada desde el automóvil a la bicicleta⁵⁰⁷.
- Se disminuye el número total de plazas de aparcamiento, reduciendo la oferta en tantas plazas como vehículos se eliminan de la circulación [siendo el mínimo valor el que iguale a la demanda local]⁵⁰⁸.

podrá reducir todavía más en áreas con muy buen acceso al transporte público [hasta un 30% en ubicaciones a menos de 250 m de una estación de metro o un 15% si la distancia es entre 250 y 500 m]. En AEUB, 2010. Indicador 11, se propone que la cuota de utilización del automóvil para viajes internos de los residentes sea inferior al 10%. Partiendo de una cuota inicial del 25% de utilización del coche, si tenemos en cuenta que aproximadamente el 50% de viajes en coche en la ciudad se realizan para distancias menores a 3 km, y que para esa distancia la bicicleta es el medio de transporte idóneo, la propuesta es perfectamente razonable. Dada la buena accesibilidad al transporte público en el área, consideramos el criterio más restrictivo, por lo que el objetivo se fija en un máximo del 10,5% de cuota de utilización del automóvil para movilidad cotidiana.

⁵⁰⁴ Para alojar este carril, se puede eliminar parte del aparcamiento en superficie en estas vías [GMU, 2000: Ficha 4.2.16]

⁵⁰⁵ Disposición obligatoria para el diseño de viario local según la IVP del Ayuntamiento de Madrid [GMU, 2000:Ficha.4.1.7]

⁵⁰⁶ La reducción del espacio y el número de aparcamientos destinados al automóvil se considera indispensable para reducir su cuota de utilización [MFOM, 2010a: 35]. "Para lograr que los conductores dejen el coche en el garaje y utilicen el transporte público o se desplacen a pie, no es suficiente con que dispongan de buenos medios de transporte público, [...] o de confortables sendas peatonales o carriles bici. Es necesario convencerles u obligarles a que las utilicen" [Pozueta, 2005: 76]

⁵⁰⁷ En vías con un único carril de circulación, será necesario respetar el ancho mínimo de 4,5 m exigido por el RPICM, para el acceso de Vehículos de Protección contra Incendios [GMU, 2000: Ficha 4.2.5].

El espacio liberado, será destinado a ubicar los carriles bici, bases del SBC, y zonas de C/D para Distribución Urbana de Mercancías [DUM]. Complementariamente, puede ser utilizado para ensanchar aceras o crear zonas estanciales, pero no se va a incluir en este escenario puesto que no se considera estrictamente necesario para conseguir el objetivo planteado.



ESCENARIO M-03: INCREMENTO VELOCIDAD TRANSPORTE PÚBLICO

El sistema de Transporte Publico se mejora incrementando la velocidad de circulación de los autobuses desde los actuales 13,5 km/h hasta los 20,0 km/h.

Para lograrlo se plantea la independización de los carriles bus actualmente existentes, incorporando medidas de protección y eliminando las plazas existentes en su interior en algunas vías [e.g., Paseo Delicias, Paseo Santa María de la Cabeza,...], minimizando así las interrupciones ocasionadas por el tráfico privado.

ESCENARIO M-04. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SBC

⁵⁰⁸ “La gestión del aparcamiento es considerada por numerosos expertos como el instrumento individualmente más eficaz para desincentivar el uso del vehículo privado y promover otros medios de transporte alternativos” [Pozueta, 2000: 76]. Según EP-THC [2007: 78] se puede optar por dos criterios [individualmente o en combinación]: reducir proporcionalmente el número de plazas de aparcamiento en rotación o ajustar el total de plazas de aparcamiento [en edificación y en viario] para que iguale al número total de viviendas.

El sistema de Transporte Público Se amplía con un Servicio de Bicicleta Compartida [SBC]⁵⁰⁹. El objetivo es triple⁵¹⁰:

- Por una parte, complementar el servicio de transporte público, incorporando las ‘distancias medias’ en las cuales el resto de medios [metro, autobús o cercanías] son poco ‘efectivos’.
- Potenciar la ‘inter-modalidad’ SBC – metro/autobús/cercanías [ampliando la distancia total que se pueden recorrer en un tiempo dado, y por tanto, la cobertura del transporte público].
- Ampliar el ‘horario’ de servicio del transporte público con un coste reducido, mediante el funcionamiento del servicio durante las 24 h.

Se disponen por tanto bases del SBC junto a todas las principales paradas de transporte público [todas las de metro y tren], así como puntos emblemáticos previsiblemente generadores de desplazamientos, con una distancia media de 200-250 m entre bases⁵¹¹.



El objetivo es absorber un 5% de la cuota de transporte. En cuanto al tipo de desplazamientos que sustituye el SBC, suponemos la misma cuota que en Barcelona [Obis Project]:

- Vehículo privado 65,77%

⁵⁰⁹ En el momento en que se realizó este estudio [2013], todavía no existía un SBC en la ciudad de Madrid.

⁵¹⁰ La bicicleta permite complementar al transporte público en distancias medias, pero se articula difícilmente con el transporte público [Pozueta, 2005: 18]. Los SBC además de permitir alcanzar distancias medias, resuelven la articulación bicicleta-transporte público, permitiendo optimizar desplazamientos incluso de carácter interurbano.

⁵¹¹ Coincide con la distancia óptima obtenida como resultado de la evaluación de la Almendra Central de Madrid [ver Latorre, 2012:43]. Como referencia del número de puesto y bicicletas en cada base, tomamos los datos del proyecto SBC MyBici, el cual propone ‘veintiséis puntos de anclaje, y trece bicicletas en cada base’ [Proyecto Mybici, 2009].

- [otros medios de] Transporte Público 7,79%
- Bicicleta privada 5,12%
- Peatón 21,22%

Este escenario requiere además el rediseño de parte del espacio viario, que se realiza incluyendo las medidas ya descritas anteriormente para el M_02.

Las medidas de restricción del uso de automóvil [restricción sección viaria y eliminación de plazas de aparcamiento] se aplican de igual manera que en el M_02, pero en menor proporción, puesto que el número de vehículos retirado de la circulación es menor.

ESCENARIO M-05: FOMENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Todos los vehículos motorizados utilizados para movilidad diaria [motocicletas, automóviles, taxis y autobuses] se sustituyen por vehículos eléctricos.

La tecnología disponible en la actualidad establece un límite a la distancia máxima de desplazamiento con vehículo eléctrico [cuya autonomía ronda de media los 150km], lo que hace que no puedan sustituir completamente las funciones del parque de vehículos existentes en la actualidad⁵¹².

Por tanto, consideramos que con la tecnología existente actualmente, el vehículo principal en cada hogar no puede ser sustituido⁵¹³, siendo los vehículos objeto de sustitución el 2º y sucesivos vehículos en aquellos hogares en que existan⁵¹⁴.

Estos vehículos suponen aproximadamente el 17% de los automóviles en circulación, porcentaje que supondremos constante aunque se modifique la participación del automóvil en el reparto modal.

También será necesario prever un sistema de puntos de recarga en la calle, que dimensionaremos a razón de un punto de carga [tipo estándar] por cada 10 vehículos en circulación.

ESCENARIO M-06: FOMENTO DE LOS BIOCARBURANTES

Se maximiza la participación de los biocarburantes [bioetanol y biodiesel] en relación al consumo total de carburantes.

A partir de los datos disponibles [Appa, 2010] hemos hecho una estimación de la cantidad máxima que podrían aportar los biocarburantes al total de la energía consumida actualmente considerando conjuntamente biodiesel y bioetanol. Para ello hemos considerado dos supuestos:

- Se utiliza al máximo la capacidad productora de las plantas actualmente instaladas en España

⁵¹² Si tenemos en cuenta que el coche se utiliza en más del 79% de los desplazamientos no cotidianos [generalmente ocio y vacaciones] con distancias entre 101 y 500 km [MFOM, 2007: 44], para los cuales esta autonomía resultaría insuficiente.

⁵¹³ Añadir un segundo vehículo eléctrico para movilidad cotidiana a hogares con un solo vehículo supondría una práctica altamente ineficiente, ya que consumiría muchos recursos económicos [compra y mantenimiento de dos vehículos], materiales, etc... así como el incremento del espacio necesario para aparcamiento [lo cual tampoco parece viable].

⁵¹⁴ El 7% de hogares en el Ámbito dispone de dos vehículos, y el 1% de tres o más vehículos. Esto significa que al menos existen 830 vehículos que cumplen esta condición, lo que supone algo más del 17% de todos los vehículos [Censo de Edificación y Viviendas de 2001].

- Se mantiene la cuota de importación existente en la actualidad [60% para biodiesel y 55% para bioetanol]

Con estos supuestos, el cálculo indica que se podría llegar a cubrir una cuota del 33,85% [17.370,33 MWh/año] sobre el consumo actual total de combustibles⁵¹⁵.

ESCENARIO M-07. FOMENTO DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

Todos los vehículos motorizados utilizados para movilidad diaria [motocicletas, automóviles, taxis y autobuses] se sustituyen por vehículos híbridos.

7.2.2.2_ COMPLEMENTARIEDADES [SINERGIAS Y REPETICIONES] Y EXCLUSIONES ENTRE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS:

Para el diseño de planes que combinan varias estrategias/escenarios es fundamental establecer con precisión las relaciones existentes entre ellos [complementariedades o exclusiones] previamente a la aplicación de la metodología.

TABLA 7.2.2-1_ COMPLEMENTARIEDADES [SINERGIAS / REPETICIONES] Y EXCLUSIONES		
M01	SINERGIAS	La implementación del M01 supondrá la reducción de la cuota de utilización del vehículo privado ya que se reduce la cantidad de plazas de aparcamiento para los mismos. Estos usuarios podrán trasladarse al transporte público existente [que incrementará su capacidad si incrementa su velocidad, M03] y se beneficiarán de la posibilidad de utilización de la bicicleta [M02/M04]
	REPETICIONES	El templado de tráfico en calles residenciales también está previsto para M02, y M04 [implica gasto económico, utilización de materiales de construcción y generación de residuos]. <ul style="list-style-type: none"> • Por tanto, la implementación conjunta con cualquiera de estos dos escenarios producirá una reducción del EE/CE y aumento de ΔM. • Por el contrario, el ΔS global, así como ΔQ serán más reducidos
	EXCLUSIONES	La implementación del M01 puede chocar con la implementación del carril bici previsto en M02/M03 que se plantea ocupando la franja de aparcamiento [que en M01 se aprovecha como zona estancial de los peatones]. Sin embargo, parece posible resolverlo mediante una modificación del diseño, reduciendo algo la franja dedicada a la circulación de vehículos [algo que está previsto en M02/M03]
M02	SINERGIAS	Las indicadas con el M01.
	REPETICIÓN	El templado de tráfico en calles residenciales también está previsto para M01 y M04 [implica gasto económico y empleo de materiales de construcción y generación de residuos]. La realización de la red de carriles bici, también está prevista en M04. <ul style="list-style-type: none"> • Por tanto, la implementación conjunta con cualquiera de estos dos escenarios producirá una reducción del EE y aumento de ΔM. • Por el contrario, el ΔS global así como ΔQ serán más reducidos
	EXCLUSIONES	Las mencionadas con el M01, que se consideran subsanables mediante modificación del diseño...
M03	SINERGIAS	La implementación del M03 supondrá la reducción de la cuota de utilización del vehículo privado ya que se reduce la cantidad de plazas de aparcamiento para los mismos. Estos usuarios podrían trasladarse al transporte público existente [que incrementara su capacidad al incrementarse su velocidad] o beneficiarse de la posibilidad de utilización de la bicicleta [M02/M04]
	REPETICIÓN	Para eliminar el aparcamiento del interior del carril bus, se ha previsto la pavimentación, que también está prevista en M01 [para la creación de zonas estanciales en aceras]. Si en cambio se ejecutara combinado con M02 / M04, dado que ese sitio iría ocupado por el carril bici, se ahorraría el coste de la pavimentación. Por lo tanto, en cualquiera de los dos casos, su ejecución conjunta reduciría el EE/CE y aumentaría ΔM .
	EXCLUSIONES	-
M04	SINERGIAS	Las indicadas con el M01
	REPETICIÓN	Las mencionadas con M01 y M02.
	EXCLUSIONES	Las mencionadas con el M01, que se consideran subsanables mediante modificación del diseño.

⁵¹⁵ Para la evaluación vamos a aceptar este cifra, pese a que ciertos estudios establecen el 5,6% como tope de participación de biocarburantes en el consumo en transporte en la UE, debido a la ausencia de suelo disponible [Gay et Al 2010 citado en Ecological Institute & Seri, 2010: 42]. El resultado de la evaluación nos deberá permitir decidir entre ambas cifras.

M05	SINERGIAS	Presenta sinergias con los escenarios M02 y M04, por cuanto si se reduce el número de vehículos automóviles en circulación, el número de vehículos que habrá que sustituir se reduce, y con ello lo hace el EE de implantar el presente escenario.
	REPETICIÓN	-
	EXCLUSIONES	Es excluyente con el M06 [un coche eléctrico no puede utilizar biocarburantes] y con el M07 [un coche eléctrico no puede ser híbrido]. Sin embargo, dado que solamente el 17% de los coches pueden ser sustituidos por coches eléctricos, solamente se considera Parcialmente Excluyente [el 83% restante podrían ser híbridos o utilizar biocarburantes]. Si además de utilizar biocarburantes, el vehículo tiene motor de tipo híbrido [M07], sus emisiones será más reducidas
M06	SINERGIAS	La mencionada con M05.
	REPETICIÓN	-
	EXCLUSIONES	La mencionada con M05.
M07	SINERGIAS	La mencionada con M06. También presenta sinergias con los escenarios M02 y M04, por cuanto si se reduce el número de vehículos automóviles en circulación, el número de vehículos que habrá que sustituir se reduce, y con ello lo hace el EE de implantar el presente escenario.
	REPETICIÓN	-
	EXCLUSIONES	La mencionada con M05.

FUENTE: Elaboración propia

Para mayor claridad, podemos sintetizar lo anterior en una matriz [opcional].

TABLA 7.2.2-2_ MATRIZ DE COMPLEMENTARIEDADES Y EXCLUSIONES

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
M01	-	S/R/-	S/R/-	S/R/-	- / - / -	- / - / -	- / - / -
M02		-	S/R/-	S/R/-	S / - / -	- / - / -	S / - / -
M03			-	S/R/-	- / - / -	- / - / -	- / - / -
M04				-	S / - / -	- / - / -	S / - / -
M05					-	- / - / PE	- / - / PE
M06						-	S / - / -
M07							-

FUENTE: Elaboración propia

(1) S [presentan sinergias]
 (2) R [presentan repeticiones]
 (3) PE [son parcialmente excluyentes]
 (4) E [son totalmente excluyentes]

Vemos que el número de exclusiones es reducido, lo cual simplificará la aplicación de la metodología [se reduce el número de combinaciones que es necesario evaluar].

7.2.2.3_ RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Una vez diseñados los escenarios y revisadas las relaciones existentes entre ellos procedemos a su evaluación [Paso 2 de la metodología].

TABLA 7.2.2-3_ EVALUACION ESCENARIO M01

	E00_BAU	M01_ MEJORA ESPACIO PEATONAL	
		VALOR	VARIACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	59,5%	6,2%
Q1. COMPACIDAD	51%	65%	14,4%
Densidad de Población	85%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31%	51%	20,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66%	70%	3,7%
Dotación Equipamientos	73%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61%	68%	6,8%
Q.3. ZONAS VERDES	25%	26%	1,6%
Dotación Zonas Verdes	10%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	51%	5,1%
Q4. BIODIVERSIDAD	22%	23%	0,6%
Índice de Biotopo	21%	23%	2,0%
Arbolado en viario	77%	100%	23,1%
Corredores Verdes	0%	-	0,0%
Q5. MEZCLA DE USOS	87%	92%	5,1%
Equilibrio Actividad Residencia	100%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	85%	8,5%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%

Q7.BIOCLIMA Y SALUD	42%	44%	1,6%
Calidad del Aire	52%	54%	2,0%
Confort Acústico	34%	-	0,0%
Confort Térmico	43%	48%	5,1%
Actividad Física	41%	-	0,0%
Q8. ACCE SIBILIDAD	45%	72%	26,9%
Accesibilidad Peatonal	90%	100%	10,0%
Accesibilidad Ciclista	3%	67%	63,7%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	86%	-	0,0%
Tiempo destinado a movilidad	48%	-	0,0%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	87%	94%	7,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78%	89%	11,2%
Conectividad de la Red	95%	97%	1,9%
Configuración Urbana	88%	95%	6,8%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	84%	88%	4,3%
Proporción de Calle	100%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	62%	70%	8,1%
Percepción del Verde Urbano	99%	100%	1,3%
M _ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,0%	0,1%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	26%	26%	0,0%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72%	72%	0,0%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	17%	-	0,0%
Agrícola	0%	-	0,0%
Ganadera	21%	-	0,0%
Forestal	86%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0%	-	0,0%
Urbanizable	60%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	22%	22%	0,0%
Recursos Bióticos	8%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41%	41%	0,0%
M5 ENERGIA	12%	12%	0,0%
Energía no renovable	9%	9%	0,0%
Energía renovable	98%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0%	0%	0,8%
E _SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	17,7%	0,0%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%
Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	39,9%	0,0%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,7%	0,0%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	32,6%	-0,1%
Carga Económica Habitantes	13,5%	13,5%	0,0%
S _GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	34,1%	1,3%
FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]			

TABLA 7.2.2-4_ EVALUACION ESCENARIO M02

Q _ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	E00_BAU	M02_ BICICLETA	
		VALOR	VARIACION
Q1. COMPACIDAD	53,3%	59,1%	5,9%
Densidad de Población	50,7%	-	0,0%
Compacidad Corregida	85,0%	-	0,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	31,0%	-	0,0%
Dotación Equipamientos	66,5%	80,6%	14,1%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	72,6%	-	0,0%
Q.3. ZONAS VERDES	61,0%	90,0%	29,0%
Dotación Zonas Verdes	24,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	46,3%	-	0,0%
Índice de Biotopo	22,3%	22,9%	0,7%
Arbolado en viario	21,4%	23,0%	1,6%
Corredores Verdes	76,9%	-	0,0%
Q5_MEZCLA DE USOS	0,0%	-	0,0%
Equilibrio Actividad Residencia	87,1%	94,5%	7,4%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	100,0%	-	0,0%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	76,8%	89,6%	12,7%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	84,2%	-	0,0%
Q7.BIOCLIMA Y SALUD	-	-	0,0%
Calidad del Aire	41,9%	54,7%	12,8%
Confort Acústico	51,9%	68,9%	17,1%
Confort Térmico	33,6%	46,7%	13,1%
Actividad Física	42,6%	51,9%	9,3%
Q8. ACCE SIBILIDAD	41,2%	53,9%	12,8%
Accesibilidad Peatonal	44,7%	81,0%	36,3%
Accesibilidad Ciclista	90,0%	-	0,0%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	3,3%	100,0%	96,7%
	85,9%	-	0,0%

Tiempo destinado a movilidad	48,4%	57,8%	9,3%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	-	0,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95,1%	-	0,0%
Configuración Urbana	87,9%	-	0,0%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	88,4%	4,9%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	70,9%	9,4%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	100,0%	1,3%
M _ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,3%	0,4%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	26,5%	0,6%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	72,2%	0,2%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	-	0,0%
Agrícola	0,0%	-	0,0%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	21,9%	21,9%	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	41,0%	0,0%
M5 ENERGIA	11,7%	12,1%	0,5%
Energía no renovable	9,3%	9,6%	0,3%
Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	0,0%	4,0%
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	41,8%	0,9%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%
Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	42,6%	2,6%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	18,3%	0,6%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	32,8%	0,2%
Carga Económica Habitantes	13,5%	14,3%	0,7%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	34,5%	1,7%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

TABLA 7.2.2-5_ EVALUACION ESCENARIO M03

	E00_BAU	M03_ MEJORA CARRILES BUS	
		VALOR	VARIACION
Q _ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	54,4%	1,1%
Q1. COMPACIDAD	50,7%	64,0%	13,3%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	49,4%	18,4%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	-	0,0%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	-	0,0%
Q.3. ZONAS VERDES	24,6%	-	0,0%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	-	0,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	-	0,0%
Índice de Biotopo	21,4%	-	0,0%
Arbolado en viario	76,9%	-	0,0%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87,1%	-	0,0%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	-	0,0%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84,2%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	41,9%	42,3%	0,4%
Calidad del Aire	51,9%	-	0,0%
Confort Acústico	33,6%	-	0,0%
Confort Térmico	42,6%	44,3%	1,7%
Actividad Física	41,2%	-	0,0%
Q8. ACCESIBILIDAD	44,7%	45,0%	0,3%
Accesibilidad Peatonal	90,0%	-	0,0%
Accesibilidad Ciclista	3,3%	-	0,0%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	85,9%	-	0,0%
Tiempo destinado a movilidad	48,4%	49,5%	1,0%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	-	0,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95,1%	-	0,0%
Configuración Urbana	87,9%	-	0,0%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	84,2%	0,7%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	62,9%	1,4%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	-	0,0%

M _ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,0%	0,0%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	25,8%	0,0%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	72,0%	0,0%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	-	0,0%
Agrícola	0,0%	-	0,0%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	21,9%	21,9%	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	41,0%	0,0%
M5 ENERGIA	11,7%	11,7%	0,0%
Energía no renovable	9,3%	9,3%	0,0%
Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	-	0,0%
E _ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	40,9%	0,0%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%
Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	39,9%	0,0%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,7%	0,0%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	32,7%	0,0%
Carga Económica Habitantes	13,5%	13,5%	0,0%
S _ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	33,1%	0,2%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

TABLA 7.2.2-6_ EVALUACION ESCENARIO M04

	E00_BAU	M04_ BICICLETA COMPARTIDA VALOR	VARIACION
Q _ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	57,9%	4,7%
Q1. COMPACIDAD	50,7%	-	0,0%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	-	0,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	80,6%	14,1%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	90,0%	29,0%
Q.3. ZONAS VERDES	24,6%	-	0,0%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	-	0,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	22,9%	0,7%
Índice de Biotopo	21,4%	23,0%	1,6%
Arbolado en viario	76,9%	-	0,0%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5. MEZCLA DE USOS	87,1%	92,0%	4,9%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	85,1%	8,3%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84,2%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	41,9%	46,3%	4,4%
Calidad del Aire	51,9%	56,2%	4,4%
Confort Acústico	33,6%	36,7%	3,1%
Confort Térmico	42,6%	48,7%	6,1%
Actividad Física	41,2%	45,4%	4,3%
Q8. ACCESIBILIDAD	44,7%	79,0%	34,3%
Accesibilidad Peatonal	90,0%	-	0,0%
Accesibilidad Ciclista	3,3%	100,0%	96,7%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	85,9%	90,0%	4,1%
Tiempo destinado a movilidad	48,4%	50,5%	2,1%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	-	0,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95,1%	-	0,0%
Configuración Urbana	87,9%	-	0,0%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	87,2%	3,7%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	68,4%	6,9%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	100,0%	1,3%
M _ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,1%	0,1%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	26,0%	0,1%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	72,1%	0,1%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	-	0,0%
Agrícola	0,0%	-	0,0%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%

M4 RESIDUOS	21,9%	21,9%	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	41,0%	0,0%
M5 ENERGIA	11,7%	11,8%	0,1%
Energía no renovable	9,3%	9,3%	0,1%
Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	0,0%	1,0%
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	41,1%	0,2%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%
Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	40,5%	0,6%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,8%	0,1%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	32,6%	0,0%
Carga Económica Habitantes	13,5%	13,7%	0,2%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	33,9%	1,1%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

TABLA 7.2.2-7_ EVALUACION ESCENARIO M05

	E00_BAU	M05_ VEHICULOS ELECTRICOS	
		VALOR	VARIACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	54,1%	0,8%
Q1. COMPACIDAD	50,7%	-	0,0%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	-	0,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	-	0,0%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	-	0,0%
Q.3. ZONAS VERDES	24,6%	-	0,0%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	-	0,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	-	0,0%
Índice de Biotopo	21,4%	-	0,0%
Arbolado en viario	76,9%	-	0,0%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87,1%	-	0,0%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	-	0,0%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84,2%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7.BIOCLIMA Y SALUD	41,9%	52,7%	10,8%
Calidad del Aire	51,9%	63,9%	12,0%
Confort Acústico	33,6%	69,2%	35,6%
Confort Térmico	42,6%	-	0,0%
Actividad Física	41,2%	-	0,0%
Q8. ACCESIBILIDAD	44,7%	-	0,0%
Accesibilidad Peatonal	90,0%	-	0,0%
Accesibilidad Ciclista	3,3%	-	0,0%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	85,9%	-	0,0%
Tiempo destinado a movilidad	48,4%	-	0,0%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	-	0,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95,1%	-	0,0%
Configuración Urbana	87,9%	-	0,0%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	-	0,0%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	-	0,0%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	-	0,0%
M_ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,1%	0,1%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	26,1%	0,3%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	72,1%	0,1%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	-	0,0%
Agrícola	0,0%	-	0,0%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	21,9%	-	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	-	0,0%
M5 ENERGIA	11,7%	11,7%	0,1%
Energía no renovable	9,3%	9,3%	0,0%
Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	0,0%	1,5%
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	40,2%	-0,7%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%

E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%
Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	37,8%	-2,1%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,3%	-0,4%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	33,0%	0,4%
Carga Económica Habitantes	13,5%	13,0%	-0,6%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	32,9%	0,0%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

TABLA 7.2.2-8_ EVALUACION ESCENARIO M06

	E00_BAU	M06_ BIOCARBURANTES	
		VALOR	VARIACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	53,3%	0,0%
Q1. COMPACIDAD	50,7%	-	0,0%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	-	0,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	-	0,0%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	-	0,0%
Q.3. ZONAS VERDES	24,6%	-	0,0%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	-	0,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	-	0,0%
Índice de Biotopo	21,4%	-	0,0%
Arbolado en viario	76,9%	-	0,0%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87,1%	-	0,0%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	-	0,0%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84,2%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7.BIOCLIMA Y SALUD	41,9%	42,1%	0,2%
Calidad del Aire	51,9%	52,7%	0,8%
Confort Acústico	33,6%	-	0,0%
Confort Térmico	42,6%	-	0,0%
Actividad Física	41,2%	-	0,0%
Q8. ACCESIBILIDAD	44,7%	-	0,0%
Accesibilidad Peatonal	90,0%	-	0,0%
Accesibilidad Ciclista	3,3%	-	0,0%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	85,9%	-	0,0%
Tiempo destinado a movilidad	48,4%	-	0,0%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	-	0,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95,1%	-	0,0%
Configuración Urbana	87,9%	-	0,0%
Q10.PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	-	0,0%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	-	0,0%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	-	0,0%
M_ METABOLISMO URBANO	13,0%	8,8%	-4,1%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	0,0%	-25,8%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	38,4%	-33,6%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	16,0%	-0,6%
Agrícola	0,0%	0,0%	-14,5%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	21,9%	-	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	-	0,0%
M5 ENERGIA	11,7%	15,3%	3,7%
Energía no renovable	9,3%	10,0%	0,7%
Energía renovable	98,3%	88,4%	-9,9%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	0,0%	1,4%
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	40,9%	0,0%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%

Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	39,8%	-0,1%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,6%	0,0%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	32,6%	0,0%
Carga Económica Habitantes	13,5%	13,5%	0,0%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	30,8%	-2,1%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

TABLA 7.2.2-9_ EVALUACION ESCENARIO M07

	E00_BAU	M07_100% VEHICULOS HIBRIDOS	
		VALOR	VARIACION
Q _ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	54,3%	1,0%
Q1. COMPACIDAD	50,7%	-	0,0%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	-	0,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	-	0,0%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	-	0,0%
Q.3. ZONAS VERDES	24,6%	-	0,0%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	-	0,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	-	0,0%
Índice de Biotopo	21,4%	-	0,0%
Arbolado en viario	76,9%	-	0,0%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87,1%	-	0,0%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	-	0,0%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84,2%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7.BIOCLIMA Y SALUD	41,9%	55,2%	13,3%
Calidad del Aire	51,9%	59,4%	7,5%
Confort Acústico	33,6%	100,0%	66,4%
Confort Térmico	42,6%	-	0,0%
Actividad Física	41,2%	-	0,0%
Q8. ACCESIBILIDAD	44,7%	-	0,0%
Accesibilidad Peatonal	90,0%	-	0,0%
Accesibilidad Ciclista	3,3%	-	0,0%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	85,9%	-	0,0%
Tiempo destinado a movilidad	48,4%	-	0,0%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	-	0,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95,1%	-	0,0%
Configuración Urbana	87,9%	-	0,0%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	-	0,0%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	-	0,0%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	-	0,0%
M _ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,3%	0,3%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	26,2%	0,3%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	72,1%	0,1%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	-	0,0%
Agrícola	0,0%	-	0,0%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	21,9%	-	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	-	0,0%
M5 ENERGÍA	11,7%	11,9%	0,2%
Energía no renovable	9,3%	9,4%	0,2%
Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	0,0%	4,1%
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	39,9%	-1,0%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%

Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	37,3%	-2,7%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,1%	-0,6%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	32,5%	-0,1%
Carga Económica Habitantes	13,5%	12,8%	-0,7%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	32,9%	0,1%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Una breve evaluación de los resultados nos permite extraer algunas ideas preliminares:

- **Calidad y Habitabilidad del Área Urbana**

Las soluciones que buscan fomentar los desplazamientos sostenibles [andar, ir en bici y utilizar transporte público], mejoran la calidad del área considerablemente, centrándose sus efectos en la mejora de la Compacidad, Accesibilidad y la Calidad del Paisaje Urbano.

Las soluciones tecnológicas presentan menor mejora de la Calidad del Área, haciéndolo únicamente en el apartado de 'Bioclima', destacando el empleo de vehículos eléctricos o híbridos, que generan menor contaminación atmosférica y acústica.

- **Metabolismo**

Las soluciones que buscan fomentar los desplazamientos sostenibles, presentan unos resultados variados. *Destaca el escenario de fomento de la bicicleta, que aporta una mejora un 33% superior a sustituir todos los automóviles por vehículos híbridos, con un esfuerzo económico 25 veces menor.*

Las soluciones tecnológicas presentan resultados dispares en el metabolismo, por cuanto sus bondades se centran en la reducción del consumo de energía no renovable y emisiones GEI, pero en el caso de vehículos eléctricos o híbridos requieren sustituir un porcentaje muy elevado de los existentes actualmente. Sorprende el escenario 'biocarburantes', con un resultado global negativo [i.e., su implementación reduciría la sostenibilidad del área], debido al elevado uso de biocapacidad agrícola y recursos hídricos, que chocan con la insostenibilidad actual de la sociedad española en dichas áreas.

El reducido valor final de M logrado por las soluciones tecnológicas hace evidente que por sí solas no son suficientes para compensar la actual insostenibilidad del metabolismo de las áreas urbanas, que presenta un potencial de mejora mucho mayor mediante modificación de los hábitos de movilidad.

- **Sostenibilidad Económica**

Este es un punto donde todas las soluciones tecnológicas [vehículos eléctricos e híbridos] suspenden, ya que requieren un uso elevado de recursos económicos, no disponible en el contexto económico actual en España [quizás sí en otros países]. En el caso de los biocarburantes, su incremento no requiere inversión inicial [se ha dimensionado el aumento de la oferta a la infraestructura que ya está disponible], pero el gasto en carburante aumenta cada año.

Por tanto, en este apartado destacan las soluciones que buscan fomentar los desplazamientos sostenibles, con inversiones pequeñas e incrementos de E considerables en el escenario M02 [bicicletas].

Y previamente a aplicar la metodología es conveniente resumir los indicadores de decisión/evaluar el cumplimiento de las condiciones restrictivas en cada uno de los escenarios:

TABLA 7.2.2-10_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

CONDICIÓN		M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	
APLICA A...	UMBRAL DE ACEPTACION								
01	Grado de Sostenibilidad	$\Delta S \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	NO	SI
			VALOR	1,3%	1,7%	0,2%	1,1%	0,0%	-2,1%
02	Dimensión Calidad [Q]	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			VALOR	6,2%	5,9%	1,1%	4,7%	0,8%	0,0%
03	Dimensión Metabolismo [M]	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	NO	SI
			VALOR	0,1%	0,4%	0,0%	0,1%	0,1%	-4,1%
04	Dimensión Económica [E]	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	CUMPLE	NO	SI	NO	SI	NO	NO
			VALOR	0,0%	0,9%	0,0%	0,2%	-0,7%	0,0%
05	Distribución del Ingreso [DI]	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			VALOR	0,0%	0,6%	0,0%	0,1%	-0,4%	0,0%
06	Carga Económica [CE]	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	CUMPLE	NO	SI	SI	SI	NO	NO
			VALOR	0,0%	2,6%	0,0%	0,6%	-2,1%	-0,1%
07	Todos los indicadores	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$	CUMPLE	NO	NO	NO	NO	NO	NO
			VALOR						
08	Esfuerzo Económico [EE]	$EE < 5\%RD$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	NO	SI
			VALOR	3,0%	3,3%	1,0%	2,6%	18,2%	0,0%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Vemos que ninguna práctica satisface a priori todas las condiciones restrictivas para la aprobación de transformaciones urbanas. Sin embargo, la utilidad de esta herramienta no es solo la aprobación o desaprobación de transformaciones urbanas, sino también [y sobre todo] ayudar en su diseño.

Ello quiere decir que nuestro objetivo no es determinar si un escenario cumple o no cumple las condiciones, sino revisar cada escenario, ver qué condiciones incumple y en qué grado; estudiar que escenarios pueden cumplir las condiciones introduciendo transformaciones aceptables y cuales no; reestructurar los primeros y excluir los segundos.

Esto lo realizaremos siguiendo el esquema propuesto en la Metodología para elaborar planes estratégicos y políticas complejas, que aplicamos para elaborar el Plan Estratégico de movilidad para el ámbito.

PASO 3: SELECCIONAR ESTRATEGIAS ECONÓMICAMENTE VIABLES [EE<5%]

Vemos que todas las estrategias cumplen la condición impuesta al principio, $EE < 5\%$, exceptuando las estrategias M05 y M07.

Por tanto, siguiendo la metodología descrita, vamos a proceder a su 'fraccionamiento temporal', siendo el planteamiento más inmediato que la sustitución de los vehículos existentes se realice a medida que se vaya produciendo la renovación natural de estos [retirada de la circulación].

Suponemos un periodo de renovación de los automóviles de 10 años, y establecemos dos nuevos escenarios para el análisis, que denominamos M05a y M07a, y que presentan un EE de 1,82% y 8,13% respectivamente.

Vemos que el fraccionamiento temporal no es suficiente para que la estrategia M07a sea económicamente posible, obligándonos momentáneamente a excluirla como estrategia hacia la sostenibilidad.

PASO 4: RECALCULAR ESTRATEGIAS PARA LAS QUE SE PLANTEA EL FRACCIONAMIENTO TEMPORAL

Los resultados que obtenemos de la evaluación son los siguientes:

TABLA 7.2.2-11_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

CONDICIÓN		M01	M02	M03	M04	M05a	M06	
APLICA A...	UMBRAL DE ACEPTACION							
01	Grado de Sostenibilidad	$\Delta S \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	NO
			VALOR	1,3%	1,7%	0,2%	1,1%	0,0%
02	Dimensión Calidad [Q]	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI
			VALOR	6,2%	5,9%	1,1%	4,7%	0,8%
03	Dimensión Metabolismo [M]	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	NO
			VALOR	0,1%	0,4%	0,0%	0,1%	0,1%
04	Dimensión Económica [E]	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	CUMPLE	NO	SI	NO	SI	NO
			VALOR	0,0%	0,9%	0,0%	0,2%	-0,7%
05	Distribución del Ingreso [DI]	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI
			VALOR	0,0%	0,6%	0,0%	0,1%	-0,4%
06	Carga Económica [CE]	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	CUMPLE	NO	SI	SI	SI	NO
			VALOR	0,0%	2,6%	0,0%	0,6%	-2,1%
07	Todos los indicadores	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$	CUMPLE	NO	NO	NO	NO	NO
			VALOR					
08	Esfuerzo Económico [EE]	$EE < 5\%RD$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI
			VALOR	3,0%	3,3%	1,0%	2,6%	1,82%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

PASO 5A. SELECCIONAR SOLO ESTRATEGIAS QUE INCREMENTEN LA SOSTENIBILIDAD

TABLA 7.2.2-12_ EVALUACION DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

CONDICIÓN		M01	M02	M03	M04	M05a	M06
APLICA A...	UMBRAL DE ACEPTACION						
01	Grado de Sostenibilidad	$\Delta S \geq 0$	SI	SI	SI	SI	NO
			1,3%	1,7%	0,2%	1,1%	0,0%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Vemos que el escenario MO6 no satisface esta condición. Dicho incumplimiento se debe a que aunque este escenario reduce las emisiones GEI y el Consumo de Energía no Renovable, requiere gran cantidad de Recursos Hídricos y Terreno Bioproductivo Agrícola. Ambos indicadores muestran una elevada insostenibilidad en el ámbito [y en España en general], y dado que ninguna otra de las prácticas que vamos a revisar permite compensar estos consumos, el incremento de uso de Biocarburantes se presenta como una estrategia no-válida para avanzar hacia la sostenibilidad⁵¹⁶.

Por tanto lo descartamos del Plan Estratégico.

PASO 5B. SELECCIONAR ESTRATEGIAS QUE CUMPLAN EL RESTO DE CONDICIONES RESTRICTIVAS

TABLA 7.2.2-13_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

CONDICIÓN		M01	M02	M03	M04	M05a	
APLICA A...	UMBRAL DE ACEPTACION						
02	Dimensión Calidad [Q]	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI
			VALOR	6,2%	5,9%	1,1%	4,7%
03	Dimensión Metabolismo [M]	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI
			VALOR	0,1%	0,4%	0,0%	0,1%
04	Dimensión Económica [E]	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	CUMPLE	NO	SI	NO	SI
			VALOR	0,0%	0,9%	0,0%	0,2%
05	Distribución del Ingreso [DI]	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	CUMPLE	SI	SI	SI	SI
			VALOR	0,0%	0,6%	0,0%	0,1%
06	Carga Económica [CE]	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	CUMPLE	NO	SI	SI	SI
			VALOR	0,0%	2,6%	0,0%	0,6%
07	Todos los indicadores	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$	CUMPLE	NO	NO	NO	NO
			VALOR				

⁵¹⁶ Esta insostenibilidad de los biocarburantes cuando se incrementa la escala de explotación ya ha sido indicado por varios autores [ver Jacobson & Delucchi 2010, Part I o De Castro et Al, 2014]. El uso de biocarburantes como fuente de energía solo es sostenible si se utilizan en cantidades reducidas, y en contextos en los que no se ha superado la Biocapacidad agrícola ni Hídrica. Además, De Castro et Al [2014] sugieren que la reducción de emisiones GEI obtenida mediante el uso de biocarburantes equivale a la que se obtiene mediante un uso eficiente del petróleo.

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Aunque aparentemente ningún de los escenarios restantes cumple todas las condiciones restrictivas, algunos incumplimientos son solucionables de manera sencilla, lo que vamos a revisar comenzando por los escenarios que menor número de incumplimientos presentan:

Los incumplimientos de los escenarios M.02/M.04 de la Condición 08. Pareto se relacionan exclusivamente con la generación de RU. Por tanto, dicho incumplimiento es resoluble si adoptamos cualquier de las dos siguientes estrategias:

- imponemos la condición de que dichas transformaciones se realicen siguiendo un planteamiento que elimine la generación de RU [en su mayoría RCD, que son fácilmente reaprovechables].
- este Plan Estratégico de Movilidad se plantea conjuntamente con la implantación del sistema de gestión de RU revisado anteriormente [R01], y el escenario resultante satisface la condición de Pareto para todos los indicadores elementales⁵¹⁷.

De esta forma los escenarios M02 y M04 [+R01] satisfacen todas las condiciones de aprobación de proyectos, y dado que son totalmente compatibles, los seleccionamos para el Plan Estratégico.

Los siguientes dos escenarios que satisfacen un mayor número de condiciones son M01 y M03, que solamente incumplen las Condiciones 06. Carga Económica y 04. Sostenibilidad Económica. Sin embargo, estos incumplimientos son muy reducidos, y se hace necesario revisar la Matriz de Complementariedades y Repeticiones, ya que vemos que gran parte de las obras de infraestructura necesarias para dichos escenarios ya están incluidas en los escenarios M02 y M04.

De esta forma, su evaluación conjunta con los escenarios M02 y M04 reduce su Coste de Implantación posibilitando que M01 y M03 satisfagan también las condiciones 06 Carga Económica y 04. Sostenibilidad Económica. Por tanto, seleccionamos estos escenarios también para el Plan Estratégico.

En último lugar se sitúa el escenario M05, que incumple las tres condiciones económicas restantes: 04. Sostenibilidad Económica; 05. Carga Económica y 06. Distribución del Ingreso. Estos incumplimientos son ya de mayor entidad y nos obligan a descartarla del Plan Estratégico.

PASO 6. COMBINAR ESCENARIOS COMPATIBLES

Ordenamos las estrategias no descartadas por orden según el mayor valor de ΔS :

⁵¹⁷ Dado que las cifras totales de RU generadas por los distintos escenarios M.OX son inferiores al incremento de reciclaje previsto en el R01, adoptamos este segundo supuesto y consideramos que todos los escenarios satisfacen la condición en el apartado de Recursos Abióticos.

TABLA 7.2.2-14_ EVALUACION DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

CONDICIÓN		M02	M01	M04	M03
APLICA A...	UMBRAL DE ACEPTACION				
01	Grado de Sostenibilidad $\Delta S \geq 0$	1,7%	1,3%	1,1%	0,2%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

De la lista anterior todos los escenarios son compatibles, por lo que los fusionamos en un único escenario M00'. Aunque si sumamos los EE de los cuatro escenarios aparentemente obtenemos un EE global que supera el 5%, las ya comentadas repeticiones entre escenarios⁵¹⁸ harán que el resultado final sea inferior.

PASO 7. FORMULACION ESCENARIO M08 [EQUIVALE A M00' EN LA METODOLOGIA]

Previamente a evaluar este escenario M08/M00' es necesario revisar si alguno de las tres escenarios descartados previamente [M05a, M06 y M07a] presenta sinergias o complementariedades con el conjunto de estrategias seleccionadas, que permitan que al implementarse en conjunto con estas estrategias, satisfaga la condición restrictiva por la que fue descartado.

Vemos que tanto el M07a [descartado por su excesivo EE] como el M05a [descartado por su elevado coste, que repercute en las dimensiones económicas], presentan sinergias con el conjunto de estrategias seleccionadas; en concreto con los escenarios M02 y M04. Estos escenarios reducen mucho la cuota de reparto modal de vehículos motorizados, y en consecuencia el coste de su sustitución⁵¹⁹.

Sin embargo, ambos escenarios M05 y M07 son parcialmente excluyentes entre sí, por lo que no podemos incorporarlos al M08, y deberemos evaluar todas las posibles combinaciones de dichos escenarios con el escenario M08.

Por tanto, establecemos un escenario conjunto M08 que integra los escenarios M02+M04+M01+M03, obteniendo los siguientes resultados:

TABLA 7.2.2-15_ EVALUACION ESCENARIO M08

	E00_BAU	M08_ [M02+M04+M01+M03]	
		VALOR	VARIACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	64,2%	10,9%
Q1. COMPACIDAD	50,7%	65,1%	14,4%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	51,0%	20,0%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	84,4%	18,0%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	100,0%	39,0%
Q.3. ZONAS VERDES	24,6%	26,1%	1,6%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	51,5%	5,1%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	23,1%	0,9%
Índice de Biotopo	21,4%	23,9%	2,6%
Arbolado en viario	76,9%	100,0%	23,1%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87,1%	97,2%	10,1%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%

⁵¹⁸ La Red de carriles bici y el templado de calles locales.

⁵¹⁹ Dichos escenarios plantean aproximadamente reducir 2/3 de la cuota del coche por lo que el EE se reducirá proporcionalmente.

	Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	94,5%	17,7%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL		84,2%	-	0,0%
	Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
	Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7. BIOCLIMA Y SALUD		41,9%	57,4%	15,5%
	Calidad del Aire	51,9%	72,6%	20,7%
	Confort Acústico	33,6%	49,8%	16,2%
	Confort Térmico	42,6%	52,1%	9,5%
	Actividad Física	41,2%	58,2%	17,0%
Q8. ACCESIBILIDAD		44,7%	86,7%	42,0%
	Accesibilidad Peatonal	90,0%	100,0%	10,0%
	Accesibilidad Ciclista	3,3%	100,0%	96,7%
	Accesibilidad mediante Transporte Público	85,9%	100,0%	14,1%
	Tiempo destinado a movilidad	48,4%	59,2%	10,7%
Q9. ESTRUCTURA URBANA		86,6%	93,6%	7,0%
	Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	89,3%	11,2%
	Conectividad de la Red	95,1%	97,0%	1,9%
	Configuración Urbana	87,9%	94,7%	6,8%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD		83,6%	91,6%	8,1%
	Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
	Calidad de la Escena Urbana	61,5%	78,1%	16,6%
	Percepción del Verde Urbano	98,7%	100,0%	1,3%
M _ METABOLISMO URBANO		13,0%	13,5%	0,5%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA		25,8%	26,6%	0,7%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA		72,0%	72,3%	0,3%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO		16,6%	-	0,0%
	Agrícola	0,0%	-	0,0%
	Ganadera	20,9%	-	0,0%
	Forestal	86,5%	-	0,0%
	Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
	Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS		21,9%	21,9%	0,0%
	Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
	Recursos Abióticos	41,0%	41,0%	0,0%
M5 ENERGIA		11,7%	12,3%	0,6%
	Energía no renovable	9,3%	9,7%	0,4%
	Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI		0,0%	0,0%	5,8%
E_SOSTENIBILIDAD ECONOMICA		40,9%	42,1%	1,2%
E1. EMPLEO		65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA		53,0%	-	0,0%
	Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
	Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA		39,9%	43,2%	3,3%
E4. CARGA ECONOMICA		17,7%	18,5%	0,9%
	Carga Económica Sector Público	32,6%	32,8%	0,2%
	Carga Económica Habitantes	13,5%	14,5%	1,0%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD		32,9%	35,6%	2,8%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

La revisión de los datos muestra algo significativo; sin recurrir todavía a ninguna solución ‘tecnológica’, la sostenibilidad del Metabolismo del área se ha incrementado ya un 2.8%, mostrándonos la gran importancia de los hábitos de la población [en este caso, hábitos de desplazamiento]. La sostenibilidad, requiere un paradigma adecuado, y su racionalidad requiere que dicho paradigma no solo se considere ‘correcto’; también deseable, lo que alude al paradigma educativo....

PASO 8_ EVALUACIÓN DE ESCENARIOS EXCLUYENTES EN COMBINACION CON M08

Siguiendo la metodología, para establecer cuál es la mejor opción posible será necesario formular todas las combinaciones posibles entre los escenarios restantes y el M08, y evaluarlas independien-

temente. Dado que al evaluarlas tomando el M08 como base, las cuotas de automóvil se han reducido respecto a E00, vamos a renombrar los escenarios. M05a pasa a ser M05b y M07a a ser M07b.

De la evaluación obtenemos los siguientes resultados:

TABLA 7.2.2-16_ EVALUACION INICIAL DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

CONDICIÓN	APLICA A...	UMBRAL DE ACEPTACION	M08_ [M02+M04+M01+M03]		M08+M05b		M08+M07b		M08+M05b+M07b	
			CUMPLE	VALOR	CUMPLE	VALOR	CUMPLE	VALOR	CUMPLE	VALOR
01	Grado de Sostenibilidad	$\Delta S \geq 0$	SI	2,8%	SI	2,9%	SI	3,0%	SI	3,2%
02	Dimensión Calidad [Q]	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	SI	10,9%	SI	12,0%	SI	12,2%	SI	12,4%
03	Dimensión Metabolismo [M]	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	SI	0,5%	SI	0,6%	SI	0,7%	SI	0,7%
04	Dimensión Económica [E]	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	SI	1,2%	SI	1,1%	SI	1,2%	SI	1,4%
05	Distribución del Ingreso [DI]	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	SI	0,9%	SI	0,8%	SI	0,8%	SI	1,1%
06	Carga Económica [CE]	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	SI	3,3%	SI	2,8%	SI	3,2%	SI	3,9%
07	Todos los indicadores (1)	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$	NO		NO		NO		NO	
08	Cumple EE	$EE < 5\%RD$	SI	4,0%	SI	4,0%	SI	4,0%	SI	4,0%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]
 (1) Este 'No' se debe exclusivamente al indicador 'Residuos Abióticos', y su solución se ha revisado anteriormente, por lo que no debe preocuparnos.

PASO 10. SELECCIÓN DEL ESCENARIO GLOBAL PREFERIDO

Vemos que todas las estrategias cumplen el criterio de viabilidad económica [$EE < 5\%$] y todas las demás condiciones restrictivas, por lo que simplemente queda elegir la que mayor incremento de sostenibilidad [ΔS] proporciona, siendo la combinación M08+M05b+M07b [$\Delta S = 3,2\%$], que elegimos como escenario preferido.

Dicho escenario constituye por tanto la imagen final que deberá buscar el Plan Estratégico de Movilidad, y solamente quedará redactarlo incorporando las estrategias descritas para alcanzarlo.

7.2.2.4_ RESULTADOS DEL ESCENARIO ELEGIDO

El escenario preferido será por tanto, el resultante de combinar las siguientes estrategias y en el siguiente orden⁵²⁰: M02 + M01 + M04 + M03 + M05b + M07b. Las líneas de actuación serán:

En primer lugar, **promover un aumento de la participación de la bicicleta hasta que alcance el 15% del reparto modal**. Para lograrlo se contemplan las siguientes medidas:

- Reducción de la atracción de viajes en automóvil, lo que se hará mediante la eliminación de 2.667 plazas de aparcamiento en viario.
- Habilitación de medidas para que el 100% de la red viaria pueda ser utilizado por ciclistas. Estas medidas incluyen Carriles bici independientes en Viario estructurante, y templado de tráfico en calles locales⁵²¹.

En segundo lugar, se plantea complementar el transporte público con un **Sistema de Bicicleta Compartida**, cuyo objetivo es llegar a cubrir un 5% de la cuota de reparto modal. Para lograrlo se contemplan las siguientes medidas:

⁵²⁰ Es importante tener presente el orden en que se han seleccionado las estrategias, puesto que la existencia de complementariedades y repeticiones hace que el resultado obtenido se modifique si se altera el orden de implantación.

⁵²¹ Complementariamente, sería interesante revisar la actual normativa de circulación del Ayuntamiento, incorporando algunas medidas cuyo efecto beneficioso ya ha sido comprobado en otras ciudades [e.g.: Idaho Stop,...]

- Instalación de 12 bases de bicicleta, equipadas con un total de 240 puntos de anclaje y 120 bicicletas, con sistema de liberación de bicicleta en anclaje, y funcionamiento 24h/365días.
- Habilitación de la red viaria para la circulación ciclista [ya incluida en el punto 1].

En tercer lugar, se contempla la **mejora del espacio peatonal**. Aunque no se plantea ningún objetivo de incremento de la cuota de desplazamientos peatonales, supone una mejora de accesibilidad que beneficia a todos los usuarios de la ciudad, y mejora considerablemente la habitabilidad del espacio público. Para lograrlo, además de las medidas anteriores se contemplan las siguientes medidas:

- Ensanchamiento de aceras que no cumplen ancho mínimo según Normativa de Accesibilidad
- Plantación de Árboles en las dos aceras en calles con ancho mayor a 10m, y en una acera en calles de ancho entre 8 y 10m.
- Semáforos extra en vías principales con longitud sin posibilidad de cruce >150 m.
- Ensanchamiento de aceras en itinerarios principales
- La mediana en las Rondas no se incluye por imposibilidad de compaginarla con la inclusión de carril bici, mientras que el calmado de tráfico en calles peatonales ya se ha incluido en el apartado anterior.

En cuarto lugar se plantea la **mejora de la circulación de los autobuses con el objetivo de incrementar su velocidad de servicio hasta los 20 km/h**. Para ello se contemplan las siguientes medidas:

- Instalación de bordillo protector de carril bus en el viario principal.
- Eliminación del aparcamiento en el interior del carril bus [ya contemplada en el punto 1].

En quinto lugar, se plantea la sustitución progresiva [a medida que se produzca su renovación] de los vehículos utilizados exclusivamente en desplazamientos diarios por **vehículos eléctricos**.

- La regulación de la producción para eliminar lo antes posible la producción de vehículos que no sean híbridos o eléctricos, se presenta como medida más eficaz para lograrlo⁵²².

Esto afecta al 17% de los vehículos en circulación que una vez modificado el reparto modal son un total de 250 coches, i.e., 25 coches al año suponiendo una duración media de 10 años⁵²³.

Y en sexto lugar, se plantea la sustitución progresiva por **coches híbridos** de los vehículos utilizados tanto para desplazamientos en la ciudad como de largo recorrido.

- La regulación de la producción se presenta otra vez como medida más eficaz.

Esto afectará al resto de vehículos, que serán aproximadamente 1.220 vehículos, es decir, aproximadamente 122 coches al año⁵²⁴.

⁵²² Complementariamente será conveniente revisar si es necesario proporcionar alguna subvención a la compra/producción, para facilitar el cambio de tecnología, si bien parece más interesante que la subvención sea a la producción que al usuario.

⁵²³ Esto nos permite insistir en la importancia del orden de implantación de las estrategias. Si por ejemplo, el orden fuera M05+M02, el número de vehículos a sustituir serían 830 unidades. Si se plantea incorporar alguna ayuda oficial para facilitar la sustitución, el coste de dichas ayudas sería el triple, dificultando [o imposibilitando] su implementación.

En cuanto a los plazos de implantación, las cuatro primeras estrategias pueden ser implantadas sin necesidad de fraccionamiento temporal [en un plazo de uno o dos años]; y las dos últimas estrategias requerirán de un plazo aproximado de diez años para estar completadas.

A continuación se incluyen los datos numéricos detallados del Escenario Global elegido/resultante:

TABLA 7.2.2-17_ EVALUACION ESCENARIO ELEGIDO M08+M05b+M07b			
Q _ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	E00_BAU	M08+ M05b+ M07b	
		VALOR	VARIACION
Q1. COMPACIDAD	50,7%	65,1%	14,4%
Densidad de Población	85,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31,0%	51,0%	20,0%
Q2. EQUIPAMIENTOS	66,5%	84,4%	18,0%
Dotación Equipamientos	72,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61,0%	100,0%	39,0%
Q3. ZONAS VERDES	24,6%	26,1%	1,6%
Dotación Zonas Verdes	9,6%	-	0,0%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46,3%	51,5%	5,1%
Q4. BIODIVERSIDAD	22,3%	23,1%	0,9%
Índice de Biotopo	21,4%	23,9%	2,6%
Arbolado en viario	76,9%	100,0%	23,1%
Corredores Verdes	0,0%	-	0,0%
Q5. MEZCLA DE USOS	87,1%	97,2%	10,1%
Equilibrio Actividad Residencia	100,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	76,8%	94,5%	17,7%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84,2%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84,2%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	41,9%	70,4%	28,5%
Calidad del Aire	51,9%	86,9%	35,0%
Confort Acústico	33,6%	100,0%	66,4%
Confort Térmico	42,6%	52,1%	9,5%
Actividad Física	41,2%	58,2%	17,0%
Q8. ACCESIBILIDAD	44,7%	86,7%	42,0%
Accesibilidad Peatonal	90,0%	100,0%	10,0%
Accesibilidad Ciclista	3,3%	100,0%	96,7%
Accesibilidad mediante Transporte Público	85,9%	100,0%	14,1%
Tiempo destinado a movilidad	48,4%	59,2%	10,7%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	86,6%	93,6%	7,0%
Continuidad Funcional de la Calle	78,1%	89,3%	11,2%
Conectividad de la Red	95,1%	97,0%	1,9%
Configuración Urbana	87,9%	94,7%	6,8%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	83,6%	91,6%	8,1%
Proporción de Calle	100,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	61,5%	78,1%	16,6%
Percepción del Verde Urbano	98,7%	100,0%	1,3%
M _ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,6%	0,7%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	25,8%	27,0%	1,1%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72,0%	72,5%	0,5%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	16,6%	-	0,0%
Agrícola	0,0%	-	0,0%
Ganadera	20,9%	-	0,0%
Forestal	86,5%	-	0,0%

⁵²⁴ Volvemos a insistir en que si las estrategias M02 y M04 no se implantan primero, el coste de esta transición se multiplica por más de tres, convirtiéndose en inviable sin poner en peligro la [en la actualidad] 'escasa' sostenibilidad económica del sistema.

Plataforma Continental [Pesca]	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60,2%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	21,9%	21,9%	0,0%
Recursos Bióticos	8,2%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41,0%	41,0%	0,0%
M5 ENERGIA	11,7%	12,3%	0,6%
Energía no renovable	9,3%	9,7%	0,4%
Energía renovable	98,3%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0,0%	0,0%	7,4%
E_SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	42,4%	1,4%
E1. EMPLEO	65,7%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	-	0,0%
Diversificación Laboral	66,3%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	43,8%	3,9%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	18,8%	1,1%
Carga Económica Sector Publico	32,6%	33,3%	0,7%
Carga Económica Habitantes	13,5%	14,7%	1,2%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	36,0%	3,2%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Una cuestión pendiente es considerar si la eliminación del número previsto de plazas de aparcamiento en superficie puede tener cierto impacto negativo sobre la población local, puesto que las plazas de alquiler disponibles en la edificación pueden no ser accesibles a los usuarios o implicar un coste excesivo para algunos propietarios que aparcen en la calle. En este sentido, parece aconsejable añadir varias medidas que se suman a las aquí consideradas:

- **fomentar el uso de vehículos de menor tamaño, especialmente aquellos de largo inferior a 2,25 m⁵²⁵, que permiten compartir una plaza de viario en línea entre dos vehículos.** La capacidad de plazas de aparcamiento podría casi mantenerse incluso reduciendo su superficie a la mitad, siendo fácilmente aplicable en los vehículos para uso exclusivo de movilidad diaria.
- **fomentar el uso compartido de espacios de aparcamiento en la edificación,** aprovechando el hecho de que los usuarios de automóvil que se desplazan al exterior del ámbito y los que se desplazan al interior, lo hacen en una franja horaria similar, con lo que sus necesidades de aparcamiento son perfectamente complementarias⁵²⁶. *No compartir una plaza de aparcamiento que se queda vacía durante todo el día debería ser la excepción, no lo habitual.*

Ambas cuestiones deben ser fomentadas por la administración: mediante reducción de impuestos, reservando plazas de aparcamiento en superficie para vehículos de dimensión reducida o para empresas de coches compartidos⁵²⁷, etc...

⁵²⁵ Smart, Renault Twizy, ... Además, cuanto menor es el vehículo, menor es la potencia necesaria para el desplazamiento.

⁵²⁶ En España ya existen algunos servicios que facilitan este uso compartido [eg. <http://www.aparcalia.com/>].

⁵²⁷ Cuando se realizó este estudio, todavía no existían clubs de coches compartidos en Madrid. En la actualidad ya existen dos servicios [Car2Go y Emov], lo que puede ayudar a incrementar la viabilidad de las transformaciones aquí planteadas.

7.2.3_ DOS PROPUESTAS DE APROVECHAMIENTO DE LAS AZOTEAS DEL AMBITO

Incluimos en este apartado dos propuestas cuya evaluación se ha publicado de manera independiente de la presente Tesis. Por tanto para no alargar innecesariamente la exposición, incluimos aquí solo los resultados obtenidos de la evaluación de los estados finales que proponen ambas transformaciones:

- La primera transformación es una **Normativa De Azoteas**, y el escenario de evaluación es el estado final del ámbito que la Normativa busca alcanzar.
- La segunda transformación es una propuesta de **aprovechamiento de las cubiertas de la Estación de Atocha**

7.2.2.1_ DATOS NUMÉRICOS DE LA EVALUACIÓN

TABLA 7.2.3-1_ EVALUACION DE ESCENARIOS

	E00_Situación sin Cambios	E00''		A16_Estacion de Atocha	
		VALOR	VARIACION	VALOR	VARIACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	53,3%	60,4%	7,2%	59,9%	6,7%
Q1. COMPACIDAD	51%	66%	15,1%	70%	19,7%
Densidad de Población	85%	-	0,0%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31%	52%	21,1%	59%	28,1%
Q.2. EQUIPAMIENTOS	66%	83%	16,2%	68%	1,3%
Dotación Equipamientos	73%	88%	15,7%	76%	2,9%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61%	78%	16,6%	-	0,0%
Q.3. ZONAS VERDES	25%	35%	10,3%	43%	18,3%
Dotación Zonas Verdes	10%	15%	5,0%	28%	18,4%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	71%	25,0%	64%	18,1%
Q4. BIODIVERSIDAD	22%	32%	9,6%	28%	5,3%
Índice de Biotopo	21%	49%	27,5%	36%	14,1%
Arbolado en viario	77%	-	0,0%	-	0,0%
Corredores Verdes	0%	-	0,0%	-	0,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87%	-	0,0%	-	0,0%
Equilibrio Actividad Residencia	100%	-	0,0%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	-	0,0%	-	0,0%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84%	-	0,0%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84%	-	0,0%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%	-	0,0%
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	42%	49%	7,3%	47%	5,3%
Calidad del Aire	52%	-	0,0%	-	0,0%
Confort Acústico	34%	-	0,0%	47%	13,1%
Confort Térmico	43%	74%	31,1%	50%	7,2%
Actividad Física	41%	46%	5,0%	-	0,0%
Q8. ACCESIBILIDAD	45%	-	0,0%	-	0,0%
Accesibilidad Peatonal	90%	-	0,0%	-	0,0%
Accesibilidad Ciclista	3%	-	0,0%	-	0,0%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	86%	-	0,0%	-	0,0%
Tiempo destinado a movilidad	48%	-	0,0%	-	0,0%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	87%	-	0,0%	87%	0,7%
Continuidad Funcional de la Calle	78%	-	0,0%	-	0,0%
Conectividad de la Red	95%	-	0,0%	98%	2,7%
Configuración Urbana	88%	-	0,0%	-	0,0%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	84%	-	0,0%	-	0,0%
Proporción de Calle	100%	-	0,0%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	62%	-	0,0%	-	0,0%
Percepción del Verde Urbano	99%	-	0,0%	-	0,0%
M_ METABOLISMO URBANO	13,0%	13,7%	0,7%	13,0%	0,1%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	26%	26%	0,6%	26%	0,1%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72%	72%	0,1%	72%	0,0%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	17%	17%	0,2%	17%	0,1%
Agrícola	0%	0%	3,1%	0%	0,0%
Ganadera	21%	-	0,0%	-	0,0%
Forestal	86%	-	0,0%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0%	-	0,0%	-	0,0%
Urbanizable	60%	-	0,0%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	22%	-	0,0%	-	0,0%
Recursos Bióticos	8%	-	0,0%	-	0,0%
Recursos Abióticos	41%	-	0,0%	-	0,0%
M5 ENERGIA	12%	12%	0,6%	12%	0,0%
Energía no renovable	9%	9%	0,0%	9%	0,0%
Energía renovable	98%	96%	-2,6%	-	0,0%
M6. EMISIONES GEI	0%	0%	8,6%	0%	0,6%
E_SOSTENIBILIDAD ECONOMICA	40,9%	41,1%	0,2%	40,9%	0,0%
E1. EMPLEO	65,7%	67,5%	1,8%	-	0,0%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	53,3%	0,3%	-	0,0%

Diversificación Laboral	66,3%	66,9%	0,6%	-	0,0%
Diversificación Económica	42,5%	42,6%	0,2%	-	0,0%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	39,7%	-0,2%	39,9%	0,0%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	17,6%	-0,1%	17,7%	0,0%
Carga Económica Sector Publico	33%	33%	0,2%	33%	0,0%
Carga Económica Habitantes	13,5%	13,4%	-0,2%	-	0,0%
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	34,7%	1,9%	34,2%	1,4%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Y los indicadores de decisión presentan los siguientes valores:

TABLA 7.2.3-2_ EVALUACION DE ESCENARIOS: PARAMETROS DECISION

APLICA A...		CONDICIÓN	A01	A02
01	Grado de Sostenibilidad	$\Delta S \geq 0$	SI 1,9%	SI 1,4%
02	Dimensión Calidad [Q]	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	SI 7,2%	SI 6,7%
03	Dimensión Metabolismo [M]	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	SI 0,7%	SI 0,1%
04	Dimensión Económica [E]	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	SI 0,2%	SI 0,0%
05	Distribución del Ingreso [DI]	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	SI -0,2%	SI 0,0%
06	Carga Económica [CE]	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	NO -0,1%	SI 0,0%
07	Todos los indicadores	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$	NO -	SI -
08	Esfuerzo Económico [EE]	$EE < 5\%RD$	NO 28,2%	SI 4,6%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Vemos que **la propuesta de Normativa de Azoteas incumple dos condiciones:**

Por una parte, *se incrementa la Carga Económica de los habitantes*. Sin embargo, se trata de un incremento pequeño que puede compensarse con la reducción de dicha Carga que implican tanto el sistema de Gestión de RU como el Plan Estratégico de Movilidad.

Dado que el objetivo de esta evaluación parcial es la implementación de todas las prácticas conjuntamente, consideramos por tanto que se satisface la condición⁵²⁸.

Por otra parte, *la implementación completa de la Normativa de Azoteas requeriría un Esfuerzo Económico excesivo si se implementa en un solo año [28.2%]*, pero si se planifica la transformación de las azoteas coincidiendo con su periodo de renovación habitual [i.e., aproximadamente 25 años], el EE queda en 1.1%, satisfaciendo la condición.

En el caso de la intervención sobre la Estación de Atocha, el carácter que dicho nodo de transporte posee en la actualidad [y que se potencia con dicho proyecto] presenta un poder de atracción que excede el amito evaluado [constituye un foco de atracción a nivel ciudad, y la actuación que se propone se prevé tendrá un radio de atracción que comprende al menos los cuatro barrios que lindan con dicha estación: Palos de Moguer, Lavapiés, Letras y Pacifico]. Por tanto podemos considerar que la condición de EE no aplica a dicho proyecto [puesto que se debería calcular en relación al presupuesto disponible a nivel ciudad] o que lo hace, pero dividiendo el coste entre los 4 ámbitos mencionados. En ambos casos la condición $EE < 5\%$ es satisfecha [si lo dividimos por cuatro queda $EE = 1,15\%$].

⁵²⁸ Complementariamente, se considera que existen beneficios económicos no contabilizados, por ejemplo los derivados de un mayor atractivo turístico del área [previsible incremento de turistas en los meses de otoño, invierno, primavera].

Ambos escenarios/estrategias satisfacen por tanto las condiciones restrictivas, son viables e incrementan la sostenibilidad del ámbito, por lo que los incorporamos a la propuesta global que detallamos a continuación.

7.2.4_ COMPOSICIÓN DEL ESCENARIO GLOBAL

Hemos revisado cada una de las propuestas de transformación por separado, que son las siguientes:

- Propuesta de Gestión alternativa de RD
- Plan Estratégico de Movilidad
- Normativa de Azoteas
- Proyecto de Renovación de la Estación de Atocha

Ahora vamos a evaluar cómo quedaría el Ámbito en el supuesto de realizarse las cuatro prácticas conjuntamente, aproximándonos más a la práctica habitual del urbanismo, que siempre es multidimensional.

7.2.5.1_ FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Partimos de las cuatro transformaciones revisadas, componemos un escenario global que será la realización conjunta de todas ellas.

7.2.5.2_ COMPLEMENTARIEDADES Y SINERGIAS

Al evaluar prácticas con una complejidad mayor, es prácticamente seguro que aparezcan sinergias y complementariedades entre ellas, y puede ser útil volver a realizar una pequeña tabla con ellas para tenerlas presentes.

Sin embargo, en este caso las cuatro prácticas presentan sinergias entre ellas, pero no son excluyentes entre sí [ni siquiera parcialmente], lo que quiere decir, que podemos considerar las cuatro al 100%, aunque sus efectos combinados no serán la suma aritmética de sus efectos individuales.

7.2.5.3_ RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 7.2.4-1_ EVALUACION DE ESCENARIO GLOBAL

Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	E00_Situacion sin Cambios	E00'	
		VALOR	VARIACION
Q1. COMPACIDAD	53,3%	84,0%	30,8%
Densidad de Población	51%	80%	29,0%
Compacidad Corregida	85%	-	0,0%
Compacidad Corregida	31%	75%	44,0%
Q2. EQUIPAMIENTOS	66%	95%	28,9%
Dotación Equipamientos	73%	91%	18,6%
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	61%	100%	39,0%
Q3. ZONAS VERDES	25%	55%	30,6%
Dotación Zonas Verdes	10%	33%	23,4%
Accesibilidad a Zonas Verdes	46%	99%	53,0%
Q4. BIODIVERSIDAD	22%	86%	63,7%
Índice de Biotopo	21%	66%	44,2%
Arbolado en viario	77%	100%	23,1%
Corredores Verdes	0%	100%	100,0%
Q5_ MEZCLA DE USOS	87%	97%	10,1%
Equilibrio Actividad Residencia	100%	-	0,0%
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	77%	95%	17,7%
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	84%	-	0,0%
Diversidad de Superficies Habitacionales	84%	-	0,0%
Dotación Vivienda protegida	-	-	0,0%
Q7.BIOCLIMA Y SALUD	42%	83%	41,1%
Calidad del Aire	52%	87%	35,0%
Confort Acústico	34%	100%	66,4%
Confort Térmico	43%	90%	47,9%
Actividad Física	41%	62%	21,2%
Q8. ACCESIBILIDAD	45%	87%	42,0%
Accesibilidad Peatonal	90%	100%	10,0%

Accesibilidad Ciclista	3%	100%	96,7%
Accesibilidad mediante Transporte Publico	86%	100%	14,1%
Tiempo destinado a movilidad	48%	59%	10,7%
Q9. ESTRUCTURA URBANA	87%	94%	7,5%
Continuidad Funcional de la Calle	78%	89%	11,2%
Conectividad de la Red	95%	99%	3,6%
Configuración Urbana	88%	95%	6,8%
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	84%	92%	8,5%
Proporción de Calle	100%	-	0,0%
Calidad de la Escena Urbana	62%	79%	17,5%
Percepción del Verde Urbano	99%	100%	1,3%
M_ METABOLISMO URBANO	13,0%	19,7%	6,8%
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	26%	28%	2,2%
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	72%	85%	13,4%
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	17%	17%	0,4%
Agrícola	0%	1%	
Ganadera	21%	-	0,0%
Forestal	86%	-	0,0%
Plataforma Continental [Pesca]	0%	-	0,0%
Urbanizable	60%	-	0,0%
M4 RESIDUOS	22%	94%	72,3%
Recursos Bióticos	8%	95%	87,1%
Recursos Abióticos	41%	93%	52,1% (1)
M5 ENERGIA	12%	18%	
Energía no renovable	9%	10%	
Energía renovable	98%	81%	
M6. EMISIONES GEI	0%	0%	
E_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	40,9%	44,3%	3,4%
E1. EMPLEO	65,7%	69,4%	3,8%
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	53,0%	54,1%	1,1%
Diversificación Laboral	66,3%	67,9%	1,6%
Diversificación Económica	42,5%	43,2%	0,7%
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	39,9%	45,8%	5,8%
E4. CARGA ECONOMICA	17,7%	20,5%	2,9%
Carga Económica Sector Publico	33%	34%	1,0%
Carga Económica Habitantes	13,5%	16,8%	3,3% (1)
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	32,9%	42,3%	9,5%

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

(1) Vemos que los supuestos adoptados de compensación de la producción de Residuos Abióticos y Reducción de la Carga Económica de los Habitantes al implementar las cuatro practicas conjuntamente se han cumplido [el primero muestra una mejora del 52.15% y el segundo de 3.3%]

Y los indicadores de decisión presentan los siguientes valores:

		E00'		
APLICA A...	CONDICION	VALOR	VARIACION	
01 Cumple ΔS	$\Delta SI \geq 0$	SI	9,5%	
02 Cumple Dimensión Q	$Q > 0,7$ o $\Delta Q \geq 0$	SI	30,8%	
03 Cumple Dimensión M	$M > 0,7$ o $\Delta M \geq 0$	SI	6,8%	
04 Cumple Dimensión E	$E > 0,7$ o $\Delta E \geq 0$	SI	3,4%	
05 Cumple DI	$DI > 0,75$ o $\Delta DI \geq 0$	SI	5,8%	
06 Cumple CE	$CE > 0,6$ o $\Delta CE \geq 0$	SI	2,9%	
07 Cumple Pareto en todos los indicadores	$I > 0,5$ o $\Delta I \geq 0$	SI		
08 Cumple EE	$EE < 5\%RD$	NO	10,5%	

FUENTE: Elaboración propia utilizando el modelo meta[s]

Vemos que el escenario global cumple todas las condiciones, exceptuando la de EE. Esto será fácilmente resoluble mediante el fraccionamiento temporal de las estrategias, en líneas con las cuestiones ya comentadas.

Para ello bastaría con un fraccionamiento en torno a 3 años de las tres prácticas [que se superpone al de 10 años ya comentado para los escenarios M05b y M07b], siendo conveniente implementar primero las estrategias que más incrementan la sostenibilidad de la Carga Económica [i.e., más incrementan la Capacidad económica] del sistema que son R01, M02 y M04.

RESULTADOS GRÁFICOS DE LA EVALUACIÓN

Vamos a incluir también gráficos que nos permiten comparar de manera sencilla el estado actual con el estado que se alcanzaría siguiendo la transformación propuesta:

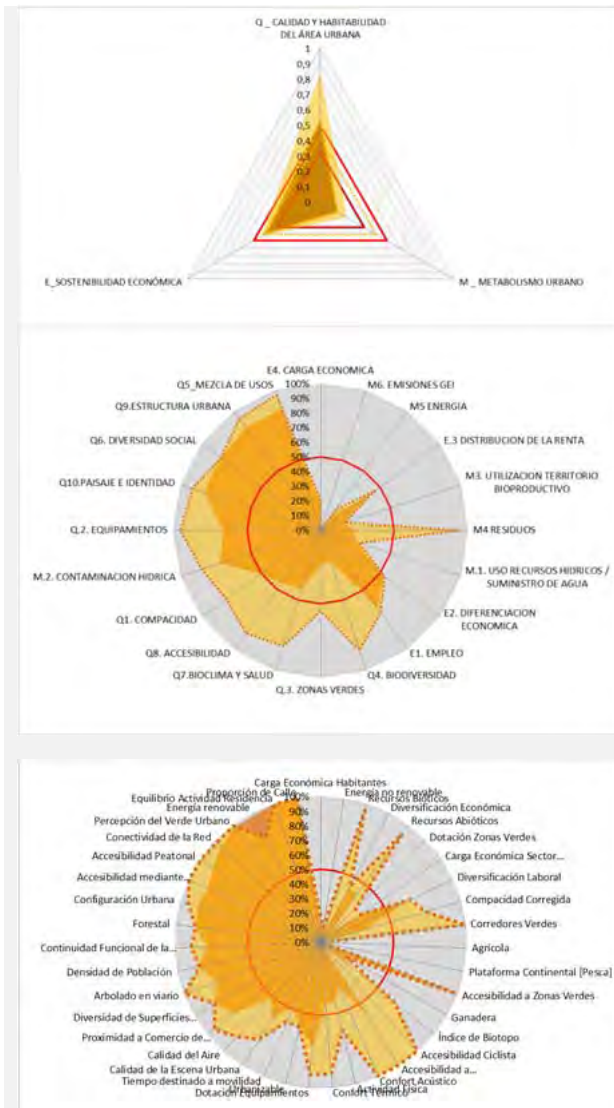


Gráfico 7.4.1: Indicadores de Nivel 1 y 2

Vemos que pese al incremento de la sostenibilidad del área el valor global [línea naranja] es todavía reducido.

El hecho de que las dimensiones que mayor insostenibilidad presentan sean el Metabolismo y la Sostenibilidad Económica, nos avanza la posibilidad de que sea más interesante plantear opciones no estrictamente relacionadas con la forma urbana, sino más directamente con los hábitos de consumo o económicas.

Gráfico 7.4.2: Indicadores de Nivel 3

El actual exceso en algunos indicadores como Emisiones GEI [cuyo umbral se sobrepasan varias veces], dificulta apreciar la mejora experimentada en los mismos, ya que si bien su grado de insostenibilidad se ha reducido, los valores posteriores a la transformación urbana siguen localizándose en zonas de completa insostenibilidad.

Gráfico 7.4.3: Indicadores de Nivel 4

Vemos una mejora apreciable de muchos indicadores, siendo conveniente comentar dos cuestiones:

- *La evaluación parece sugerir que para reducir la insostenibilidad del Uso del Territorio Bioproductivo, será necesario actuar directamente sobre el consumo.*
- *El retroceso en Energía Renovable nos permite insistir otra vez en algo frecuentemente ignorado: con la tecnología actual también existen límites al total de energía renovable que se puede consumir.*

7.3_ CONCLUSIONES PARCIALES APLICACIÓN PRÁCTICA

Los resultados obtenidos confirman las ventajas de la metodología propuesta para enfrentar problemas complejos que requieren soluciones complejas; i.e., cuya evaluación requiere el estudio comparado de numerosas variables y cuya solución óptima se obtiene como una combinación de soluciones parciales que interactúan entre sí de manera no lineal.

Un número muy elevado de las prácticas habituales en el campo del urbanismo [y en otros campos] pueden ser informados utilizando el presente modelo, y su mejor solución puede ser detectada aplicando la metodología explicada.

En este sentido tanto el modelo como la metodología propuestos buscan minimizar el número de asunciones previas necesarias [es decir, decisiones que es necesario tomar antes de la utilización del modelo]:

- La evaluación inicial del área permite obtener de manera suficientemente rigurosa las prioridades de intervención, alejándonos de la inconsistencia frecuente en dichas decisiones.
- Si el equipo de diseño plantea los escenarios individuales con un nivel de desagregación suficiente, el resultado final garantiza que...
 - ... no se ha eliminado ninguna opción injustificadamente; solo habremos ahorrado un esfuerzo importante [a veces enorme] en la evaluación.
 - ... la solución obtenida es 'óptima' desde nuestro conocimiento actual.

El mismo resultado hubiéramos obtenido si hubiéramos calculado todas las combinaciones posibles entre todos los escenarios. Garantiza que la combinación que se elige es la que hubiera tenido mejores resultados si se hubiera evaluado todas las posibles combinaciones posibles entre escenarios, pero con mucho menos esfuerzo⁵²⁹.

Por tanto, la metodología propuesta permite incrementar –mucho- el número de opciones que es posible evaluar en un proceso de estas características, puesto que al minimizar el esfuerzo, se reduce [mucho] el personal/tiempo necesario para resolverlo.

Complementariamente, el procedimiento permite establecer un orden de implementación de las transformaciones que maximiza la probabilidad de éxito.

Por otra parte, es importante insistir en que dependiendo del contexto urbano evaluado, pueden existir características diferenciadoras, que aconsejen adaptar el modelo, pudiendo esbozar algunas:

La **dimensión Q** es fundamentalmente un indicador que sintetiza la 'visión' del desarrollo que estamos buscando, i.e.; el modelo urbano que se quiere conseguir. Por tanto, dependiendo del contexto urbano evaluado, la visión urbana puede ser diferente y buscar potenciar algunas cualidades más que otras.

Sin embargo, es preferible que esta 'priorización de unas cuestiones frente a otras' no se realice modificando el proceso de decisión [lo cual siempre será discutible], sino modificando los indicadores de Q o sus límites de sostenibilidad/insostenibilidad de acuerdo a los objetivos buscados.

Esto permitirá en cualquier momento poder revisar de manera transparente los parámetros utilizados en la evaluación, y saber exactamente el modelo de ciudad que se está buscando y hacia el cual se quiere avanzar.

La **dimensión M** no se considera que deba ser revisada [al menos de momento] salvo que las predicciones de población/recursos disponibles en un futuro próximo se modifiquen.

Otra vez, el proceso recomendable será hacer explícitos los nuevos objetivos incluyéndolos en los indicadores, huyendo de ponderaciones posteriores que no permiten saber qué valores se están considerando sostenibles.

⁵²⁹ Si sumamos las opciones individuales estudiadas dentro de cada una de las cuatro prácticas tenemos: 1 opción en R01, 7 opciones en M y 16 opciones en A. En total, 24 opciones. Si asumimos que el orden de combinación de las opciones puede modificar el resultado [como por ejemplo sucede en la práctica M], tenemos un total de 24! o 6,2E23 posibles combinaciones que hubiera sido necesario evaluar]. Frente a ello, con la metodología propuesta hemos podido resolverlo calculando solo 20 escenarios.

En cuanto a la **dimensión E** un número elevado de indicadores establecen sus objetivos de sostenibilidad a partir de la revisión de cuestiones contextuales [Cv, Desigualdad, SMI,...] por lo que son indicadores que se 'adaptan' automáticamente a cada contexto. Por ello su modificación tampoco se considera conveniente a priori.

Solo el límite para el indicador EE deberá revisarse individualmente para cada contexto de aplicación, en parte por su relación con la Capacidad Económica disponible, lo que puede llevar a estrategias de implantación diferentes en unos lugares u otros [el fraccionamiento temporal puede no ser necesario en algunos lugares en que la Capacidad Económica sea muy elevada/Carga Económica sea muy reducida].

PARTE IV: CONCLUSIONES

8_ CONCLUSIONES, PRINCIPALES APORTACIONES Y CUESTIONES PENDIENTES

La aplicación práctica ha mostrado la aplicabilidad de la herramienta para ayudar en el diseño y toma de decisiones para la transformación de asentamientos urbanos hacia la sostenibilidad [o en otras palabras, la posibilidad de utilizar la herramienta para el desarrollo sostenible de las ciudades].

El incremento constante del porcentaje de población urbana, nos indica que *el futuro y sostenibilidad de la civilización se decidirá en gran medida en la sostenibilidad de sus ciudades*, y la aplicación práctica nos permite afirmar que el modelo propuesto permite diseñar y planificar las transformaciones urbanas para acercar el sistema lo máximo posible a su estado óptimo o sostenible.

Es importante indicar que la medida ‘S’ no pretende constituir una valoración exacta del grado de sostenibilidad de un sistema [algo que quizás no sea posible realizar]⁵³⁰ sino una valoración ‘suficientemente precisa’ y sobre todo **útil para guiar el desarrollo de los sistemas urbanos**.

Los resultados numéricos y gráficos que proporciona permiten comprender claramente el estado actual del sistema urbano así como su evolución previsible [más probable]; establecer prioridades de intervención y evaluar estados posibles alternativos, permitiendo así el diseño y planificación de las transformaciones del sistema urbano en el tiempo.

Constituye por tanto un análisis de la realidad urbana [y los efectos más probables de su transformación intencionada] en línea con las recomendaciones más aceptadas para guiar las decisiones políticas y transformaciones urbanas⁵³¹.

Sin embargo, en la actualidad existen diferentes modelos que buscan guiar estas decisiones y proporcionan valoraciones diferentes, tanto de la realidad como de las transformaciones posibles. Decidir racionalmente requiere establecer un orden de preferencia, y si varios modelos proporcionan ordenes de preferencia diferentes, entonces decidir requiere elegir ‘racionalmente’ uno de ellos. De lo contrario dicha decisión sería en cierto modo arbitraria [i.e., irracional].

Evidentemente, la racionalidad obliga a tomar las decisiones utilizando el mejor modelo disponible, que en cierto modo equivale al modelo más ‘científico’, y a lo largo de este capítulo vamos a explicar los motivos que permiten sustentar el carácter científico de esta propuesta, la mayoría de ellos ausentes en otras propuestas de modelos actualmente existentes.

De manera preliminar, avanzamos que este modelo satisface los dos requerimientos principales que se exigen al conocimiento científico:

- Es **consistente** con un número extenso de **teorías científicas aceptadas**.
- **Contrasta** la coherencia de los resultados obtenidos con la realidad.

⁵³⁰ Para una revisión de las cuestiones que hacen imposible medir con total exactitud el grado de sostenibilidad de los SCA/SSE ver Alvira [2014a:88-90]. Para una revisión de las cuestiones que hacen imposible agregar información diferente sin introducir incertidumbre, ver Alvira [2014d]

⁵³¹ La evaluación de la situación actual de un área urbana equivale a una Evaluación de [su] Impacto [sobre el medio ambiente, y sobre las personas...] en los términos propuestos por EC [2005:4] que indica que “La decisión de desarrollar una política [...] debe estar basada en [...] análisis sólidos realizados con los mejores datos disponibles. Las evaluaciones de impacto son una herramienta clave en este sentido”.

Previamente vamos a revisar algunas cuestiones que han surgido durante la aplicación práctica de la herramienta.

8.1_ ALGUNAS CUESTIONES IMPORTANTES QUE SURGEN DE LA APLICACIÓN PRACTICA

La aplicación práctica ha puesto de manifiesto dos cuestiones que es necesario destacar al utilizar una herramienta de estas características:

8.1.1_ LA CONTEXTUALIDAD DE LA [S ESTRATEGIAS HACIA LA] SOSTENIBILIDAD

Se acepta mayoritariamente que la sostenibilidad de cada sociedad o ciudad incorpora cuestiones contextuales. Sin embargo, encontramos numerosos y extensos catálogos de ‘buenas practicas’ o estrategias para avanzar hacia la sostenibilidad [en este texto hemos incluido varios], haciendo necesario indicar que **si la sostenibilidad depende del contexto las estrategias para alcanzarla lo hacen en mayor medida.**

La variación de sostenibilidad que una determinada estrategia produce en un contexto, depende en gran medida de las características de dicho contexto, y será diferente –mucho o poco- de la que dicha estrategia produce al ser implementada en contextos diferentes.

Por ello, cualquier listado de ‘estrategias para avanzar hacia la sostenibilidad’ debe siempre ser considerado ‘orientativo’; *los efectos reales de cada estrategia deben ser evaluados específicamente para cada área urbana.*

Esto es importante y nos habla de la utilidad de la presente propuesta. *Si una misma estrategia puede tener efectos diferentes en diferentes contextos, la única forma para valorar cuanto incrementa la sostenibilidad de una ciudad la implantación de una estrategia es evaluando el estado que dicha ciudad alcanza al implementarla, utilizando un modelo de características similares al aquí presentado.*

El ‘parecido’ existente entre sistemas urbanos nos permitirá preseleccionar estrategias con ‘elevada probabilidad’ de ser correctas, pero deberá ser su evaluación la que confirme o disconfirme su idoneidad. **El hecho de que una determinada práctica haya funcionado en otros contextos no garantiza que funcione en el contexto revisado.**

Las cuestiones cuya mayor concordancia nos permitirá considerar ‘similares’ dos sistemas urbanos son [dado que en un sistema urbano la estrategia ya ha sido implementada, en dicho sistema urbano lo que se compara es su estado anterior a dicha transformación]⁵³²:

- Poseen un grado de sostenibilidad similar, tanto en el nivel global y dimensión, como en cada uno de los indicadores del modelo sobre los que actúan dichas estrategias.
- Tienen características morfológicas, socioeconómicas y climáticas similares.

Por tanto, cuando revisemos un sistema urbano, podremos preseleccionar para la evaluación aquellas estrategias que hayan mostrado ser óptimas en sistemas urbanos de características similares.

⁵³² Hay que tener en cuenta que el último aspecto se refiere a cuestiones que harían necesario modificar el modelo, por lo que dos estrategias iguales no podrían obtener la misma valoración. “La naturaleza contextual de la sostenibilidad indica que lo que es apropiado para medir en una ubicación puede no ser apropiado en otra ubicación distinta” [Wallis et Al, 2011:9]

Posteriormente, la evaluación mediante el modelo nos permitirá decidir cuáles de ellas son también óptimas para el sistema urbano concreto cuya transformación se planifica/diseña.

8.1.2_ DATOS NO DISPONIBLES:

La carencia de información suficientemente detallada para evaluar la realidad urbana es puesta de manifiesto por numerosos autores/en numerosos textos⁵³³, y ha sido una constante en la aplicación práctica. Esto ha obligado a un cierto desarrollo retroactivo; algunos indicadores del modelo han debido rediseñarse para poder valorar información que sea posible obtener.

Sin embargo, en el presente modelo hemos preferido inclinar la balanza del lado del mayor rigor en la valoración del sistema urbano frente a la facilidad de obtener la información. Hemos preferido trabajar con información que en la actualidad puede ser a veces difícil de obtener [o necesario estimar mediante cálculos laboriosos] a diseñar indicadores que proporcionen valores mas inexactos.

El motivo es que la utilización del modelo ha mostrado incrementos considerables de la Capacidad Económica de las áreas urbanas por lo que si se implanta su uso, el incremento de recursos económicos permitirá con facilidad mejorar la disponibilidad de la información necesaria para el cálculo de los indicadores⁵³⁴.

En general **hemos encontrado dos situaciones diferentes:**

En la **Dimensión Q** *ha sido posible aprovechar muchos indicadores ya existentes* [incluidos en las últimas publicaciones del MFOM, Casbee, Bream, Leed,...], lo que permite aprovechar en gran medida información ya disponible [o que se puede obtener mediante transformaciones sencillas de información disponible].

Paralelamente, en el caso de las ciudades españolas, la progresiva implementación de sistemas de indicadores basados en las últimas publicaciones de AEUB-MFOM, permite suponer que la disponibilidad de esta información se incrementará en los próximos años.

En las **Dimensiones M y E** *consideramos inadecuados la mayoría de indicadores existentes*, por lo que ha sido necesario reformularlos o proponer otros diferentes. Algunos de ellos pueden presentar una cierta dificultad para obtener la información necesaria para calcularlos, porque el nivel de desagregación de la información en la actualidad es muy reducido, o no existen estudios que relacionen las variables en la forma en que las valora el modelo.

Por ejemplo, se ha encontrado una falta considerable de información relativa a la estructura de Distribución de la Renta, y su relación con las demás características socioeconómicas de la población, como son: propiedad de la vivienda de residencia, modo de desplazamiento habitual, etc...

⁵³³ La ausencia de numerosos datos que permitan revisar la sostenibilidad urbana, es una constante puesta de manifiesto en casi cada estudio que ha tratado de evaluar el metabolismo urbano [Vačkář, 2008].

⁵³⁴ La aplicación práctica proporciona datos de mejora económica que permiten considerar que el coste de mejorar la información disponible [y mantenerla actualizada] es amortizado en un periodo relativamente corto de tiempo. Por ejemplo, para el ámbito evaluado, el beneficio económico de implementar las cuatro propuestas es casi 400 €/hab/año, i.e., algo más del 2,00% de la RBD actual [a nivel Barrio algo más de 11.000.000 € anuales].

También se ha encontrado una falta de desagregación espacial de mucha información, lo que nos lleva a afirmar que como norma la unidad de desagregación espacial mínima debe ser el Barrio, si bien sería idóneo proporcionar la información con algo más de desagregación.

Esto exige la disposición de información georreferenciada, y apunta a la necesidad de potenciar la utilización de indicadores y tecnologías SIG en el ámbito urbano, cuya progresiva implantación redundará en una mayor sencillez de aplicación para evaluar transformaciones urbanas y mayor fiabilidad de los resultados.

8.2_ PRINCIPALES APORTACIONES DEL PRESENTE MODELO

El presente modelo incorpora algunas cuestiones que suponen modificaciones más o menos importantes respecto a modelos anteriores, y que vamos a dividir en dos apartados: las que se relacionan con la formulación de los indicadores y las generales del modelo.

8.2.1_ FORMULACION DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

El modelo sigue la propuesta de metodología de diseño de indicadores propuesta en Alvira, 2014c y posteriormente detallada en Alvira [2014a y b]. En estos textos se propone que el concepto de indicador constituye una evaluación del grado en que un significado o concepto es cierto referido a un objeto, coincidiendo así con los conceptos lógico-matemáticos de medida de Grado de Verdad [Lógica difusa] y Grado de Pertenencia [Teoría de Conjuntos Difusos].

Aunque la validez de este planteamiento es incuestionable [es en esencia una afirmación formal/tautológica], se puede plantear el cuestionamiento de hasta qué punto es necesaria esta abstracción para algo [formular indicadores] ‘que supuestamente ya se sabe resolver con suficiente fiabilidad en la actualidad’.

Sin embargo, la realidad es que aunque el diseño de indicadores lleva ya recorrido un camino apreciable en el mundo del urbanismo/diseño urbano, no todos los supuestos relevantes para la sostenibilidad son modelizables correctamente siguiendo los criterios habituales.

El motivo es que el urbanismo básicamente se ha centrado en la ‘provisión de servicios y repartos de áreas’, que son conceptos que en general se pueden evaluar entre un valor 0 que corresponde a la ‘total ausencia de...’ y un valor 1 que se alcanza cuando la provisión iguala ciertos parámetros que se establecen como objetivo adecuado.

En los términos que hemos manejado en estos cuatro textos, equivalen a indicadores con dos límites, siendo el umbral de insostenibilidad igual a cero y su lógica creciente [e.g., un indicador de dotación de zonas verdes, o un indicador de dotación de equipamientos].

La mayoría de los indicadores de la Dimensión Q son de este tipo, y dado que son los más relacionados con la forma urbana, son los que tradicionalmente el urbanismo ha venido modelizando con mayor acierto. Pero cuando revisamos las dimensiones M y E, vemos que la cuestión cambia; en dichas dimensiones la mayoría de indicadores cumplen alguna o varias de las siguientes condiciones...

- ... poseen un umbral de insostenibilidad diferente de cero.
- ... poseen más de dos límites, que delimitan tramos con diferente pendiente

... el umbral de insostenibilidad elegido para el modelo se puede ‘traspasar’.

Estos son los indicadores que en una mayoría de ocasiones no se han sabido resolver adecuadamente en modelos previos⁵³⁵, y cuyo diseño es sencillo desde las bases empleadas en este texto.

TABLA 10.01_ TIPO DE INDICADORES SEGÚN MODELIZACIÓN MATEMÁTICA		
	Indicadores resolubles usando enfoque tradicional	Indicadores que se benefician de otro tipo de enfoque
	-	Compacidad
	Equipamientos	-
	Biodiversidad	-
	Zonas verdes	-
Dimensión Q	Mezcla de usos [Proximidad Comercio]	Mezcla de usos [Equilibrio Actividad]
	-	Diversidad Social
	Bioclima [excepto Calidad del Aire]	Bioclima [Calidad del Aire]
	Accesibilidad y Movilidad [excepto Tiempo de Desplazamiento]	Accesibilidad y Movilidad [Tiempo desplazamiento]
	Estructura urbana	-
	Imagen e identidad	-
	-	Recursos Hídricos
Dimensión M	-	Contaminación Hídrica
	-	Uso territorio Bioproductivo
	-	Recursos Sólidos
	-	Consumo de Energía
	-	Huella GEI
Dimensión E	Empleo [Variedad Urbana]	Empleo [Tasa Desempleo/Diferenciación Laboral]
	-	Estructura/Diferenciación Actividad Económica
	-	Distribución del Ingreso
	-	Caga Económica

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior vemos que *los indicadores que se sitúan en la columna derecha se refieren a cuestiones que son de reciente aparición [vinculadas a la idea de sostenibilidad desarrollada en las últimas décadas] y que habitualmente consideramos difíciles de modelizar*. La aceptación generalizada en la actualidad de su relevancia junto con la facilidad de modelizarlas desde las bases propuestas hace innecesario extendernos más en la idoneidad del presente enfoque.

Complementariamente, es interesante indicar que *equiparar el diseño de indicadores con las funciones de grado de pertenencia facilita el proceso de resolución del modelo mediante sistemas informáticos*, puesto que la Teoría de Conjuntos Difusos/Lógica Difusa es una base ampliamente aceptada en la actualidad para programación de **sistemas expertos**⁵³⁶ [Soft Computing/Computing with words⁵³⁷].

⁵³⁵ A lo largo del texto hemos hecho alusión a la abundancia de indicadores adecuados en la Dimensión Q, y la práctica ausencia de los mismos en las dimensiones M y E; cuestión que ahora podemos explicar por su mayor dificultad de modelización utilizando los acercamientos tradicionales.

⁵³⁶ Un Sistema experto es un “sistema que emula el razonamiento de un experto en un dominio concreto” [Wikipedia, 2015]

⁵³⁷ “Computing with words CW is a methodology for reasoning, computing and decision making with information described in natural language” [Zadeh in Mendel et Al, 2010:21]. O dicho de otra manera, es una metodología que nos permite interpretar afirmaciones como “este barrio tiene pocas zonas verdes y mucho ruido y contaminación” y transformarlas para incorporarlas en un proceso que nos permite tomar decisiones relativas a dichas afirmaciones.

A diferencia de otros modelos CW, el modelo que aquí proponemos convierte las afirmaciones en parámetros numéricos como paso intermedio en el proceso de toma de decisiones. Complementariamente, muchos de estos parámetros [e.g., los de paisaje urbano] se deducen a partir de ‘percepciones’, experiencias subjetivas y valoraciones en lenguaje natural, confirmando que se trata de un modelo CW.

8.2.2 MODELO DE INDICADORES

El enfoque utilizado para la formulación del modelo combina varios acercamientos que permiten diferenciarlo de otros modelos existentes en la actualidad. Para no extendernos excesivamente, solamente revisaremos las diferencias más relevantes.

La primera es que **está construido sobre un número elevado de teorías científicas mayoritariamente aceptadas** [no habiéndose excluido ninguna –conocida por el autor- que lo sea]. Esto le proporciona una elevada consistencia que podemos diferenciar en:

- La que adquiere **indirectamente** al haberse construido sobre dos teorías matemáticas consistentes con la parte ‘formal’ de un número elevado de teorías científicas: *Teoría Matemática de la Sostenibilidad* [Alvira, 2014a] y *Teoría Unificada de la Complejidad* [Alvira, 2014b].
- La que adquiere **directamente** al haberse formulado a partir de la revisión de varias teorías factuales.

TABLA 10.02_ MARCO CIENTÍFICO SOBRE EL CUAL SE APOYA LA PRESENTE TEORÍA

MARCO CIENTÍFICO (1)		PRINCIPALES AUTORES CONSIDERADOS	
INDIRECTAMENTE	Teoría Matemática de la Sostenibilidad	Lógica Difusa	Zadeh, 1964
		Teoría General de Sistemas y Jerarquía	Von Bertalanffy 1950; Simón, 1962
		Teoría Complejidad: Organización y Emergencia	Von Foerster, 1960; Morín, 1990
		Teoría Sistemas Complejos Adaptativos	Gell Mann, 1994; Holland, 1995
		Ecología	Odum, 1967; Rees 1992
	Teoría Complejidad	Teoría Decisión	[Ver después]
		Teoría Probabilidad	
		Teorías de Sistemas	[Ver arriba]
		Teoría Comunicación (2)	Shannon y Weaver, 1949
		Teoría Información Algorítmica	Solomonov, 1964; Kolmogórov, 1965; Chaitín, 1967
DIRECTAMENTE	Aproximaciones a la medida de la complejidad de los sistemas	Numerosos autores...	
	Epistemología, Lógica y Filosofía	Numerosos autores	
	Sostenibilidad a partir de dimensiones (3)	Meadows et Al, 1972 UN, 1987	
	Ecología Humana y Urbana	Girardet, 1998; Rees 2003; Rueda, 1995-2012	
	Acercamientos singulares a la sostenibilidad urbana	Frey 1999, Rogers, 2000	
	Teoría Elección Pública (4)	Arrow 1951; Savage, 1954; Sen 1998; Stiglitz, 2000	
	Teoría de los Juegos (5)	Von Neumann y Morgenstern, 1944; Nash, 1950; Binmore, 1994; Harsanyi, 1994	

FUENTE: elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) Existe una diferencia entre las teorías que permiten sustentar la Teoría Matemática de la Sostenibilidad y Teoría unificada de la Complejidad [que son dos teorías formales] y las que permiten sustentar el diseño detallado del modelo aplicado a las ciudades [que es un modelo factual, y por tanto son teorías esencialmente factuales]
- (2) Es importante indicar que las fórmulas de agregación de información utilizadas en el modelo son consistentes con las principales formulaciones de la Teoría de la Comunicación [Entropía, Entropía Condicional e Información Mutua], lo que se demuestra en Alvira, 2014 b [Anexo V]
- (3) Ver ANEXO XIV_ REVISIÓN DEL MODELO DESDE LAS TRES DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD
- (4) Ver ANEXO XVI_ UTILIZACIÓN DEL MODELO PROPUESTO POR LA ADMINISTRACIÓN ESPAÑOLA
- (5) En sentido estricto, La Teoría de los Juegos es una teoría formal [al menos la parte que se ha utilizado como base para el diseño de la Dimensión Metabolismo].

Complementariamente, el modelo respeta en grado elevado las principales recomendaciones aceptadas para el diseño de indicadores, que si bien no podemos considerar una teoría científica propia, tienen un grado de consistencia interna y aceptación elevado⁵³⁸.

La segunda es **metodológica**. Aunque el modelo propuesto presenta cierto parecido con los modelos de certificación de la sostenibilidad de áreas/proyectos urbanos, en realidad es esencialmente diferente, lo que podemos ver revisando las características de estos últimos.

Los modelos de certificación de la sostenibilidad buscan evaluar una serie de aspectos de áreas o desarrollos urbanos que identifican con la sostenibilidad, estableciendo umbrales que en caso de ser alcanzados o superados permiten obtener diversos tipos de acreditaciones. Sin embargo la mayoría de dichos modelos presentan una serie importante de inconsistencias:

- Son bastante incompletos. Valoran exhaustivamente la Dimensión Q, pero muy superficialmente las demás dimensiones de la sostenibilidad⁵³⁹.
- Calculan los objetivos de sostenibilidad introduciendo un porcentaje de mejora sobre la práctica habitual [o la situación actual], pero si dichos objetivos se cumplieran de manera generalizada la sociedad no necesariamente sería sostenible [o dicho de otra manera, el cumplimiento de dichos objetivos no garantiza –muchas veces ni siquiera se acerca a- la sostenibilidad global].
- Son principalmente prescriptivos [dicen lo que hay que hacer] y por ello, valoran si dichas prescripciones son cumplidas por las áreas/desarrollos urbanos, pero no valoran el estado final alcanzando⁵⁴⁰.
- Al valorar el grado de cumplimiento de 'prescripciones' y no el estado alcanzado, se incumple la condición de relevancia de los indicadores [Alvira, 2014a].

Las cuestiones anteriores son resueltas por el presente modelo que no pretende decidir si un proyecto 'aprueba o no', sino valorar su impacto sobre la ciudad en su conjunto, su posible combinación con otros proyectos posibles y decidir la idoneidad de su implementación. Por tanto, consideramos más consistente el acercamiento aquí propuesto⁵⁴¹.

La tercera alude a las **fórmulas de agregación de los indicadores**, que se han seleccionado/propuesto a partir de la revisión de dos campos teóricos:

- La Teoría de la Comunicación [Shannon, 1949] y medida de la Entropía.

⁵³⁸ Ver ANEXO XV_ EVALUACIÓN DEL MODELO SEGÚN CRITERIOS HABITUALES EN MODELOS DE INDICADORES Y HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD

⁵³⁹ Esto se deriva en parte de la mayor dificultad de modelizar las dimensiones M y E, pero también del habitualmente menor interés de los promotores privados [que suelen ser quienes solicitan la acreditación] y de los compradores privados [que son quienes consideran positivo que un desarrollo obtenga una acreditación] en dichas dimensiones

⁵⁴⁰ Esto choca con la 'contextualidad de las estrategias' ya comentada, y nos remite a la inadecuación de valorar medios en vez de fines también revisada varias veces a lo largo del texto. Dado que se orientan a la toma de decisiones, la propia Teoría de la Decisión, que afirma que lo que se debe valorar son los estados alcanzados y no los cursos de acción, es su principal crítica.

⁵⁴¹ Dentro de los modelos existentes, solo hemos encontrado dos que comparten este enfoque y consideramos interesantes: Rapid Fire [Calthorpe and Associates, 2010] y Casbee for Cities [JSBC, 2011]

- Diversos acercamientos a la medida de la Información Común entre dos objetos [Shannon, 1949; Kolmogórov, 1965; Crutchfield y Feldman, 2001]⁵⁴².

Es importante indicar que estas formulaciones introducen una marginalidad decreciente de la influencia del valor de los indicadores sobre el valor agregado que constituye un 'criterio de compensabilidad' entre indicadores que evita introducir valoraciones subjetivas en las mismas⁵⁴³.

Las tres cuestiones anteriores aluden a una de las características más importantes del conocimiento científico: ser 'el mejor conocimiento disponible en la actualidad' [Lakatos, 1989].

Para ello, se parte del mejor conocimiento disponible para, mediante inferencias utilizando un sistema consistente de reglas lógicas, llegar a conclusiones que necesariamente serán también sustentables sobre el mismo cuerpo teórico que las premisas de partida.

Sin embargo queda pendiente justificar las otras dos grandes cualidades que exigimos al conocimiento científico: que sea útil y que las afirmaciones sean contrastables.

La utilidad del modelo la vemos en su **aplicabilidad**, y se relaciona con la segunda cuestión comentada. Los modelos operativos buscan proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones. Las sociedades avanzan a través de sus acciones [operando], y es necesario contar con herramientas que nos permitan decidir 'qué acciones es más conveniente desarrollar' [como 'operar'].

Y en general, en cualquier problema de toma de decisiones referido a la realidad [i.e., no conceptual] las opciones [y combinaciones de opciones] suelen ser infinitas o prácticamente infinitas; la mayoría de problemas de decisión son en sentido estricto 'incomputables' [irresolubles].

Los cursos de acción posibles son infinitos [como hay infinitos rumbos en los 360º de una brújula] y las soluciones posibles son infinitas [como hay infinitos puntos en una línea de 1m]. Pero incluso si limitamos las opciones posibles a un número finito formado por aquellas que consideramos más interesantes [o creemos proporcionarán los beneficios más elevados], sigue siendo un problema NP; cuanto mayor es [linealmente] el número de opciones evaluadas mayor es [exponencialmente] la dificultad de resolución⁵⁴⁴.

Para resolverlo, los modelos prescriptivos han optado por convertir el problema en 'resoluble' mediante la limitación del número de acciones posibles, que se limitan a las 'estrategias' prescritas. Solo se aceptan/valoran unas pocas estrategias; aquellas que los autores de dichos modelos han considerado [previamente] beneficiosas.

⁵⁴² La fórmula de agregación propuesta equivale a una medida del 'grado de concordancia de dos mensajes' [Alvira, 2014b], y cuando uno de los mensajes es nuestro modelo de ciudad sostenible y el otro una ciudad concreta, el valor numérico obtenido representa el grado de concordancia entre ambos mensajes, equivalente al grado en que el área urbana es sostenible.

⁵⁴³ Para una revisión de dichas formulas se recomienda Alvira, 2014b. Anexo IV. Otra posibilidad para comprender la marginalidad decreciente de ciertos tipos de información es Allen et Al, 2014

⁵⁴⁴ Cualquier problema de decisión [y de diseño] referido a un sistema real es –al menos– un problema NP, aunque no de manera evidente. Lo podemos ver en los procedimientos heurísticos [i.e., no deterministas] con que solemos enfrentarlos, que se relacionan con el concepto de 'sistema experto'. Por ejemplo, una 'tormenta de ideas' es una forma de reducir el número de posibles soluciones, a partir de opiniones de personas consideradas idóneas [expertas] para opinar sobre un problema dado.

Pero este enfoque limita mucho [e innecesariamente] la cantidad de posibles 'transformaciones' de las ciudades hacia la sostenibilidad que se pueden valorar mediante estos modelos⁵⁴⁵. Esta es una de las principales novedades de la herramienta aquí propuesta, permite evaluar un número elevadísimo de transformaciones posibles en las ciudades, que van desde un proyecto de regeneración de un área urbana hasta el establecimiento de subvenciones oficiales a productos⁵⁴⁶.



Imagen 09.01: ¿Qué es más sostenible, deducir 6.000 € en la compra de un coche eléctrico o regalar una bicicleta de 450 € a quien deje de utilizar el coche para sus desplazamientos? ¿Es mejor elevar la eficiencia energética de los Aires Acondicionados o incrementar el número de árboles en la ciudad reduciendo el Efecto Isla de Calor?

La herramienta permite evaluar cada una de las opciones de intervención posible sobre la ciudad, proporcionando un criterio objetivo para la toma de decisiones.

Complementariamente, aunque aplicar la herramienta por primera vez en una ciudad requiere cierto esfuerzo de recopilación de información, una vez evaluada su situación inicial, la utilización posterior de la herramienta se simplifica y a veces es posible con un esfuerzo muy reducido⁵⁴⁷.

Y la quinta y última cuestión diferenciadora del modelo es la **contrastabilidad** de sus resultados. *La formulación del modelo se ha hecho explicitando todas las premisas aceptadas, simplificaciones e inferencias realizadas, proporcionando una base que nos permite su contraste.* La propia utilización del modelo proporciona datos para su revisión y actualización periódica. Y deberemos contrastar periódicamente los resultados que proporciona, lo que podremos hacer combinando dos métodos:

Por una parte, podremos *comparar los resultados que proporciona el modelo con los que proporcionan algunos modelos de evaluación de la sostenibilidad cuyo diseño muestra elevada consistencia*⁵⁴⁸:

TABLA 10.03_ ÍNDICES PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD

Índice	Autor	Ámbito de aplicación
Human Wellness Index [HWI]	Prescott Allen 2001	Sostenibilidad de cada sociedad en el nivel país o regiones de al menos 100 km
Sustainable Society Index [SSI]	Geut van Verk et Al, 2004	Igual que el anterior
The Nature Index	---	Monitoriza el estado del medioambiente natural [€equivale a su sostenibilidad medioambiental]

⁵⁴⁵ Por ejemplo, no permite a un técnico municipal valorar si resulta más interesante [sostenible u óptimo] en un determinado momento 'sustituir todas las calderas de carbón de una ciudad por calderas de gas natural o sus vehículos diésel por vehículos híbridos'. Sin embargo la mayoría de decisiones que se toman en las ciudades son de este tipo.

⁵⁴⁶ En sentido estricto, el planteamiento 'difuso' del modelo permite afirmar que es capaz de proporcionar valoraciones diferenciadas para un número infinito de opciones.

⁵⁴⁷ Una ciudad que decidiera utilizar la herramienta como ayuda para su toma de decisiones, debería desarrollar un esfuerzo inicial de recopilación de indicadores, pero después la aplicación sucesiva de la herramienta sería un proceso relativamente sencillo. El esfuerzo inicial es compensado con creces por el beneficio posterior.

⁵⁴⁸ Este listado no trata de ser un listado exhaustivo; solo de proporcionar algunos ejemplos de índices que se han considerado suficientemente consistentes para permitir la contratación de las predicciones. Existe en la actualidad un número creciente de modelos de evaluación de la sostenibilidad cuyos fundamentos presentan elevada consistencia. La mayoría de estos modelos no son operativos, sino que se limitan a monitorizar el estado de un núcleo social/natural en un momento dado [en algunos casos la disponibilidad de datos previos permite elaborar tendencias para el futuro y por tanto realizar predicciones.

Streamlining European Biodiversity Indicators [SEBI]	Environmental European Agency, 2010	Monitoriza el estado de la Biodiversidad, permitiendo indirectamente valorar la Sostenibilidad Medioambiental de regiones o países.
Modelo del Urbanismo Ecológico	Rueda, 2012	Sostenibilidad urbana
FUENTE: elaboración propia a partir de las fuentes indicadas		

Aunque la correspondencia en los aspectos medidos nunca podrá ser completa, las evaluaciones mediante estos modelos deberían mostrar un ‘parecido’ suficiente [correlación elevada/reducida desviación típica] con las predicciones del modelo operativo⁵⁴⁹.

Por otra parte, *podremos utilizar una combinación de planteamientos formales y factuales*, que aplicaremos de diferente manera a las tres dimensiones del modelo presentan cualidades diferenciadas:

- La dimensión M se formula a partir de características del medio que se pueden establecer en muchos casos con suficiente precisión.
- La dimensión E se formula a partir de características de la economía que son contrastables con elevada precisión.
- La dimensión Q combina cuestiones objetivas con cuestiones subjetivas sobre las que existe elevado grado de acuerdo a nivel global, detectado mediante diferentes herramientas estadísticas. Esto quiere decir que un elevado número de estos indicadores son contrastables mediante encuestas de los propios habitantes⁵⁵⁰.

TABLA 10.04_ TESTABILIDAD DE INDICADORES

TIPO INDICADORES	MÉTODO DE CONTRASTACIÓN	LISTADO DE INDICADORES
Indicadores que valoran cuestiones eminentemente objetivas	Mediante métodos científicos clásicos; análisis de correlaciones, ...	Dimension Q [BIV, BS] Dimension M Dimension E [TD, DE, DI, CE]
Indicadores que valoran cuestiones subjetivas	Mediante encuestas a los habitantes	Dimension Q [EU, PI]
Indicadores que valoran cuestiones objetivas y subjetivas	Mediante una combinación de los dos métodos anteriores	Dimension Q [CC, ZV, EQ MU, DS, AC, EU, PI]
FUENTE : Elaboración propia		

8.3_TEMAS PENDIENTES:

8.3.1_VALIDACIÓN DE LOS INDICADORES DEL MODELO

El diseño de los indicadores ha requerido proponer formulaciones matemáticas o umbrales para valorar algunas cuestiones sobre las cuales no existe acuerdo. Estas decisiones se han justificado suficientemente en el texto, detallando las premisas e inferencias utilizadas.

Complementariamente, parte de la validación de las propuestas se proporciona en el presente texto, pudiendo diferenciar entre algunas cuestiones que consideramos contrastadas y otras que no.

⁵⁴⁹ Mientras la correspondencia debe ser clara en las dimensiones Social y Económica, la deslocalización de los efectos urbanos sobre el medioambiente, hace necesario indicar que en esta dimensión la correspondencia solo será apreciable si se generaliza el uso del modelo

⁵⁵⁰ En general, el grado de calidad percibido por el conjunto de la población debe presentar un elevado parecido con el valor Q. Por ejemplo, si el indicador ZV muestra un valor reducido, los habitantes del área deben percibir una escasez de zonas verdes. O si el indicador de Calidad del Aire muestra un valor alto, los habitantes no deben indicar la contaminación atmosférica como un problema del área.

SUPUESTOS CONTRASTADOS:

A *nivel barrio* el modelo ha sido aplicado en un ámbito del Ensanche del SXIX de Madrid, obteniendo resultados consistentes con la realidad.

A *nivel tipo de transformaciones evaluadas*, se han evaluado tres tipos de intervención urbana de características muy diferentes [compuestos de 24 tipos de estrategias/escenarios diferentes], permitiéndonos considerar que constituyen un abanico suficientemente elevado de opciones para las cuales la aplicabilidad del modelo esta contrastada.

A *nivel país*, la dimensión Económica ha sido revisada en el ámbito de la UE28, obteniendo resultados muy consistentes⁵⁵¹.

SUPUESTOS NO CONTRASTADOS TODAVÍA:

Se considera que sería conveniente contrastar los resultados obtenidos con el modelo aplicado a otros tipos de **morfologías urbanas** diferentes. Sin embargo, dado que los indicadores que se relacionan con la morfología son los de la Dimensión Q, para los cuales se han encontrado numerosas fuentes que muestran elevado grado de coincidencia⁵⁵², consideramos previsible que el modelo proporcione resultados consistentes.

También es posible que la aplicación en otros países requiera adaptaciones del modelo.

8.3.2_ ACTUALIZACIÓN CONTINUA DEL MODELO

Las ciudades son sistemas que evolucionan y esto es fundamental porque la contextualidad [como relación de la sostenibilidad con las especificidades de diferentes contextos físicos] también se refiere al tiempo; *las cuestiones que determinan/posibilitan la sostenibilidad de los SSE van modificándose a medida que pasa el tiempo.*

Esto quiere decir que ningún modelo para evaluar la sostenibilidad urbana puede considerarse ‘completamente terminado’; siempre serán modelos que necesitarán revisarse y actualizarse periódicamente. Con suficiente frecuencia como para recoger las modificaciones de la sociedades, pero adoptando una forma suficientemente ‘terminada’ entre revisiones [lo contrario imposibilitaría su uso].

Por ello, el contraste del modelo con la realidad no debe tratar de constituir la verificación del modelo [algo solo posible si el modelo se refiriese a una realidad que no evolucionase] sino de permitir su revisión y ajuste continuo, para maximizar el grado de fiabilidad de los resultados que el modelo. Para ello consideramos que se deberán producir varios tipos de revisiones/actualizaciones:

⁵⁵¹ Ver ANEXO IX: EVALUAR SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA: CRECIMIENTO VS ESTABILIDAD

⁵⁵² Muchos de ellos además están desarrollados en detalle por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona/Rueda, que consideramos una fuente de elevada solvencia.

- la que se deriva de modificaciones de la sociedad, que pueden llevar a la necesidad de actualización de umbrales,...
- la que se deriva del avance del conocimiento científico, que puede producir diseños alternativos [y mejorados] de indicadores,...
- la que se deriva del contraste entre predicciones y realidad, que podremos monitorizar mediante cualquier de los dos métodos indicados antes⁵⁵³.

Esta actualización continua debe por tanto suponer un proceso de retroalimentación que permita la optimización continua del modelo.

8.4_ EL PARADIGMA DE [SUBYACENTE A] LA SOSTENIBILIDAD

Muchas veces se habla de la necesidad de un 'paradigma de sostenibilidad' [al cual de hecho hemos aludido varias veces en el texto] y es necesaria una breve revisión de la cuestión, para lo cual nos vamos a apoyar en una dimensión a priori poco 'conflictiva'; la Dimensión Metabolismo⁵⁵⁴.

Hemos visto que para la mayoría de cuestiones relevantes para la sostenibilidad del medioambiente existen umbrales máximos de utilización de recursos per cápita que ya se han sobrepasado, y por tanto, una persona solo puede utilizar recursos por encima de dicho límite sustrayéndolos a sus otros usuarios potenciales [sean otras personas o biodiversidad no humana].

Es evidente que si el uso de mayor cantidad de recursos que los disponibles per cápita provee utilidad a una persona, su reducción estará restando utilidad a otro usuario [persona o resto de biodiversidad]⁵⁵⁵, y nos lleva de nuevo a una pregunta sugerida anteriormente... **¿es sostenible un paradigma social que define como situación deseable tener muchos bienes materiales/consumir mucho?**⁵⁵⁶

Consideramos exitoso [i.e., socialmente deseable] a una persona que posee cinco coches, sin pararnos a pensar que en un mundo con límites, para que eso sea posible es necesario que otras cuatro personas renuncien a tener coche⁵⁵⁷. El paradigma de lo 'socialmente deseable' en la actualidad se halla muy alejado de lo 'globalmente sostenible' [posible y optimo], y ello constituye un obstáculo para la sostenibilidad porque *la racionalidad individual requiere que nuestras decisiones busquen acercarnos a las situaciones individualmente más 'deseables'*.

⁵⁵³ Para algunas cuestiones relativas a la contrastación de los resultados obtenidos y actualización continua del modelo ver ANEXO XVII_ CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y MEJORA CONTINUA DEL MODELO

⁵⁵⁴ Decimos poco conflictiva porque si el análisis que vamos a realizar lo hiciéramos en relación a la dimensión Económica, llegaríamos a cuestiones sobre las que puede ser mucho más difícil llegar a acuerdos.

⁵⁵⁵ Nos referimos en general, por supuesto que hay personas que pueden ser 'felices' con menos.

⁵⁵⁶ En términos económicos lo podríamos expresar como... ¿es sostenible un paradigma económico que considera deseable ser rico cuando para ello es necesario que otro sea pobre?... ¿y un paradigma empresarial que considera deseable incrementar continuamente los beneficios sin valorar la utilidad creada?

⁵⁵⁷ Para que se entienda mejor planteamos la simplificación equivalente a suponer que el umbral de sostenibilidad sea un coche por habitante [en realidad, puede fácilmente ser que el umbral de sostenibilidad sea compartir un coche entre 5 personas...]

Este paradigma es fácilmente modificable; los paradigmas individuales son forjados en parte a nivel social [comenzando por la educación oficial y siguiendo por la educación no oficial –que incluye el bombardeo de publicidad que recibimos cada día,...-], y modificables desde las propias regulaciones necesarias para el mantenimiento del sistema.

Pero esta modificación no sucederá espontáneamente; hemos revisado numerosos datos que nos han mostrado que con los mecanismos actuales el sistema se autorregula hacia la insostenibilidad.

Las regulaciones ‘oficiales’ [Constituciones, Leyes,...] buscan acercar a la sociedad a su orden óptimo [y por tanto implican un paradigma subyacente; el que considera que dicho orden es ‘óptimo’], pero la realidad nos está mostrando que dichas regulaciones⁵⁵⁸ no logran que el sistema se autorregule hacia situaciones sostenibles, y cambiar el atractor del sistema requiere introducir modificaciones intencionadas que lo acerquen a dicha dirección.

Hasta ahora las regulaciones se han centrado en limitar el daño directo al medio ambiente mediante ‘utilidades negativas’ [el conocido ‘quien contamina paga’] revirtiendo algunas conductas perjudiciales para el medio ambiente mediante imposiciones de ‘desutilidad’ [i.e., multas económicas] que las conviertan en conductas [elecciones] no-deseables [irracionales].

El problema del planteamiento anterior es que si le damos la vuelta, ‘quién ha pagado tiene derecho a consumir/contaminar’, i.e., convierte en ‘socialmente aceptable’ que las personas que tienen mayor renta consuman más recursos y causen mayor deterioro del medioambiente que el resto.

Por ello, aunque el planteamiento anterior parece a priori beneficioso, en el momento actual resulta inadecuado. El medioambiente es un bien público [i.e., de todos] y por tanto las personas que no lo deterioran no solo tienen derecho a exigir que quien lo deteriora pague; tienen derecho a exigir que quien lo deteriora deje de hacerlo; i.e., que moderen sus consumos aquéllas personas que consumen en exceso. **Las regulaciones deben empezar a imponer limitaciones a la apropiación excesiva de utilidad para uso individual⁵⁵⁹.**

En gran parte, el hecho de que nuestro modelo actual se sustente sobre el consumo choca con que alcanzar la sostenibilidad medioambiental en la actualidad requiere en esencia reducir los consumos. **¿Puede establecer como objetivo la reducción de consumos una sociedad que se autodenomina ‘sociedad de consumo’?**

Constituye un objetivo que choca contra las estructuras económicas y de poder actuales, que en gran parte se asientan sobre un modelo basado en el consumo. Los agentes más poderosos en la actualidad [los que poseen mayor capacidad de decidir la dirección en que avanza el sistema] carecen de

⁵⁵⁸ En general, no encontramos que las regulaciones sean incompatibles con la sostenibilidad; todas las situaciones sostenibles del sistema tienen cabida en el espacio definido por las normas de regulación, pero dichas normas admiten un espacio de estados del sistema que no son sostenibles.

⁵⁵⁹ Consideramos que un conductor no debe circular a 100 km/h por el centro de una ciudad porque pone en peligro al resto de sus habitantes. Pero lo cierto es que en la actualidad una persona que posee cuatro casas también pone en peligro al resto de los habitantes. Cómo deberemos regular estas cuestiones constituye un reto a resolver en los próximos años.

Es importante indicar que en realidad esta cuestión no es algo novedoso. Existen referencias muy tempranas a la necesidad de limitar la apropiación de riqueza individualmente para no perjudicar al conjunto [e.g., Las Leyes de Platón, 349 BCE]

interés en modificar dicha situación, y los agentes más interesados [el grueso de la sociedad] carecen del poder para modificar las regulaciones [Meadows, 2000].

Por ello es importante insistir en que **la sostenibilidad requiere un cambio de paradigma del conjunto de la sociedad, que debe incluir las estructuras del poder político**⁵⁶⁰.

Decimos que la sostenibilidad requiere un cambio de paradigma, y con ello parece que se convierte en una tarea ingente o prácticamente inalcanzable, pero la verdad es que **cualquier modelo científico implica una teoría y paradigma** [cualquier modelo o teoría científica nueva está modificando – mucho o poco- el paradigma subyacente], **y el desarrollo de la sociedad [y por tanto su sostenibilidad] siempre ha ido ligado a la superación de los paradigmas previos.**

Las revoluciones científicas que cada cierto tiempo se producen [Kuhn, 1972], no son más que el resultado esperable y necesario de un Sistema Adaptativo [el conocimiento] que cada cierto tiempo requiere desorganizarse y volver a organizarse [Alvira, 2014b]. Pero es importante indicar dos cuestiones:

- *Ninguna revolución científica es posible sin el conocimiento previamente existente* [o dicho de otra manera; un cambio de paradigma necesita un paradigma previo que cambiar; i.e., cuya inadecuación busca resolver].
- *Ninguna revolución científica ha destruido totalmente las creencias anteriores; todas ellas han preservado una parte importante del conocimiento previo sobre el que han cimentado las nuevas propuestas. Ningún cambio de paradigma busca ‘reinventar la rueda’.*

Y esto mismo sucede con el conocimiento relativo a la sostenibilidad. Aunque es necesario superar en muchas cuestiones el paradigma mayoritario en la actualidad, ello no implica inventar la sociedad desde cero. En gran parte, basta con poner en valor cuestiones que actualmente son -a veces minoritariamente- aceptadas o reinterpretar ciertas cuestiones conforme a nuevos fines⁵⁶¹.

Además, sin ‘paradigma’ no es posible producir conocimiento, pero el carácter adaptativo inherente al conocimiento y a la sostenibilidad de los SSE hace inevitable que el paradigma de la sostenibilidad de hoy sea sustituido por otro en el futuro. *Las cuestiones que hacen sostenible a una sociedad y nuestra manera de enfrentarlas se volverán a modificar antes o después.*

Por ello, no se trata de acuñar -o forjar a hierro- un nuevo paradigma de la sostenibilidad, simplemente se trata de dejar que el conocimiento evolucione; **el conocimiento tiene ante todo una función adaptativa para la sociedad humana.** Su función principal es la propia sostenibilidad de la sociedad, y en un mundo que evoluciona, dicha sostenibilidad requiere que nuestro conocimiento evolucione de manera consistente con dicho mundo, lo que inevitablemente implica periódicas revoluciones científicas.

⁵⁶⁰ En ese sentido, la mayor propuesta que hemos incluido en el presente texto es el Derecho a Veto como Derecho Fundamental de todas las sociedades [Ver ANEXO IV: DERECHOS FUNDAMENTALES, DEMOCRACIA Y ELECCIÓN PÚBLICA]. La justificación matemática de dicha propuesta se detalla en Alvira, 2015.

⁵⁶¹ Un ejemplo es en relación a la modificación de las causas que harían deseable compartir bienes [ver ANEXO X: CUATRO D'S PARA DESARROLLAR LA IDEA DE 'DECOUPLING']

PARTE V: BIBLIOGRAFÍA

9 BIBLIOGRAFÍA

9.1 GENERAL

- AGUIAR, FERNANDO [2007] "Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos". IESA/CSIC. *EMPIRIA, Revista de Metodología Ciencias Sociales*. Nº8, 2004, pp. 139-160
- ALEXANDER, CHRISTOPHER [1965] "A City is not a Tree". *Architectural Forum*, nº1, Vol 122
- ALVIRA, RICARDO [2014a] *Una Teoría Matemática de la Sostenibilidad y el Desarrollo Sostenible*
- ALVIRA, RICARDO [2014b] *Una Teoría Unificada de la Complejidad*
- ALVIRA, RICARDO [2015] Del voto al Veto. La imposibilidad de elección no democrática
- ALVIRA, RICARDO [en prensa, a] 'Una aproximación "lógica" al diseño de indicadores de sostenibilidad' en *Breeam Urbanismo: Reflexión, Análisis y Casos de Estudio*. Edita: BREEAM ES, Instituto Tecnológico de Galicia y Universidade da Coruña.
- APARICIO, ÁNGEL [2010] "La toma de decisiones en la política española de transporte: aportación y limitaciones de la evaluación de proyectos", *Cuadernos Económicos ICE* nº 80, pp. 115-147
- ARISTÓTELES [348 BCE] *Política*, Traducción de Pedro Simón Abril. Madrid: Ediciones Nuestra Raza
- ARROW, KENNETH J. [1951] *Social Choice and individual values*, Cowles Foundation for research in economics at Yale University, 2nd edition [1963], Ed. John Wiley & Sons
- BAK, PER & PACZUSKI, MAYA [1995] "Complexity, contingency, and criticality", Colloquium Paper, PNAS, Vol. 92, pp. 6689-6696, July 1995
- BERNOUILLI, DANIEL [1738] "Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk". *Econometrica*, Vol. 22, Nº1 [January, 1954], pp. 23-36.
- BINMORE, KEN [1994] *Teoría de Juegos*. McGraw Hill. Madrid
- CLAUSET, AARON; MOORE, CRISTOPHER AND NEWMAN, M. E. J. [2008] 'Hierarchical structure and the prediction of missing links in networks'
- CORNEJO, ALFONSO [2004] *Complejidad y Caos: Guía Para La Administración Del Siglo XXI*. Cap.4.
- DARWIN, CHARLES [1859] *El Origen de las Especies*. Ed Feedbook, Versión en español. Traductor Antonio de Zulueta
- FEYNMAN, RICHARD P. [1987] 'Negative Probability', in Peat, F. David & Hiley, Basil *Quantum Implications: Essays in Honour of David Bohm*, Routledge & Kegan Paul Ltd. pp. 235-248
- GIBBONS, ROBERT [1997] "An Introduction to Applicable Game Theory". *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 11, No. 1, Winter 1997, pp. 127-149
- GONZÁLEZ, JORGE I. [1998] "Arrow: La elección, los valores y la ideología del mercado". *Cuadernos de Economía*, V. XVII nº 28. Bogotá 1998, pp. 27-41

- HOWARD, EBENEZER [1898] *To-morrow. A peaceful path to real reform*. London: Swan Sonnenschein & Co
- HUTCHINSON, GE [1959] "Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals?", *The American Naturalist*, Vol. XCIII, No. 870, May-June, 1959, pp. 145-159
- KARNI, EDI [2005] "Savages' Subjective Expected Utility Model". Johns Hopkins University
- LERNER, ABBA [1978] "Utilitarian Marginalism (Nozick, Rawls, Justice, and Welfare)", *Eastern Economic Journal*, pp. 51-65
- LICÓN, CARLOS AND BALAREZO, TOMÁS [2009] "Municipal sustainable development possibilities along the US-Mexico border: an interdisciplinary evaluation effort". *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 2009, nº 4, pp. 97-113
- LOVELOCK, JAMES [1979] *Gaia, A new look at life on earth*. Ed. Oxford University Press
- MACARTHUR [1955] "Fluctuations of Animal Populations and a Measure of Community Stability", *Ecology*, Vol. 36, No. 3. (Jul., 1955), pp. 533-536.
- MARTIJA, MIKEL [2010] "Un modelo conceptual y método de medición de la sustentabilidad", *Cuadernos de Investigación Urbanística*, nº 69, marzo / abril 2010, pp. 122-138
- MARTÍNEZ, JOSÉ S. [2004] "Tipos de Elección Racional". *Revista Internacional de Sociología*, nº 37, 2004, pp. 139-173.
- MASKIN, ERIC [2009] 'The Arrow Impossibility Theorem: Where Do We Go From Here?', Arrow Lecture, Columbia University, December 11, 2009
- MASLOW, ABRAHAM [1943] "A Theory of Human Motivation", *Psychological Review*, 50, pp. 370-396.
- MEADOWS ET AL [1972] *The limits to growth*, A Report for The Club Of Rome's Project on the Predicament of Mankind, Potomac Associates.
- MEADOWS, DONELLA H. [1999] "Leverage points, places to intervene in a system", Sustainability Institute
- MENDEL, JERRY M. ET AL [2010] "What Computing with Words Means to Me", IEEE Computational Intelligence Magazine, February 2010, pp. 20-26
- MENDIBURU, HENRY A. [2008] 'Gestión Dinámica de Proyectos mediante Lógica Fuzzy'
- MORÍN, EDGAR [2008] "Restricted Complexity, General Complexity", presented at the Colloquium *Intelligence de la complexité: épistémologie et pragmatique*, Cerisy-La-Salle, France, June 26th, 2005. Translated from French by Carlos Gershenson.
- PLATO [349 BCE] *The laws*, translated by R.G. Bury, Harvard University Press
- RAWLS, JOHN [1971] *A theory of Justice*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts [ed. 1999]

- ROMERO, CARLOS [1996] *Análisis de las decisiones multicriterio*. Ed. Isdefe. Madrid
- RUIZ, JAVIER [2001] *Sistemas urbanos complejos. Acción y Comunicación*. Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 32, ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid
- SAATY, THOMAS [1990] "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*, nº 48, pp. 9-26.
- SEN, AMARTYA [1995] "Rationality and Social Choice", *The American Economic Review*, Vol. 85, no. 1, Mar. 1995, pp. 1-24
- SEN, AMARTYA [1998] 'La Posibilidad de Elección Social', discurso Nobel, 8 de diciembre de 1998
- SIMON, HERBERT [1962] "The Architecture of Complexity", *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 106, no. 6, Dec. 12, 1962, pp. 467-482
- SIMON, PIERRE [MARQUIS DE LAPLACE] [1814] *A Philosophical Essay on Probabilities*. Stanford University Press [Edición 1993, de la edición de 1902]. Capítulos I-IV
- SUROWIK, DARIUSZ [2002] "Leonard Savage's Mathematical Theory of Decision", *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric*, 5 (18) 2002, pp. 65-75
- VON BERTALANFFY, LUDWIG [1968] *General Systems Theory. Foundations, development, applications*. Versión en español de 1989, Fondo de Cultura Económica, México
- VITORIANO, BEGOÑA [2007] 'Teoría de la Decisión: Decisión con Incertidumbre, Decisión Multicriterio y Teoría de Juegos'
- WU, JIANGUO y DAVID, JOHN L. [2002] "A spatially explicit hierarchical approach to modeling complex ecological systems: theory and applications". Department of Plant Biology, Arizona State University.
- ZADEH, LOFTI A. [1965] "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8, pp. 338-353
- ZADEH, LOFTI A. [1969] 'Towards a Theory of Fuzzy Systems', prepared by the University of California for the National Aeronautics and Space Administration
- ZADEH LOFTI A. [1973] "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes", *IEEE*, Vol. Smc-3, No. 1, pp. 28-44
- ZARZA, DANIEL [1996] *Una interpretación fractal de la forma de la ciudad*. Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 21, ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid
- 9.2 PARTE- II**
- ADELLE, CAMILLA Y PALLEMAERST, MARC [2009] 'Sustainable Development Indicators. Overview of relevant Framework Programs -funded research and identification of further needs in view of EU and international activities'. European Commission
- AGENCIA ECOLOGÍA URBANA BARCELONA, AEUB [2010] *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino

- ALVIRA, RICARDO [2011] *Métodos de certificación de la sostenibilidad en proyectos urbanos*. Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 71, ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid
- ALKIRE, SABINA AND FOSTER, JAMES [2010] "Designing the Inequality-Adjusted Human Development Index (IHDI)". *Human Development Reports*, Research Paper, October 2010, United Nations Development Programme [UNDP].
- BERROCAL, GABRIELA [2010]. *Certificaciones de Urbanismo [Tesis de Master]*, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- BETTINI, VIRGILIO [1998] *Elementos de Ecología Urbana*, Ed Trotta
- BROWNHILL D. AND RAO S. (2002). "A sustainability checklist for developments. A common framework for developers and local authorities", BRE Centre for Sustainable Construction
- BUILT RESEARCH ESTABLISHMENT, BRE [2009] *BREEAM Communities, Technical Guidance Manual*
- BUILT RESEARCH ESTABLISHMENT, BRE [2012]. *BREEAM Communities, Technical Manual*
- CALTHORPE ASSOCIATES, CA [2011] 'Rapid Fire Model, Technical Summary'. Model Version 2.0
- CARPENTER [1995] "When are Technologies Sustainable?", *Philosophy & technology*, 1:1&2, Fall 1995
- CASTRO, MARCOS [2004] *Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una Aplicación para Andalucía*. [Tesis Doctoral], Instituto de Estadística de Andalucía
- CITY OF AALBORG, COA [1994] 'Carta de las Ciudades Europeas Hacia Sostenibilidad. La Carta de Aalborg', Aalborg, Dinamarca, 27 de mayo de 1994
- CITY OF AALBORG, COA [2004] 'The Aalborg Commitments. Inspiring futures', en colaboración con el Consejo de municipios y regiones de Europa [CEMR], Local Governments for Sustainability [ICLEI], y Sustainable Cities and Towns Campaign
- DESAI, MEGHNAD ET AL [2002] "Measuring the Technology Achievement of Nations and the Capacity to Participate in the Network Age", *Journal of Human Development*, Vol. 3, no. 1, 2002
- DE GREGORIO, S. Y KOCEWICZ, R. [2007] *Iniciativa Comunitaria Urban 1994-99. Análisis comparativo de tres casos españoles de programas europeos de rehabilitación urbana*. Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 55, Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- DE LUXÁN, MARGARITA ET AL [2008] 'Criterios de sostenibilidad para la rehabilitación privada de viviendas en los barrios de Hortaleza, Jacinto Benavente, y sector 1 de Lavapiés de Madrid', Empresa Municipal de la Vivienda, Madrid
- EUROPEAN COMMISSION, EC [2005] *Impact Assessment Guidelines*, 15 June 2005 with March 2006 update on Procedural rules, SEC(2005) 791
- EUROPEAN UNION, EU [2004] 'Urban design for sustainability. Final Report of the Working Group on Urban Design for Sustainability to the European Union Expert Group on the Urban Environment'

- EUROPEAN UNION, EU [2005] 'Towards a Thematic Strategy on Urban Environment'
- EUROPEAN UNION, EU [2011] *Cities of tomorrow. Challenges, visions, ways forward*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, October 2011
- EUROSTAT [2011] 'Sustainable development in the European Union, 2011 monitoring report of the EU sustainable development strategy'
- FARIÑA, JOSÉ [2000] "Naturaleza Urbana", *Ciudades para un futuro más sostenible*, Biblioteca CF+S
- FARIÑA, JOSÉ [2001] *La Ciudad y el Medio Natural*. Akal Ediciones
- FARIÑA, JOSÉ Y NAREDO, JOSÉ M [2010] *Libro blanco de la sostenibilidad en el planeamiento urbanístico español*, Ministerio de Vivienda, Gobierno de España
- FREY, HILDEBRAND [1999] *Designing the City. Towards a More Sustainable Urban Form*. E & FN SPON
- GIRARDET, HERBERT [1999] *Creating Sustainable Cities*. Green Books
- HERNÁNDEZ AJA, AGUSTÍN [1999] 'Análisis de Parámetros de Sostenibilidad Urbana en Municipios Españoles'
- HERNÁNDEZ AJA, AGUSTÍN ET AL [2000] *La Ciudad de los Ciudadanos*. Madrid: Ed. MOPTMA.
- HERNÁNDEZ AJA, AGUSTÍN [2003] "Informe sobre los indicadores locales de sostenibilidad utilizados por los municipios españoles firmantes de la Carta de Aalborg". *Biblioteca CF+S*
- HERNÁNDEZ AJA, AGUSTÍN ET AL [2007] *Áreas vulnerables en el centro de Madrid*, Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 53, Instituto Juan de Herrera, Madrid
- HIGUERAS, ESTER. [2009] *El reto de la Ciudad Sostenible y Habitable*. DAPP Publicaciones Jurídicas
- HOUGH, MICHAEL [1998] *Naturaleza y Ciudad*. Gustavo Gili
- IDRUS, SHAHARUDIN ET AL [2008] 'Spatial urban metabolism for livable city', *Blueprints for Sustainable Infrastructure Conference*, 9-12 December 2008 Auckland, NZ
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, INE [2011a] *Anuario Estadístico de España*
- JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM, JSBC [2007] *CASBEE for Urban Areas + Buildings. Technical Manual*
- JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM, JSBC [2008] *Comprehensive Assessment of Building Environment Efficiency for Urban Developments [CASBEE UD]. Tool 21 [2007 Edition]. Technical Manual 2007*. Institute for Building Environment and Energy Conservation [IBEC]
- JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM, JSBC [2011] *CASBEE for Cities. Technical Manual 2011*. The Committee for the Development of an Environmental Performance Assessment Tool for Cities, Japan Sustainable Building Consortium

- JOINT RESEARCH CENTER, JRC [2008] *Handbook on constructing Composite Indicators: methodology and user guide*
- KEUNING, STEVEN J. ET AL [1999] “The Netherlands’ NAMEA; presentation, usage and future extensions”, *Structural Change and Economic Dynamics*, no. 10, 1999, pp. 15–37
- LANGE, GLENN-MARIE AND WEBER, JEAN-LOUIS [2006] ‘Ecosystem accounting at the European Environment Agency: a summary of progress’, The Earth Institute at Columbia University and the European Environment Agency
- MIANNA, ANNA. [2010] *Adensamento e forma urbana: inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto* [Tesis Doctoral], Universidade de São Paulo
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, MEA [2005] *Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- MINISTERIO DE LA VIVIENDA, MV [2008] Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo
- MINISTERIO DE FOMENTO, MFOM [2010b] ‘Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad’, IV Reunión del Grupo de trabajo de Indicadores de Sostenibilidad de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible
- MINISTERIO DE FOMENTO, MFOM [2012] *Guía Metodológica para los Sistemas de Auditoria, Certificación o Acreditación de la Calidad y Sostenibilidad en el medio urbano*, Ministerio de Fomento
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MMA [2007] *Libro Verde de Medio Ambiente Urbano*. Tomo I
- NESSA, BARRY ET AL [2007] “Categorizing tools for sustainability assessment”, *Ecological Economics*, No. 60, pp. 498-508
- O’CONNOR, MARTIN [2006] “The ‘Four Spheres’ framework for sustainability”, *Ecological complexity*, no. 3, 2006, pp. 285-292
- O’KELLY, MORTON E. [2014] Network Hub Structure and Resilience
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD [2011] Factbook 2011-2012: Economic, Environmental and Social Statistics, OECD Publishing.
- PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, PU-CUE [2009] Reglamento CE-1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), y por el que se derogan el Reglamento (CE) no 761/2001 y las Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión
- PINTÉR, LÁSZLÓ; HARDI, PETER AND BARTELMUS, PETER [2005] ‘Sustainable Development Indicators. Proposals for a way forward. Prepared for the United Nations Division for Sustainable Development [UN-DSD]’

- QUIROGA, RAYÉN [2001] *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*, CEPAL, Serie Manuales, nº 16
- REGOLINI, ALBERTO [2008] *El Conocimiento Generador del Proyecto Urbano Sostenible*. Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 61. Madrid.
- RUEDA, SALVADOR [1999] 'Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles', Fundación Forum Ambiental
- RUEDA, SALVADOR [2006] 'Un modelo urbano para el desarrollo de ecobarrios'
- RUEDA, SALVADOR [2007] 'Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla'
- RUEDA, SALVADOR [2010] *El Urbanismo Ecológico - Un nuevo urbanismo para abordar los retos de la sociedad actual*.
- ROCUTS, ASTHRIESSLAV; JIMÉNEZ HERRERO, LUIS y NAVARRETE, MARCELA [2009] "Interpretaciones visuales de la sostenibilidad: Enfoques comparados y presentación de un Modelo Integral para la toma de decisiones", *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, Año 2009, Nº 4
- ROGERS, RICHARD [2000] *Ciudades para un pequeño planeta*, Ed. Gustavo Gili
- SIMÓN, MARIAN [2010] 'Herramientas para evaluar la sostenibilidad de las intervenciones urbanas en barrios', ponencia en Sustainable Building Conference SBMAD 10.
- SINGH RAJESH K. ET AL [2012] "An overview of sustainability assessment methodologies"
- STAR COMMUNITIES [2014] 'STAR Community Rating System', version 1.1, January 2014
- TANGUAY, GEORGES ET AL [2009] 'Measuring the Sustainability of Cities: A Survey-Based Analysis of the Use of Local Indicators'
- UHEL, RONAN & WEBER, JEAN-LOUIS [2004] 'Land & Ecosystem Accounts in Europe'
- URBAN DEVELOPMENT INSTITUTE OF AUSTRALIA, UDIA [2014] 'EnviroDevelopment Standards', version 2
- UNIÓN EUROPEA, UE [2010] Versión Consolidada del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, Diario Oficial de la Unión Europea C 83/47. 30.3.2010
- UNITED NATIONS, UN [1987] 'Our common future', Report of the World Commission on Environment and Development, Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427.
- UNITED NATIONS, COMMISSION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, UN [2007] *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*
- US GREEN BUILDING COUNCIL, USGBC [2009] 'LEED for Neighborhood Development. Rating System'

WALLIS, ANNE; GRAYMORE, MICHELLE AND RICHARDS, ANNEKE [2011] "Significance of environment in the assessment of sustainable development: The case for south west Victoria", *Ecological Economics*, 70 (2011), pp. 595–605

WYLY, ELVIN [2012] "Theories of Urban System Development", *Geography*, Introduction to Urban Geography, September 26, 2012

9.2.1 SOSTENIBILIDAD SOCIAL / CALIDAD URBANA

ALEXANDRA, SARAH [2007] *Planeación para el Desarrollo Humano y bases metodológicas para su instrumentación. Análisis de las Experiencias en Andalucía y Jalisco*, Tesis Doctoral, Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, ETSAM.

ALVIRA, RICARDO [en prensa, b] "Segregación Espacial por Renta. Concepto, medida y análisis de 11 ciudades españolas", *Cuadernos de Investigación Urbanística* [numero pendiente de asignar], 82 págs.

ARLT, GÜNTER; DEILMANN, CLEMENS and LEHMANN, IRIS [2008] 'Urban green volume - A quality indicator', en 'ConAccount 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city. Book of proceedings Charles University Environment Center', Prague, 2009 [pp. 319-330]

ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS, AGNU [1948] Declaración Universal de los Derechos Humanos Resolución de la Asamblea General del 10 de diciembre de 1948

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN UN ENTORNO SOSTENIBLE, ABIO-UPM [2009] 'Sistemas vegetales que mejoran la calidad de las ciudades', Ciur 67, Simposio La Serena Ed Instituto Juan de Herrera, Madrid

ASHIHARA, YOSHINOBU [1982] *El diseño de espacios exteriores*, Gustavo Gili

ASSOCIATION OF CHIEF POLICE OFFICERS, ACPO [2004] 'Secured by Design Principles', June 2004

AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS, AILA [2010] 'Climate Adaptation Tools for Sustainable Settlements (CATSS) Report', June 2010, in consultation with: the International Federation of Landscape Architects (IFLA), and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia

AURECON [2010] 'Review of Existing Tools Green Star Communities', Green Building Council of Australia

AYUNTAMIENTO DE MADRID, GERENCIA DE URBANISMO [2000] *Instrucción de Vía Pública*

BRIDGER, JEFFREY Y LULOFF, A.E. [1999] "Towards an interactional approach to sustainable community development", *Journal of Rural Studies* 15 (1999), pp. 377-387

BRITO, JACINTO [1998] 'Introducción a la Teoría de la Justicia en Amartya Sen'

CAPITEL, ANTÓN [2004] "Elogio de la ciudad reticular", *Revista Arquitectura*, nº 336, pp. 112-117.

CASTELLS, MANUEL [2004] 'Informacionalismo, redes y sociedad red: una propuesta teórica' en *La sociedad red: una visión global*, Alianza Editorial, S. A., Madrid, versión de 2006

- CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - AYUNTAMIENTO VITORIA GASTEIZ, CEA [2012] 'El Anillo Verde Interior. Hacia una Infraestructura Verde Urbana en Vitoria-Gasteiz', Documento de trabajo, Marzo 2012
- COLEMAN, JAMES [1990] *Foundations of Social Theory*, Ch.12 'Social Capital', Harvard University Press
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, CCE [2006] 'Estrategia temática para la protección del suelo', comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, COM (2006) 231 final
- COMUNIDAD DE CASTILLA Y LEÓN, CCL [2009] 'Reglamento de Urbanismo de Castilla y León', BOCyL, 17 Julio 2009, Artículos 85 y 87
- CONTE, ALESSANDRA [2008] 'Desigualdad, Polarización y Conflicto Social', Documentos de Investigación del Programa de Doctorado de Economía Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona
- CORRALIZA, J. A. [1998] 'Exclusión Social y Calidad Ambiental', notas sobre el proceso de evaluación. Boletín CF+S
- CORRALIZA, J. A. [2010] 'La experiencia emocional de la ciudad. Análisis y percepción de los espacios urbanos', en el Seminario 'Cartas de Navegación Urbana', dentro del ciclo: 'Utopías Urbanas para el SXXI', Abril 2010
- CORTES GENERALES DE ESPAÑA, CGE [1978] Constitución Española
- COUNCIL OF EUROPE, COE [2010] 'Convenio Europeo de Derechos Humanos', Council of Europe, Tribunal Europeo de Derechos Humanos
- DE JESÚS, JOSÉ [2011] "Hacia un nuevo sistema de indicadores de bienestar. Realidad, Datos y Espacio", *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, Vol. 2, Núm.1 enero-abril 2011
- DÍAZ , M^a ÁNGELES ET AL [2007] *Propuesta de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad para la Movilidad y el Transporte Urbano. Aplicación mediante SIG a la Ciudad de Alcalá de Henares*, Cuadernos de Geografía 81-82, 2007
- EMERSON, J.W. ET AL [2012] 'Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index', Yale Center for Environmental Law and Policy & The Center For Earth Information Science Information Network
- ENGLISH PARTNERSHIP & THE HOUSING CORPORATION, EP-THC [2007] Urban Design Compendium. Llewelyn-Davies in association with Alan Baxter and Associates
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA [2010] 'Assessing biodiversity in Europe - the 2010 report', Copenhagen
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA [2012a] 'Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process', EEA Technical report No 11/2012, Copenhagen

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA [2012b] 'Consumption and the Environment, 2012 Update', The European Environment State and Outlook 2010
- FARIÑA, JOSÉ [1998] *Cálculo de la entropía producida en diversas zonas de Madrid*. Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 10. Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- FARIÑA, JOSÉ ET AL [2007] *Formas de regulación de la escena urbana en varias ciudades europeas*. Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 48. Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- HERNÁNDEZ AJA, AGUSTÍN [2009] "Calidad de vida y medio ambiente urbano. Indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana", *Revista Invi*, nº65, Mayo 2009, vol. 24, pp. 79-111
- HILLIER, BILL [1998] "The hidden geometry of deformed grids or why space syntax works, when it looks as though it shouldn't", *Environment and Planning B: Planning and Design* 1999, volume 26, pp. 169-191
- JIANG, B. AND CLARAMUNT, C. [2000] 'Extending Space Syntax towards an Alternative Model of Space within GIS'
- JIMÉNEZ, CARLOS [2007] "Calidad de vida. Biblioteca Ciudades para un Futuro más Sostenible", Biblioteca CF+S
- KERR, LAURIE AND YAO, DANIEL [2004] 'Reducing New York City Urban Heat Island Effects. Cost Effectiveness Calculations for White Roofs, Green Roofs, Lighter Roadways and Trees', NYC Department of Design & Construction, DDC
- KOEHLER, HERMANN ET AL [2009] "Computer-based methods for a socially sustainable urban and regional planning", *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, Año 2009, Nº 4
- LAKE CONSTANCE FOUNDATION, LCF [2004] 'ECOLUP-Guidance. Environmental Management for Communal Urban Land Use Planning'
- LAMIQUIZ, FRANCISCO y MACIÁ, ENRIQUE [1998] *Configuración y percepción de la Plaza de Isabel II*, Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 22, Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- LANDSCHAFT PLANEN & BAUEN, LPB [1990] 'The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter. Principles for Its Determination and Identification of the Target'
- LÓPEZ DE LUCIO, RAMÓN LDL [2004] "Morfología y características de las nuevas periferias. Nueve paisajes residenciales en la región urbana de Madrid", *Revista Urban*, nº9
- LYNCH, KEVIN [1960] *The image of the city*, MIT Press [versión traducida al español *La imagen de la Ciudad*, 1998]
- LYNCH, KEVIN [1965] "The City as Environment", *Scientific American*, 1965, pp. 209-219
- MAS SERRA, ELÍAS [2009] "Ciudad: Identidad y rankings", *Revista Eure*, Vol. XXXV, Nº 106, pp. 29-49, diciembre 2009

- MINISTERIO DE LA VIVIENDA, MV [2010] Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados. BOE: 11-mar-2010
- NYC DEPARTMENT OF DESIGN & CONSTRUCTION, DDC [2008] Sustainable Urban Site Design Manual
- ORELLANA, ARTURO ET AL [2011] 'Índice de Calidad de Vida Urbana [ICVU]. Informe Final', Instituto de Estudios Urbanos UC, Núcleo de Estudios Metropolitanos
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, OMS Y UNICEF [2007] 'La Meta de los ODM Relativa al Agua Potable y el Saneamiento: el Reto del Decenio para Zonas Urbanas y Rurales'
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, OMS [2010] Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, OMS [2011] 'La Salud en la Economía Verde. Sector del Transporte', Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente, Diciembre 2011.
- OBSERVATORIO DE LA SOSTENIBILIDAD DE ESPAÑA, OSE [2010] 'Sostenibilidad Local. Una Aproximación Urbana y Rural'
- NEWMAN, PETER AND KENWORTHY, JEFF (2000) "The Ten Myths of Automobile Dependence", *World Transport Policy & Practice*, Volume 6, Number 1, pp. 15-25
- POZUETA, Julio [2000] *Movilidad y planeamiento sostenible: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano*, Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 30, Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid
- POZUETA, JULIO [2005] *Situación y Perspectivas de la Movilidad en las Ciudades. Visión General y el Caso de Madrid*, Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 45, Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid
- POZUETA, JULIO Y LAMIQUIZ, FRANCISCO [2008] 'La Ciudad Paseable: Influencia de las variables urbanísticas en la movilidad peatonal' [presentación]
- RENTERÍA, PATRICIA Y UMAÑA, M^a DEL PILAR [2004] *Construcción de escenarios para la planificación de la ciudad-región*, Cuadernos de Investigación Urbanística, nº37, Ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid
- SALONEN, NIINA [2008] 'Managing Urban Europe 25, MUE-25. Sustainable Future for cities', Research Report, project coordinated by Union of the Baltic Cities (UBC) Environment and Sustainable Development Secretariat
- SEGADO-VÁZQUEZ, FRANCISCO & ESPINOSA, VÍCTOR M. [2015] "La ciudad herida. Siete ejemplos paradigmáticos de rehabilitación urbana en la segunda mitad del siglo xx", *Revista EURE*, nº 123, vol 41, pp. 103-129
- TOWN & COUNTRY PLANNING ASSOCIATION, TCPA [2012] 'Planning for a healthy environment – Good practice guidance for green infrastructure and biodiversity', the Wildlife Trusts

- UNIÓN EUROPEA, UE [2000] Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea
- UNIÓN EUROPEA, UE [2004] Tratado por el que se establece una Constitución para Europa, CIG 87/1/04 rev. 1, Bruselas 13 de octubre de 2004
- UNIÓN EUROPEA, UE [2006] Versión Consolidada del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea, Diario Oficial de la Unión Europea C 321/37. 29.12.2006.
- VAN DE VEN, PETER; KAZEMIER, BRUGT AND KEUNING, STEVEN [1999] 'Measuring Well-Being With An Integrated System Of Economic And Social Accounts', Statistics Netherlands, Division Presentation and Integration, Department of National Accounts
- WHYTE, WILLIAM [1943] 'The Social Life of Small Urban Spaces', documentary
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO [2011] 'Air Quality and Health', Fact Sheet 313, September 2011
- XU, KUAN AND OSBERG, LARS [2001] 'On Sen's Approach to Poverty Measures and Recent Developments'
- 9.2.2 SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTE / METABOLISMO URBANO**
- ACHTEN, W.M.J.; MATHIJS, E. AND MUYS, B. [2009] 'Proposing a life cycle land use impact calculation methodology', in *Proceedings of the 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector- Towards a sustainable management of the food chain*, Zurich, pp. 22-33
- ALCOTT, BLAKE [2005] "Jevons' paradox", *Ecological Economics*, No. 54, pp. 9-21
- ALDAYA, MAITE M. ET AL [2010] 'Water footprint and virtual water trade in Spain', Ch. 06 in *Water Policy in Spain*, edited by A. Garrido and M. R. Llamas, CRC Press, Leiden, pp. 49-59
- BEST, AARON ET AL [2008] 'Potential of the Ecological Footprint for monitoring environmental impacts from natural resource use: Analysis of the potential of the Ecological Footprint and related assessment tools for use in the EU's Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources', Report to the European Commission, DG Environment.
- BORUCKE, MICHAEL ET AL [2013] "Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework", *Ecological Indicators*, No. 24, pp. 518-533
- BRINGEZU, STEFAN AND SCHÜTZ, HELMUT [2010] 'Material use indicators for measuring Resource Productivity and Environmental Impacts', Workshop, Berlin February 2010, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy
- BUNGE, VERÓNICA [2010] 'La capacidad de carga en la planeación territorial: una propuesta para su análisis', Documento de Trabajo de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, México
- CAPELLÁN-PÉREZ, IÑIGO ET AL [2014] "Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socio-económicos: un enfoque integrado", versión en español de "Fossil Fuel Depletion and Socio-Economic Scenarios: An Integrated Approach", *Energy*, September 2014

- CAPELLÁN-PÉREZ, IÑIGO ET AL [2015] “More growth? An unfeasible option to overcome critical energy constraints and climate change”, *Sustainability Science*
- CARPINTERO, OSCAR [2007] “La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico”, *Revista Ecosistemas*, nº 16 (3), Septiembre 2007
- CARLSSON-KANYAMA, ANNIKA ET AL [2002] ‘Household Metabolism in the Five Cities’, Swedish National Report-Stockholm, Environmental Strategies Research Group/FOI [Stockholm, Sweden] and University of Groningen [The Netherlands]
- CERTAIN, GRÉGOIRE ET AL [2011] “The Nature Index: A General Framework for Synthesizing Knowledge on the State of Biodiversity”, *PLoS ONE*, vol. 6, issue 4, pp 1-14
- CHAPAGAIN, A. K. y HOEKSTRA, A. Y. [2004] *Water footprints of nations*, UNESCO, Institute for Water Education, vols. I and II
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, CCE [2005] Estrategia temática sobre el uso sostenible de los recursos naturales. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo y al Comité De Las Regiones, COM (2005) 670 final
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, CCE [2009] ‘Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación’, COM (2009) 147 final
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, CBD [2004] Indicators for Assessing Progress towards the 2010 Target: Connectivity/Fragmentation of Ecosystems.
- CORTÉS, SANDRA [2010] “La capacidad de carga como herramienta para la ordenación sostenible del territorio”, *Boletín CF+S* > 42/43: Simposio Internacional Desarrollo, Ciudad y Sostenibilidad
- DAWKINS, E. ET AL [2008] Wales’ Ecological Footprint - Scenarios to 2020, Future Sustainability Programme, Working Paper, Stockholm Environment Institute, Report to the Welsh Assembly Government
- DE CASTRO, CARLOS ET L [2014] “A top-down approach to assess physical and ecological limits of biofuels”, *Energy*, 64, 2014, pp. 506-512
- DELUCCHI, MARK A. & JACOBSON, MARK Z. [2011] “Providing all global energy with wind, water, and solar power. Part II: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials”, *Energy Policy*, 39, pp. 1154-1169
- ECOLOGIC INSTITUTE AND SERI [2010] ‘Establishing Environmental Sustainability Thresholds and Indicators’, Final report to the European Commission’s DG Environment, November 2010
- ERICKSON, PETER; CHANDLER, CHELSEA Y LAZARUS, MICHAEL [2012] ‘Reducing Greenhouse Gas Emissions Associated with Consumption: A Methodology for Scenario Analysis’, Stockholm Environment Institute [SEI]
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, EEA [2006] Spain. Land Cover 2006. Overview of land cover and change 2000-2006

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA [2011] Earnings, jobs and innovation: the role of recycling in a green economy
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA [2011b] The simplified Framework for ecosystem capital accounting in Europe. An experimental framework for ecosystem capital accounting in Europe, EEA Technical report No 13/2011
- GARNÅSJORDET, ARILD ET AL [2012] "Sustainable Development Indicators: From Statistics to Policy", *Environmental Policy and Governance*, no. 22, pp. 322–336
- GERBENS-LEENES, P.W ET AL [2008] "The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply", *Ecological Economics* 68, 2009, pp. 1052-1060
- GOLDEMBERG, JOSE ET AL [1985] "Basic Needs and Much More with One Kilowatt Per Capita", *Ambio*, vol 14, no. 4-5, pp. 190-200
- GÓMEZ, OSCAR Y PÁRAMO, FERRÁN [2005] Environmental Accounting. Methodological guidebook. Data processing of land cover flows. European Topic Centre Terrestrial Environment
- GRAYMORE, MICHELLE [2005] *Journey to sustainability: Small regions sustainable carrying capacity and sustainability assessment methods*, PhD Thesis, Australian School of Environmental Studies, Faculty of Environmental Sciences, Griffith University, Australia
- GRAYMORE, MICHELLE ET AL [2008] "Regional sustainability: How useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale?", *Ecological Economics* 67, pp. 362-372
- GRAYMORE, MICHELLE ET AL [2010] "Sustaining Human Carrying Capacity: A tool for regional sustainability assessment", *Ecological Economics* 69, pp. 459-468
- EDGAR, HERTWICH AND GLEN, PETERS [2009] "Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis", *Environmental Sciences and Technology*, No. 43, pp. 6414–6420
- HOEKSTRA, ARJEN [2007] 'Human Appropriation of Natural Capital: Comparing Ecological Footprint and Water Footprint Analysis', Value of Water Research Report Series No. 23, UNESCO-IHE Institute for Water Education in collaboration with University of Twente and Delft University of Technology
- HOEKSTRA, ARJEN. Y. AND CHAPAGAIN, A. K. [2007] "Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern", *Water Resources Manage*, 21, pp. 35-48
- HOEKSTRA, ARJEN ET AL [2011] 'The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard', Water Footprint Network
- HOEKSTRA, ARJEN ET AL [2012] "Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability", *PLoS One*, February 2012, Vol. 7, Issue 2
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE [2011a] Guía Práctica de la Energía. Consumo eficiente y responsable

- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE [2011b] Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 [PAEE 2011-20]
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA et AL [2005] Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA [2014] CO2 emissions from fuel combustion, highlights
- JEFATURA DEL ESTADO, JE [2005] Instrumento de Ratificación del Protocolo de Kyoto al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Kyoto, 11 de diciembre de 1997. BOE núm. 33 Martes 8 febrero 2005
- JACOBSON, MARK Z. & DELUCCHI, MARK A. [2011] “Providing all global energy with wind, water, and solar power. Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials”, *Energy Policy*, 39, pp. 1154-1169
- KARAKIEWICZ, J. [2011] ‘Urban Metabolism of Low Carbon Cities’, 47th ISOCARP Congress 2011
- KNOBLAUCH, DORIS AND NEUBAUER, ALEXANDER [2010] ‘Pre-modelling analysis of the Footprint Family of indicators in EU and international policy contexts’, Ecologic Institute, Berlin
- LETTENMEIER, MICHAEL AND SALO, VILLE [2008] ‘Natural resource consumption of different waste policy options in the Helsinki metropolitan area’, in ‘ConAccount 2008, Urban metabolism: measuring the ecological city’, book of proceedings Charles University Environment Center, Prague, 2009
- LUTTER, STEPHAN ET AL [2009] ‘Measuring Performance towards Sustainable Consumption and Production. Types of Indicators and Indicator Sets’, Prepared by Sustainable Europe Research Institute as part of the “Action Town – Research and Action for Sustainable Consumption and Production” project
- MASJUAN, ROSER [2009] ‘Ciudades y Sostenibilidad’, documents de Recerca del Programa de Doctorat d’Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona.
- MEDIAVILLA, MARGARITA ET AL [2013] “La transición hacia energías renovables: límites físicos y temporales”, versión en español del artículo “The Transition toward renewable energies: physical limits and temporal conditions”, *Energy Policy*, vol 52, 2013, pp. 297-311
- MEKONNEN, M.M. & HOEKSTRA, A.Y. [2011] ‘National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption’, Vol. 1, Research Report Series No. 50, Unesco-IHE, Institute for Water Education
- MENESES, MONTSE ET AL [2009] “The sustainable consumption of domestic products: the environmental effect of packaging”, *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, año 2009, nº 4
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, MARM [2008] Análisis de la Huella Ecológica de España

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, MARM [2009] Plan Nacional Integrado de Residuos para el periodo 2008-2015
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, MMAMRM [2009b] Guía para periodistas sobre cambio climático y negociación internacional
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, MARM [2010] Anuario de Estadística 2010
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, MARM [2011] Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, Boletín Oficial del Estado, 22/01/2011
- MIRACLE SOLÉ, María Rosa [1999] 'Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua', *Boletín CF+S* Nº 8 Ciudad, economía, ecología y salud.
- MOORE, DAVID [2011] 'Ecological Footprint analysis, San Francisco-Oakland-Fremont, CA', Global Footprint Network
- MORIARTY, PATRICK & HONNERY, DAMON [2011] "Is there an optimum level for renewable energy?", *Energy Policy*, 39, 2011, pp. 2748-2753
- MORIARTY, PATRICK & HONNERY, DAMON [2012] "What is the global potential for renewable energy?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2012, pp. 244-252
- NAREDO, JOSÉ [1997] 'Sostenibilidad, Diversidad y Movilidad Horizontal en los Modelos de Uso del Territorio', *Biblioteca CF+S*, La Construcción de la Ciudad sostenible.
- NEWMAN, PETER W.G. [1999] Sustainability and cities: extending the metabolism model
- NOVOTNY, VLADIMIR [2010] Water and Energy Footprints for Sustainable Communities
- NYC DEPARTMENT OF DESIGN AND CONSTRUCTION, NYC DDC [2003] 'Construction & Demolition Waste Manual', NYC Department of Design & Construction by Gruzen Samton LLP with City Green Inc
- OBENG, LETITIA A. ET AL [2010] 'Water scarcity and global megacities', Global Water Partnership
- ODUM, E. P. [1969] "The Strategy of Ecosystem Development", *Revista Science* 126, pp. 262-270. Versión en Español [2009] "La estrategia de desarrollo de los ecosistemas" en Boletín CF+S
- POSTEL, SANDRA L.; DAILY, GRETCHEN C. AND EHRLICH, PAUL R. [1996] "Human Appropriation of Renewable Fresh Water", *Science*, New Series, Vol. 271, No. 5250, pp. 785-788
- PRESCOTT-ALLEN, ROBERT [1998] 'Consumption patterns, ecosystem stress, and human development', paper prepared for the UNDP Human Development Report 1998
- REES, WILLIAM [1992] "Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out", *Environment and Urbanization*, vol. 4, no. 2, October 1992

- REES, WILLIAM [2003] *Understanding Urban Ecosystems: An Ecological Economics Perspective* Ch. II-8, 'Understanding Urban Ecosystems', ed. Alan Berkowitz, Charles Nilon & Karen Hollweg
- ROCKSTRÖM, JOHAN ET AL [2009] "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity", *Ecology and Society* 14 (2), p. 32
- RODRÍGUEZ, ROBERTO ET AL [2008] "La Huella Hidrológica de la Agricultura Española", *Papeles de Agua Virtual*, nº 2. Fundación Marcelino Botín
- RUGGIERO, GIUSEPPE ET AL [2012] "Evaluation of carrying capacity and territorial environmental sustainability", *Journal of Agricultural Engineering*
- SPRENG, DANIEL [2005] "Distribution of energy consumption and the 2000 W/capita target", *Energy Policy*, 33, 2005, pp. 1905-1911
- STEFFEN, WILL ET AL [2011] "How defining planetary boundaries can transform our approach to growth", *Solutions*, Vol. 2, No. 3
- STEFFEN, WILL ET AL [2015] "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Scienceexpress*, 15 January 2015, pp. 1-15
- STOCKHOLM ENVIRONMENTAL INSTITUTE AND TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN, SEI/TUB [2010] Developing a pragmatic approach to assess urban metabolism in Europe. A Report to the European Environment Agency
- TEHRANI, NADIA A. & MAKHDOUMB, MAJID F. [2013] "Implementing a spatial model of Urban Carrying Capacity Load Number (UCCLN) to monitor the environmental loads of urban ecosystems. Case study: Tehran metropolis", *Ecological Indicators*, No. 32, pp. 197-211
- TOMABECHI, KEN [2010] "Energy Resources in the Future", *Energies*, 2010, no. 3, pp. 686-695
- UNIÓN EUROPEA, UE [2011] Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020. COM [2011] 244
- UNITED NATIONS, UN [1972] Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP [2010] 'Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials', a Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP [2011] 'Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication'
- VAČKÁŘ, DAVID [2008] 'Urban metabolism, footprints, sustainability, and net primary production', in 'ConAccount 2008, Urban metabolism: measuring the ecological city', book of proceedings Charles University Environment Center, Prague, 2009, pp. 331-351
- VITOUSEK, PETER ET AL [1986] "Human Appropriation of the Products of Photosynthesis", *Bioscience*, Vol. 36, No. 6, pp. 368-373

WACKERNAGEL, MATHIS ET AL [2002] "Tracking the ecological overshoot of the human economy", *PNAS*, July 9, 2002, vol. 99, no. 14, pp. 9266–9271

WIEDMANN, THOMAS ET AL [2006] "Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis", *Ecological Economics*, no. 56, pp. 28-48

WIEDMANN, THOMAS AND MINX, JAN [2008] 'A Definition of 'Carbon Footprint'', in *Ecological Economics Research Trends*, Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA

WIEDMANN, THOMAS AND BARRETT, JOHN [2010] "A Review of the Ecological Footprint Indicator. Perceptions and Methods", *Sustainability*, No. 2, pp. 1645-1693

WOLMAN, ABEL [1965] "The metabolism of Cities", *Scientific American*, September 1965, pp. 179-190

WORLD WILDLIFE FUND, WWF [2012] Living Planet Report 2012. Biodiversity, biocapacity and better choices

YUE, TIAN-XIANG ET AL [2008] "Surface modeling of human carrying capacity of terrestrial ecosystems in China", *Ecological modelling*, no. 214, pp. 168–180

9.2.3 SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA / ECONOMÍA

ANDÍA, WALTER [2011] 'Indicador de Rentabilidad de Proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA)'

ANDÍA, WALTER [2011] "Proyectos de inversión: Un enfoque diferente de análisis", *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*

BARRO, ROBERT [2002] "Cantidad y Calidad Del Crecimiento Económico", *Economía Chilena*, Vol. 5, nº2

BOUCHAUD, JEAN-PHILLIPPE ET AL [1997] 'Missing Information and Asset Allocation'

CANTARERO, DAVID [2010] 'Economía del Sector Público'

CAÑADA, AGUSTÍN [1999] "La distribución de la renta: una nota metodológica sobre las nuevas posibilidades de estudio en el SEC95", *Estadística Española*, Vol. 41, nº 144, pp. 203-240

CHACÓN, ISADORA Y SAUMA, PABLO [2006] 'Aspectos económicos relacionados con la (in) seguridad ciudadana', Cuadernos de Desarrollo Humano nº6. San José, Costa Rica, PNUD, Informe Nacional de Desarrollo Humano/ Red Nacional de Desarrollo Humano

COMMISSION ON THE MEASUREMENT OF ECONOMIC PERFORMANCE AND SOCIAL PROGRESS, CMEPSP [2006] Survey of Existing Approaches to Measuring Socio-Economic Progress

DAGUM, CAMILO [2004] Fundamentos de Bienestar Social de las Medidas de Desigualdad en la Distribución de la Renta

DE RUS MENDOZA, GINÉS ET AL [2006] Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

- DEBT RELIEF INTERNATIONAL, DRI [2001] Aspectos claves para el Análisis de la Sostenibilidad de la Deuda Interna
- DURAN, GEMMA [2000] Medir la Sostenibilidad: Indicadores Económicos, Ecológicos y Sociales
- EUROPEAN FREE TRADE ASSOCIATION, EFTA [2007] Structural Indicators Growth and Jobs: The Lisbon Strategy and The EFTA states
- FAJNZYLBER, PABLO ET AL [2002] "Inequality and violent crime", *Journal of Law and Economics*, vol. XLV
- FANNIE MAE [2014] Eligibility matriz
- FANNIE MAE [2015] Selling Guidelines
- FERNÁNDEZ, CRISTINA Y JIMÉNEZ, NOELIA [2010] La renta disponible de los hogares de la UEM, Dirección General del Servicio de Estudios, Banco de España. Boletín Económico, Dic.2010
- FLORIO, MASSIMO ET AL [2003] Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión. FEDER, Fondo de Cohesión e ISPA. Unidad responsable de la evaluación DG Política Regional Comisión Europea
- FONDO MONETARIO INTERNACIONAL, FMI [2014] El marco de sostenibilidad de la deuda elaborado por el Banco Mundial y el FMI para los países de bajo ingreso
- GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS [1971] *La Ley de la Entropía y el problema económico*, Harvard University Press, pp. 183-196
- GÓMEZ GARCÍA, FRANCISCO [2003] 'Los componentes del pleno empleo. Una perspectiva macroeconómica', Boletín Económico de ICE N° 2784
- HANNEMAN, MICHAEL [1994] "Valuing the Environment through Contingent Valuation", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 4. (Autumn, 1994), pp. 19-43
- HAUSMANN ET AL [2007] *The atlas of economic complexity. Mapping paths to prosperity*
- FEDERAL HOUSING ADMINISTRATION, FHA [2013] 'Risk Management Initiatives: New Manual Underwriting Requirements', US Department of Housing and Urban Development
- HUERTA, PATRICIA; MARTÍNEZ, PALOMA Y NAVAS JOSÉ E. [2004] "Cómo medir la diversificación corporativa: una aplicación a las empresas industriales españolas", *Theoria*, Vol. 13, pp. 59-68
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, INE [2011] Encuesta de Condiciones de Vida. Año 2011
- INTERNATIONAL MONETARY FUND, IMF & WORLD BANK, WB [2012] Revisiting the Debt Sustainability Framework for Low-Income Countries
- JEFATURA DEL ESTADO, JE [1985] Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local [B.O.E. de 3 de abril de 1985 y corrección de errores de 11 de junio]

- KERCHNER, CHRISTIAN [2008] Economía en estado estacionario vs. Decrecimiento económico: ¿opuestos o complementarios?
- KRAAY, AART & NEHRU, VIKRAM [2004] 'When Is External Debt Sustainable?', World Bank Policy Research Working Paper 3200.
- LUXAN, M et AL [2010] 'Metodología de Evaluación para el programa de ayudas las actuaciones de rehabilitación para la mejora de la sostenibilidad y Eficiencia Energética de las Edificaciones. Ponencia en SBMAD10'. Grupo de Investigación en Arquitectura y Urbanismo más sostenibles GIAU+S, ETSAM.
- MADRONA, ANTONIO [2013] 'Especialización Productiva y Diversificación de la Economía Aragonesa', Informes Económicos nº37, Servicio de Estudios Económicos, Departamento de Economía y Empleo, Gobierno de Aragón.
- MANCERO, JAVIER [2003] Revisión de algunos indicadores para medir la desigualdad
- MANSILLA, RICARDO Y ACATITLA, EDGAR [2013] 'Ciclo económico y complejidad' en *Ciencia y Sociedad: pinceladas*, pp. 199-231
- MARÍN, BLANCA Y ROGER, GERARDO ET AL [2011] 'Guía Metodológica para la redacción de Informes de Sostenibilidad Económica', Secretaria de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas, Ministerio de Fomento
- MAX-NEEF, MANFRED [1995] "Economic growth and quality of life: a threshold hypothesis", *Ecological Economics*, Vol. 15, pp. 115-118
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA, MEH [2007] REAL DECRETO 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009),
- MINISTERIO DE HACIENDA, MH [2004] REAL DECRETO LEGISLATIVO 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. Art.21
- NAREDO, JOSÉ MANUEL Y FRÍAS, JOSÉ [2003] "El metabolismo económico de la conurbación madrileña.1984-2001", *Revista Economía Industrial*, nº 351
- NEUMAYER, ERIC [2005] "Inequality and Violent Crime: Evidence from Data on Robbery and Violent Theft", *Journal of Peace Research*, vol. 42, no. 1, 2005, pp. 101-112
- NORDHAUS, WILLIAM y TOBIN, JAMES [1972] Is Growth Obsolete?
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE ENTIDADES FISCALIZADORAS SUPERIORES, INTOSAI [2010] Indicadores de Deuda
- OSBERG, LARS [1985] Approaches to economic well-being
- PABLO-MARTÍ, FEDERICO Y MUÑOZ-YEBRA, CARLOS [2009] 'Localización empresarial y economías de aglomeración: el debate en torno a la agregación espacial, Investigaciones Regionales', Monográfico, pp. 139-166

- PITTINI, ALICE [2012] 'Housing affordability in the EU, Current situation and recent trends', European Social Housing Observatory, Research Briefing, year 5, Nº 1, 2012
- PLATA, LEOBARDO [1999] "Amartya Sen y la Economía del Bienestar", *Revista Estudios Económicos*, No 14, 1
- PRESCOTT-ALLEN, ROBERT [2001] The Wellbeing of Nations A Country-by-Country Index of Quality of Life and the Environment
- RHOADES, STEPHEN A. [1993] 'The Herfindahl-Hirschman Index', Federal Reserve Bank of Saint Louis
- RODRÍGUEZ, VICENTE [2005] "Índice de especialización sectorial en los Estados miembros de la Unión Europea en 2003", *Boletín Económico de Ice*, Nº 2839, Marzo 2005, pp. 27-33
- RODRÍGUEZ, VICENTE [1997] "Especialización, concentración sectorial y crecimiento en las tres Españas económicas en el periodo 1962-1993", *Revista Asturiana de Economía*, RAE, Nº 10.
- ROJAS, EDUARDO [2008] "La Calificación del Riesgo Soberano", *TEC Empresarial*, Vol. 2, Ed.2, pp. 21-27
- STIGLITZ, JOSEPH E. [2000] *Economics of the public sector*, version en español *La Economía del Sector Público*, ed Antonio Bosch, 3ª edición
- STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE, SIPRI [2011] Background paper on SIPRI military expenditure data.
- SCHWARTZ, MARY & WILSON, ELLEN [2008] 'Who Can Afford To Live in a Home? A look at data from the 2006 American Community Survey', US Census Bureau
- TÓRTOLA, CARLOS J. [2013] 'Cumplimiento de los objetivos del milenio: la sostenibilidad de la deuda en los países en Desarrollo', *Boletín Económico de ICE* Nº 3037, Marzo 2013, pp. 29-39
- UNIÓN EUROPEA, UE [2010] Tratado de funcionamiento de la Unión Europea [versión consolidada]. Diario oficial de la Unión Europea.

9.3 PARTE III- APLICACIÓN PRÁCTICA

- AYUNTAMIENTO DE MADRID, ADM [2005] Agenda 21. Diagnóstico de Sostenibilidad del Distrito de Arganzuela. Ayuntamiento de Madrid, Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21
- LORENZANA, CONCEPCION Y OLIVARI, LUCRECIA [2007] 'Aproximación cuantitativa al Distrito de Arganzuela. Informe cuantitativo de las características demográficas, económicas, educativas, sociales y culturales del Distrito de Arganzuela', Ayuntamiento de Madrid
- AYUNTAMIENTO DE MADRID, [2009] Compendio de las Normas Urbanísticas del PGOUM-97. Gerencia De Urbanismo. Ed actualizada Marzo 2010
- MRIO ARQUITECTOS [] *Plan Especial Rio Manzanares [Madrid-Rio], Memoria y Memoria Histórica*

RUBIO, FRANCISCA [1982] “El barrio de Palos de Moguer dentro del ensanche sur de Madrid”, *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, nº2.

9.3.1 MOVILIDAD

ALLIANCE FOR BIKING AND WALKING [2012] Benchmarking Report

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE ENERGÍAS RENOVABLES, APPA [2010] Situación de los Biocarburantes en España, Julio 2010.

AYUNTAMIENTO DE MADRID, ADM [2010a] ‘Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad de Madrid [serie 1990-2008]. Sumario de resultados’, Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad

AYUNTAMIENTO DE MADRID, ADM [2010b] Listado por tramos y Plano Intensidades Medias de Circulación en Madrid, Área de Gobierno de Seguridad y Movilidad

AYUNTAMIENTO DE MADRID, ADM [2010c] Listado por tramos y Plano Velocidades Medias de Circulación en Madrid, Área de Gobierno de Seguridad y Movilidad

AYUNTAMIENTO DE MADRID, ADM [2011a] 3er Informe del Estado de la Movilidad de la Ciudad de Madrid 2010. Volumen II. Indicadores. Bases de conocimiento compartido, Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad

AYUNTAMIENTO DE MADRID, ADM [2011b] Plan de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid 2011-2015 Dirección General de Sostenibilidad y Movilidad, Área De Gobierno De Medio Ambiente Y Movilidad, Diciembre 2011

BEA ALONSO, Miguel [2009] ‘Los Sistemas de Bicicletas Publicas Urbanas’, Departament d’Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona

BLONDEL ET AL [2011] ‘Quantifying CO2 savings of cycling’, European Cyclists’ Federation ASBL

CAMPS, MANUEL y MARCOS, FRANCISCO [2002] ‘Los Biocombustibles’, ed Mundi Prensa

CÁRDENAS, María Dolores [2006] El Biodiesel, una Alternativa Sostenible al Gasóleo Convencional

GONZÁLEZ, Francisco [2010] Eficiencia Energética en el Transporte Metropolitano de Viajeros. Experiencia de TMB. Tecnologías y compromiso medioambiental. El transporte de viajeros en la R.M. Barcelona. 3as Jornadas sobre Energía, Universitat de Girona

GREATEST MANCHESTER POLICE, GMP [2009] Design for Security. Cycle Parking. Design Guidance. Rev A / October 2009

GROUS, ALEXANDER [2011] ‘The British Cycling Economy, Gross Cycling Product Report’. London School of Economics.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO ENERGÉTICO, IDAE [2006] PMUS: Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de movilidad urbana sostenible.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO ENERGÉTICO, IDAE [2007] Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicleta compartida.

LATORRE, MARTA [2012] Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica [Tesina de Máster]. Universidad Complutense

MENDILUCE, María y DEL RIO, Pablo [2010] Energía y transporte. Cuadernos Económicos de ICE N.º 79. pp. 213-236

MINISTERIO DE FOMENTO, MFOM [2010a] El Transporte Urbano y Metropolitano en España. Secretaría General de Transportes. Dirección General de Transporte Terrestre. Julio 2010

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO, MARM [Marzo 2010a] Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España años 1990-2008. Comunicación a la Comisión Europea.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO, MARM [Marzo 2011] Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España 1990-2009: Sumario Edición 2011 [Diciembre de 2010]

OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMATIC, OCCO [2012] Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

POZUETA, JULIO; SÁNCHEZ-FAYOS, TERESA Y VILLACAÑAS, SILVIA [1995] *La Regulación de la Dotación de Plazas de Estacionamiento en el Marco de la Congestión*, Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 7. Madrid: Ed. Instituto Juan de Herrera

SMILE, PROYECTO [2004] Directrices para la Reducción del Ruido causado por el Tráfico Rodado

9.3.2 AZOTEAS

ALVIRA, RICARDO [2016] ALVIRA, RICARDO [2016] *Proyecto Haz.Otea, Una estimación del potencial de las azoteas para incrementar la sostenibilidad urbana y sugerencias para su maximización mediante regulación normativa*, Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 107, ed. Instituto Juan de Herrera, Madrid

9.3.3 RESIDUOS Y ENERGÍA

ASPAPPEL [2010] Memoria Sostenibilidad

ASPAPPEL [2011] Precios del papel recuperado en España [consulta web]

CALIFORNIA INTEGRATED WASTE MANAGEMENT BOARD [2005] Recycling. Good for the environment. Good for the economy

CAMPS Y MARCOS [2002] 'Los Biocombustibles', ed Mundi Prensa

CARVALHO, CLAUDIO [1990] 'La Isla de las Flores', documental

ECOLOGISTAS EN ACCIÓN [2011] La Calidad del Aire en la Comunidad de Madrid. Balance de 2011.

ECOVIDRIO [2010]. Informe Anual

- ENTE VASCO DE LA ENERGÍA, EVE [2001] Tecnologías Avanzadas de Generación Eléctrica. Plantas de valorización de biogás de vertedero
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY [2011] Earnings, jobs and innovation: the role of recycling in a green economy
- HUERTA, OSCAR ET AL [2008] COMPOSTAJE DE RESIDUOS MUNICIPALES. Control del proceso, rendimiento y calidad del producto
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE [2010]. 2º Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE [Diciembre 2010]. Memoria Anual 2010
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE [Julio 2011]. Guía Práctica de la Energía. Consumo eficiente y responsable
- JEFATURA DEL ESTADO, JE [2011] Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE 29/07/2011
- MINISTERIO DE ECONOMÍA [2004] Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. (Vigente hasta el 1 de junio de 2007)
- MINISTERIO DE FOMENTO [2009] CTE- DB- HS 2: Documento Básico Salubridad. Recogida y Evacuación de Residuos. Diciembre 2009
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA [1998] Real Decreto 2818/1998, de 23 diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración (Vigente hasta el 28 de marzo de 2004)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO, MITyC [2007a]. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE [] Estudio de los mercados del compost. Memoria de síntesis. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MEDIO RURAL Y MARINO [2010b] 'El sector del biogás agroindustrial en España', Documento elaborado por miembros de la mesa de biogás, Dirección general de recursos agrícolas y ganaderos
- ROCA, ANA ISABEL [...] 'Valoración Agronómica del Compost y factores limitantes de su aplicación' en www.infoagro.com
- SEOANEZ, MARIANO [2000] Residuos. Problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y eliminación

THOMPSON, KEN [2007] *Compost, the natural way to make food for your garden*, ed DK

TRON, Fabián [2011] *La Gestión de Residuos Sólidos en Tokio, París, Madrid y México*, Cuadernos de Investigación Urbanística, Núm. 75. Madrid: Ed. Instituto Juan de Herrera

UNIÓN EUROPEA [2004] Directiva 2004/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de febrero de 2004 por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases

UNIÓN EUROPEA [2008] Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. Diario Oficial de la Unión Europea

9.3.4 CARTOGRAFÍA

Para la aplicación práctica se ha utilizado las siguientes fuentes de cartografía:

Cartografía Digital.

Programa Difusor de la Gerencia Municipal de Urbanismo de Madrid. Datos 1999

Sistema de Información Urbanística del Ayuntamiento de Madrid (en formato *.png).

www-2.munimadrid.es/urbanismo_inter/visualizador/

Fotografías aéreas

Google Maps. maps.google.com. Datos 2007

Google Earth. earth.google.com. Datos 2007

Información inmuebles. Catastro Electrónico.

www1.sedecatastro.gob.es/

Además se ha completado con inspección visual in situ.

9.4 HERRAMIENTAS ELECTRÓNICAS:

Se han utilizado de manera regular las siguientes fuentes o herramientas electrónicas:

- Microsoft Word para la maquetación de textos y diagramación.
- Microsoft Excel para los cálculos de la aplicación práctica y diagramas
- AutoCAD 2011 para la realización de planos y gráficos
- Google Translator: para algunas traducciones de inglés a español
- Google Earth: para mapas, y fotografías áreas-

9.5 IMÁGENES, GRÁFICOS Y DIAGRAMAS

Todos los gráficos y diagramas han sido realizados por el autor. En los casos en que se hayan basado en una fuente externa, se indica en el propio gráfico/diagrama. Todas las imágenes utilizadas han sido realizadas por el autor o su uso público ha sido autorizado por sus autores.

PARTE VI: ANEXOS

10_ ANEXOS

ANEXO I_ ALGUNOS APUNTES PREVIOS

El presente texto utiliza como punto de partida la Teoría Matemática de la Sostenibilidad [Alvira, 2014a], y ello hace conveniente recopilar algunas definiciones/cuestiones relevantes incluidas en dicho texto para la elaboración de modelos referidos a los SSE, adaptándolas al tipo de sistema estudiado en esta propuesta: *las ciudades*.

A-I.1_ DEFINICIONES

DEFINICIÓN 01_ INSOSTENIBILIDAD TOTAL

La *situación de insostenibilidad total de una ciudad* será un estado...

- ... en el cual la pertenencia de la ciudad a la clase de las ciudades insostenibles es completa [Teoría de Conjuntos/Clases Difusas].
- ... en el cual la afirmación 'la ciudad es totalmente insostenible' es verdad [Lógica de proposiciones]
- ... en el cual desaparece su Estabilidad y Resiliencia, y con ello la ciudad como la conocemos [Teoría de Sistemas].
- ... en el que la estructura de la ciudad coincide totalmente con la organización pésima para su clase o su identidad como ciudad no puede emerger [Teoría de la Complejidad].
- ... de nula deseabilidad racional en el cual desaparece la ciudad como entidad con capacidad de decisión [Teoría de la Decisión].
- ... en el cual la permanencia de la ciudad se vuelve un evento no-posible y la creencia en la veracidad de la afirmación 'la ciudad es insostenible' es completa [Teoría de la Probabilidad].

La situación de insostenibilidad total de una ciudad, no necesariamente implica la desaparición de sus elementos pero sí su disolución como ciudad⁵⁶².

DEFINICIÓN 02_ SOSTENIBILIDAD TOTAL

La *situación de sostenibilidad total de una ciudad* será un estado...

- ... en el cual su pertenencia a la clase de las ciudades sostenibles es completa [Teoría de Conjuntos/Clases Difusas].
- ... en el cual la afirmación 'la ciudad es totalmente sostenible' es verdad [Lógica de proposiciones].
- ... de máxima estabilidad y resiliencia posibles [Teoría de Sistemas].
- ... en el que la estructura de la ciudad coincide totalmente con la organización óptima para su clase o de total emergencia de su sostenibilidad/identidad [Teoría de la Complejidad].
- ... de máxima deseabilidad racional posible para la ciudad⁵⁶³ [Teoría de la Decisión].

⁵⁶² Es necesario puntualizar algo esta afirmación que en Alvira 2014a se realiza de forma genérica [aplicable a cualquier tipo de sistemas]. Para el caso de las ciudades, podemos entender que la ciudad no necesariamente desaparece físicamente, pero para nosotros será una entidad totalmente diferente, situada en un estado que no calificaríamos de ciudad.

⁵⁶³ El criterio de racionalidad exigirá que dicho estado corresponda a la organización óptima de la ciudad.

... en el cual la probabilidad de la ciudad de perdurar es completa o la creencia/certeza en la veracidad de la afirmación 'la ciudad es sostenible' es completa [Teoría de la Probabilidad]

El carácter evolutivo de las ciudades hace que las características de los estados sostenibilidad e insostenibilidad sean variables en el tiempo [evoluciones], variación que admiten estas definiciones.

DEFINICIÓN 03_GRADO DE SOSTENIBILIDAD

El Grado de Sostenibilidad de una ciudad será una caracterización numérica de su estado expresada en términos relativos, considerando que el 'cero' sea la situación de insostenibilidad total y el 'uno' la situación de sostenibilidad total, y que podemos definir como...

- ... su grado de pertenencia a la clase de las ciudades sostenibles [Teoría de Conjuntos/Clases Difusas]
- ... el grado de verdad de la afirmación 'la ciudad es sostenible' [Lógica de proposiciones]
- ... su distancia relativa a su disolución como ciudad [Teoría de Sistemas]
- ... el grado en que su estructura coincide con la organización óptima para su clase o neguentropía relativa desde la situación de no-emergencia [Teoría de la Complejidad]
- ... la utilidad o grado de deseabilidad racional de su estado [Teoría de la Decisión]
- ... la probabilidad de la ciudad de perdurar indefinidamente o el grado de creencia en la veracidad de la afirmación 'la ciudad es sostenible' [Teoría de la Probabilidad]

DEFINICIÓN 04_GRADO DE INSOSTENIBILIDAD

El *Grado de Insostenibilidad de una ciudad* será una caracterización numérica de su estado expresada en términos relativos, considerando que el 'cero' sea la situación de sostenibilidad total y el 'uno' la situación de insostenibilidad total, y que podemos definir como...

- ... su grado de pertenencia a la clase de las ciudades insostenibles [Teoría de Conjuntos/Clases Difusas].
- ... el grado de verdad de la afirmación 'la ciudad es insostenible' [Lógica proposicional].
- ... su distancia relativa a su situación de máxima estabilidad y resiliencia [Teoría de Sistemas].
- ... el grado en que su estructura no coincide con su organización óptima o entropía relativa desde la situación de completa emergencia de su sostenibilidad [Teoría de la Complejidad].
- ... la no-utilidad o grado de no-deseabilidad racional de su estado [Teoría de la Decisión].
- ... improbabilidad de la ciudad de perdurar indefinidamente o grado de creencia en la veracidad de la afirmación 'la ciudad es insostenible' [Teoría de la Probabilidad].

DEFINICIÓN 05_DESCOMPOSICION JERÁRQUICA DE LA SOSTENIBILIDAD DE UNA CIUDAD

Se trata de una *descripción jerárquica que nos permite relacionar la información acerca de una ciudad con su Grado de sostenibilidad*, y que es interpretable como...

- ... una clasificación o conjunto de clases estructuradas mediante reglas de inclusión en la que el grado de pertenencia de la ciudad a las *clases finales* nos permite obtener [utilizando diferentes reglas de agregación] su grado de pertenencia a la clase *de las ciudades sostenibles* [Teoría de Conjuntos Difusos / Lógica de Clases Difusas].
- ... un conjunto estructurado de afirmaciones en el que el grado de verdad de ciertas afirmaciones referidas a aspectos parciales de la ciudad se relaciona lógicamente [i.e., me-

- diante reglas de necesidad, posibilidad e imposibilidad] con el grado de verdad de la afirmación general: 'la ciudad es sostenible' [lógica de proposiciones].
- ... una jerarquía anidada compuesta por indicadores parciales de posición relativa de la ciudad, cuya agregación sucesiva nos permite establecer su posición o alejamiento global respecto a su situación de disolución como ciudad [Teoría de Sistemas].
 - ... una organización jerárquica que nos permite cuantificar el *grado en que la estructura de una ciudad coincide con su organización óptima* o una jerarquía de *niveles de emergencia* que nos permite cuantificar el *grado de emergencia de la propiedad Sostenibilidad en la ciudad* [Teoría de la Complejidad].
 - ... una estructura que permite transformar el grado de preferencia de una ciudad en relación a cada una de las variables relevantes que describen la deseabilidad de sus estados posibles, en una función de utilidad global apta para la toma de decisiones colectivas en dicha ciudad [Teoría Decisión].
 - ... una asignación de probabilidades a cada uno de los eventos que deben darse parcialmente para que una ciudad *suceda* indefinidamente o una estructura que relaciona nuestro grado de creencia en la veracidad de ciertas afirmaciones parciales acerca de la ciudad con el grado de creencia en la veracidad de la afirmación 'la ciudad es sostenible' [Teoría de la Probabilidad].

Vamos a proponer también algunas *definiciones genéricas*, que pueden adaptarse a cada marco teórico, poniéndolas en relación a las definiciones anteriores:

DEFINICIÓN 06_ VARIABLE RELEVANTE PARA LA SOSTENIBILIDAD DE UNA CIUDAD

Será aquella para la cual *exista al menos un rango de valores en el cual cualquier variación de la variable modifique el Grado de Sostenibilidad / Insostenibilidad de la ciudad*.

DEFINICIÓN 07_ LIMITES DE SOSTENIBILIDAD DE UNA VARIABLE RELEVANTE

Serán los valores *extremos del rango de valores de dicha variable para el cual una variación de su valor en un sentido ya no modifica el grado de Sostenibilidad/Insostenibilidad de la ciudad*⁵⁶⁴.

DEFINICIÓN 08_ INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD DE UNA CIUDAD

Será cualquier función de pertenencia *que transforme los valores de una o varias variables relevantes en una medida de Grado de pertenencia a una clase S_i contenida en la clase Sostenibilidad S'* .

⁵⁶⁴ Es preciso indicar que el planteamiento adoptado para el modelo [no valoramos la sostenibilidad real de la ciudad considerada aisladamente, sino si todas las ciudades del mundo se comportaran igual] hace que en ciertos indicadores se hayan utilizado límites que pueden ser traspasados por las variables y seguir siendo relevantes. Para evaluar esta cuestión, hemos introducido los coeficiente de ponderación k_u ya comentados.

A-I.2_ LA COMPLETITUD DE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN DE LOS SSE

En sentido estricto, **un índice de sostenibilidad será completo si y solo si incluye todas las variables relevantes para la sostenibilidad del sistema que evalúa. Sin embargo esta definición estricta de completitud resulta poco aplicable en la formulación de los índices**, por varios motivos:

- *Incluir un número muy elevado de variables resta operatividad a los modelos y aumenta la probabilidad de errores de cálculo*, pudiendo llegar a convertir los modelos en *ineficientes* o incluso anular la supuesta mayor precisión obtenida.
- *Es prácticamente imposible de aplicar*:
 - cualquier sistema tendría un número casi infinito de variables relevantes [incluso sistemas de muy reducida dimensión, ya que el número elevado de variables relevantes serán las relativas a su entorno].
 - existen variables relevantes cuyo cálculo es prácticamente imposible⁵⁶⁵.
- *Constituiría un esfuerzo innecesario en muchas ocasiones*; algunas variables relevantes tienen una *influencia muy reducida* o una *probabilidad de ocurrencia de sus valores relevantes prácticamente nula*.

Podemos resumirlo diciendo que **la completitud en sentido estricto no es posible ni necesaria**. Tratar de lograrla restaría operatividad a los modelos y a partir de un cierto *grado de completitud* el incremento de esfuerzo de recopilación de información puede no verse correspondido por una mayor utilidad del resultado.

Esto nos va a obligar a proponer criterios que nos permitan 'decidir' en qué situaciones, ciertas variables relevantes pueden ser excluidas de un modelo sin perjudicar su *completitud*, y es precisamente su análisis como un *problema de decisión* lo que nos proporciona la respuesta.

La consideración de la Sostenibilidad como utilidad y su *descomposición lógica* como asignación de probabilidades, nos permite revisarlo en términos de *utilidad esperada*. En los modelos podremos *excluir* variables relevantes si cumplen cualquiera de las dos siguientes condiciones:

- El indicador en el cual se incluirían, tiene un rango de influencia muy reducido sobre la utilidad total o Grado de Sostenibilidad del SSE.
- El rango de valores de la variable capaz de modificar de manera apreciable la utilidad total o Grado de Sostenibilidad del SSE tiene una probabilidad de ocurrencia muy reducida.

Y desde esta perspectiva podremos proponer algunas situaciones en las que algunas variables relevantes puedan ser excluidas sin perjudicar la completitud de los modelos:

MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

- Cuando el modelo incluya algún indicador 'aproximadamente' equivalente al excluido.
- Cuando el valor actual del indicador excluido sea aprox '1' en dos situaciones posibles:
 - su rango de influencia sobre el valor agregado sea reducido.

⁵⁶⁵ Por ejemplo, puede ser prácticamente imposible predecir si un asteroide de un tamaño suficientemente grande fuera a colisionar con la Tierra dentro de un periodo de tiempo relativamente largo, aunque evidentemente sería relevante para cualquier SSE en la Tierra.

- sea capaz de producir la total insostenibilidad del sistema por sí solo pero su probabilidad de ocurrencia sea prácticamente nula⁵⁶⁶.
- Cuando el diferencial entre el valor del indicador de sostenibilidad de dicha variable en relación a otros SSE del entorno no sea relevante y no se prevea una modificación capaz de convertirlo en *relevante*⁵⁶⁷.
- Cuando no se pueda determinar el valor del indicador sin un error elevado, pero no se prevean variaciones en su valor con efecto apreciable sobre la sostenibilidad del sistema.

En todos los casos, es conveniente indicar en los modelos los criterios utilizados para decidir la exclusión de indicadores, e indicar si se considera conveniente monitorizar algún indicador excluido.

MODELOS OPERATIVOS PARA TOMA DE DECISIONES

Los modelos operativos constituyen un caso particular de modelos cuyo *propósito principal no es determinar el estado global del sistema, sino ayudar en la toma de decisiones proveyendo un 'orden de preferencia' entre opciones.*

Estos modelos admiten todas las posibilidades de exclusión de variables relevantes explicadas para modelos de cuantificación, pero además **las variables relevantes para los modelos operativos no serán todas aquellas capaces de modificar el grado de sostenibilidad del sistema, sino las que podrían modificar el resultado de la decisión.**

Esto modifica los criterios de relevancia de las variables, implicando por ejemplo que los modelos operativos no incluirán variables referidas a *aspectos o entornos* sobre los que no se disponga capacidad de actuación [i.e., que no se pueden modificar mediante la decisión].

Sin embargo, hay que tener cuidado con las exclusiones de variables de los modelos operativos ya que muchas veces los modelos operativos son planteados como 'zooms' que permiten observar con mayor detalle ciertos aspectos de la realidad para tomar mejores decisiones en dichos aspectos, pero si amplifican demasiado un área pequeña de la realidad, pueden mostrar beneficios aparentemente elevados que en realidad no lo sean, llevando a tomar decisiones equivocadas.

Complementariamente, la dificultad de modelizar las interrelaciones entre las diferentes decisiones que se producen en los SSE y la necesidad de utilizar eficientemente los recursos, hace necesario introducir ciertas simplificaciones e incorporar ciertas condiciones restrictivas⁵⁶⁸.

⁵⁶⁶ Por ejemplo, en evaluaciones de la sostenibilidad urbana la probabilidad de que la radioactividad se sitúe en niveles perjudiciales para la salud suele ser muy reducida, y habitualmente es excluida de los modelos; pese a que podría producir la total insostenibilidad del SSE.

⁵⁶⁷ Por ejemplo, en un contexto de crisis económica generalizada, los países no afectados por la crisis incrementan su *deseabilidad* como destino para la inmigración; pese a que su situación no se ha modificado, la *diferencia* modifica su *Grado de Sostenibilidad*.

⁵⁶⁸ Por ejemplo, para el presente modelo hemos adoptado la simplificación de considerar que todas las ciudades del mundo tengan valores similares en cada dimensión a la evaluada.

ANEXO II: DOS, TRES O CUATRO DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD

Existe una falta de acuerdo entre diferentes autores acerca del número idóneo de dimensiones para modelizar la sostenibilidad de las sociedades, y vamos a revisar tres planteamientos dominantes:

- Dos dimensiones de sostenibilidad: Medioambiente y Sociedad
- Tres dimensiones de sostenibilidad: Medioambiente, Sociedad y Economía
- Cuatro Dimensiones de sostenibilidad: Medioambiente, Sociedad, Economía e Institucional

Aunque no es posible afirmar que una perspectiva sea la mejor en todas las situaciones posibles, en el presente texto desarrollamos la propuesta a partir de tres dimensiones por considerar que proporciona resultados más consistentes con la Teoría Matemática y con la realidad.

A-II.1_ DOS O TRES DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD

Las condiciones de la descomposición lógica obligan a que “la situación del sistema que implican los valores de dichos indicadores, no debe modificar su *grado de pertenencia* a la subclase S_k cuando los intercambiamos entre sí” [Alvira, 2014a:81]:

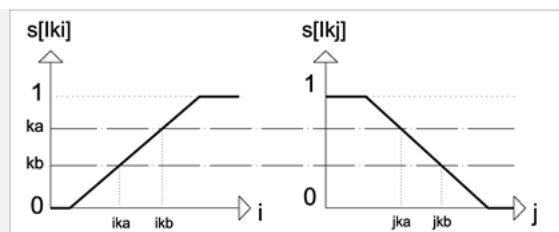


Figura AI.01: Verificación nivel de significación indicadores
 Esta condición garantiza que no hay indicadores capaces de producir la total falsedad por si solos y otros no capaces de producirla en el mismo subsistema, puesto que se incumpliría la condición para el supuesto $k_a=0$ y $k_b \neq 0$

$$\forall k_a, k_b \in [0,1] \rightarrow I_{k_1}[i_{k_a}, j_{k_b}] \equiv I_{k_2}[i_{k_b}, j_{k_a}]$$

Y podemos revisar cómo se relaciona la afirmación anterior con los datos que obtenemos de un ejemplo de sociedad según descompongamos en dos o tres dimensiones su sostenibilidad:

- Supongamos una sociedad industrializada/urbana con elevado desarrollo socioeconómico, que podríamos caracterizar como:
 - Dos dimensiones: $M_a=0,2$; $S_c=0,8$
 - Tres dimensiones: $M_a=0,2$; $S_c=0,8$; $E_c=0,8$
- Y una sociedad indígena/rural con elevada compatibilidad con el medioambiente, que podríamos caracterizar como:
 - Dos dimensiones: $M_a=0,8$; $S_c=0,2$
 - Tres dimensiones: $M_a=0,8$; $S_c=0,2$; $E_c=0,2$

Si utilizamos las formulas propuestas en Alvira 2014a, obtenemos los siguientes resultados:

TABLA AI.01 _ DOS O TRES DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD							
	DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD			COEFICIENTES PONDERACIÓN			GRADO DE SOSTENIBILIDAD
	M_a	S_c	E_c	k_{ma}	k_{sc}	k_{ec}	S_T
INDUSTRIAL	0,2	0,8	0,8	1,4	0,8	0,8	0,52
	0,2	0,8		1,3	0,7		0,41
RURAL	0,8	0,2	0,2	0,6	1,2	1,2	0,32
	0,8	0,2		0,7	1,3		0,41

FUENTE: Elaboración propia

Es decir, que si descomponemos la sostenibilidad en dos dimensiones, estaremos considerando que un entorno rural es aproximadamente igual de sostenible que un entorno urbano [$S=0,41$]. Pero la realidad nos está demostrando que esto no es así. Desde la Revolución Industrial las ciudades experimentan un proceso de crecimiento continuo, mientras que los entornos rurales sufren un proceso de despoblamiento y requieren constantes ayudas externas para ‘sostenerse’ en el tiempo.

Los resultados obtenidos mediante la consideración de tres dimensiones [$S=0,52/0,32$] se parecen más a la realidad observable.

A-II.2_ LA DIMENSIÓN POLÍTICO-INSTITUCIONAL COMO DIMENSIÓN DE SOSTENIBILIDAD

La segunda cuestión que vamos a revisar es si las cuestiones que incluimos en la Dimensión Político Institucional⁵⁶⁹ constituyen una dimensión independiente de la sostenibilidad. Aun admitiendo la importancia de la gobernanza para la sostenibilidad existen varios motivos que nos impiden considerarla una dimensión independiente en el presente modelo:

- Muchos de los indicadores actualmente existentes para valorar la dimensión ‘político-institucional’ no cumplen la condición de relevancia. Informan de variables cuya modificación no es posible relacionar inequívocamente con la modificación de grado de sostenibilidad⁵⁷⁰.
- Un número elevado de cuestiones que vinculamos a la dimensión político institucional también las vinculamos a la dimensión ‘social’; ambas dimensiones se superponen en parte.
- Si conformamos una dimensión ‘político institucional’ compuesta solo por las variables que cumplen la condición de relevancia..., dicha dimensión posee menor relevancia que las otras dimensiones: M_a , S_c y E_c .

Por ello, el planteamiento en la presente propuesta es considerar que las cuestiones político-institucionales no constituyen una dimensión propia; i.e., no son un ‘fin’ sino un medio para una buena gobernanza. A su vez, el término ‘gobernanza’ [del griego *kubernetes* o timonel] alude al grado en que el sistema es dirigido adecuadamente, y es evidente que el estado del sistema es uno de los mejores indicadores de si dicha dirección es adecuada o no.

La evaluación del grado en que los aspectos políticos/ gobernanza del sistema es adecuada está en gran medida implícita en el modelo:

- Es evidente que *un sistema con un grado de insostenibilidad elevado carecerá de la gobernanza adecuada, por mucho que respete los ideales de gobernanza más aceptados.*
- Y es altamente improbable que un sistema tenga un grado de sostenibilidad elevado si la gobernanza es inadecuada.

Equivale a considerar que ‘si el autobús llega en hora a su destino, con los pasajeros contentos y en buen estado’, el conductor casi con seguridad ha conducido adecuadamente; pero si llega tarde, con todos los pasajeros descontentos y mareados, casi con seguridad ha conducido inadecuadamente.

⁵⁶⁹ Gallopín [2006: 11 citado en Rocuts et Al, 2009:6] propone que esta dimensión comprendería “las estructuras y procesos que permiten a una sociedad regular sus acciones en pos de sus objetivos”

⁵⁷⁰ No cumplen el axioma de monotonidad, ni la definición de Indicador de Sostenibilidad.

ANEXO III_ TEORÍA DE LOS JUEGOS

La 'formalización' de esta Teoría la podemos situar en la publicación de **'The Theory of the Games and Economic Behaviour'** [Von Neumann y Morgenstern, 1944] cuyos autores la proponen como una herramienta formal para estudiar las relaciones humanas: "se desarrolla un juego cada vez que unos individuos se relacionan con otros" [Binmore, 1994:3].

La Teoría de los juegos sirve para modelizar las relaciones [interacciones o juegos] entre cualquier tipo de 'agentes' [entidades con capacidad de decisión], cuando la utilidad que cada agente puede obtener de la interacción depende tanto de sus propias decisiones como de las de otro[s] agente[s]⁵⁷¹ y los 'agentes' deciden racionalmente; i.e., con el objetivo de ganar el juego [obtener el máximo valor o utilidad posible].

Es importante indicar que suponer que los agentes se comportan racionalmente no implica poder predecir con exactitud lo que hará cada agente, ya que...

- Los agentes casi nunca poseen toda la información necesaria para tomar la decisión óptima, lo que implica que sus actuaciones nos parecerán habitualmente 'azarosas' al menos en parte, puesto que desconocemos que información no conocen.
- Los criterios de todos los agentes sobre la utilidad que les proporciona cada situación pueden ser diferentes, y no necesariamente coincide con la máxima cuantía económica o material.

Además, en ciertos tipos de interacciones, la actuación racional de muchos agentes puede requerir actuar irracionalmente de vez en cuando.



Por ello, la Teoría de los Juegos no nos interesa para poder predecir lo que diferentes agentes van a hacer, sino para establecer lo que sería racional que hicieran si tuvieran toda la información disponible. La sostenibilidad global requiere acuerdos globales, y la mayor utilidad de la Teoría de los juegos va a ser permitirnos revisar qué condiciones tienen que cumplir dichos acuerdos para ser posibles.

Y para los objetivos del presente trabajo nos interesa su aplicación en dos escalas diferentes:

- Al nivel interno de cada ciudad, para comprender las interacciones entre sus habitantes.

⁵⁷¹ La Teoría de los Juegos se ocupa de "situaciones de conflicto en las que existe una mayor o menor oposición en los intereses de los decisores [jugadores] y la consecución de los mismos no depende en exclusiva de las decisiones propias sino al mismo tiempo de las decisiones que los demás tomen en la búsqueda de sus propios intereses [la publicación del libro de Von Neumann Morgenstern] en el final de la IIGM no es casual, ya que las dos situaciones de conflicto más claras que puede haber cuando varios decisores han de tomar sus respectivas decisiones son las guerras y la economía" [Vitorián, 2007:41]

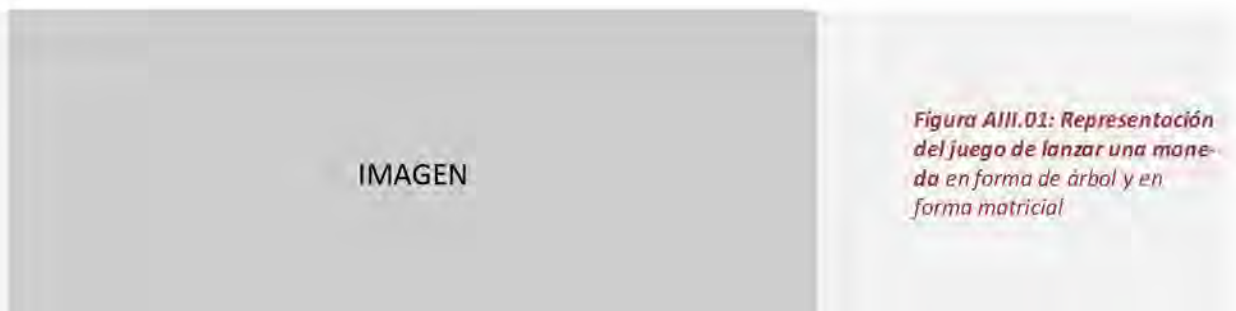
- A nivel externo a cada ciudad, para comprender las interacciones con otras ciudades [o entre otras ciudades].

En ambos casos, buscaremos las situaciones que maximizan la utilidad individual/del conjunto.

AIII.1_ ALGUNOS CONCEPTOS ELEMENTALES

Los juegos se pueden **representar de dos maneras**:

- En forma de *árbol*, lo que se denomina su representación extensiva y generalmente se usa para representar juegos secuenciales [unas jugadas se producen después de otras].
- En forma de *matriz*, lo que se considera su representación normal y generalmente se usa para representar juegos simultáneos [todas las jugadas se producen a la vez].



En general, el análisis de los juegos representados matricialmente es más sencillo, y es al que aludiremos cuando revisemos posteriormente los conceptos de minimax, maximín, y punto de silla.

Los **elementos que permiten caracterizar un juego** son:

- Un conjunto 'n' de jugadores
- Un conjunto 'E' de estrategias 'e_i' posibles para cada uno de los jugadores
- Una función de pagos π que representa la 'utilidad' π_i obtenida por cada jugador para cada estrategia 'e_i' posible.

Hay varios conceptos que es necesario revisar:

- Una '**solución**' de un juego es "un par de estrategias que optimizan los pagos de cada jugador" [Vitoriano, 2007:44].
- Un resultado '**Pareto Eficiente**' es aquel es aquel que gusta a todos tanto o más los jugadores que cualquier otro resultado posible.
- Una 'estrategia está **dominada**' si, manteniéndose constantes las estrategias de los demás jugadores, existe otra estrategia que proporciona mayor pago [i.e., existe una manera de jugar mejor]. Por ello, una estrategia dominada se puede descartar como solución.

Y conviene revisar dos cuestiones aplicables a los juegos representados en forma matricial [adaptado de Binmore, 1994: 215-219]:

MINIMAX Y MAXIMÍN

Sea 's' el conjunto de filas de una matriz de pagos y t el conjunto de columnas, la casilla en la fila s y columna t será designada como: $\pi[s,t]$, y tendremos que

- Para hallar el **minimax**, elegimos el valor máximo en cada columna, y de todos los valores elegidos, seleccionamos el mínimo

$$\text{Minimax} \quad \text{minimax} = \min_{t \in T} \max_{s \in S} \pi[s, t] \quad (0)$$

- Para hallar el **maximín**, elegimos el valor mínimo de cada fila, y de todos los valores seleccionados elegimos el máximo

$$\text{Maximín} \quad \text{maximin} = \max_{s \in S} \min_{t \in T} \pi[s, t] \quad (1)$$

Siempre se cumple que:

$$\text{Maximín} \quad \text{maximin} \leq \text{minimax} \quad (2)$$

PUNTOS DE SILLA

En un juego representado en forma matricial, un **punto de silla** será una casilla que sea la mayor de su columna y la menor de su fila; debe cumplir que dicha casilla es tanto el maximín, como el minimax de la matriz y es un Punto de Equilibrio o '*Equilibrio de Nash*' del juego; representa un par de estrategias tal que ningún jugador prefiere cambiar de estrategia unilateralmente.

$$\text{Punto de silla} \quad \text{maximin} = \text{minimax} \quad (3)$$

Vamos a revisar la solución para diferentes tipos de juegos:

AIII.1.1_JUEGOS NO COOPERATIVOS [COMPETITIVOS]

AIII.1.1.1_JUEGOS CON INFORMACIÓN COMPLETA Y ESTÁTICOS

En estos juegos, el concepto de solución coincide con el de Punto de Silla, o Equilibrio de Nash'; es decir, cada jugador debe escoger como estrategia su mejor respuesta a las estrategias previsibles de los demás jugadores, y lo podemos expresar para dos jugadores [1 y 2], como:

$$\forall e_1 \in E_1: u_1[e_1^*, e_2^*] \geq u_1[e_1, e_2^*] \wedge \forall e_2 \in E_2: u_2[e_1^*, e_2^*] \geq u_2[e_1^*, e_2] \quad (4)$$

Siendo e_i estrategias de cada jugador; u_i pago de cada jugador y E_i conjunto de todas las posibles estrategias ['espacio de estrategias'] de cada jugador

Las definiciones anteriores confirman que una estrategia dominada no puede ser la solución a un juego [puesto que al menos un jugador mejoraría sus pagos modificando unilateralmente su estrate-

gia], y nos acercan a una forma de reducir el conjunto de soluciones posibles: la *'eliminación iterada de estrategias dominadas'* [Gibbons, 1997:129]⁵⁷². Equivale a preguntarnos ¿Cómo no se debe jugar? Y eliminar dichas opciones.

Sin embargo, el Equilibrio de Nash no es la solución más eficiente para muchos juegos; existen estrategias alternativas que permitirán maximizar el beneficio para ambos jugadores, pero generalmente requerirían la cooperación entre ellos [Gibbons, 1997].

Además, no siempre proporciona la solución a un juego no cooperativo, ya que...

... pueden existir más de un par de estrategias en equilibrio de Nash, siendo sus pagos diferentes⁵⁷³.

... puede no existir ningún punto en equilibrio de Nash⁵⁷⁴.

Para estos casos Nash [1950:49] propuso ampliar el concepto de solución, proponiendo las *'estrategias mixtas'* que son una transformación de las estrategias puras, mediante la "asignación de probabilidades a cada uno de los pagos de las estrategias puras, de manera que se transforman en las *'expectativas –creencias- de cada uno de los jugadores'*"⁵⁷⁵.

$$\Delta_i = \left\{ \forall x_i \in R^{m_i}: \forall h = 1, \dots, m_i: x_{ih} \geq 0 \wedge \sum_{h=1}^{m_i} x_{ih} = 1 \right\}^{576} \quad (5)$$

Siendo X_{ih} cada estrategia mixta de un jugador; Δ_i conjunto de estrategias mixtas de cada jugador i ; Θ espacio de estrategias mixtas $\theta = [\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n]$

Transformar las estrategias puras en estrategias mixtas permite encontrar al menos un punto de equilibrio para cualquier juego con n -jugadores y un conjunto finito de estrategias [Nash, 1950].

El concepto de estrategias mixtas nos acerca a algo revisado en el marco de la Teoría de la Decisión; la maximización de la utilidad esperada. Encontrar un equilibrio para un juego requiere no solo tener en cuenta lo que los jugadores pueden ganar, sino su probabilidad de hacerlo, y en los *'juegos'* esta probabilidad se relaciona con acciones que realizarán de otros jugadores, con frecuencia no predecibles con exactitud.

⁵⁷² Si la eliminación iterada de estrategias dominadas elimina todas las estrategias menos un par, éste es un equilibrio de Nash, y, si un par de estrategias constituyen un Equilibrio de Nash, sobreviven la eliminación iterada de estrategias dominadas [Vitoriano, 2007:49].

⁵⁷³ Si sus pagos fueran iguales, cualquiera de ellas sería la solución al juego; "si los jugadores consiguen lo mismo en varios equilibrios posibles, entonces ninguno se preocupara de cuál de ellos es seleccionado" [Binmore, 1994:294]

⁵⁷⁴ En cualquier juego en el que sea necesario 'predecir' las estrategias que decidirán los demás jugadores, no existirá un punto de equilibrio de Nash; la solución del juego incorporara incertidumbre acerca de lo que los jugadores harán [Gibbons, 1997:131]

⁵⁷⁵ Según Vitoriano [2007:48] en estrategias mixtas el 'equilibrio de Nash' es una 'conjetura sobre lo que hará el otro jugador con la información de que se dispone [es posible que el otro jugador actúe luego basándose en algún criterio no conocido]. Por otra parte, a la inversa, las 'estrategias puras' serán un caso particular de 'estrategia mixta' en que asignamos probabilidad 1 a todas las opciones.

⁵⁷⁶ Adaptado de Pelillo [2011, 6]. El conjunto de estrategias mixtas de cada jugador es una combinación convexa.

Jugar una estrategia mixta equivale a decidir en términos de ‘utilidad esperada’, y el caso de la ‘estrategia pura’ [sin asignación de probabilidades] será equivalente a considerar que el decisor asigna a todos los cursos de acción igual probabilidad de éxito.

JUEGOS DE SUMA CERO

Son juegos en los que lo que gana un jugador lo pierde directamente el otro. Si el juego es además de dos jugadores, entonces es ‘estrictamente competitivo’⁵⁷⁷.

$$u_1[w] + u_2[w] = 0 \quad (6)$$

En estos juegos cada jugador debe esperar lo peor del otro, y por ello, el criterio para buscar solución se llama ‘criterio pesimista’, que es un maximín; si los valores obtenidos mediante la estrategia maximín del primer jugador y minimax del segundo jugador coinciden, será un punto de equilibrio y será el ‘valor del juego’⁵⁷⁸.

JUEGOS DE SUMA CONSTANTE O MATRICIALES

Son juegos en los que existe una cantidad ‘c’ que ha de ser repartida entre ambos jugadores [no existe ganancia de riqueza en el proceso]. Cualquier juego de suma constante se puede transformar en un juego estratégicamente equivalente de suma cero sustrayendo la constante ‘c’ de los pagos de todos los jugadores.

AIII.1.1.2_ JUEGOS CON INFORMACIÓN INCOMPLETA Y DINÁMICOS

Un juego es dinámico si en el transcurso del juego existe alguna ganancia de información de algún jugador. El concepto de solución difiere de los juegos estáticos, y se refiere al ‘equilibrio de Nash’ en subjuegos, interviniendo además la evaluación de las amenazas no creíbles.

Un subjuego en un juego [representado de forma extensiva] es un subconjunto de nodos con las siguientes propiedades [Vitoriano, 2007:61]:

- Empieza en un nodo ‘n’ que no sea un conjunto de información con un único elemento y no sea el primero del árbol.
- Incluye a todos los nodos de decisión que siguen a ‘n’ en el árbol.
- No interseca a ningún conjunto de información, es decir, si un nodo está en el subjuego, lo están todos los de su conjunto de información.

Un equilibrio de Nash es perfecto en subjuegos si las estrategias de los jugadores constituyen un equilibrio de Nash en cada subjuego. Si el juego es finito y con información completa, existe al menos un equilibrio de Nash perfecto en subjuegos [Vitoriano, 2007:62].

Un método para resolver juegos dinámicos es el algoritmo de Zermelo o método de ‘inducción hacia atrás’, que requiere empezar por el final del juego y marchar hacia atrás. Una ventaja del método de

⁵⁷⁷ Binmore [1994:233] indica que es necesario tener en cuenta las actitudes de los jugadores contra el riesgo; algunos juegos son de suma cero solo si los jugadores son neutrales al riesgo.

⁵⁷⁸ Vitoriano [2007:50]. El valor del juego será por tanto el pago que recibe el primer jugador con ese conjunto de estrategias

inducción hacia atrás es que permite identificar los Equilibrios de Nash subjuego –perfectos, descartando las amenazas no creíbles.

JUEGOS REPETIDOS EN T ETAPAS

Son juegos que se han repetido T veces, de modo que en la etapa T los jugadores conocen los resultados de las T-1 etapas anteriores, con función de pagos aditiva [el pago final es la suma de los pagos de cada etapa], y se puede demostrar que [Vitoriano, 2007:69]:

- ... Si G es el juego de una etapa y tiene un único equilibrio de Nash, entonces G[T] tiene un único resultado perfecto en subjuegos, consistente en jugar en todas las etapas el equilibrio de Nash⁵⁷⁹.
- ... Si G tiene más de un equilibrio de Nash, entonces pueden existir resultados perfectos en subjuegos G[T], tales que para $t < T$ el resultado no sea jugar un equilibrio de Nash.

Los juegos repetidos proporcionan un modelo de gran utilidad para revisar las relaciones entre ‘agentes’ [personas, ciudades, países,...], porque en la realidad los juegos suelen jugarse repetidas veces, y la repetición suficientes veces de un mismo juego puede permitir a sus jugadores mejorarlo hasta llegar a su solución óptima⁵⁸⁰.

IMAGEN

Imagen AIII.02: Una guerra es un ‘juego’ que se ha repetido numerosas veces a lo largo de la historia. Un país declara la guerra a otro [al que espera ‘derrotar’] y apropiarse de sus recursos. Aunque el vencedor gana lo que pierde el vencido, el valor global nunca es la suma de las riquezas de ambo países puesto que la guerra casi siempre implica destrucción de ‘utilidad’ [capital natural, humano, artificial...]. Por ello, la estrategia preferida por las sociedades es evitar el conflicto [mantiene la utilidad total], que nos lleva a la importancia de contar con un ejército capaz de disuadir a posibles agresores [Stiglitz, 2000] y nos permite explicar [en parte] el porqué de los desfiles militares.

La repetición permite introducir acuerdos que incorporen tanto promesas como amenazas que modifiquen el comportamiento de los jugadores hacia posiciones que maximizan la utilidad del conjunto. Las “amenazas o promesas creíbles sobre el futuro pueden modificar el comportamiento presente incluso haciendo que la solución del presente no sea un equilibrio de Nash” [Vitoriano, 2007:70]⁵⁸¹. Esta cuestión es importante porque alude a algo esencial; un equilibrio de Nash es aproximadamente un atractor del sistema [un punto hacia el cual se autorregula el sistema] y ello indica que cuando la solución espontánea de un juego no sea la adecuada, podremos cambiarla mediante la introducción de ‘amenazas creíbles’.

⁵⁷⁹ Esto es importante, ya que ‘juegos’ infinitos podrán ser interpretados como una repetición de un mismo juego infinitas veces; para hallar la solución bastara con resolver el juego en una etapa.

⁵⁸⁰ “las personas a veces llegan a soluciones óptimas adaptando su conducta por tanto, si la situación se vive con suficiente frecuencia [si juegan el juego repetidamente] pueden ajustar su conducta a lo largo del tiempo hasta que ya no se puede mejorar más, en este punto habrán llegado al equilibrio” [Binmore, 1994: 386]

⁵⁸¹ Los juegos con repetición posibilitan que las soluciones que requieren cooperación se conviertan en equilibrios, ya que permiten soluciones pactadas –e.g., el clásico hoy por ti y mañana por mí-, y la introducción de amenazas y promesas creíbles [Binmore, 1994:339].

Es posible modelizar la evolución de los sistemas biológicos en términos de juegos de infinitas etapas, en los que la ‘adaptación esperada’ es el valor correspondiente a la ‘utilidad esperada’; los pagos son incrementos de adaptación⁵⁸².

Binmore [1994: 411] propone que “la evolución necesariamente ha de conducir a optimizar la conducta a largo plazo” algo que hemos revisado desde la perspectiva de formación de reglas de los Sistemas Adaptativos [Holland, 1995] en Alvira [2014a y 2014b].

AIII.1.2_JUEGOS COOPERATIVOS: LAS COALICIONES

En muchos casos de competencia hay más de dos competidores, y existe la posibilidad de cooperar entre varios de ellos. En estos juegos la solución es analizar las posibles coaliciones [conjuntos de jugadores] que pueden plantearse y el pago que recibirá cada uno de los jugadores. En ocasiones, el juego puede permitir el desarrollo cooperativo de todos los jugadores.

Las posibles soluciones a un juego con n-jugadores se llaman imputaciones y deben cumplir dos condiciones:

- La suma de pagos a cada uno de los jugadores es igual al valor de la solución
- El pago de cada jugador supera al que hubiera conseguido si hubiera jugado solo [de lo contrario, no les interesaría integrarse en la coalición].

Las imputaciones dominadas no son solución [igual que vimos con las estrategias dominadas], puesto que los jugadores de la coalición pueden rechazar los pagos ofrecidos por tales imputaciones, ya que con seguridad podrían lograr mayores pagos.

El núcleo de un juego n-personal se define como ‘el conjunto de todas las imputaciones no dominadas’, sin embargo en algunos juegos, el concepto de núcleo no da soluciones lo bastante precisas. Por ello, se propone el valor de Shapley, que se basa en los siguientes axiomas [Vitoriano, 2007: 82]:

- Axioma 1: Si los jugadores recibieran otros nombres se intercambiarían los pagos.
- Axioma 2: Es lo que se llama racionalidad del grupo; la suma de los pagos de todos los jugadores es igual al valor total del grupo $v[N]$.

$$\sum_{i=1}^n x_i = v[N] \quad (7)$$

- Axioma 3: si un jugador no agrega valor a coalición alguna recibe un pago cero.

$$si \exists i: \forall S \subseteq N: v[S \cup \{i\}] = v[S] \rightarrow x_i = 0 \quad (8)$$

- Axioma 4: si x_1 es el valor de Shapley para el juego v_1 y x_2 es el valor de Shapley para el juego v_2 , entonces el valor de Shapley para el juego v_1+v_2 es el vector x_1+x_2 . Según Shapley, existe un único vector que satisface estos axiomas, y cumple que ‘el pago del jugador i de una coalición debe ser la cantidad esperada con la que contribuye el jugador cuando llega’.

⁵⁸² Binmore [1994:407]. Según el autor lo que interesa es la comparación, no el valor absoluto, acercándonos a las propuestas de Grado de coevolución [Alvira, 2014a]

AIII.1.2.1_ACUERDOS Y COMPROMISOS PARA LOGRAR COOPERACIÓN

Cualquier interacción entre ‘agentes’ puede ser interpretada como un juego. Por tanto, en la realidad se están produciendo juegos continuamente, y es importante indicar que la gran mayoría de las interacciones entre agentes están reguladas –al menos parcialmente- por acuerdos previos que establecen las ‘reglas del juego’, es decir, el conjunto de estrategias posibles⁵⁸³.

Y podemos considerar que los agentes que intervienen en el juego adoptan una de dos posturas:

La primera es considerar que ‘**cooperan**’ [*intentan cumplir los acuerdos previos*], lo cual requiere que en una mayoría de situaciones estos acuerdos [que obligan a seguir -o excluyen- ciertas estrategias] se hayan definido a partir de las ‘estructuras de preferencias’ de los agentes que los suscriben, que determinan “qué contratos son factibles” [Binmore, 1994:193].

Y aquí entra otra vez algo que hemos comentado a lo largo del texto. La sostenibilidad a nivel global se conseguirá si ocupa un lugar destacado dentro de esta ‘estructura de preferencias’, y ello requiere un cambio tan fuerte de los actuales valores, que entra en la categoría de ‘cambio de paradigma’.

Y la segunda es considerar que **los agentes no cooperan** [*incumplen los acuerdos si les resulta más ventajoso hacerlo*], y esto nos lleva a una cuestión importante; si los jugadores no cooperan “los únicos acuerdos que se cumplirán son aquellos que se autorregulan en el **sentido de que nadie los abandona porque nadie gana nada abandonándolos**”⁵⁸⁴.

El interés de esta observación es doble.

Por una parte, *para la mayoría de las interacciones existe alguna perspectiva desde la que el valor total es una suma constante; i.e., desde la cual el juego es competitivo*. Y la única forma de no estar en una sociedad totalmente competitiva [que destruiría posibles sinergias reduciendo por tanto las posibilidades de desarrollo] es conseguir que el conjunto de sociedades se ‘autorregule’.

Para ello es importante saber que incluso un juego de suma cero –estrictamente competitivo- puede tender a un equilibrio cooperativo si se va a repetir un número no conocido –pero elevado- de veces.

IMAGEN

Imagen AIII.03: El dilema del prisionero nos sirve como ejemplo de juego cuyo equilibrio [solución] cambia cuando se repite indefinidamente. Si ‘N’ [número de repeticiones del juego] fuera un valor conocido por ambos jugadores, entonces el equilibrio sería la estrategia competitiva [delatar al compañero]. La demostración es sencilla; en la última etapa los dos jugadores optaran por la estrategia competitiva puesto que les da mayor beneficio; sabiéndolo, en la penúltima etapa también lo harán puesto que no tienen nada que perder, y así hasta la primera etapa [Binmore, 1994]. Sin embargo, si ‘N’ es muy elevado y desconocido, los prisioneros pueden pactar un acuerdo que maximice su utilidad, llegando a un equilibrio cooperativo [no delatar al compañero, con lo que ambos obtendrían penas más reducidas].

⁵⁸³ La posibilidad de adquirir compromisos o llegar a contratos vinculantes puede ser realmente muy útil, y permite no limitarse a los equilibrios de Nash del juego; pueden lograrse cualquier par de pagos de la región de pagos cooperativa del juego [Binmore, 1994:298].

⁵⁸⁴ Binmore, 1994:301. Por ejemplo la mayoría de las naciones poseen ejércitos no para batallar, sino como estrategia disuasoria para no tener que hacerlo; para convencer a otras naciones de que el equilibrio existente –la paz- supone un mayor beneficio que una guerra. Para ello, las amenazas deben resultar creíbles.

Las personas y sociedades interactúan en muchas ocasiones repitiendo ciertos tipos de interacciones un número elevado y desconocido de veces, y ello hace que aparezcan equilibrios de Nash basados en la cooperación; **las interacciones habituales entre personas/sociedades admiten muy bien el establecimiento de ‘acuerdos/compromisos’ [incluyendo amenazas y promesas]**⁵⁸⁵.

La forma de conseguirlo es logrando estrategias de equilibrio en las que las amenazas [en caso de que un jugador se desvíe de la estrategia cooperativa y opte por la competitiva] sean creíbles y por tanto disuadan a jugadores racionales de desviarse de la estrategia cooperativa [Binmore, 1994:368].

Si alguien se desvía de la conducta cooperativa entonces es castigado cuanto sea necesario para hacerle la desviación improductiva. Si el juego se organiza [diseña] adecuadamente, se puede conseguir que sean los jugadores los que lo ‘autorregulen’ [Binmore, 1994:369]⁵⁸⁶. Para ello, las reglas que se establecen deben llevar a un equilibrio adecuado, es decir, que los ‘jugadores’ consideren ‘justo’.

IMAGEN

Imagen AIII.04: La corrupción política se produce porque la utilidad que obtiene un político que actúa ‘corruptamente’ supera la desutilidad esperada de dicha actuación. Puede implicar que la probabilidad de ‘ser pillado’ o las sanciones en caso de serlo sean demasiado reducidas, o que una vez impuestas las sanciones los políticos puedan librarse de cumplirlas. La forma de modificar dicho comportamiento [cambiar el punto de autorregulación del sistema] será actuar sobre los tres parámetros anteriores; la corrupción se acabará [o será prácticamente inexistente] el día en que ningún político sea corrupto porque no le compense serlo.

Binmore [1994: 420] propone que el equilibrio más interesante es aquel en el cual los jugadores plantean la venganza como amenaza creíble, ya que hace que siempre prevalezcan las estrategias cooperativas frente a las competitivas, dividiéndose los recursos entre ellos⁵⁸⁷.

Lo anterior se relaciona con dos cuestiones revisadas en el texto:

- Hemos visto que con las reglas actuales el ‘atractor’ definido en el espacio de fases ‘huella ecológica-desarrollo humano’ del sistema de sociedades se autorregula en direcciones no sostenibles. Pero modificar la forma del atractor requiere cambiar las reglas del juego, tanto

⁵⁸⁵ El filósofo David Hume subrayó que la sociedad no es un juego de una sola vez [Hume citado en Binmore 1994: 370]: “aprendo a servir a otro sin necesidad de sentir por él ningún afecto real, porque preveo que responderá igual, esperando que yo responda de la misma forma, y para mantener la misma correspondencia de buenas relaciones conmigo o con otros y consecuentemente después de que lo he servido y él está en posesión de la ventaja que mi acción le proporciona, se siente movido a ejecutar su parte previendo las consecuencias de su negativa [a ejecutarla]”.

⁵⁸⁶ Esto apunta a que el motivo de que exista la corrupción sea que las amenazas son poco creíbles [una mayoría quedan impunes] y que además, los castigos no sean lo suficientemente elevados para disuadir del ‘atractivo’ de la conducta corrupta. Se trata de lograr que el curso de acción racional de [que mayor utilidad aporta a] un político, sea ser honrado. En Alvira 2015 ampliamos esta cuestión para reducir el espacio de posibles decisiones corruptas [i.e. para ser ‘corrupto’ hay que ‘querer’, pero también hay que ‘poder’ serlo].

⁵⁸⁷ “si se puede confiar en que los jugadores siempre usaran una estrategia implacable-disparador, sea cual sea su información, entonces el resultado será un equilibrio. Ningún jugador tendría jamás un incentivo para desviarse” Binmore [1994:467]

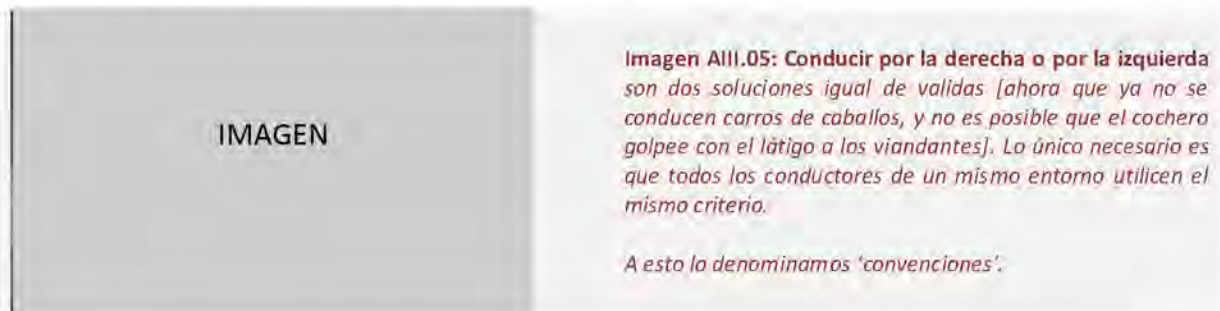
en el nivel interno a cada país como en el nivel global, y ello requiere un consenso entre sociedades que no existe en la actualidad.

- Parte de la dificultad de modificar estas reglas se debe a las actuales estructuras de poder, que a su vez son extremadamente difíciles de cambiar desde las reglas actuales [que en esencia han sido definidas para preservar esas estructuras].

La necesidad de una gobernanza reformada en el nivel global se hace evidente, y la actual ausencia de un reparto adecuado de utilidad/desutilidad constituye una de las raíces de la insostenibilidad global. **La sostenibilidad del mundo requiere un cambio importante en el modelo de gobernanza global e interno a cada sociedad.**

AIII.1.2.2_CONVENCIONES

En la sociedad existen numerosas cuestiones para las cuales existen varias soluciones igualmente validas [i.e., proporcionan la misma utilidad; son equivalentes e intercambiables], pero sobre las que es necesario tomar una decisión. Para ello surgen las ‘convenciones’ que ayudan a decidir cuál de todos los equilibrios posibles de un juego puede ser su solución.



Las sociedades humanas solo son posibles gracias al establecimiento de numerosas convenciones [atribuir significados al lenguaje, valor al dinero, etc...] lo que lleva a muchos autores a afirmar que una sociedad no es más que el conjunto de sobreentendidos convencionales que le dan coherencia.

Una convención para elegir equilibrios deberá reunir dos condiciones [Binmore, 1994:291]:

- Elegir aquella que ‘domine’ a los demás equilibrios de Nash [si existe].
- Ser estable; i.e., pequeños errores al usar la convención no deben provocar fallos de coordinación desastrosos.

El objetivo por tanto en una sociedad será establecer convenciones que sean “comúnmente entendidas y que no se auto-desestabilizan; estas son las convenciones que seleccionan equilibrio” [Binmore, 1994: 470].

AIII.2_ LAS RELACIONES ENTRE SSE

Podemos interpretar cualquier relación entre SSE como un juego, y sus regulaciones serán las ‘reglas’ de dichos juegos. Deberán ser por tanto redactadas con el objetivo de maximizar el valor total, mientras que cada SSE podrá jugar dentro de dicho margen buscando obtener el máximo valor individual.

Es decir, que si consideramos que los agentes son racionales, entonces para comprender sus interacciones adecuadamente deberemos hacerlo desde los dos marcos de la Teoría de la Decisión.

- Las relaciones entre agentes [pueden ser personas, empresas, ciudades,...] se deben comprender/modelizar en el marco de la *Teoría de los Juegos*, considerando que cada agente busca maximizar su utilidad individual, que depende de las decisiones de los otros agentes.
- Las regulaciones que establece un ‘agente’ de orden superior en relación a otros agentes de orden inferior que lo integran [e.g., un municipio respecto de sus habitantes; un país para sus municipios; un organismo internacional para varios países,...] se deberán modelizar en el marco de la *Teoría de la Decisión*, considerando que el agente debe establecer el marco regulatorio que maximiza su utilidad individual.

Y aunque ambos mecanismos buscan en esencia lo mismo [el agente que decide busca maximizar su utilidad individual], en el segundo caso, hacerlo requiere que el SSE regule el ‘espacio de interacciones posibles’ de los agentes individuales que lo integran.

El motivo es que *la utilidad individual de cada agente va en gran medida ligada al concepto de ‘poder’ [puede ser político o económico], que solo es relevante en términos de desigualdad*⁵⁸⁸. Mientras el estado óptimo en el nivel SSE se sitúa en niveles reducidos de desigualdad entre sus habitantes, la utilidad individual que proporciona el poder admite niveles elevados de desigualdad alejados de la situación de máxima sostenibilidad de los sistemas urbanos.

Por tanto, una situación con reducida Desigualdad no puede constituir un Equilibrio de Nash para los integrantes de un SSE porque cualquiera de ellos incrementaría su utilidad si consigue incrementar su ‘poder’, que se maximiza en situaciones de Desigualdad mayores; i.e., apartándose unilateralmente de dicha situación. O dicho en otros términos, **una situación con reducida Desigualdad solo será la situación estable del sistema si se fijan reglas que regulen el estado global en dicha dirección.**

La revisión realizada nos habla de dos tipos de desigualdad que es necesario regular, cuya consideración con el modelo va a ser diferente:

- la **desigualdad económica** se regulará en la propia metodología de aplicación del modelo, que incorporará una condición restrictiva en relación al indicador Distribución del Ingreso [que constituye una medida de la desigualdad en el acceso a la utilidad de la sociedad]
- la **desigualdad en el reparto del poder político** será regulada en el propio modelo en cuya redacción se ha primado incorporar las preferencias de la mayoría de las personas.

Sin embargo, no es posible asegurar que el resultado que proporciona el modelo sea el preferido por todos los habitantes [o que no pueda manipularse su aplicación] y para garantizarlo deberemos recurrir a una herramienta externa: el *derecho a veto de la población*, que revisamos a continuación.

⁵⁸⁸ Conceptualmente, equivale aproximadamente a un juego de suma cero. Un agente solo puede tener ‘poder’ en la medida en la que otro[s] agente[s] carezca[n] de él.

ANEXO IV: ELECCIÓN PÚBLICA, DEMOCRACIA, DERECHOS FUNDAMENTALES Y SOSTENIBILIDAD

Los SSE [sociedades, ciudades, etc...] son sistemas con capacidad de decisión y teleología; están continuamente tomando decisiones que buscan alcanzar ciertas metas, y con ello trazan y recorren un camino que constituye de facto su *evolución*, y que determina en gran medida las posibilidades actuales y futuras de sus habitantes. A las decisiones que tienen por objeto modificar el estado del conjunto las denominamos elecciones sociales [Arrow, 1950]

Y existen motivos objetivos por los cuales el carácter democrático de estas decisiones beneficia la sostenibilidad de nuestras sociedades. Quizás el más fundamental es que se ha constatado que las personas suelen tratar de maximizar sus beneficios individuales mediante sus decisiones, y en consecuencia tomar las decisiones colectivamente suele ser la forma de maximizar el beneficio colectivo⁵⁸⁹.

Hemos visto como *el camino hacia la insostenibilidad actual se ha basado en gran medida en la primacía de los intereses individuales sobre los colectivos*, y ello nos indica que *el camino hacia la sostenibilidad requiere precisamente invertir esas prioridades*. Requiere situar el bien común por encima del bien individual, creando una *vinculación directa entre nuestra capacidad de democratizar las elecciones sociales en nuestras sociedades y su sostenibilidad*.

Pero... ¿qué significa democratizar nuestras elecciones sociales? No es posible responder de manera rápida a esta pregunta, porque existe un gran debate en la actualidad en torno a la definición del término *democracia*. Sin embargo, es necesaria aunque sea una breve revisión de esta cuestión, que podemos hacer de forma suficientemente objetiva revisando su conceptualización matemática a lo largo de la historia en el campo de la teoría de la votación⁵⁹⁰.

La toma de decisiones colectivas es inherente a la sociedad humana, y a lo largo de la historia se han diseñado numerosos métodos para hacerlo. En tiempos antiguos, muchas decisiones colectivas se tomaban por *aclamación*⁵⁹¹, una persona exponía su propuesta y los que escuchaban mostraban su aprobación [clamaban] o desaprobación [callaban]. La propuesta era aprobada si los individuos a favor superaban –aproximadamente- los individuos en contra.

Este planteamiento binario de la cuestión [una acción se emprende o no en función del mayor número de individuos que la apoyan o no], proveyó una metodología sencilla para la toma de decisiones colectivas, que fue desarrollada con mayor rigor mediante reglas que contabilizan los votos de manera exacta. En las obras de Esquilo, ya se hace mención al voto a mano alzada. El paradigma subyacente sigue siendo el mismo; una opción se aprueba o no, según haya más votos a favor o en contra.

⁵⁸⁹ Encontramos comentarios en este sentido tan tempranos como Aristóteles [348 BCE]

⁵⁹⁰ El problema de la definición del término Democracia no es epistemológico, sino intencionado y tiene objetivos políticos. De hecho, el término mantuvo su significado estable desde el SV BCE [cuando se utiliza por primera vez] hasta el SXX. El término *Demokratia* surge al juntar los términos *Demos* [pueblo] y *kratos* [poder]. Encontramos ambos términos en una misma frase [pero separados] en la Constitución de Licurgo para Esparta [ca. VIII BCE], aludiendo al gobierno del pueblo, es decir, gobierno de acuerdo a la mayoría de los ciudadanos. Este significado es alterado significativamente a mediados del SXX en la obra de Schumpeter [1943], con una clara intencionalidad de promover un planteamiento político apoyado por el autor.

⁵⁹¹ Homero en la *Ilíada* pone ejemplos de decisiones por aclamación.

Sin embargo, este paradigma binario pronto revelará ciertas carencias. ¿Cómo debe enfrentarse una decisión cuando el número de cursos de acción posibles sean más de dos? La respuesta no es sencilla, pero la propia pregunta nos avanza dos dificultades que algunos expertos en política detectarán a lo largo de la existencia de la República Romana:

- si las decisiones se limitan a opciones binarias [sí/no], las decisiones que se alcancen pueden no ser la opción preferida por la comunidad [es decir, puede no ser democrática] al no ser posible valorar opciones que podrían ser la preferida.
- si se aceptan votaciones entre más de dos opciones, las reglas de votación ‘conocidas’ no garantizan que la opción elegida sea la preferida.

Y una de las cuestiones que se descubren es extremadamente importante; alguien especialmente hábil puede utilizar estos aspectos no resueltos en la toma de decisiones para manipularlas; es decir, para lograr que su opción más preferida [y diferente a la preferida por la mayoría de miembros de la comunidad] resulte elegida.

No nos importa tanto para este texto revisar estas dificultades en la toma de decisiones colectivas [que son revisadas en Alvira, 2015] como destacar que el paradigma de decisión democrática está construido a partir de la contabilización del número de personas a favor de cada opción, es decir, implica otorgar *el mismo valor al voto de todos los individuos*. En otras palabras, **la democracia se identifica con la equidistribución del poder político entre los ciudadanos.**

Una aportación importante dentro de este paradigma es realizada por J.C de Borda [1781-1784] que refuta la *regla de la pluralidad* [la más utilizada en la actualidad] como herramienta para tomar decisiones colectivas cuando se elige entre más de dos opciones, demostrando que con frecuencia lleva a elecciones que no son la preferida por los individuos.

Borda utiliza la comparación por parejas de las opciones como método para establecer la preferencia colectiva entre ellas en conjuntos con más de dos opciones. Si al comparar entre sí dos opciones elegibles, una es preferida a otra por mayor número de personas, entonces esa opción es la más preferida de las dos⁵⁹².

Este principio de la comparación de las opciones por parejas es desarrollado con mayor profundidad en la obra de Condorcet [1785], redescubierto por Duncan Black en 1948.

Y dos años después, Kenneth Arrow [1950] formaliza la condición identificándola explícitamente con el carácter democrático de la decisión. Arrow enuncia una serie de condiciones que deben cumplir las funciones para la toma de decisiones colectivas democráticas, incluyendo como Condición 04 que “la función [...] no debe ser impuesta”.

⁵⁹² Borda es más monárquico que Demócrata, pero plantea su regla como un método de elección en situaciones en que la decisión debe tomarse asignando el mismo valor al voto de todos los que participan en ella [subyace por tanto el objetivo de equidistribución del poder político, al menos entre aquellos que toman la decisión]. Sin embargo, Condorcet demostrará pronto que el sistema que propone Borda no logra este objetivo.

La comparación por parejas es en realidad utilizada por primera vez por el Mallorquín Ramon Llull, en el SXIII.

Esta condición indica que una opción no debe ser la decisión colectiva si existe otra opción preferida por un mayor número de personas, y de ella se deriva tautológicamente que ninguna acción colectiva es democrática si es realizada en contra de la opinión de una mayoría de ciudadanos, puesto que esta mayoría preferiría “no realizarla”, y por tanto sería impuesta⁵⁹³.

Aunque no en todos los acercamientos indicados anteriormente se explicita el término Democracia [ni todos ellos son propuestos por defensores de la democracia], en todos ellos la **legitimidad de una decisión colectiva** se vincula a las dos cuestiones que tradicionalmente se han identificado con la Democracia:

- *el valor atribuido a las preferencias de cada uno de los individuos es el mismo* [el poder político para tomar dicha decisión esta equidistribuido entre los individuos]
- *la existencia de un mayor número de individuos que prefieren una acción a otra implica el consentimiento de todo el grupo para emprender dicha acción*⁵⁹⁴.

Equidistribución del poder político entre todos los ciudadanos y consentimiento de los mismos, son las dos piedras angulares del gobierno democrático desde que dicho termino fue acuñado en la antigua Grecia. Y desde los inicios de la ciencia política la mayoría de teóricos han resaltado que *el buen gobierno es aquel en el que los gobernantes no imponen sus acciones a los gobernados, sino que emprenden acciones con las cuales los gobernados están de acuerdo* [es decir, que consienten]⁵⁹⁵.

Sin embargo, los gobernantes casi siempre han huido de cualquier búsqueda democrática del consentimiento de los gobernados, ya que implica restricciones a su poder. Así, en la Alta Edad Media, época en que casi todos los regímenes europeos son monárquicos/oligárquicos, los monarcas buscan minimizar la distribución del poder político limitándolo a nobles y alta jerarquía eclesiástica.

Pero hacia los SXI-XIII las ciudades empiezan a acumular riqueza y población, y los reyes se vuelven conscientes de que la participación de las ciudades en el gobierno les puede ayudar en dos cuestiones: a reducir el poder creciente de los nobles [que debilita el del rey] y a lograr que las ciudades participen en las cargas económicas del gobierno. Poder y cargas han estado tradicionalmente ligados a la participación en los consejos reales [Curia Regis] y los reyes comienzan en ocasiones a requerir a las ciudades que envíen *representantes* a dichos consejos⁵⁹⁶.

⁵⁹³ Arrow alude [conscientemente o no] al principio del consentimiento como base del buen gobierno, presente en la obra de Platón, Aristóteles, Tomas de Aquinas, Macchiavello...

⁵⁹⁴ Cuando un individuo participa en una votación colectiva, acepta que asumirá el resultado aunque la opción colectivamente elegida sea diferente a la que él prefiere individualmente; da su consentimiento a la decisión resultante.

⁵⁹⁵ Lo designamos como ‘buen gobierno’, porque en muchos autores antiguos, este gobierno no era denominado democrático, sino que solía calificarse como ‘mixto’. Platón, Aristóteles, Cicero, Polibio, Aquinas,... Todos ellos han expresado la importancia de que los gobernantes actúen de acuerdo a las preferencias de los ciudadanos y por el bien común. En este punto es interesante recordar que las condiciones de Arrow proponen una equivalencia matemática entre el consentimiento de los ciudadanos y la naturaleza democrática de una decisión.

⁵⁹⁶ Las ciudades han obtenido fueros, y comprenden a ‘ciudadanos’ acostumbrados a ser libres, y ello quiere decir que frecuentemente los representantes de las ciudades serán electos. Por ello, se suele incorrectamente situar aquí el origen de los sistemas parlamentarios. En realidad, su origen se sitúa mucho tiempo antes, en Grecia y Roma.

El objetivo de los reyes no es construir sociedades/regímenes de gobierno democráticos, sino una estructura que les permita acceder [mediante tasas] a la riqueza que se estaba generando en las ciudades y obtener la colaboración de los ciudadanos en caso de guerra. A cambio las ciudades obtenían cierto 'poder' político. En términos sencillos, los *representantes* acudían a dichos consejos, obtenían algunos derechos, y a cambio se comprometían a pagar una cantidad acordada de impuestos y enviar ciudadanos para ayudar en las guerras de los reyes cuando fuera necesario.

Hasta aquí el esquema descrito no es negativo; en realidad, es una de las posibles evoluciones pacíficas [y por tanto deseables] desde un régimen monárquico/oligárquico hacia uno democrático. El problema reside en un pequeño truco conceptual que introducido el monarca inglés Eduardo I. Cuando Eduardo I convoca en 1295 el Parlamento inglés, en su carta de convocatoria indica no solo que cada ciudad debe elegir a dos representantes para acudir a su Parlamento, sino que al hacerlo sus ciudadanos se comprometen a aceptar cualquier decisión que se tome en dicho Parlamento.

Aquí es donde el sistema parlamentario que se define en la Edad Media se diferencia de los sistemas anteriores. Anteriormente la elección de cargos nunca había implicado la renuncia a cuestionar sus decisiones. Eduardo I ha conseguido rizar el rizo; al requerir que los representantes sean elegidos por los ciudadanos ha conseguido dotar de legitimidad a las decisiones que tomen estos representantes, ya que supuestamente representan la voluntad de los ciudadanos. Pero la realidad es que la estructura está diseñada precisamente para permitir a Eduardo I imponer sus preferencias [de manera antidemocrática] al conjunto de ciudadanos al menor coste posible⁵⁹⁷.

Aunque el modelo monárquico inglés evolucionó posteriormente de forma que los reyes fueron perdiendo esa capacidad de imponer sus preferencias a los representantes, la renuncia de los ciudadanos a la soberanía nunca fue modificada; el paradigma de que una elección implica que la soberanía es transferida desde los ciudadanos hasta los elegidos [por el periodo establecido], se hizo firme.

Este es el modelo que se utilizará como base para nuestros actuales regímenes parlamentarios⁵⁹⁸, que se diseñan como sistemas donde el poder político se concentra en un reducido número de personas, y podemos destacar dos problemas principales:

- El poder posibilita a los gobernantes imponer sus preferencias individuales al resto de la sociedad. Dado que la racionalidad implica que cada agente debe buscar maximizar su utilidad individual [lo contrario sería actuar irracionalmente], esta posibilidad suele materializarse. *El elevado diferencial de poder implícito en la 'renuncia de soberanía' de los actuales sistemas parlamentarios, lleva implícita elevada desigualdad económica y de derechos.*

⁵⁹⁷ La voluntad inequívocamente antidemocrática de los reyes ingleses al diseñar esta estructura parlamentaria se hace patente al examinar una descripción de sus primeras reuniones. El procedimiento comenzaba con el rey exponiendo una cuestión y su voluntad al respecto. Luego se retiraba y los parlamentarios discutían la cuestión, pero en muchas ocasiones [según afirman estas descripciones] los parlamentarios solo 'escenificaban' en debate para 'mantener el tipo'. Si al acabar la sesión votaban contra los deseos expresados por el rey, solía costarles la vida. La lucha de los representantes para lograr la independencia de sus decisiones del poder real, requirió varios siglos y una revolución [Cromwell].

⁵⁹⁸ Llamar 'democráticos' a unos regímenes diseñados expresamente para evitar el gobierno del pueblo sería una contradicción, a la que nos negamos, independientemente de que nuestros gobernantes usen el término democracia a su voluntad todos los días, algo que tiene más intencionalidad política de la que podría parecer, pero preferimos revisar en otros textos.

- Y como consecuencia de lo anterior, el poder busca perpetuarse; *el elevado diferencial de utilidad implícito en la posesión de mayor poder hace que los agentes con mayor poder prioricen su sostenibilidad en el poder frente a la sostenibilidad del conjunto*⁵⁹⁹.

La mayoría de teóricos y autores reconocidos aceptan que los SSE requieren jerarquías organizativas que implican una distribución no totalmente igualitaria de poder y derechos entre las personas. Esta desigualdad en el reparto del poder político no solo no es necesariamente negativa, sino que está justificada [es equitativa] si crea más utilidad colectiva que la que reduce [ANF, 1789; Rawls, 1971]. **Si una jerarquía organizativa es necesaria para organizar un SSE entonces constituye una desigualdad 'justificada'; es equitativa.**

Pero cuando revisamos los modelos parlamentarios actuales vemos cesión de soberanía de los ciudadanos, implica una concentración del poder en los representantes que no es necesaria para optimizar el funcionamiento del conjunto [no está 'justificada'⁶⁰⁰], y que tiende a incrementarse alejando todavía más al conjunto de su estado óptimo. La historia ha demostrado repetidas veces que la concentración excesiva de poder aleja a los sistemas sociales de su situación óptima.

No solo la historia ha demostrado que los sistemas de gobierno democráticos [sin renuncia a la soberanía] se autorregulan en posiciones de desigualdad más cercanas a la óptima mientras que los que implican la renuncia a la soberanía se autorregulan [salvo excepciones] hacia situaciones no óptimas. *La historia también ha demostrado que nuestras sociedades pueden ser gobernadas de manera estable sin la renuncia de los ciudadanos a la soberanía*

IMAGEN

Imagen AIV.01: *La Constitución Suiza incluye numerosos mecanismos que hacen que la elección de gobernantes no implique la renuncia de los ciudadanos a la soberanía. Al contrario de lo que argumentan muchos de nuestros políticos, la preservación de la soberanía por los ciudadanos no es incompatible con el gobierno parlamentario, ni con el modelo económico occidental, ni genera ingobernabilidad. El motivo por el cual nuestros políticos suelen argumentar estas cuestiones es simplemente porque si los ciudadanos preservaran su soberanía, los políticos reducirían mucho su poder actual.*

Por desgracia, este paradigma de gobierno parlamentario con renuncia a la soberanía, es defendido a capa y espada desde las principales organizaciones internacionales y por casi todos los gobiernos de países 'desarrollados', que no dudan en promoverlo como modelo óptimo de gobierno⁶⁰¹. Por ello

⁵⁹⁹ Otros efectos negativos para el conjunto son que una mayor diferenciación económica, implica un grupo pequeño de ciudadanos que aglutina el poder, y otro grupo numeroso de ciudadanos que carece de poder y de dinero; genera dos grupos con intereses opuestos, siendo claramente consciente de ello los que detentan el poder, y por ello poniendo especial énfasis en evitar cualquier tipo de decisión democrática, que necesariamente implicaría los intereses del grupo contrario que agrupa a la mayoría de la población.

⁶⁰⁰ La renuncia a la soberanía podía ser necesaria en un momento en que los desplazamientos requerían mucho tiempo [no existían coches ni aviones], no existían medios de comunicación instantáneos [teléfonos, video conferencias, internet...], no existía la educación universal y gran parte de la población era analfabeta y estaba desinformada de las cuestiones políticas.... Pero la renuncia a la soberanía carece de cualquier justificación en la actualidad.

⁶⁰¹ Curiosamente, lo defienden esos mismos políticos que una vez acabado su mandato obtienen altos cargos en los consejos de dirección de las empresas a las cuales han beneficiado con sus decisiones cuando ejercían sus cargos de gobierno. Curiosamente también, si no se aceptara el paradigma de renuncia de soberanía, los beneficios económicos de dichas empresas serían notablemente menores, y las posibilidades de estos políticos de obtener cargos también se reducirían notablemente...

insistimos en que la insostenibilidad de nuestro modelo socioeconómico se funda en gran parte en el modelo de gobierno parlamentario que requiere a los ciudadanos la renuncia a la soberanía⁶⁰².

El camino hacia la sostenibilidad de nuestra sociedad pasa por una reestructuración de nuestros sistemas de gobierno, en los cuales la renuncia a la soberanía debe convertirse en una reliquia del pasado. *Para evolucionar hacia la sostenibilidad, nuestros sistemas de gobierno tienen que rediseñarse eliminando estructuras que priman los intereses individuales y rediseñarse hacia estructuras que se autorregulan hacia el bien común.*

La definición matemática de un espacio constitucional con estas características ha sido realizada en Alvira [2015], donde se enuncia un sistema con diez axiomas que definen un **espacio de imposibilidad de elecciones no democráticas completamente compatible con el gobierno parlamentario**, pero que establece la naturaleza inalienable de la soberanía. Solo alcanzaremos la sostenibilidad si conseguimos que las elecciones dejen de considerarse una renuncia a la soberanía⁶⁰³.

Es importante destacar que *una sociedad democrática no es necesariamente una sociedad en la que todas las decisiones se toman de manera asamblearia*. Ninguna persona tiene suficiente tiempo para votar de manera informada todas las decisiones públicas [i.e., decisiones de funcionarios, empleados o representantes públicos] que se toman en una ciudad hoy en día. Esto hace necesario limitar la cantidad de decisiones públicas que son sometidas a votación por los ciudadanos. Delegar la toma de decisiones a un grupo de expertos [i.e., un gobierno; una administración...] es una forma de hacerlo, dejando que sea un grupo de especialistas quienes tomen dichas decisiones.

Pero la inalienabilidad de la soberanía implica que los ciudadanos no deben perder su capacidad de proponer cuestiones que consideran necesarias, o de participar en la toma de decisiones colectivas si están en desacuerdo con las decisiones que esté tomando el equipo de gobierno. Los ciudadanos deben preservar su derecho a intervenir en la acción de gobierno cuando lo consideren necesario. Cuando exijan participar, estarán materializando su derecho; cuando no lo exijan, estarán otorgando su consentimiento. Eso es en pocas líneas lo que significa *democracia*.

Y la única manera de conseguir que una sociedad sea efectivamente democrática es mediante varios mecanismos que deben actuar de manera combinada:

⁶⁰² Es bastante clarificador que Aristóteles [que vivió la Democracia Ateniense y estudió en profundidad todos los regímenes políticos de las ciudades estado de la época], propuso un gobierno ideal que se parecía mucho al modelo Ateniense, y afirma-se que, de todos los regímenes que había encontrado y estudiado, la Democracia era el que más garantizaba la defensa del bien común [en general, Aristóteles diferenció entre modelos políticos ideales y reales. Los sistemas reales que encontró los clasificó en Tiranías, Oligarquías y Democracias, y sostenía que de ellos, la Democracia era el mejor]. Conviene recordar que la Democracia Ateniense se fundaba en la soberanía inalienable de los ciudadanos; ninguna decisión de gobierno podía ser impuesta por los representantes electos [pese a que los había]. Aristóteles además incluye ya una reflexión en sus textos acerca de la mayor corruptibilidad de los cuerpos de decisión que comprenden pocas personas [la reflexión se refiere a los jurados atenienses, que podían comprender hasta 1500 personas, lo que en opinión de Aristóteles los hacía incorruptibles frente a jurados comprendiendo números reducidos de personas, que podían ser comprados con facilidad]. La concentración del poder incrementa la probabilidad de actuaciones corruptas; i.e., que priman el interés individual sobre el interés común.

⁶⁰³ De todos los derechos que implica este espacio de imposibilidad, el más importante de todos es el que hemos llamado Derecho de veto por parte de la población. Este derecho permite satisfacer tanto el Art. 1 de la Declaración Universal de Derechos Humanos como la Condición 04 de Arrow.

- La existencia de un nivel de Educación suficiente [también educación política]; que permita a las personas tener el suficiente criterio como para analizar la realidad y participar en las decisiones colectivas.
- La existencia de una elevada Distribución de la Renta que fomente preocupaciones similares de los ciudadanos⁶⁰⁴.
- La existencia de un nivel de Transparencia e Información elevado, que permita a las personas tener un nivel de información suficiente de la realidad política.
- El derecho de la población a vetar decisiones públicas no deseadas e iniciar procesos de toma de decisiones colectivas en aspectos que considere necesario.

Las dos primeras cuestiones ya se han revisado a lo largo del texto, por lo que vamos a centrarnos en las dos últimas.

AIV.1_TRANSPARENCIA INFORMATIVA

Con esto nos referimos a la necesidad de que todas las decisiones públicas sean accesibles por los ciudadanos como ‘partes interesadas’. En esta línea se pronuncia la UE [2010:54. Art. 15]⁶⁰⁵, que indica que todas las decisiones y documentos generados por instituciones públicas de la UE deben ser accesibles a sus ciudadanos, salvo que existan motivos que justifiquen lo contrario [e.g., su difusión vulnera el derecho a la intimidad de las personas o no sea conveniente por motivos de seguridad]

Aunque la transparencia no elimina el problema de la falta de tiempo disponible de cada ciudadano para revisar todas las decisiones, un abanico variado de partidos políticos conjuntamente con una buena red asociativa, y libertad de expresión y comunicación [sumados a la facilidad de difusión que permite internet] han demostrado ser suficientes para garantizar que la mayoría de decisiones más relevantes para la población sean suficientemente difundidas.

Estas dos cuestiones han sido revisadas por un número elevado de autores, existiendo una elevada aceptación de las mismas, por lo que no vamos a revisarlas con mayor detalle en este anexo, que preferimos centrar en la segunda cuestión indicada: el derecho a veto de la población.

AIV.2_DERECHO DE VETO

El derecho de veto en un proceso de decisión es el derecho de un agente de invalidar la decisión que se tome si no está de acuerdo con la misma⁶⁰⁶. Se trata de un mecanismo de intervención política

⁶⁰⁴ Uno de los problemas importantes –y pocas veces mencionados– de la elevada desigualdad de la renta es que crea grupos con intereses muy diferentes. Dado que avanzar hacia la democracia implica que los individuos más poderosos en la actualidad renuncien a cierta cuota de poder en favor de los menos poderosos, cuando los intereses de estos grupos son muy diferentes, es muy difícil que dicho avance se produzca de manera natural; nadie quiere ceder poder a quien tiene intereses totalmente enfrentados a los propios [i.e., a quien considera un ‘enemigo’]. La desigualdad económica elevada es uno de los mayores obstáculos para la democracia.

⁶⁰⁵ “A fin de fomentar una buena gobernanza y de garantizar la participación de la sociedad civil, las instituciones, órganos y organismos de la Unión actuarán con el mayor respeto posible al principio de apertura.[...] Todo ciudadano de la Unión, así como toda persona física o jurídica que resida o tenga su domicilio social en un Estado miembro, tendrá derecho a acceder a los documentos de las instituciones, órganos y organismos de la Unión [...] con arreglo a los principios y las condiciones que se establecerán de conformidad con el presente apartado”

⁶⁰⁶ Según el DRAE [2014] el Veto es el “Derecho que tiene una persona o corporación para vedar o impedir algo”.

que lleva en funcionamiento desde el inicio de la Democracia y que está ampliamente extendido en la actualidad. En numerosos ámbitos de gobierno existe algún agente con derecho de veto:

- En la ONU, cada miembro permanente del Consejo de Seguridad [EEUU, Rusia, China, Reino Unido y Francia] posee derecho de veto; ninguna decisión puede ser aprobada si alguno de ellos se opone.
- En España la mayoría del Senado puede vetar las propuestas legislativas del Congreso.
- En muchas democracias, el Presidente tiene derecho de veto sobre ciertas decisiones de la Cámara de Representantes.

No es por tanto un derecho excepcional, sin embargo existe un único país donde la mayoría de la población posee derecho de veto de las decisiones públicas: Suiza⁶⁰⁷. Este país incorpora además una cuestión interesante; la valoración de las decisiones en dos escalas: la individual de los ciudadanos, y la colectiva de los Cantones. Para hacerlo, establece condiciones de doble mayoría.

El veto permite garantizar que ninguna decisión sea impuesta a una sociedad si no es deseada por al menos la mitad de dicha sociedad, y nos lleva a plantear una pregunta... **¿no está implícito en el Art. 1 de la Declaración Universal de Derechos Humanos?**

Sin embargo, el derecho a veto plantea el problema de como decidir en aquellas cuestiones no relacionadas con las preferencias locales/individuales [e.g., reducciones de emisiones GEI, Derechos Fundamentales,...].

Por ello, parece necesario introducir la restricción de que solo debe producirse en el mismo ámbito [o superior] en que se produce la decisión que se quiere vetar. Si una decisión se toma a nivel de todas las naciones solo deberá poder ser vetada en el ámbito de todas las naciones; si se toma a nivel de una nación, deberá ser vetada por el conjunto de dicha nación [no en un ámbito más reducido, como por ejemplo un municipio] o en un ámbito superior, etc...⁶⁰⁸

De esta manera, las cuestiones que no deben ser modificadas en función de preferencias locales/individuales deberían tomar la forma de acuerdos en el nivel global según los criterios propuestos anteriormente, i.e., acuerdos que busquen autorregularse porque nadie gane abandonándolos unilateralmente. Difícilmente el conjunto de todas las naciones vetará una decisión que las beneficia a todas ellas de manera 'justa'; i.e., que reparten la desutilidad 'necesaria' [e.g., reducir las emisiones GEI] equitativamente entre todos las naciones/habitantes del planeta.

⁶⁰⁷ El derecho de la población de vetar iniciativas legislativas gubernamentales lleva funcionando en Suiza desde mediados del SXIX bajo el nombre de 'referéndum popular'. Para ello, es necesario que más de 50.000 ciudadanos avalen con su firma la solicitud de someter cualquier Ley aprobada por el Parlamento a la iniciativa popular en los 100 días posteriores a que dicha ley sea promulgada. Un asunto que se somete a referéndum popular solo es aprobado por doble mayoría [mayoría de los cantones y mayoría de la población].

⁶⁰⁸ Evidentemente, si se produce una votación entre todas las naciones, es necesario revisar la necesidad de establecer criterios de doble mayoría.

La implementación del derecho de veto [e iniciativa] en procesos de elección pública relativos a transformaciones urbanas es explicada mediante ejemplos en Alvira [2015]⁶⁰⁹.

⁶⁰⁹ Lo llamamos Derecho de Veto porque la oposición se hace porque existe una opción preferida; puede ser no hacer nada [y entonces el derecho sería de Veto en sentido estricto] o emprender una acción diferente [en cuyo caso el derecho de veto se combina con el derecho de iniciativa]. En ambos casos, si se organiza de manera adecuada y se utilizan reglas de votación adecuadas, constituye un ejercicio democrático de soberanía por parte de los ciudadanos.

ANEXO V: LA VALORACIÓN DEL INCREMENTO DE EFICIENCIA DE LAS CIUDADES

Hemos hecho alusión a la importancia de la eficiencia de las ciudades como SSE desde dos perspectivas diferentes:

- Desde la **Ecología Urbana**, que propone que el desarrollo urbano [la transformación de las ciudades en el tiempo] debe incrementar su eficiencia en el uso de recursos naturales utilizados, que representamos como:

$$\Delta EFE = \frac{\Delta ec}{\Delta m} > 1 \quad (9)$$

Siendo: ΔEFE _ la variación de eficiencia del sistema urbano en el tiempo; ec _ variable agregada que resume el 'estado' del sistema [Ecosistema Urbano] y m _ variable agregada que resume los 'flujos' del sistema [Metabolismo Urbano].

- Desde el **Análisis Coste Beneficio** de la toma de decisiones, que propone que el Beneficio aportado por una transformación urbana debe ser superior al Coste de [recursos económicos necesarios para] realizarla.

$$EFE = \frac{B}{C} > 1 \quad (10)$$

Siendo: EFE _ eficiencia económica de cada transformación; B _ beneficio producido por dicha transformación y C _ costes necesarios [recursos económicos utilizados] para dicha transformación.

Complementariamente, en la *Teoría Matemática de la Sostenibilidad [Alvira, 2014a]*, demostramos que **la sostenibilidad de los SSE es en general un estado de eficiencia creciente, pero no necesariamente lo es en todas sus transformaciones:**

- Existen situaciones en las cuales *un sistema puede desarrollarse hacia la sostenibilidad reduciendo su eficiencia*⁶¹⁰.
- *La fórmula clásica de eficiencia no es relacionable con la medida de la sostenibilidad de los sistemas*; establecer dicha relación requiere transformar la medida de eficiencia en una medida de 'grado de eficiencia' [Alvira, 2014a. Anexo IV]:

$$Efe[I]_{\%} = C[I]_{\%} * RD[I]_{\%} \quad (11)$$

Siendo: $Efe[I]_{\%}$ _ grado de eficiencia económica del sistema I; $C_{\%}$ _ Complejidad [estructura/organización] del Sistema y $RD[I]_{\%}$ _ Recursos disponibles para que el sistema I pueda seguir manteniéndose en el tiempo.

Esta medida aporta varias ventajas respecto a la medida tradicional de eficiencia:

- Al evaluar el estado global el sistema, nos permite evaluar tanto estrategias de transformación como su situación en un momento dado⁶¹¹.

⁶¹⁰ Aunque dichas situaciones no pueden prolongarse indefinidamente [si un sistema reduce indefinidamente su eficiencia –es decir, aumenta indefinidamente su ineficiencia- inevitablemente alcanzará su 'insostenibilidad'], el hecho de que en el corto plazo un sistema pueda incrementar su sostenibilidad sin incrementar su eficiencia nos impide establecer el 'incremento constante de eficiencia' como condición restrictiva para la toma de decisiones, que suelen orientarse precisamente al corto plazo.

⁶¹¹ Un problema de la formulación habitual de la Eficiencia en el ACB es que solo permite valorar transformaciones del sistema; sin embargo, la eficiencia también puede ser una medida descriptiva de un estado del sistema que no implique transformación.

- No contabiliza eficiencias individuales sino la del conjunto del sistema; por tanto, contabiliza las reducciones de eficiencia vinculadas a la frecuente aparición de 'Efecto Rebote'⁶¹².
- No contabiliza recursos utilizados sino recursos todavía disponibles, lo que a su vez presenta dos cualidades:
 - Elimina la Paradoja de Jevons que afecta a la formula clásica de la eficiencia; el Grado de Eficiencia puede reducirse incluso si se producen mejoras tecnológicas, si éstas redundan en incrementos globales del consumo.
 - Es un indicador de sostenibilidad y *su valor siempre es igual o inferior al de Grado de Sostenibilidad. En otros términos, una variación del grado de eficiencia de un sistema implica una variación en el mismo sentido de su sostenibilidad y viceversa.*

Esto último quiere decir que la condición $\Delta S > 0$ implica que $\Delta EFE > 0$, y por tanto dado que la metodología ya establece la primera de ellas, no es necesario incluir la segunda.

Complementariamente, podremos enunciar algunas medidas de eficiencia encaminadas a valorar la variación en una dimensión concreta, por ejemplo:

- Podríamos valorar la *eficiencia en el uso de los recursos naturales*, considerando que la reducción de sostenibilidad medioambiental sea el coste del desarrollo socioeconómico, lo que en términos de grado de eficiencia equivale a agregar primero las dimensiones Q y E, y posteriormente agregarlas a la dimensión M
- Podríamos valorar la *eficiencia en el uso de los recursos económicos*, considerando que la reducción de sostenibilidad económica sea el coste del desarrollo social y preservación medioambiental, lo que en términos de grado de eficiencia equivale a agregar primero las dimensiones Q y M, y posteriormente agregarlas a la dimensión E

Es importante destacar que en ambos casos se valoran las tres dimensiones del modelo [no dejamos ninguna dimensión del sistema fuera de la ecuación], y con ello se satisface la condición anterior: la condición $\Delta EFE > 0$ está implícita en la condición $\Delta S > 0$.

Sin embargo, esta implicación puede desaparecer si desarrollamos fórmulas para evaluar solo una parte del sistema. Por ejemplo, podemos plantear dos adaptaciones de las fórmulas de eficiencia desde las perspectivas ecosistema y económica:

... referida al **uso de los recursos naturales**

$$EFE_{rn} = Q * M \quad (12)$$

Siendo: EFE_{rn} Grado de Eficiencia del sistema urbano en el uso de los Recursos naturales; Q_ Calidad y Habitabilidad del ecosistema urbano y M_{rn} grado de sostenibilidad del metabolismo urbano.

⁶¹² El Efecto 'Rebote' alude al hecho de que ahorros tecnológicos que implican reducción del consumo unitario de recursos que cuestan dinero, habitualmente llevan a un incremento de la utilización del producto cuya eficiencia tecnológica se ha incrementado [puesto que su uso se ha 'abaratado'], reduciendo habitualmente entre un 20%/30% el ahorro de recursos previsto.

... referida al **uso de los recursos económicos**⁶¹³

$$EFE_{re} = Q * CE \quad (13)$$

Siendo: EFE_{re} _ Grado de Eficiencia Económica del sistema urbano; Q _ Calidad y Habitabilidad del ecosistema urbano y CE _ indicador que informa del grado de sostenibilidad del Endeudamiento del sistema.

Y en estos casos la condición $\Delta S > 0$ puede no ser garantía de $\Delta EFE > 0$ porque al valorar solo dos de las dimensiones del sistema, es posible que la dimensión no valorada reduzca o incremente su valor, no siendo esto reflejado en la medida obtenida.

Por tanto, la condición $\Delta S > 0$ no implica la condición $\Delta EFE > 0$ si se definen medidas de eficiencia que solo valoran aspectos particulares del sistema⁶¹⁴.

Esto no es ningún defecto del modelo, ya que hemos justificado desde las bases de la Teoría de la Decisión que *evaluar solo parte del sistema para tomar una decisión acerca del mismo constituye un criterio inadecuado*; la racionalidad exige valorar completamente el 'estado del mundo' en las posibles decisiones, que necesariamente implica valorar todas las dimensiones del sistema.

Por tanto, la condición de incremento constante del Grado de Eficiencia de las ciudades está implícita en la condición $\Delta S > 0$ [y resulta innecesario explicitarla como condición independiente], mientras que las medidas de eficiencia parciales no constituyen un criterio aceptable para la toma de decisiones, y de hecho podrían impedir algunas transformaciones que incrementan la sostenibilidad del sistema.

⁶¹³ La eficiencia [económica] de una ciudad se estaría determinando a partir de "la relación entre los costes que comporta la creación y el mantenimiento de los espacios urbanos y de las ciudades y la calidad que aportan" [Marín y Roger, 2011: 10]. Estas cuestiones están aproximadamente valoradas en el indicador 'Carga Económica'.

⁶¹⁴ Sin embargo, las condiciones restrictivas impuestas en la metodología nos permiten afirmar que dichas reducciones posibles son muy pequeñas; solo son aceptables en el caso de que alguna dimensión presente un valor muy alto, y si se valora en relación a la dimensión no considerada obtendríamos un valor $\Delta EFE > 0$.

ANEXO VI_ PROCEDIMIENTO PARA VALORAR VARIABLES RELEVANTES QUE TRASPASAN LOS UMBRALES DE INSOSTENIBILIDAD

En Alvira [2014a/c], proponemos una definición de indicador de sostenibilidad como una función de pertenencia a una clase contenida en la clase Sostenibilidad⁶¹⁵. Dichas funciones se definen sobre variables relevantes para la sostenibilidad, i.e., variables que pueden modificar el grado en que un sistema pertenece a las clases Sostenibilidad e Insostenibilidad.

Esta definición se relaciona así con las de relevancia y límite:

- ... la condición de **relevancia** exige que *las variables tengan al menos dos límites* o valores que señalan la máxima pertenencia a las clases Sostenibilidad/Insostenibilidad que puede producir la variable medida.
- ... el concepto de **'límite'** implica que *la modificación de la variable más allá de dichos valores no modifica el grado de sostenibilidad del sistema.*

Sin embargo, los límites/umbrales de insostenibilidad propuestos en el presente modelo para cierto número de indicadores no satisfacen estos requerimientos, puesto que la variable sigue siendo relevante más allá de los valores que señalan dichos umbrales; i.e., su variación más allá de los umbrales sigue modificando el grado de sostenibilidad del sistema⁶¹⁶.

Esto puede suceder en cualquier indicador en el cual la variable relevante pueda asumir valores que traspasan los umbrales de insostenibilidad, y en general aplica a los indicadores que cumplan una de las siguientes condiciones:

- tengan lógica decreciente y su umbral de insostenibilidad lim_{is2} sea diferente a 100% [la variable relevante j puede ser mayor que Lim_{is2}]
- su lim_{is1} sea superior al valor mínimo que puede adoptar la variable relevante [indicadores en que lim_{is1} es mayor que cero]

TABLA AVI.01_ INDICADORES EN QUE LA VARIABLE PUEDE SUPERAR UN UMBRAL DE INSOSTENIBILIDAD

	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD 1	UMBRAL INSOSTENIBILIDAD 2
DIMENSIÓN Q		Ciudad Compacta
		Diversidad Habitacional
		Diversidad Superficies de Vivienda
		Bioclima y Salud
		Calidad del Aire
DIMENSIÓN M		Accesibilidad y Movilidad
		Tiempo Desplazamiento
		Recursos Hídricos
		Contaminación Hídrica
		Territorio Bioproductivo
		Recursos Sólidos
		Consumo de Energía
		Emisiones GEI
DIMENSIÓN E	Estructura / Diferenciación Económica	Estructura / Diferenciación Económica

⁶¹⁵ En sentido estricto, un indicador de sostenibilidad sería 'cualquier enunciado que afirme la pertenencia de un sistema a la clase sostenibilidad' y su formulación matemática la función que establece la pertenencia a dicha clase a partir de ciertas variables. Lo expresamos de la manera anterior por mayor sencillez.

⁶¹⁶ Además de incumplir la definición de límites se incumple el Ax .07 Monotonicidad.

Empleo /Actividad	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa Desempleo • Estructura/Diferenciación Laboral • Estabilidad Empleo 	Empleo /Actividad	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa Desempleo • Estabilidad Empleo
Diferenciación Ingreso		Diferenciación Ingreso	
		Carga Económica	

Fuente: Elaboración propia.

- (0) El relativamente escaso número de indicadores de la Dimensión Q en que sucede esta cuestión contrasta con la práctica totalidad de los indicadores de las Dimensiones M y E. También nos permite comprender porque en general se sabe modelizar mejor la Dimensión Q, que las Dimensiones M y E.

La importancia de esta cuestión desde la perspectiva ‘operativa’ es que si la variable traspasa el umbral del indicador y su modificación sigue siendo relevante, el modelo no estará valorando parte de las implicaciones de transformaciones del sistema que afecten a dicha variable.

Es decir, que un valor 0 de un indicador [y en general un mismo valor S del sistema] podría estar describiendo situaciones muy diferentes de sistema; su grado de sostenibilidad podría ser muy diferente y el modelo no ser capaz de valorarlo. Y resolver esta cuestión cumpliendo la Teoría Matemática presenta una complicación considerable porque hay que resolver conjuntamente tres cuestiones difíciles de compatibilizar:

- la valoración de las variaciones relevantes en cualquier rango en que sigan siendo relevantes [Alvira, 2014. Ax.07]
- la marginalidad creciente de la insostenibilidad [Alvira, 2014. Th 06]
- la condición de igual relevancia en subsistemas -o introducción de coeficientes ad-hoc- [Alvira 2014a:81]

Para resolverlo es conveniente revisar independientemente las dos causas que lo producen:

La primera de ellas afecta específicamente a los **indicadores de la dimensión Metabolismo**, y se produce porque *para valorar la sostenibilidad del medio ambiente hemos adoptado dos criterios que no necesariamente se cumplen:*

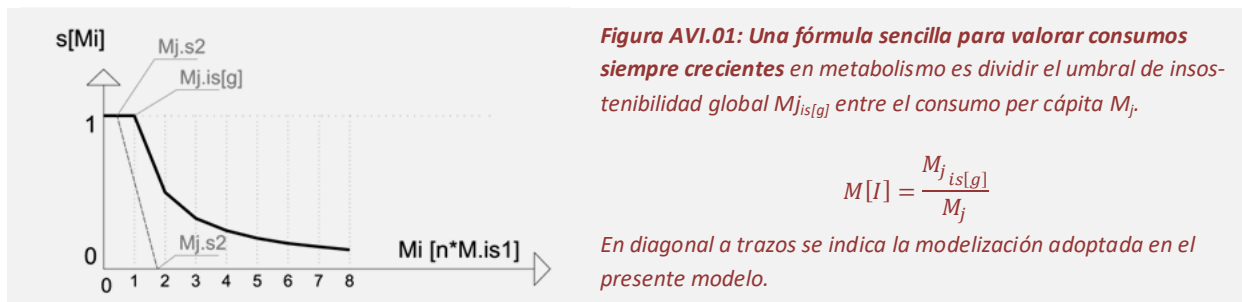
- considerar que todos los sistemas urbanos de la tierra se comportan aproximadamente igual que el evaluado; lo que no necesariamente sucede. De hecho, en la actualidad existe una *elevada desigualdad en el comportamiento de diferentes sistemas*; unos sistemas urbanos ejercen un impacto sobre el planeta mucho más negativo que otros.
- considerar que no se sobrepasan ciertos límites que suelen ser anuales, pero *para ciertas variables es posible sobrepasar los límites anuales, utilizando recursos que deberían ser utilizados en periodos posteriores*⁶¹⁷ [e.g., consumo de energía no renovable o emisiones GEI] con un impacto negativo incrementado sobre la sostenibilidad.

Esto posibilita que numerosos sistemas urbanos hayan traspasado los umbrales de insostenibilidad individual de los indicadores⁶¹⁸, y *las modificaciones de las variables por debajo de dichos umbrales no solo no dejan de ser relevantes, sino que lo son cada vez en mayor medida.*

⁶¹⁷ En términos sencillos, equivale a ‘vivir de los ahorros’.

⁶¹⁸ Por ejemplo, la evaluación de Madrid nos muestra que los umbrales de Emisiones GEI se han traspasado aprox. 3 veces.

Una solución intuitiva para poder valorar incrementos siempre crecientes de la variable [adoptada en algunos modelos] es recurrir a formulaciones asintóticas para los indicadores [e.g., de tipo logarítmico], de manera que los indicadores nunca alcancen el valor cero⁶¹⁹.



Sin embargo, estas formulaciones incumplen dos cuestiones de la teoría matemática:

- la primera es la definición de la *clase de ciudades a la cual se valora la pertenencia*.
 - Si el supuesto adoptado es que los límites responden a los umbrales si todas las sociedades se comportan igual [clase de las ciudades cuya generalización haría sostenible al planeta en su conjunto], el ‘grado de sostenibilidad’ que proporcionan estas formulaciones es excesivamente alto.
 - Si el supuesto es valorar únicamente la sostenibilidad de un sistema aislado [sin importar lo que haga el resto] el valor proporcionado por el indicador resulta excesivamente bajo.
 - Si el supuesto es permitir desigualdades entre los sistemas diferentes a las consideradas en el presente texto, entonces dichos modelos solo serán sostenibles si lo usan algunos sistemas, pero no todos, algo que debería explicitarse [incluyendo una enumeración de qué sistemas pueden usarlos y cuales no]

En resumen, es dudoso cual sería la clase a la cual miden la pertenencia estos indicadores, o en otras palabras, no es fácil decidir desde que perspectiva proveen un valor numérico consistente.

- la segunda es que olvidan que *la marginalidad decreciente de la Sostenibilidad va vinculada a la marginalidad creciente de la Insostenibilidad*⁶²⁰.

La relevancia de esta segunda cuestión es fácilmente explicable mediante un ejemplo. Supongamos que tenemos una parcela de 8 Ha que repartimos entre dos personas⁶²¹. Un reparto 4Ha-4Ha implica que ambas reciben aproximadamente la misma utilidad.

⁶¹⁹ Requeriría que la variable relevante valiera infinito [suelen ser ‘consumos’, y por tanto no es posible]. A veces simplemente se elige un umbral de insostenibilidad algo por encima del máximo valor registrado, de manera que se reduce mucho la probabilidad de que sea alcanzado. De esta forma se elimina la posibilidad [o al menos reduce la probabilidad] de que el indicador no valore dos situaciones diferentes, pero el criterio contable incumple numerosos axiomas de la TMS.

⁶²⁰ TH.06 de la Teoría Matemática de la Sostenibilidad: Marginalidad decreciente de la sostenibilidad [Alvira, 2014a]. En términos lógico-conceptuales, aplica a cualquier concepto [Alvira, 2014b] y se deriva del Principio de no-contradicción; si un concepto posee marginalidad decreciente, el concepto opuesto necesariamente posee marginalidad creciente.

La marginalidad decreciente de la utilidad implica que en una modificación desde un reparto 5Ha/3Ha hasta un reparto 7Ha/1Ha la persona que incrementa su superficie no obtiene tanta utilidad como pierde la persona que reduce su superficie⁶²². A medida que se incrementa la desigualdad, la situación se vuelve más insostenible:

- desde un punto de vista de *sostenibilidad medioambiental*, la persona con menor cantidad de recursos se acerca a una situación de pobreza, cuya correlación con deterioro medioambiental está comprobada.
- desde un punto de vista de *estabilidad social*, la inestabilidad se incrementa progresivamente [nos acercamos cada vez más a un mundo similar al descrito en 'Los Juegos del Hambre'], con el peligro de destrucción de capital natural inherente a cualquier conflicto.
- desde un punto de *eficiencia*, para una cantidad igual de recursos totales utilizados la utilidad total obtenida cada vez es menor; el sistema en su conjunto es cada vez menos eficiente.

Hemos planteado el ejemplo anterior en términos antropomórficos, pero es generalizable a otros aspectos de la sostenibilidad. Por ejemplo; si consideramos que la primera persona representa a todas las sociedades humanas y la segunda al resto de biodiversidad, vemos que a medida que se incrementa la desigualdad en el reparto [en favor de la especie humana] el resto de biodiversidad se va acercando a una situación que imposibilita su perduración.

Puesto que la perduración de la especie humana no es posible sin la del resto de biodiversidad, *a medida que se incrementa la desigualdad, el conjunto se aproxima cada vez más rápido hacia su insostenibilidad. La insostenibilidad presenta marginalidad creciente.*

Frente a ello, las formulaciones asintóticas/logarítmicas consideran que la sostenibilidad se reduce más si el reparto de recursos se modifica desde 4/4 Ha hasta 5/3 Ha, que si lo hace desde 6/2Ha hasta 7/1 Ha. Por tanto, **no son formulaciones correctas.**

Por ello, en el modelo hemos propuesto casi siempre formulaciones lineales [proporcionales] que valoran lo anterior mediante dos mecanismos diferenciados:

- a nivel indicador valoran de igual manera cualquier modificación de una cantidad igual de consumo, independientemente del tramo en que se encuentra; i.e., presentan lógica lineal.

⁶²¹ El motivo de partir de la capacidad disponible para dos personas es que la población urbana en la actualidad constituye aproximadamente el 50% de la población mundial. Si dicha población pudiera acceder a más de 2 veces los recursos del planeta, el modelo podría estar valorando como ligeramente sostenible una situación que ya habría provocado el colapso del planeta en su conjunto. Es importante indicar que la distribución y explotación de los recursos en el planeta no suele ser homogénea, por lo que en realidad, el colapso se produciría antes de llegar al valor cero. Pero en un plano más amplio, los problemas de reparto siempre deben ser analizados entre dos o más personas, y su revisión para el supuesto más sencillo [dos personas] nos va a permitir comprender supuestos más complicados.

⁶²² Entre otras cosas porque dicha persona cada vez se acerca más a una cantidad de recursos insuficiente para cubrir la más importante de todas sus necesidades; i.e., sobrevivir

- a nivel agregado, las fórmulas de agregación incorporan la marginalidad creciente de la insostenibilidad, valorando en mayor medida aquellos indicadores con valores más bajos [que indican mayor insostenibilidad]; i.e., presentan una lógica no-lineal⁶²³.

Podemos afirmar por tanto que *la marginalidad creciente de la insostenibilidad es contabilizada e incorporada en el valor agregado que proporciona el modelo.*

La segunda causa de que las variables puedan traspasar algunos umbrales de insostenibilidad es que en general **los umbrales de las variables relevantes son difusos** [no son límites estrictos sino rangos aproximados de valores]⁶²⁴. Sin embargo esta causa no es excesivamente relevante para el presente modelo, en el cual el carácter difuso de los umbrales suele implicar un rango de error reducido.

La tercera causa es que **los valores de los límites no suelen ser fijos sino que se relacionan con el estado del sistema en las demás variables**; cuando una variable relevante se acerca a su umbral, el espacio sostenible para las demás variables se reduce.

Esta cuestión es aproximadamente valorada por la fórmula de agregación, que concede mayor influencia sobre el valor agregado a aquellos indicadores que presentan un valor más reducido, lo que resulta equivalente a minorar el valor del resto de los indicadores [i.e., a considerar que su espacio de sostenibilidad se ha reducido].

Y la cuarta causa es la **condición de igual relevancia de los indicadores en subsistemas**. En Alvira [2014a:81] imponemos una condición para verificar la coherencia de la descomposición lógica de la sostenibilidad [organización jerárquica de los indicadores de sostenibilidad]; una variación igual de cualquier indicador debe modificar igual el valor agregado [o compensarse mediante coeficientes de ponderación adecuados].

Esto adquiere especial relevancia en la dimensión E, en la cual existe una gran cantidad de datos disponibles que permiten contrastar los valores de cada indicador [y su agregación] con el estado global de las sociedad, y nos permite establecer límites de indicadores que cumplen el criterio de implicar igual sostenibilidad/insostenibilidad en el nivel agregado que los otros indicadores de su subsistema de agregación.

Y en muchos casos estos umbrales ‘empíricos’ no coinciden con valores máximos o mínimos de la variable⁶²⁵, y en ese caso, a medida que dicha variable traspasa los límites generalmente adquiere importancia creciente para la sostenibilidad del sistema en su conjunto, siendo necesario evaluar dichas variaciones de las variables.

⁶²³ La quinta hectárea de consumo de biocapacidad implica mayor insostenibilidad para el conjunto que la primera. La demostración de que las fórmulas de agregación incorporan la marginalidad creciente de la insostenibilidad se incluye en Alvira, 2014a. Anexo IV]. La valoración de esta marginalidad creciente/decreciente se apoya en la correlación con la medida del Grado de Incertidumbre [Alvira, 2014b].

⁶²⁴ Parte de esta ‘difusidad’ se puede relacionar con el intervalo temporal evaluado. Un valor bajo en determinados indicadores puede ser admisible durante periodos cortos de tiempo.

⁶²⁵ Por ejemplo, el indicador que valora la ‘Tasa de Desempleo’ establece el umbral de insostenibilidad en el 35% de desempleo, muy alejado del valor máximo posible de la variable, que sería el 100%. El análisis de correlaciones con datos históricos sustenta la validez de este valor como umbral de insostenibilidad.

Valorarlo va a requerir realizar un procedimiento algo más complicado para calcular el valor agregado en todos aquellos subsistemas en que exista un indicador que traspase los umbrales de insostenibilidad. Este procedimiento requerirá un sistema complementario de coeficientes de ponderación, que designamos como **Coefficientes de ponderación por umbral [k_u]**, para cuyo planteamiento se presentan dos ‘a priori’ posibles planteamientos alternativos que revisamos a continuación⁶²⁶.

AVI.1_ PROCEDIMIENTO 1: RE-ESCALAR LOS INDICADORES

El primer procedimiento que hemos revisado para valorar variaciones de las variables relevantes más allá de los umbrales de insostenibilidad es el siguiente:

- re-escalar los indicadores del subsistema de agregación, estableciendo como valor 0 de dicha escala el mínimo valor para el cual ningún indicador traspasa el umbral.
- agregar los indicadores normalizados en relación a dicha escala
- volver a re-escalarlos para adecuarlos a la escala original del modelo

Vamos a revisar el procedimiento en detalle:

En primer lugar, calculamos para todos los indicadores elementales del subsistema de agregación, la distancia relativa en porcentaje en relación al umbral de sostenibilidad si se elimina la restricción ‘0’ en su fórmula:

$$k_{ui} = \max \left[\frac{\lim_{i_{s1}} - i}{\lim_{i_{s1}} - \lim_{i_{is1}}}; 1; \frac{i - \lim_{i_{s2}}}{\lim_{i_{is2}} - \lim_{i_{s2}}} \right] \quad (1)$$

Siendo K_{uj} coeficiente de ponderación por traspaso de umbral; i valor de la variable relevante; $\lim_{i_{s1/2}}$ Objetivos de Sostenibilidad y $\lim_{i_{is1/2}}$ umbral de insostenibilidad.

Dado que a priori no podemos saber si una variable relevante traspasará o no el umbral utilizado para definir el indicador, es necesario calcular k_u para todos los indicadores en que puede suceder:

- Si $K_u=1,0$ la variable no ha traspasado el umbral.
- si $K_u>1,0$ la variable habrá traspasado el umbral, en mayor medida cuanto más elevado sea el valor de k_u .

⁶²⁶ Un tercer método que valoramos fue admitir valores negativos de los indicadores. Conceptualmente, resulta equivalente a la utilización de asignaciones de probabilidades negativas [Dirac, 1941; Feynman, 1987,...], y no necesariamente sería inconsistente con la TMS [la TMS sería un caso particular de una Teoría General]. Sin embargo, la dificultad conceptual de ese método hace que para el presente texto prefiramos detallar dos métodos más sencillos, dejando para un futuro el posible desarrollo de la opción de aceptar valores negativos de los indicadores.

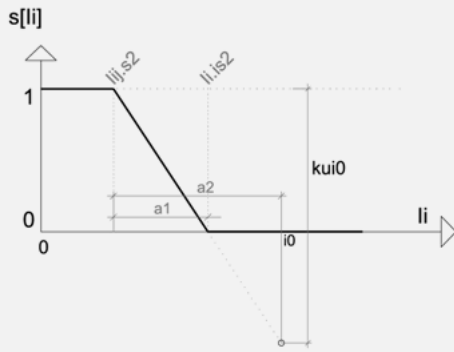


Figura AVI.02: El porcentaje en que la variable relevante traspasa el umbral nos permite calcular K_{ui} . Su explicación grafica cuando el umbral traspasado es lim_{is2} es:

$$k_{u_i} = \max \left[\frac{a_2}{a_1}; 1 \right]$$

Cuando el umbral traspasado es lim_{is1} , la explicación es perfectamente simétrica. Si la variable relevante no traspasa el umbral, $k_{ui}=1$

Una vez calculados los coeficientes, normalizaremos el valor de todos los indicadores del subsistema de agregación en relación a la escala definida por el valor 1 [que no varía] y un valor 0' que ajustamos para que coincida con el mayor $K_{ui[max]}$ de todos los indicadores del subconjunto:

$$[0,1] \rightarrow [k_{u_i[max]}, 1] \quad (2)$$

Donde $K_{ui[max]}$ es el valor máximo K_{ui} para los indicadores 'i' del subconjunto de agregación 'k'.

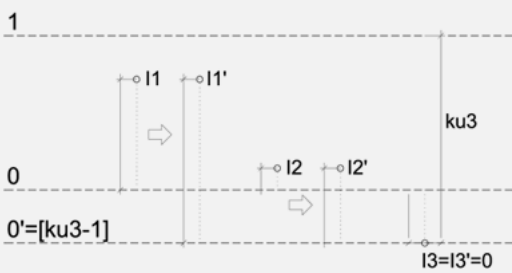


Figura AVI.03: Re-escalamos el valor de todos los indicadores en dicho subsistema de agregación, redefiniéndolos respecto al nuevo valor 0', coincidente con el valor que tendría el indicador que traspasa el umbral. El valor del indicador que establece el nuevo valor 0 no varía, siendo igual a cero.

Y el valor normalizado I'_i de cada indicador I_i de dicho subsistema lo podremos calcular como:

$$I'_i = \left[I_i + [k_{u[max]} - k_{u_i}] \right] * \frac{1}{k_{u[max]}} \quad (3)$$

Una vez ajustado el valor de todos los indicadores podremos realizar su agregación obteniendo un valor I'_k :

$$I'_k = \sum_{i=1}^n I'_i * k_{e_i}' \quad (4)$$

Donde k_{ei}' es el coeficiente de ponderación por estabilidad calculado sobre los valores de los indicadores re-escalados.

Y finalmente solo quedará volver a re-escalar I'_k para referirlo a la escala inicial [0,1] en tres pasos:

- Calculamos el umbral de la nueva escala que equivale al valor 0 en las escala el modelo:

$$U_k = 1 - \frac{1}{k_{u[max]}} \quad (5)$$

Siendo U_k el umbral equivalente al '0' en la escala $[k_{u[max]}, 1]$

- Calculamos el valor I_k que será:

$$I_k = \max \left[[I'_i - U_k] * k_{u[max]}; 0 \right] \quad (6)$$

- Calculamos su coeficiente de ponderación por umbral K_{uk} que será:

$$K_{uk} = \min \left[\frac{1 - I'_i}{1 - U_k}; 1 \right] \quad (7)$$

Este último paso solo será necesario si $I_k < 0$, ya que en caso contrario $K_{uk} = 1$.

En el caso de que $K_{uk} > 1$, será necesario volver a repetir el proceso en el subsistema de agregación superior. Esto hace conveniente considerar que los coeficientes K_u constituyen un sistema de coeficientes superpuesto a todos los indicadores:

- para indicadores en que la variable relevante no puede traspasar el umbral, su valor siempre será $K_u = 1$.
- para indicadores en que la variable relevante pueda traspasar el umbral, será necesario siempre calcular el valor de K_u .

La aparente coherencia de este procedimiento choca con su contrastación con datos reales que muestra la *asignación de excesiva relevancia a los indicadores cuyas variables traspasan el umbral; cuando existen varias variables que traspasan el umbral proporciona valores de sostenibilidad mucho más reducidos de los que la realidad muestra.*

Por ello, vamos a revisar el segundo procedimiento que proporciona valores más consistentes.

AVI.2_ MÉTODO 02: ASIGNANDO DIFERENTE RELEVANCIA A LOS INDICADORES

El segundo procedimiento para modelizar situaciones en que alguna variable relevante traspasa los umbrales de insostenibilidad consiste en considerar que *si una variable relevante de un indicador traspasa el umbral y sigue siendo relevante, el indicador que evalúa dicha variable adquiere mayor relevancia que los otros indicadores de su subsistema de agregación.*

Por tanto este procedimiento no requiere re-escalar los indicadores, sino incorporar un segundo sistema de coeficientes de ponderación por relevancia **Coficientes de ponderación por traspaso de Umbral K_u** , cuyo calculo explicamos a continuación.

En primer lugar, calculamos el incremento porcentual que la variable relevante traspasa el umbral de insostenibilidad mediante la siguiente fórmula⁶²⁷:

$$\Delta U_i = \max \left[\frac{\lim_{i_{s1}} - i}{\lim_{i_{s1}} - \lim_{i_{is1}}}; 1; \frac{i - \lim_{i_{s2}}}{\lim_{i_{is2}} - \lim_{i_{s2}}} \right] \quad (8)$$

Siendo i valor de la variable relevante; $\lim_{i_{s1/2}}$ Objetivos de Sostenibilidad 1/2 y $\lim_{i_{is1/2}}$ umbral de insostenibilidad 1/2.

A partir de dicho incremento porcentual [el valor $\Delta U_i = 1$ o 100% implica que no se traspasa ningún umbral], calculamos un coeficiente de ponderación por traspaso del umbral para cada indicador $I_{i[1 \rightarrow n]}$ de cada subsistema de agregación I_k , mediante la fórmula:

$$\forall I_{i[1 \rightarrow n]} \in I_k: k_{ui} = \frac{\Delta U_i}{\sum_{i=1}^n \Delta U_i} \quad (9)$$

Siendo K_{ui} coeficiente de ponderación por traspaso de umbral y n el número de indicadores en el subsistema k

Si para algún indicador la variable traspasa el umbral, su valor k_{ui} será superior a 1 e inferior a 1 para el resto de indicadores [indicadores que la variable no traspasa el umbral]. En subsistemas en que ningún indicador haya traspasado el umbral, K_u será igual a 1 para todos los indicadores, y por tanto será innecesario calcularlo [su exclusión de la formula no modifica el cálculo].

Estos coeficientes se incorporan en las formulas tipo de agregación como Coeficientes que valoran la diferente relevancia de cada indicador sobre el valor agregado; tanto en el cálculo del valor agregado como en el cálculo del valor k_e [Alvira, 2014b, p. 247]:

$$I_k = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n [I_i * k_{ei} * k_{ui}] \quad (10)$$

Siendo...

$$\forall I_{i[1 \rightarrow n]} \in I_k: k_{ei} = 1 + \left[\sum_{i=1}^n [I_i * k_{ui}] \right] - I_i \quad (11)$$

Este procedimiento proporciona valores más consistentes con la realidad y será el que utilizemos en el modelo.

El procedimiento 02 permite generar un par $[I_i, K_{ui}]$ que cumple todos los axiomas y teoremas de la Teoría Matemática de la Sostenibilidad [Alvira, 2014^a], a la vez que lo hacen los resultados generales [valores agregados,...] que proporciona, permitiéndonos aplicar la metodología propuesta.

Para ello será necesario valorar conjuntamente dicho par $[I_i, K_{ui}]$ para al menos para dos cuestiones:

⁶²⁷ Nótese que en este procedimiento denominamos ΔU_i a lo que antes hemos denominado K_u . La interpretación geométrica de este valor es la misma.

⁶²⁸ En este método 02, el conjunto de coeficientes k_u constituye una combinación convexa en cada subsistema de agregación.

- Cuando queremos establecer la prioridad de actuar sobre cada área, lo que haremos incluyendo K_{ui} para la definición del 'espacio de mejora potencial'⁶²⁹:

$$P_r[I_i] = [1 - I_i] * k_{u_i} * k_{e_i} * R[I_i] \quad (12)$$

- Cuando queremos valorar el cumplimiento de las condiciones de decisión/Pareto, que deberán satisfacer la condición:

$$\forall I_i = [I_{i2} \geq A] \vee [\Delta I_i \geq 0 \wedge \Delta K_{u_i} \leq 0] \quad (13)$$

Pudiendo el parámetro A adoptar los valores [0.5, 0.6, 0.70 o 0.75] según el indicador que se revise

Para el caso frecuente de indicadores que no traspasan el umbral K_u valdrá 1 y podrá simplificarse en las ecuaciones anteriores.

ADENDA: CONTRASTACIÓN DE LOS DOS MÉTODOS DE VALORACIÓN DE TRASPASO DEL UMBRAL:

Como método de contrastación de los dos métodos esbozados, hemos modelizado la sostenibilidad económica de los países de la UE-28, obteniendo los siguientes valores:

TABLA AVI.02_ SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PAÍSES UE 28 SEGÚN DOS MÉTODOS DE VALORACIÓN KU							
	SITUACION GLOBAL	COMENTARIOS DE LA CE [2015] (1)	KU1		KU2		
			VALOR EQUIV.	2012	Media 2000-2013	2012	Media 2000-2013
EU-27				66%	66%	64%	63%
AUSTRIA		Esta bastante bien	0,6-0,8	64%	69%	64%	68%
BELGIUM		Esta bastante bien	0,6-0,8	57%	62%	59%	64%
BULGARIA		Regularcillo	0,3-0,5	0%	0%	34%	32%
CYPRUS		En fase de ayuda económica	<0,30	1%	17%	25%	31%
CZECH REPUBLIC		En un nivel medio	0,5-0,6	66%	63%	52%	55%
DENMARK		Está muy bien	0,7-0,8	65%	71%	64%	71%
ESTONIA		En un nivel medio quizás medio alto, si bien es necesario considerar que todavía recibe ayudas económicas de la UE.	0,5-0,6	53%	50%	49%	46%
FINLAND		Esta bastante bien, con algunas cuestiones de carga económica y necesidad de diversificación económica que concuerdan con los datos	0,6-0,8	83%	84%	80%	81%
FRANCE		En un nivel medio-bien, con algunas cuestiones pendientes....	0,5-0,7	74%	75%	74%	74%
GERMANY		Esta bastante bien	0,6-0,8	77%	76%	77%	75%
GREECE		En fase de ayuda económica	<0,35	6%	8%	20%	21%
HUNGARY		Regularcillo	0,3-0,5	22%	40%	39%	47%
IRELAND		En un nivel medio	0,5-0,6	18%	39%	49%	56%
ITALY		En un nivel medio	0,5-0,6	46%	55%	52%	56%
LATVIA		Regularcillo, en fase de ayudas económicas...	0,3-0,5	32%	34%	41%	42%
LITHUANIA		Regularcillo	0,3-0,5	8%	27%	30%	36%
LUXEMBOURG		Esta bastante bien	0,6-0,8	0%	0% (4)	45%	44% (5)
NETHERLANDS		Esta bastante bien	0,6-0,8	64%	70%	63%	67%
NORWAY (3)		No Hay informe [no pertenece a UE-28]		0%	0% (4)	46%	46%
POLAND		Economía en transformación con algunas deficiencias. Zonas baja de la tabla.	0,3-0,5	33%	32%	36%	35%
PORTUGAL		Hasta 2014 Portugal estaba en fase de ayudas económicas	<0,35	31% (6)	39%	36% (6)	40%

⁶²⁹ De lo contrario dos indicadores podrían mostrar una prioridad similar, pese a que uno de ellos este acercando al sistema a una situación mucho más crítica. Cuanto más ha traspasado una variable relevante un umbral de insostenibilidad, mayor es su relevancia en la definición del estado global del sistema, y mayor es el beneficio posible si se actúa sobre dicha variable.

ROMANIA	Reducida sostenibilidad	0,1-0,3	0%	0%	14%	17%
SLOVAKIA	Regularcillo	0,3-0,5	42%	33%	43%	37%
SLOVENIA	Regularcillo	0,3-0,5	58%	56%	51%	48%
SPAIN	Regularcillo; en fase de ayudas económicas.	0,3-0,5	30%	34%	31%	37%
SWEDEN	Está muy bien	0,8-0,9	88%	84%	87%	83%
UNITED KINGDOM	Esta bastante bien	0,6-0,8	63%	67%	68%	68%

Fuente: elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) Revisión de los documentos de trabajo internos de la Comisión Europea [CE] “Estudios Prospectivos Anuales sobre el Crecimiento” para cada país de la UE. Accesibles en http://ec.europa.eu/europe2020/making-it-happen/country-specific-recommendations/index_es.htm. Estos documentos no proveen una valoración global de cada economía, por lo que el autor de la presente ha tenido que ‘deducirla’ a partir de los diversos comentarios. Este valor ‘deducido’ no representa por tanto la opinión de la CE sino la que el autor cree que tiene la CE.
- (2) Se excluye el análisis de Croacia y Malta por la escasez de datos económicos.
- (3) Noruega no es miembro de la UE27, sino del Espacio Económico Europeo. Lo incluimos porque nos permite comprobar la mayor idoneidad del segundo método para el cálculo de coeficientes ku.
- (4) Los valores 0 que el sistema de ponderaciones ku según el método 1 proporciona para Luxemburgo y Noruega, nos permiten confirmar la excesiva penalización de la especialización económica [Luxemburgo en el sector financiero y Noruega en el sector extractivo] que proporciona el primer método de sistema de ponderación, y la mayor correspondencia con la realidad de los resultados obtenidos utilizando el segundo método propuesto para las ponderaciones.
- (5) El valor reducido obtenido para Luxemburgo contrasta con los informes de la UE que parecen concederle una sostenibilidad mucho mayor. Sin embargo, su gran especialización [50% VAB+CI en el sector financiero] le hacen vulnerable [poco resiliente] a cualquier impacto sobre dicho sector, si bien esta vulnerabilidad se reduce por el tamaño de su economía.
- (6) El dato de Portugal corresponde al año 2011, ya que no se ha podido calcular para 2012 por falta de datos.
- (7) Criterios y/o simplificaciones adoptados para el cálculo de los indicadores:
 - a. **Distribución del Ingreso [DI].** Hemos considerado como Ingreso, el valor medio de Ingreso Neto Equivalente [después de transferencias sociales]. Como Coeficiente de Concentración del Ingreso el Coeficiente de Gini e equivalente [después de transferencias sociales]. Como CV el gasto medio del segundo quintil de población [consideramos que el gasto del primer quintil puede dejar necesidades sin cubrir]. Para Italia y Luxemburgo 2010 no se han encontrado datos desglosados por quintiles, y se ha hecho una aproximación considerando que el incremento del gasto medio en el periodo 2005-2010 se distribuya linealmente entre todos los quintiles de población.
 - b. **Carga Económica Habitantes [CEH].** Austria, Cyprus, Denmark, Finland, Iceland, Italy, Norway, Sweden no tienen implantado SMI. En estos países hemos supuesto un SMLeq igual a la Renta Neta Disponible para el Primer quintil económico de población multiplicado por 1,18 [valor medio del conjunto de países de la UE que tienen SMI durante el periodo 2005-2013]. Se prefiere utilizar la renta del primer quintil en vez del valor medio, para valorar la relación entre Carga y Desigualdad Económica. En general el gasto desglosado para vivienda y transporte solo se ha encontrado para los años 2005 y 2010, habiendo sido necesario hacer una aproximación para los años restantes mediante el HIPC.

ANEXO VII_ DIFERENCIACIÓN U ORGANIZACIÓN?

Los conceptos de *organización* y *diferenciación* están intrínsecamente relacionados; solo se puede *organizar* aquello que es *diferente*. Sin embargo, existe una diferencia importante entre ellos, mientras que la *organización* implica *diferencia*, la *diferencia* no implica *organización*. Sin embargo, esta diferencia es frecuentemente ignorada por numerosos autores, que utilizan medidas de diferenciación para evaluar la cantidad de organización de los sistemas.

De hecho, la mayoría de las veces no nos interesa medir *cantidad de organización* de un sistema, sino *el grado en que dicho sistema está organizado*, lo que hacemos comparándolo con una organización que consideramos 'tipo'. Y aquí ambos conceptos ya aparecen claramente separados; existe una diferencia clara entre medir la *diferenciación* de un sistema y medir su *grado de organización*, cuestión que vamos a revisar brevemente.

A-VII.1_ MEDIR LA DIVERSIDAD O DIFERENCIACIÓN DE UN CONJUNTO DE ELEMENTOS

La medida de la diferenciación es muy importante para evaluar ciertos aspectos de sistemas en los que la menor o mayor diferenciación de sus *partes* presenta diferentes implicaciones. Para ello se han propuesto diversos índices, de los cuales vamos a revisar los dos que consideramos más interesantes para el presente trabajo:

A-VII.1.1_ENTROPÍA [SHANNON]

Es propuesto por Shannon en 1949 mientras trabaja en los laboratorios de la Compañía de teléfonos Bell con el objetivo de medir la cantidad de información que es necesario transmitir para comunicar cadenas numéricas. Su interés es optimizar el dimensionado de canales de comunicación, transmitiendo solo aquella información que desconoce el receptor. Para cuantificarla, mide la incertidumbre que tenemos en relación al próximo código de una cadena en función del número de códigos posibles [i.e., diferentes] y la probabilidad de aparecer de cada uno de ellos:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i * \ln[p_i] \quad (14)$$

Siendo H_ Entropía o Incertidumbre; n_ número de categorías diferentes y p_i_ la frecuencia estable con que se repite cada letra [si todas son equiprobables, adquiere el valor 1/n, siendo n el número de letras diferentes]

Esta fórmula es aplicada posteriormente a sistemas reales en varios niveles:

- para medir la *diferenciación de ecosistemas naturales* por MacArthur [1955], siendo p_i la proporción de individuos de cada especie sobre el total. En este caso mide la incertidumbre en la predicción de la especie de un individuo elegido al azar en el conjunto.
- para medir la *segregación espacial en las ciudades* [Theil, 1972].

- Para medir diferentes dos aspectos de las ciudades: la *diversidad de las actividades económicas*⁶³⁰ y la *diversidad de especies de árboles y arbustos en las zonas verdes urbanas* [Rueda, 2012]

A-VII.1.2_ÍNDICE DE HERFINDAHL-HIRCHMANN /SIMPSON

El índice de Herfindahl-Hirschmann/Simpson, es propuesto por dichos autores de manera independiente con dos aplicaciones diferenciadas:

- *Economía*: medida de monopolios empresariales [Hirschmann 1945/Herfindahl 1950]
- *Ecología*: medida de diversidad de especies en un ecosistema [Simpson 1949]

Mide la probabilidad de escoger dos elementos iguales dentro de un conjunto [suponiendo que se escoge una vez, se devuelve el elemento al conjunto y se vuelve a escoger otra vez]⁶³¹:

$$D = \sum_{i=1}^n p_i * p_i = p_i^2 \quad (15)$$

Siendo D_ Índice de Simpson/HHI; n_ número de categorías diferentes y p_i_ la probabilidad de cada una de ellas [igual a su porcentaje sobre el total]

Su interpretación es diferente en sus utilizaciones habituales en ecología/economía; mientras que en Ecología suele utilizarse para revisar la diferenciación de ecosistemas, en Economía suele utilizarse para revisar el grado de concentración de las Economías [i.e., detectar la presencia de ‘monopolios’].

TABLA AVII.01_ VALORES LIMITE ÍNDICE HHI/SIMPSON

ÁREA	VALOR	SIGNIFICADO
ECOLOGÍA	1/n	Máxima diversidad, existe el mismo número de individuos de cada especie.
	1	Mínima diversidad [máxima homogeneidad]; todos los individuos pertenecen a la misma especie
ECONOMÍA	1/n	Máxima competitividad; todas las empresas que compiten en un sector participan de la misma cuota de mercado
	1	Mínima competitividad [monopolio]; toda la cuota de mercado es cubierta por una única empresa

FUENTE: elaboración propia
 (0) Existe otra aplicación habitual en economía que es para medir la diversificación de ‘carteras de inversión’.

En el ámbito urbano, es utilizado por Bell [1954] para medir segregación espacial [exposición].

A-VII.2_ MEDIR SOSTENIBILIDAD: DIFERENCIACIÓN VS ORGANIZACIÓN

Los indicadores anteriores nos sirven para medir la diferenciación de los sistemas, pero ésta no siempre es relacionable con el grado en que dicho sistema sea optimo; no siempre nos indica la posición del sistema entre sus estados optimo y pésimo [i.e., su grado de sostenibilidad], ya que la máxi-

⁶³⁰ El autor propone analizar áreas urbanas en mallas de 200 x 200 m2, con la clasificación CNAE hasta el nivel sexto, considerando que la Diferenciación se optimiza para valores superiores a 5 bits para Tejidos centrales, 4-5 bits para Tejidos Medios, y menores a 4 bits para Tejidos Residenciales. Además propone una versión específica para la Sociedad del Conocimiento.

⁶³¹ Alternativamente, se puede interpretar como un tipo de agregación aritmética ponderada, en que se agregan los porcentajes de cada tipo de elemento ponderados por sí mismos.

ma diferenciación solo puede ser un estado óptimo si **los elementos cuya diferenciación se valora son intercambiables entre sí**⁶³².

Por ejemplo, cuando se valora la diversificación de una cartera de inversión, la máxima diversificación solo puede ser el estado óptimo si los activos son intercambiables, i.e., si presentan rentabilidades y riesgos similares. La diferenciación que acerca el sistema [un portfolio de inversión] a su estado óptimo, debe producirse entre un grupo de activos similares.

También en la prevención de actividades monopolísticas, el estado óptimo del mercado coincide aprox. con su máxima distribución [equidistribución] entre empresas, equivalente a la igualdad de cuota de las diferentes empresas que compiten por el mismo mercado [i.e., son intercambiables]. Por ello las regulaciones antimonopolio se diseñan para acercar el sistema a dicha situación:

TABLA AVII.02 SIGNIFICADO DEL VALOR DEL ÍNDICE HHI PARA REVISAR LA CONCENTRACIÓN DEL MERCADO

D<0,15	no existe concentración
0,15<D<0,25	moderada concentración
D>0,25	elevada concentración

FUENTE: Elaboración propia a partir de 'Horizontal Merger Guidelines', USDOJ [2010]. Complementariamente, se establecen rangos orientativos de variación de la concentración del mercado aceptables en fusiones entre empresas:

- < 100. Se considera improbable que tenga impacto negativo
- > 100. El impacto depende de la situación final del mercado alcanzada
- > 200. Existe riesgo de monopolio que es necesario investigar.

Sin embargo, los elementos de **ecosistemas naturales** suelen ser muy diferentes entre sí; i.e., prácticamente no existen dos elementos intercambiables y por ello su estado óptimo casi nunca coincide con la situación de máxima diferenciación.

La mayoría de los elementos no son intercambiables entre sí, ya que *la situación óptima de los sistemas/entornos requiere diferente proporción de cada elemento, en parámetros que dependen de cada sistema/entorno concreto*. Ciertas especies/elementos deben ser más abundantes [frecuentes o probables] que otros para que el sistema sea sostenible.

Y en estos casos la diferenciación no es un indicador del grado en que el sistema se acerca a su estado óptimo, puesto que un mismo valor de diferenciación puede estar aludiendo a proporciones muy diferentes entre especies, algunas de las cuales sean óptimas y otras no.

IMAGEN

Imagen AVII.01: El estado óptimo de los ecosistemas naturales requiere diferente proporción de las diferentes especies. Un ejemplo es la sabana africana; si existiera el mismo número de gacelas y de leones, el ecosistema sería totalmente insostenible. Además, Un ecosistema con un 75% de gacelas y un 25% de leones posee la misma diversidad que otro con un 75% de leones y un 25% de gacelas; pero el grado en que dichos ecosistemas son óptimos [i.e., su grado de sostenibilidad] es totalmente diferente. Un mismo valor de diferenciación puede estar describiendo situaciones radicalmente diferentes.

⁶³² Por ejemplo, para medir cantidad de información transmitida por una cadena de letras, Shannon selecciona un universo de elementos equivalentes [cada letra implica la misma cantidad de información]. Y cuando Rueda [2012] propone medir Diversidad Urbana con la fórmula de la Entropía, define categorías de elementos que considera intercambiables.

Para poder medir el grado en que el estado del sistema sea óptimo, será necesario establecer la frecuencia óptima de cada una de las especies [o elementos] que lo componen en relación al total.

Este conjunto de frecuencias óptimas de cada elemento del ecosistema constituye una combinación convexa [su suma es igual a 1, puesto que el total de frecuencias comprende al conjunto -100%- de individuos] y por tanto, son valores dependientes; *la proporción óptima de cada especie condiciona y es condicionada por la proporción óptima de las demás especies.*

$$P = \sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (16)$$

Es imposible establecer el valor óptimo para cada una de ellas sin conocer los valores óptimos para las demás; *establecer la frecuencia óptima de cada especie, requerirá establecer las frecuencias óptimas de las demás especies presentes en el ecosistema.*

Lo que nos va a interesar evaluar en estos ecosistemas no es su *diferenciación* como alejamiento de [o cercanía a] la situación de equiprobabilidad [que no será un indicador de sostenibilidad] sino su *grado de organización* como frecuencia de cada una de ellas en relación a su frecuencia óptima, acercándonos a una formulación del tipo⁶³³:

$$O [\%] \cong \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{P_{iS}} \quad (17)$$

Sin embargo esta formulación deja dos cuestiones sin resolver:

- *Constituye una modelización lineal* [sumativa] poco adecuada para modelizar una realidad en la que domina la no-linealidad [no sumativa].
- *Considera que la frecuencia óptima de cada elemento es un valor exacto* [muchas veces no lo es] y *su frecuencia pésima sea cero* [a veces es así, pero muchas veces no].

Estas dos cuestiones se hallan ampliamente revisadas y explicadas en Alvira 2014a, llevándonos a proponer dos cuestiones:

- La primera es a utilizar una función de agregación del tipo⁶³⁴:

$$O [\%] \cong \sum_{i=1}^n I_i * K e_i \quad (18)$$

⁶³³ Esta formulación se parece por ejemplo a las formulaciones que buscan medir mediante el Índice HHI la Especialización económica de una región, comparándola con la estructura económica de una región tipo.

⁶³⁴ En algunos casos concretos, la agregación deberá ser geométrica [ver Alvira, 2014a]. Por ejemplo, si las gacelas son el único alimento de los leones, entonces un valor 0 para las gacelas produciría un valor cero para los leones.

- La segunda es que en dicha función no insertaremos los valores de frecuencias, sino indicadores de sostenibilidad [I_i], diseñados siguiendo las indicaciones explicitadas [esto nos permite modelizar las frecuencias individuales cuando el valor pésimo es diferente a cero y la frecuencia óptima no es un único valor sino un rango de valores].

A-VII.2.1_ECOSISTEMAS SOCIALES [SISTEMAS SOCIO ECOLÓGICOS]

Son probablemente los sistemas que presentan más variedad de casuísticas, y a grandes rasgos podemos diferenciar dos situaciones:

- Cuando **analizamos un sistema en su conjunto** [o partes amplias de un sistema], la situación predominante es la de no intercambiabilidad de los elementos, y por tanto debemos medir el grado de organización del sistema.
- Cuando **analizamos una faceta concreta del sistema**, podemos llegar a establecer categorías de elementos intercambiables, cuyo estado óptimo podamos revisar por tanto en términos de diferenciación.

Una peculiaridad es que *el equilibrio de un sistema social en su escala global suele requerir cierta especialización de sus partes*, lo que se relaciona con algo cuya importancia ya hemos destacado: **las partes en los sistemas sociales suelen necesitar diferenciación/identidad**.

Los sistemas sociales tienen muchas escalas de análisis, y la diferenciación máxima en una escala produciría la homogeneidad en las escalas superiores. El objetivo en estos sistemas es lograr niveles de diferenciación global óptimos, y ello quiere decir que *el objetivo no será maximizar la diferenciación en cada escala, sino lograr valores de diferenciación que optimizan el funcionamiento en dicha escala compatibles con la organización del conjunto*.

IMAGEN

Imagen AVII.02: *La agrupación en gremios es una característica frecuente en económicas 'artesanales' que se benefician de la aglomeración. En términos de diferenciación, la aglomeración lleva a una elevada homogeneidad local. Sin embargo, en muchas ocasiones esta total homogeneidad de la actividad en la escala local lleva a la creación de lugares con identidad propia -a veces únicos- en la escala global [máxima diferenciación].*

Cuando definimos la organización óptima de sistemas sociales debemos dejar margen suficiente para permitir la diferenciación entre sus partes [identidad]. Imponer una misma organización a las diferentes partes que componen una sociedad / ciudad llevaría a su total homogeneidad en el nivel global: todas sus partes serían iguales⁶³⁵.

⁶³⁵ Por ejemplo, la organización óptima de los barrios de una ciudad debe ser diferente, de lo contrario tendríamos elevada diferenciación en el nivel local [cada barrio estaría compuesto de muchos elementos diferentes] pero elevada homogeneidad en el nivel global [la ciudad estaría compuesta por barrios que serían todos iguales], llevando a una pérdida de legibilidad, identidad y monotonía del paisaje urbano.

Por otra parte, **la suma de partes con cierta especialización puede producir un conjunto global equilibrado si diferentes partes presentan especializaciones complementarias**. En este sentido, para valorar los sistemas sociales adoptaremos dos estrategias:

- **Aspectos globales**, los mediremos mediante modelizaciones de *'grado de organización'*, estableciendo en cada indicador de sostenibilidad rangos de valores óptimos que permitan suficiente diferenciación entre áreas.
- **Aspectos parciales**, los podremos medir mediante modelizaciones de *'cantidad de diferenciación'*, una vez definidas categorías intercambiables entre sí, y pondremos como objetivo valores de diferenciación que permitan suficiente especialización de las áreas⁶³⁶.

Esta última cuestión nos obliga a indicar que **la valoración de la diferenciación de cada área debe complementarse con la valoración de la organización en escalas superiores**, teniendo en cuenta que *la intercambiabilidad de los elementos suele reducirse al incrementar la escala de análisis*.

⁶³⁶ Establecer un valor global de índice de Simpson/HHI suficientemente alejado del máximo, permite que diferentes zonas urbanas alcancen dicho valor mediante diferentes diseños; i.e., permite la creación de zonas diferenciadas entre sí.

ANEXO VIII: AGRICULTURA Y SOSTENIBILIDAD URBANA

Aunque la mayoría de la producción agrícola se realiza fuera de la ciudad, es posible minimizar en parte su impacto medioambiental desde las propias ciudades mediante dos estrategias:

- mediante un consumo que priorice tipos de explotación ecológicos/equilibrados [buscando una autorregulación de las explotaciones hacia tipos de producción con menor impacto]
- mediante la integración de parte de la producción agrícola en el medio urbano

Complementariamente, y superpuesto a ambas, se sitúa la gestión adecuada de la materia orgánica, que debe perder su consideración actual de 'residuo' [resto no utilizable de un proceso de consumo lineal] para convertirse en un recurso óptimo para su reintroducción en los procesos agrícolas [recurso valioso situado en un proceso infinito de utilización circular].

Vamos a revisar muy brevemente las dos cuestiones enunciadas, cuyo impacto es diferente, y a las cuales se superpone la gestión adecuada de la materia orgánica.

A.VIII.1_ PRIORIZACIÓN DE TIPOS DE EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA EQUILIBRADOS

Los terrenos en explotación agrícola tienen un impacto medioambiental muy elevado, siendo posible destacar tres de estos impactos:

- elevada ocupación del territorio y fragmentación de los ecosistemas naturales
- huella hídrica azul elevada, con posible uso localizado excesivo de recursos hídricos con elevado impacto medioambiental [e.g., acuíferos subterráneos, ríos...]
- huella hídrica gris elevada, con posible contaminación de recursos hídricos por escorrentía de fertilizantes y pesticidas químicos.



Imagen A.VII.01: Contaminación por vertidos de materia orgánica en el Mar Menor. El cierre de los ciclos de la materia orgánica llevaría a la práctica eliminación del vertido de materia orgánica [aguas fecales y fertilizantes artificiales], permitiendo recuperar zonas que en la actualidad presentan frecuente contaminación elevada.

La mayoría de autores coinciden en que la generalización de las técnicas de *agricultura ecológica*, pueden ayudar a reducir el impacto medioambiental de las explotaciones agrícolas mediante⁶³⁷:

- Eliminación del uso de pesticidas, con el efecto beneficioso del aumento biodiversidad y reducción de huella hídrica gris⁶³⁸.
- Sustitución de fertilizantes químicos por abonos naturales [e.g., compost, estiércol...], con el beneficio añadido de mejora de propiedades del suelo y reducción de la erosión.

⁶³⁷ Para una revisión en profundidad de la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas, se recomienda Naredo [1997]

⁶³⁸ La Huella Hídrica Gris de la agricultura está suponiendo en la actualidad un problema de contaminación de los ecosistemas acuáticos y marinos [fundamentalmente por pesticidas –contaminación química- y fertilizante –contaminación orgánica-], cuya importancia se incrementa [EEA, 2010: 35-36]

- Policultivo en sustitución de monocultivos, para reducir el impacto de transformación del territorio y sobre la biodiversidad⁶³⁹.

Hasta ahora, el principal obstáculo para la transformación de los sistemas de explotación hacia la agricultura orgánica ha sido la previsible reducción de la producción comercializable [y con ello del beneficio económico]. Esto implica que es improbable que el sector se autorregule en esta dirección, sin la intervención externa.

No obstante, al nivel de la sociedad en su conjunto, la reducción de los impactos negativos asociados a las prácticas actuales compensa esa reducción de productividad, lo que permite [y sugiere] que deberán ser los agentes externos al sector los que guíen dicha modificación del mercado:

- la Administración, mediante normativas adecuadas para promover tipos de explotación sostenible [incluyendo ayudas/penalizaciones]⁶⁴⁰.
- los consumidores, dirigiendo su demanda hacia los productos obtenidos de manera más sostenible⁶⁴¹.

Complementariamente, el cierre del ciclo de la materia orgánica, se configura como una de las opciones más sencillas para reducir a un tiempo el uso de fertilizantes químicos en la agricultura y el vertido de materia orgánica en los ríos procedentes de las áreas urbanas.

IMAGEN

Imagen A.VII.02: La utilización de compost a partir de los residuos domésticos debería ser una obligación de la agricultura, equivalente al mecanismo que obliga a los productores de otras cadenas productivas a responsabilizarse y eliminar los residuos que resultan de su producción.

Además, el cierre del ciclo de la materia orgánica tiene al menos tres importantes consecuencias en cuanto a la huella de la sociedad [agrícola y urbana]:

- Redunda en una reducción neta equivalente de residuos urbanos [la materia orgánica que se incorpora como abono a los terrenos, deja –por definición- de ser un residuo], con tres consecuencias directas:
 - reducción de la cantidad de suelo destinada a vertedero

⁶³⁹ Se trata de considerar los cultivos como 'ecosistemas'; evitando el monocultivo y mezclando diferentes especies [vegetales y animales]; vegetación no productiva en los bordes, colmenas [mejoras en cuanto a polinización], etc...

⁶⁴⁰ Dado el carácter de bien público de la biocapacidad utilizada por la agricultura [huella hídrica, biocapacidad, capacidad hídrica, emisiones GEI,...], la explotación intensiva implica externalidades negativas para el resto de la población que se podrían evitar mediante tipos de explotación sostenibles. La Administración debe diseñar un marco que fomente la transición hacia un modelo agrícola sostenible, favoreciendo [o penalizando] a las explotaciones según la sostenibilidad [o insostenibilidad] de sus sistemas de explotación. Evidentemente, este marco debería ser diseñado de manera consistente con el sector.

⁶⁴¹ El problema es que en el mayor precio de la producción ecológica choca con el notable incremento de la desigualdad económica/pobreza en España. Esto nos permite recordar que las políticas económicas en materia de desigualdad económica tienen una importancia tremenda para la sostenibilidad. La sostenibilidad de la sociedad española no se va a alcanzar mientras el 30% de los españoles sean [seamos] pobres.

- eliminación de contaminación por lixiviados de origen orgánico
- reducción proporcional de emisiones CH₄
- Permite reducir la producción de fertilizantes artificiales, con la consecuente reducción en consumo de energía y emisiones GEI.
- Reduce huella hídrica por escorrentía de abonos químicos arrastrados por las lluvias.

A.VIII.2_ AGRICULTURA URBANA

Aunque es imposible e innecesario que las ciudades lleguen a ser completamente autosuficientes en materia de producción agrícola, en muchos casos introducir la agricultura en el medio urbano puede incrementar su sostenibilidad:

- Reduciendo la *huella hídrica*, de varias maneras:
 - Reduciendo la *huella hídrica azul* [y verde] si...
 - ... se realiza con menor consumo unitario de agua [por ejemplo, se utiliza riego con goteo frente a regadío por aspersion con elevada evaporación].
 - ... si la producción urbana sustituye a producción que se importaría de zonas con déficit hídrico⁶⁴².
 - Reduciendo la *huella hídrica gris* si el agua que se utiliza para el riego presenta mayor presencia de contaminantes no perjudiciales para la salud [puede ser DBO que no afecte a las plantas] de la que presentaba el agua que se retiró de los cursos pluviales.
- Incrementando la *Producción Primaria Neta*, la agricultura urbana supone recuperar parte de la PPN perdida por la construcción de las ciudades.
- Reduciendo la *Huella Ecológica/Déficit Ecológico*, la agricultura urbana supone actuar en varios frentes:
 - Aumenta la Biocapacidad disponible [se aumenta la superficie bioproductiva]
 - Permite el reciclaje local de residuos orgánicos, reduciendo emisiones GEI
 - Reduce la huella de energía correspondiente al transporte de alimentos y recogida RU.
- Reduciendo la presión para la '*reestructuración física*' del territorio, y por tanto facilitando la preservación de ecosistemas naturales.
- Mejorando el *bioclima urbano* y los servicios ecosistémicos de regulación en ciudades [sobre todo si hay mucho soleamiento y reducida humedad ambiental], al incrementar la presencia de vegetación⁶⁴³.
- Incrementando la sostenibilidad *económica*, en áreas urbanas en las cuales el empleo apenas se dedique a la agricultura⁶⁴⁴, introducir agricultura con objetivo comercial supo-

⁶⁴² Es decir, zonas donde la apropiación humana de recursos hídricos supera los recursos hídricos disponibles de manera sostenible. Sin embargo, es importante indicar que la sostenibilidad solo se incrementa si la producción en estas zonas con escasez hídrica se elimina; si la producción se mantiene y se reorienta a otros mercados, entonces la producción en la ciudad no supone mejora.

⁶⁴³ Evidentemente consideramos prácticas de agricultura 'orgánica' que no introduzcan pesticidas ni abonos artificiales.

ne una diversificación de la actividad y mercado laboral que puede incrementar su resiliencia económica ante crisis

Por tanto la 'agricultura urbana' puede ser una *estrategia* para incrementar la sostenibilidad en muchas ciudades, si bien las áreas en las que puede producir beneficios deben revisarse en función de las características de cada una de ellas. No buscamos la introducción de agricultura en las ciudades porque sí, sino utilizarla donde sus efectos sean beneficiosos, y en la medida en que sea posible⁶⁴⁵.

Esto quiere decir, que la estimación de un 'objetivo de agricultura urbana' sostenible se debe realizar en función de las características del contexto considerado; espacio disponible, características climáticas [pluviometría, soleamiento...], actividades económicas y laborales,.... La capacidad productiva de la ciudad de proporcionar abono orgánico [a partir de compostaje de residuos orgánicos] no es un problema limitante.



IMAGEN

Imagen A.VII.03: La proliferación de agricultura urbana en muchas ciudades muestra tanto su aceptación por parte de un porcentaje creciente de habitantes como la viabilidad del cultivo en ámbitos urbanos. Convertirlo en una práctica con una influencia real en la estructura económica y configuración de los ciclos de la materia y el agua, solo requiere un empuje adecuado de la Administración.

En cuanto a la pluviometría, según Hough [1998:40], la mayor escorrentía de la superficie urbana hace que solamente el 25% del agua de precipitación se evapore, frente al 40% en el campo. Si aceptamos la cifra anterior, en la ciudad existe –de media- un 15% de precipitación que se transforma directamente en recurso hídrico gris, y que se podría aprovechar mediante agricultura urbana.

Por ejemplo, para el Área urbana evaluada en la práctica [barrio de Palos de Moguer], resultarían aproximadamente 4 l/hab/día, lo que serviría para el cultivo de aproximadamente 4m²/hab. Esta superficie en régimen de regadío al aire libre con una productividad media de 3,7 kg/m² [Marm, 2010] produciría aproximadamente 14,8 kg/hab/año de alimentos en la ciudad. Este podría ser un objetivo de 'producción agrícola urbana' para la ciudad de Madrid⁶⁴⁶.

Por otra parte, la producción agrícola en las áreas urbanas puede tener como consecuencia un excedente de producción global, lo que posibilitaría:

- Fomentar un cambio en la dieta, incorporando mayor cantidad de verduras, y eliminando alimentos más intensivos en energía/CO₂ [e.g., carne].
- Plantear medidas de reestructuración territorial para el excedente de territorio productivo:

⁶⁴⁴ En la mayoría de las ciudades, el empleo se concentra en sector servicios, construcción, industrial..., por lo que la introducción de agricultura supone diversificar la actividad y el empleo.

⁶⁴⁵ La 'agricultura urbana' constituye un medio/estrategia y no un fin.

⁶⁴⁶ Complementariamente, un aumento de la vegetación en la ciudad, abre la puerta a la apicultura urbana, que está empezando a implantarse en algunas ciudades, y que podría servir para abastecer al menos parte de los 0,44kg consumidos anualmente por cada habitante en España [MAGRAMA, 2005].

- Sustituyendo algunas explotaciones y restaurando ecosistemas previos.
- Priorizando tipos de explotación agrícola equilibrados/ecosistemas más completos
- Orientando cultivos hacia secano [si se ubican en zonas con déficit hídrico] o instalando sistemas de riego más eficientes.
- Orientar el excedente de producción hacia otros mercados [exportación, cuarta gama, etc...] ⁶⁴⁷.

En España los datos muestran que la agricultura es el primer consumidor de agua, y que el consumo total produce problemas variados [necesidad de desaladoras, desecación de acuíferos,..] por lo que la producción agrícola optimizando el uso del agua es una prioridad ⁶⁴⁸.

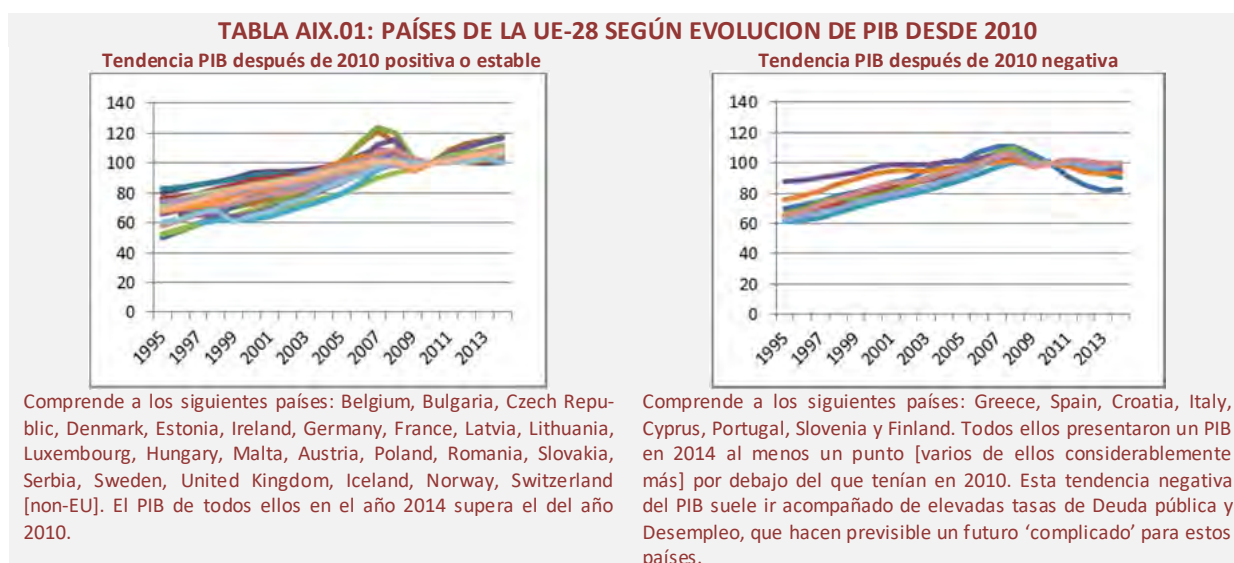
⁶⁴⁷ El problema de esta estrategia, es que no implica que gran parte del posible beneficio medioambiental de la agricultura urbana se desaprovecha. Avanzar hacia la sostenibilidad requiere reducir los consumos, lo que implica que la parte equivalente a la nueva producción urbana debería eliminarse.

⁶⁴⁸ En España la necesidad de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos, hace que sea mayor el interés de la agricultura urbana. Hay que tener en cuenta, que el consumo de agua del sector agrícola, se relaciona directamente con el régimen pluviométrico de las zonas en explotación. Así, mientras la media de la UE es el 24% del consumo de agua para la agricultura, en los países del sur de Europa [España entre ellos] ese porcentaje se eleva por encima del 60% [EUROSTAT, 2011: 292]

ANEXO IX: EVALUAR SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA: CRECIMIENTO VS ESTABILIDAD

Aunque está suficientemente aceptado que los indicadores económicos clásicos no valoran la sostenibilidad económica de las sociedades, su revisión va a permitirnos constatar algunas cuestiones fundamentales, proveyendo parámetros para la validación de las cuestiones/indicadores aquí propuestos. Si revisamos la evolución del PIB del conjunto de Países de la UE28 en el periodo 1995-2014, vemos que el periodo 2008-2010 supuso un impacto generalizado [i.e., una crisis económica] para todos ellos llevando a una reducción [a veces considerable] de su PIB.

Sin embargo, se hace posible diferenciar entre un grupo de países cuya tendencia del PIB después de la crisis es creciente o estable, frente a aquellos cuya tendencia es negativa⁶⁴⁹.



Es evidente que la crisis económica de 2008 no ha impactado de igual manera en todos los países de la UE28; en el año 2014 algunos países la habían superado perfectamente, mientras otros seguían [y siguen] sufriendo sus consecuencias. En términos sistémicos, **la crisis ha mostrado la resiliencia de un grupo de países y la vulnerabilidad de otros**⁶⁵⁰.

La vulnerabilidad económica es un concepto opuesto a la sostenibilidad económica [Alvira, 2014a], y avanzar hacia sociedades sostenibles [estables o resilientes] requiere tanto comprender las causas de este diferente comportamiento como diseñar herramientas que nos permitan anticipar y corregir [prevenir y suavizar o incluso evitar] los impactos de crisis económicas venideras.

Este es el objetivo principal de los indicadores de sostenibilidad; permitirnos conocer el estado de las diferentes sociedades [sus fortalezas y vulnerabilidades] para mejorarlas situándolas lo más cerca

⁶⁴⁹ La elaboración de este anexo ha requerido trabajar con numerosas tablas de Eurostat, que incluían las denominaciones de los países en inglés. Por claridad se ha preferido mostrar siempre los datos en orden alfabético y para minimizar la probabilidad de errores se ha preferido mantener dichas designaciones en inglés.

⁶⁵⁰ En Teoría de Sistemas se define la 'estabilidad' como la propiedad que permite a los sistemas recibir un impacto y recuperar una posición similar a la inicial [ver Von Bertalanffy, 1968]. Desde dicha perspectiva, los países que presentan tendencias crecientes de PIB en el periodo 2010-2014 han recuperado la tendencia previa a la crisis, mientras que para el segundo grupo la crisis ha constituido un impacto del que todavía no se han recuperado.

posible de su estado óptimo y de máxima resiliencia. Sin embargo, muchos de los indicadores más utilizados para describir la economía de las sociedades no mostraban diferencias apreciables entre los países del primer y segundo grupo en los años previos a la crisis. Muchos de los países que mayor vulnerabilidad han demostrado presentaban valores similares que países que mayor resiliencia han demostrado.

TABLA AIX.02_ SITUACIÓN PAÍSES UE-28 EN 2006

	DESEMPLEO	DEUDA PÚBLICA		DEUDA PRIVADA (1)		
		s/PIB	s/INGRESOS	VIVIENDA/RND	VIVIENDA + TRANSPORTE/RND	
PAÍSES ESTABLES	Austria	5,3%	91%	141%	20%	33%
	Belgium	8,3%	21%	189%	23%	33%
	Denmark	3,9%	24%	58%	17%	23%
	France	8,8%	64%	128%	22%	32%
	Germany	10,1%	-	155%	26%	37%
	Netherlands	5,0%	47%	103%	21%	29%
	Norway	3,4%	69%	-	12%	20%
	Sweden	7,1%	-	82%	20%	27%
	United Kingdom	5,4%	-	-	27%	37%
PAÍSES RESCATADOS	Cyprus	4,6%	67%	155%	25%	40%
	Greece	9,0%	103%	-	32%	45%
	Portugal	8,9%	26%	169%	33%	46%
	Spain	8,5%	43%	96%	26%	36%

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat para el año 2006.

(1) Se ha calculado como promedio del porcentaje que representa la Vivienda y la Vivienda+Transporte sobre la RND para cada uno de los cinco quintiles por ingreso, para los diferentes países [datos de 2005]. Por tanto, no coincide estrictamente con el concepto de 'deuda financiera' sino más bien con el de 'carga económica'.

En la tabla anterior vemos como países que han conseguido aguantar la crisis bastante bien [Bélgica, Alemania o Suecia] presentan valores similares en los indicadores económicos clásicos a los que en 2006 presentaban Chipre, Grecia, España o Portugal, países que necesitaron ser 'rescatados' y todavía no han conseguido superar dicha crisis, presentando su futuro elevada incertidumbre.

Esto nos permite afirmar que **los indicadores económicos clásicos [enfocados sobre todo a medir el crecimiento de las sociedades] no valoran la sostenibilidad de su economía**: sociedades con valores similares muestran vulnerabilidad económica muy diferente.

Y nos anticipa una cuestión fundamental; **existe un elevado grado de acuerdo en que la economía presenta ciclos que son endógenos [i.e., son causados por las dinámicas habituales del sistema] y por tanto inevitables**. Y la 'ciclicidad' de estas crisis -su elevada probabilidad de ocurrencia cada cierto tiempo, que se transforma en certeza en plazos suficientemente amplios- hace inaceptable considerar que el grado de sostenibilidad de un país se haya modificado al sufrir un ajuste abrupto⁶⁵¹.

Los ciclos económicos pueden afectar al 'crecimiento' de los sistemas pero no a su 'sostenibilidad', que precisamente valora su capacidad de no verse afectado de manera dramática por los mismos, es decir, su capacidad de resistir dichas crisis cíclicas de la economía. Si un sistema económico se hunde en un momento bajo del ciclo económico [o crisis] que era previsible, su economía no era

⁶⁵¹ Si un país sufre un ajuste abrupto en una crisis económica que tarde o temprano tenía que producirse, su estructura anterior a dicha crisis no era sostenible, y por tanto la evaluación de su grado de sostenibilidad anterior y posterior a dicha crisis debe arrojar valores aproximadamente similares. Solamente sería admisible que una valoración de grado de sostenibilidad descendiera abruptamente si se producen sucesos cuya probabilidad de ocurrencia sea casi nula [e.g., un tsunami, un gran terremoto,...un asteroide,..]

sostenible en el ciclo de crecimiento anterior. El ‘crecimiento’ de las sociedades puede presentar caídas periódicas de ciertos parámetros [e.g., tasa de empleo,...]⁶⁵² pero no de su ‘grado de sostenibilidad’.

Y la mayoría de indicadores utilizados habitualmente para monitorizar los sistemas económicos no permite valorar el impacto que los momentos bajos del ciclo económico tendrán sobre cada sistema. Permiten valorar el estado general de una economía en un momento dado⁶⁵³, pero no su sostenibilidad, como probabilidad [en sus diferentes acepciones –objetiva/subjetiva-] del sistema económico en mantenerse en condiciones óptimas en el tiempo.

Valorar la sostenibilidad económica de las sociedades va a requerir rediseñar los indicadores económicos habituales para que sean capaces de valorar tanto las variables relevantes como sus previsible variaciones en el tiempo, lo que revisamos brevemente a continuación.

AIX.1_ PAÍSES DE REFERENCIA

Proponer indicadores que permitan valorar la ‘ciclicidad’ de la economía va a requerir poder contrastarlos⁶⁵⁴, valorando su variación para sistemas/países capaces de mantener su estado económico en el tiempo, contra sistemas/países incapaces de ‘sostenerlo’.

Para ello, en primer lugar es necesario seleccionar economías que pertenezcan a ambos grupos, lo que haremos en el contexto de la UE-28 comparando los países que mayor vulnerabilidad han demostrado en la última crisis con aquellos que han mostrado mayor fortaleza. Para seleccionar los países ‘estables’ vamos a revisar seis criterios que nos permiten diferenciar ambos tipos de países:

TABLA AIX.03_ PAÍSES ECONÓMICAMENTE ESTABLES	
VARIABLE RELEVANTE	CRITERIO DEMARCACIÓN
PIB	Presentan un PIB suficientemente elevado [superior a 200.000 MM€](1).
	Han recuperado el PIB anterior a la crisis de 2008
ESTABILIDAD EN EL EMPLEO	Presentan un PIB per cápita de al menos el 75% de la media de la UE
	No haber modificado sensiblemente su nivel de desempleo en el periodo 2000-2008
DEUDA PUBLICA	No haber incrementado su nivel de desempleo en el intervalo 2008-2014 por encima de la media europea
	Tener un ratio Deuda/PIB superior a la media y haber experimentado un incremento inferior al 25%
ESTRUCTURA ECONÓMICA	Tener una estructura económica estable [i.e., que no se haya modificado apreciablemente en el periodo 2000-2014] (2)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat. Acceso Mayo-Agosto 2015.

- Una economía con un PIB muy reducido podría sostenerse en el tiempo debido a la facilidad de ser sostenida por cuestiones difícilmente detectables [e.g., la intervención de algún agente externo,...]. Un PIB elevado implica una entidad suficientemente autónoma.
- Queremos definir una ‘estructura económica’ estable para usarla como modelo de referencia, y esto nos hace excluir países que todavía están conformando dicha estructura.

⁶⁵² Podemos ver esta cuestión revisada desde numerosos puntos de vista. Desde la idea de fractal en Mandelbrot [1983]; Desde la idea de Criticalidad Autoorganizada [SOC] en Bak y Paczuski [1995]; desde la idea de ‘sistemas complejos’ en Mansilla y Acatitla [2013]. Esta ‘ciclicidad’ es una característica diferenciadora de la dimensión E, respecto a las dimensiones Q y M.

⁶⁵³ Son una ‘foto’ de la economía en cada momento y no necesariamente permiten ‘anticipar’ correctamente su estado futuro.

⁶⁵⁴ Carecería de sentido diseñar indicadores no contrastables para un fenómeno fundamentalmente factual. Dado el carácter ‘evolutivo’ de las sociedades [y su economía], esta contrastación necesariamente debe hacerse en relación a datos suficientemente cercanos en el tiempo.

Los criterios anteriores nos llevan a seleccionar el siguiente grupo de países para definir criterios de estabilidad: Austria, Bélgica, Alemania y Suecia⁶⁵⁵. Como grupo de países inestables, vamos a considerar aquellos que han necesitado ser ‘rescatados’ por la UE: Chipre, Portugal, Grecia, y España.

AIX.2_ ESTRUCTURA DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

La reciente crisis económica no ha afectado por igual a todos los sectores sino que se ha centrado en tres sectores concretos: la construcción; el sector financiero y el turismo⁶⁵⁶. Y esto nos habla de la primera variable relevante para la sostenibilidad económica que pocas veces es tenida en cuenta: la **Estructura de la Actividad Económica**.

La crisis ha tenido mayor repercusión sobre aquellas sociedades que centraban en exceso su actividad económica en los sectores que han sufrido en mayor medida las consecuencias de la crisis.

Pero además la revisión de la diversificación económica del conjunto de países [y especialmente del grupo de países ‘estables’] muestra que la actividad no se reparte por igual en todas las actividades económicas. *La estabilidad económica va ligada a un cierto patrón de diversificación, y las economías que se alejan de dicho patrón reducen su estabilidad.*

Esto nos permite afirmar que no es posible valorar la estructura económica de una sociedad en términos de diferenciación. **Los sectores de actividad económica no resultan intercambiables;** ciertos sectores económicos admiten mayor concentración de la actividad que otros, y las sociedades que no lo tienen en cuenta son más vulnerables ante crisis cíclicas de la economía.

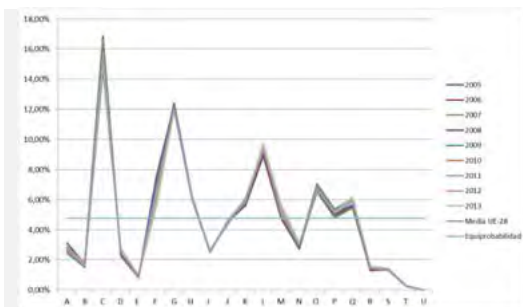


Grafico AIX.01_ Diferenciación económica o estructura económica? El reparto de la actividad económica de las sociedades europeas entre las diferentes categorías de la clasificación NACE 2009 durante el periodo 2005-2013 muestra un patrón que las aleja de la equiprobabilidad. La diferenciación máxima [línea azul horizontal] no aporta estabilidad: existe un patrón no equiprobable de máxima estabilidad [líneas quebradas].

Y resulta interesante comparar la estructura económica de países estables/no estables en cada una de las ramas de actividad, lo que hacemos comparando para los diferentes sectores de actividad dos datos que resultan complementarios: Valor Añadido Bruto [VAB] y VAB + Consumos Intermedios⁶⁵⁷

En términos sencillos, el VAB representa el incremento de valor que cada sector económico añade a las ‘entradas’ que recibe, y que se materializa en las ‘salidas’ que produce. Por tanto, si un sector recibe determinados inputs ya procesados por otros sectores, el VAB no contabiliza la inversión implícita en dichos inputs, a la cual se denomina ‘consumo intermedio’.

⁶⁵⁵ Dejamos fuera del grupo de comparación a Francia, Finlandia, Holanda y Reino Unido. Sin embargo, la evaluación global mostrará valores de SE elevados para estos países.

⁶⁵⁶ Es importante indicar que una crisis futura podría centrarse en otros sectores, y el patrón estable podría ser diferente.

⁶⁵⁷ Considerar no solo el VAB sino también los Consumos Intermedios nos permite detectar interrelaciones entre sectores.

Esto implica que revisar exclusivamente la organización del VAB puede dar una visión distorsionada de la realidad económica, porque los inputs que utilizan los diferentes sectores pueden implicar un reducido o elevado ‘consumo intermedio’, y si un sector requiere elevado consumo intermedio, el impacto de una crisis sobre dicho sector será mayor, ya que además del VAB de dicho sector afecta a todo el consumo intermedio, que deja de ser ‘consumido’⁶⁵⁸.

TABLA AIX.04_ CONCENTRACIÓN ECONÓMICA/ LABORAL SEGÚN RAMAS DE ACTIVIDAD CNAE-2009

	VAB			VAB+CI [%]		
	Países Estables	Países ‘rescatados	R	Países Estables	Países ‘rescatados	R
Agriculture, forestry and fishing	1,17%	2,74%	2,3	1,38%	2,60%	1,9
Mining and quarrying	0,77%	0,40%	0,5	0,54%	0,40%	0,8
Manufacturing	17,16%	11,00%	0,6	27,27%	19,46%	0,7
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	2,37%	1,75%	0,7	2,45%	2,53%	1,0
Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	1,10%	0,97%	0,9	1,06%	0,98%	0,9
Construction	5,68%	8,75%	1,5	6,99%	12,28%	1,8
Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	11,82%	12,75%	1,1	10,11%	11,22%	1,1
Transportation and storage	5,39%	5,57%	1,0	6,23%	7,80%	1,3
Accommodation and food service activities	2,37%	5,56%	2,4	2,25%	5,32%	2,4
Information and communication	4,63%	3,88%	0,8	4,45%	3,80%	0,9
Financial and insurance activities	5,48%	5,80%	1,1	5,21%	5,06%	1,0
Real estate activities	9,50%	9,77%	1,0	6,46%	6,06%	0,9
Professional, scientific and technical activities	6,93%	4,14%	0,6	6,38%	3,85%	0,6
Administrative and support service activities	4,04%	2,33%	0,6	3,47%	1,94%	0,6
Public administration and defence; compulsory social security	6,14%	8,09%	1,3	4,41%	5,74%	1,3
Education	5,88%	5,57%	1,0	3,48%	3,18%	0,9
Human health and social work activities	7,42%	4,95%	0,7	5,62%	3,82%	0,7
Arts, entertainment and recreation	1,11%	1,23%	1,1	0,99%	1,10%	1,1
Other service activities	1,70%	1,58%	0,9	1,33%	1,35%	1,0
Activities of households as employers; undifferentiated goods- and services-producing activities of households for own use	0,19%	0,73%	3,8	0,11%	0,37%	3,5
Activities of extraterritorial organisations and bodies	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat. Notas:

- 1) Para los países estables se revisan datos del periodo 2000-2014. Para los países no estables solo se revisan los datos previos a la crisis, i.e., de 2000 a 2008, ya que algunos se han reestructurado posteriormente hacia posiciones más ‘estables’.
- 2) La mayor especialización de los países vulnerables en ciertos sectores va unida al menor desarrollo de sectores clave para el desarrollo económico [e.g., Actividades Profesionales, Científicas y Técnicas]

La tabla anterior muestra el reducido margen de desviación respecto al ‘patrón’ estable que convierte un modelo económico en vulnerable, y que se evidencia si lo representamos gráficamente:

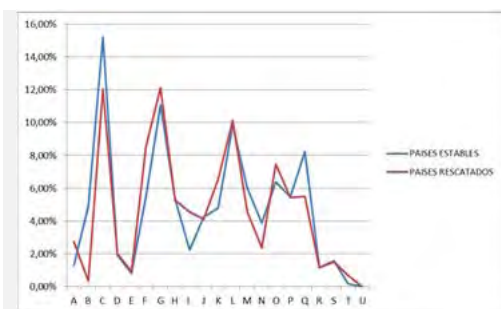


Grafico AIX.2_ El patrón de organización de la actividad económica acepta márgenes de desviación reducidos, que hacen que una economía pase de estable [línea azul que representa a los países que han demostrado mayor estabilidad] a vulnerable [línea roja que representa a los países rescatados].

⁶⁵⁸ Por ejemplo, en 2007 el VAB del sector de la construcción en España fue de 124,199 MM €, pero el consumo intermedio de dicho sector fue de 228,746 MM €. El verdadero desastre de la economía española se debe a que entre VAB y consumo intermedio, el sector de la construcción era el responsable 400.000 MME, es decir, el 15% de la actividad económica estaba centrada en un único sector que sabemos que sufre crisis cíclicas [frente al por ejemplo 5,4% de Alemania, país que ha demostrado mucha mayor fortaleza ante la crisis de 2008].

Además, esta mayor vulnerabilidad no solo implica que el impacto de una crisis sobre las economías ‘mal estructuradas’ es mayor; también implica que su recuperación de dicha crisis es mucho más lenta y dificultosa.

- Cada sector de actividad requiere inversión para la formación de ‘capital fijo’ [maquinaria, edificaciones,...] pero también para la formación de ‘capital humano’ [formal –académica- e informal –experiencia práctica-]. *Reparar una economía mal estructurada [re-estructurarla] implica un coste de capital y de tiempo muy importantes.*
- Toda la inversión [de tiempo, personas y dinero] realizada para ‘levantar’ dicha estructura, ha tenido un coste de oportunidad importante, ya que ha dejado de estar disponible para invertir en otros sectores que sí son estables [i.e., sostenibles]⁶⁵⁹. *Una economía mal estructurada es más vulnerable ‘per se’, pero también porque resulta menos competitiva que las economías bien estructuradas, y la actividad económica es esencialmente competitiva.*

AIX.3_ ESTRUCTURA Y VULNERABILIDAD DEL EMPLEO

Existen estructuras económicas más o menos idóneas/estables [sostenibles], cuestión que se transmite al empleo; *los países ‘estables’ presentan estructuras de empleo diferentes a los países rescatados.* Y aquí vienen algunas sorpresas respecto a planteamientos muchas veces escuchados.

La primera es que **no solo la tasa de empleo es importante; también lo es –y mucho- como se distribuye dicho empleo entre las diferentes actividades económicas.** Diferentes estructuras laborales pueden tener grados de estabilidad/vulnerabilidad muy diferentes.

TABLA AIX.05_ CONCENTRACIÓN DEL EMPLEO SEGÚN RAMAS DE ACTIVIDAD CNAE.2009

	ACTIVIDAD LABORAL [% S/Total]		
	Países Estables	Países Débiles	Ratio
Agriculture, forestry and fishing	7,32%	8,09%	1,10
Mining and quarrying	0,46%	0,29%	0,63
Manufacturing	15,52%	15,64%	1,01
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	0,77%	0,40%	0,51
Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	0,67%	0,61%	0,91
Construction	7,00%	9,92%	1,42
Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	14,58%	15,97%	1,10
Transportation and storage	5,63%	4,35%	0,77
Accommodation and food service activities	4,27%	5,74%	1,34
Information and communication	2,65%	2,28%	0,86
Financial and insurance activities	3,43%	2,64%	0,77
Real estate activities	0,82%	0,51%	0,62
Professional, scientific and technical activities	5,01%	4,50%	0,90
Administrative and support service activities	4,58%	3,46%	0,76
Public administration and defence; compulsory social security	6,57%	6,58%	1,00
Education	6,88%	6,15%	0,89
Human health and social work activities	9,37%	6,43%	0,69
Arts, entertainment and recreation	1,46%	1,29%	0,88
Other service activities	2,26%	2,30%	1,01
Activities of households as employers; undifferentiated goods- and services-producing activities of households for own use	0,77%	2,84%	3,68
Activities of extraterritorial organisations and bodies	0,00%	0,00%	0,00

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat. Notas:

- 1) La actividad laboral se ha comparado separando los países según la tasa de desempleo mayor o igual a la media del conjunto.

⁶⁵⁹ En el caso de España, el 15% de concentración de la actividad economía en un sector de la Construcción excesivamente dimensionado implica que una gran parte de la inversión realizada en el periodo 2000-2008 [capital económico y humano] lo ha sido erróneamente, dejando de estar disponible para otros sectores que presentan mucha mayor estabilidad. Por desgracia, las noticias en TV nos muestran que el Gobierno está tratando de salir de la crisis levantando una estructura exactamente igual a la que se derrumbó en 2008, y que inevitablemente, será igual de vulnerable.

Y la segunda es que aparece una variable que se superpone transversalmente; **la estabilidad del empleo**. *El porcentaje de empleo estable frente a empleo inestable [temporal, precario o vulnerable⁶⁶⁰] condiciona la resiliencia de la estructura laboral en su conjunto.*

Un sistema estable necesita suficiente estabilidad del empleo, y la revisión de la evolución del empleo en los países que más han sufrido la crisis nos muestra que el empleo no estable [i.e., temporal] presenta una probabilidad mucho más elevada de ser destruido en una crisis que el empleo estable.

	Empleo Destruído			Porcentaje empleo destruido s/total empleo (1)	Tipo empleo destruido		Probabilidad perder empleo		
	Estable	Temporal	Total		Estable	Temporal	Estable	Temporal	R (2)
European Union	-5.335	-1.879	-7214	-3,24%	74%	26%	3/100	6/100	2,1
Greece	-917	-180	-1097	-23,80%	84%	16%	23/100	34/100	1,5
Portugal	-474	-214	-687	-13,43%	69%	31%	12/100	18/100	1,5
Spain	-1.333	-1.998	-3330	-16,27%	40%	60%	9/100	34/100	3,7

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

0) No hemos revisado Chipre por falta de datos.
 1) Tomamos como años base el año 2008, comparando contra él los datos del año 2013, año en que se alcanzó el máximo de destrucción de empleo en la UE. Las modificaciones posteriores del mercado de trabajo las consideramos reestructuraciones internas debidas a la política de los diferentes gobiernos, y por tanto no directamente causadas por la crisis.
 2) Indica el ratio entre la probabilidad de perder el empleo si el contrato es temporal respecto a la probabilidad de perderlo si el contrato es estable.

Vemos que en el conjunto UE-28, la probabilidad de perder el empleo ha sido 2,1 veces mayor si era temporal que si era empleo estable, ascendiendo hasta el 3,7 para el caso particular de España, donde el 34% [1 de cada 3] empleos temporales ha sido destruido.

La probabilidad de un empleo de ser destruido en un ciclo bajo de la economía se duplica [como media] si es temporal, constituyendo así la temporalidad un coste oculto para los estados [cotizaciones de desempleo, reducción cotizaciones seguridad social, reducción consumo/impuestos, etc...] y un factor de vulnerabilidad para la sociedad en su conjunto [riesgo para el sistema financiero, incapacidad de reaccionar en situaciones de crisis,...].

Complementariamente, las empresas invierten más en la formación de sus empleados ‘estables’ que en la de los empleados temporales⁶⁶¹, y por tanto un sistema con elevado porcentaje de empleados temporales es un sistema con un elevado porcentaje de trabajadores que no desarrolla toda su capacidad, ni de aprendizaje ni profesional.

En un sistema con elevado porcentaje de empleo temporal, la innovación tecnológica y empresarial será por fuerza más reducida; su competitividad será necesariamente menor que la de otros sistemas con ratios empleo estable/temporal adecuados.

⁶⁶⁰ Se hace necesario recordar la definición de ‘estable’ como aquella situación que puede prolongarse ‘indefinidamente’ en el tiempo [y por tanto opuesta a ‘vulnerable’]. En este sentido, la propia denominación de los contratos como ‘indefinidos’ o ‘temporales’ implica su clasificación en términos de ‘estabilidad/vulnerabilidad’; un empleo ‘temporal’ no tiene el objetivo de ser prolongado indefinidamente en el tiempo.

⁶⁶¹ Carece de sentido invertir en la formación de un empleado del cual se piensa prescindir en un plazo breve de tiempo.

AIX.4_CARGA ECONÓMICA

La medida del endeudamiento de las sociedades es un indicador clásico para evaluar su sostenibilidad económica, lo que habitualmente se hace revisando dos parámetros [referidos a la deuda del sector público]: Deuda/PIB y Deuda/Ingresos presupuestarios.

Sin embargo la reciente crisis de la UE muestra países con ratios muy elevados de deuda pública que han conseguido superar la crisis mejor que otros países con ratios más reducidos.

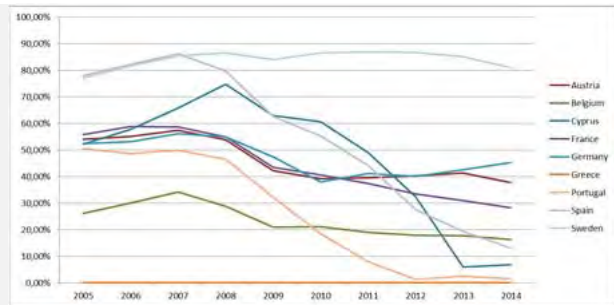


Grafico AIX.3: Según los indicadores clásicos de Deuda Pública la situación de España en el periodo 2005- 2007 era óptima. Igual a la de Suecia y mucho mejor que la de Francia o Alemania. Así mismo, según estos indicadores, Chipre y Portugal se encontraban en una situación muy similar a Francia, Austria y Alemania. La diferente evolución de estos países muestra la insuficiencia de estos indicadores para evaluar Sostenibilidad Económica.

En la gráfica anterior vemos dos cuestiones importantes.

La primera es que la gran mayoría de países de la UE-28 han incrementado su Deuda Publica notablemente a consecuencia de la crisis. *El modelo de Estado del Bienestar hace que, en general, los estados incrementen mucho su deuda en periodos de crisis* debido al aumento de prestaciones sociales⁶⁶², y se hace necesario valorar [prever] estos aumentos probables de la deuda.

Y la segunda es que vemos países que han mostrado elevada estabilidad teniendo ratios muy elevados de deuda publica [e.g., Bélgica] lo que se relaciona con el hecho de que *la mayor parte de la actividad económica de las sociedades está generada por sus ciudadanos, no por el Estado.*

La sostenibilidad de la Carga Económica de una sociedad está determinada en menor medida por la deuda pública que por el apalancamiento de los ciudadanos. Un ratio elevado de la primera puede ser sostenible si es acompañado por un ratio reducido de la segunda, pero no al contrario.

Se hace necesario revisar la sostenibilidad del apalancamiento de los ciudadanos, pero surgen algunas cuestiones que es necesario revisar:

- el apalancamiento decisivo para la sostenibilidad económica no se refiere a la deuda financiera de los ciudadanos, sino a 'gastos que no los ciudadanos pueden reducir a voluntad', entre los cuales destaca la vivienda y servicios necesarios para su sostenimiento⁶⁶³.
- la revisión habitual de estos gastos en relación a la RND proporciona resultados distorsionados porque *en periodos de crisis la RND puede reducirse mucho* [en mayor medida las personas que pierden su empleo]. El ratio relevante se obtiene al relacionar el apalancamiento con el SMI como medida del salario posible/beneficios sociales en caso de pérdida del empleo.

⁶⁶² Sin embargo, la evolución de Suecia nos indica que no necesariamente debe ser así.

⁶⁶³ Es decir, que tan apalancados están los ingresos destinados a pagar una hipoteca mensual como los destinados a pagar su alquiler o la electricidad necesaria para dicha vivienda si dichos costes no se pueden reducir a voluntad.

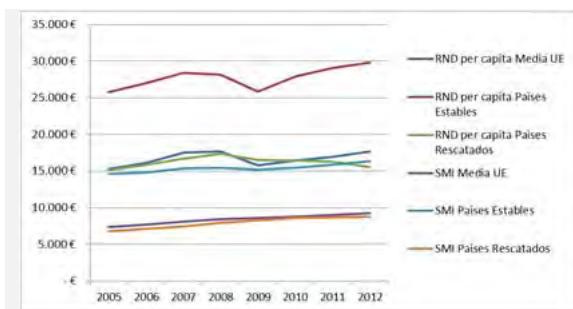


Grafico AIX.4: Mientras la RND per cápita experimenta subidas y bajadas cíclicas, el SMI mantiene una tendencia constante. Pero además, en el caso de los países rescatados vemos que en 2012 [4 años después de la crisis] la RND todavía presenta un valor un 10,5% inferior al momento anterior a la crisis. El ratio Carga Económica/RND proporciona valores inciertos. El ratio Carga Económica/SMI proporciona valores más consistentes con la realidad [i.e., con mayor correlación con los datos contrastados].

AIX.5_ CONCLUSIÓN

Hemos propuesto varios indicadores para evaluar la sostenibilidad económica de las sociedades que se parecen en cierta medida a indicadores utilizados actualmente, pero incorporan ciertas modificaciones en las cuestiones [variables] medidas, forma de medirlas o límites considerados sostenibles/insostenibles, que hacen que proporcionen valores a veces muy diferentes.

Y es importante indicar que los indicadores propuestos incorporan dos cuestiones que los diferencian de otros indicadores:

- ... se basan en cuestiones relacionables con los principales criterios de valoración económica, pero además...
- ... la valoración de la evolución de los diferentes países europeos con estos indicadores concuerda en grado elevado con los valores proporcionados por los indicadores parciales/indicador global.

TABLA AIX.06_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA PAÍSES UE -28

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
UE-28	-	-	-	-	-	-	65%	64%	62%	-
Austria	78%	75%	74%	69%	64%	62%	65%	64%	62%	-
Belgium	66%	66%	66%	65%	64%	62%	61%	59%	64%	-
Bulgaria (1)	-	27%	22%	34%	35%	35%	35%	34%	35%	-
Cyprus	41%	37%	33%	34%	30%	27%	28%	25%	18%	-
Czech Republic	58%	54%	56%	56%	55%	59%	56%	52%	51%	-
Denmark	79%	78%	76%	76%	66%	64%	66%	64%	70%	-
Estonia	37%	40%	42%	50%	51%	48%	50%	49%	49%	-
Finland	80%	81%	81%	84%	81%	80%	80%	80%	80%	-
France	70%	71%	71%	80%	77%	76%	75%	74%	-	-
Germany	71%	68%	75%	78%	77%	74%	75%	77%	77%	-
Greece	-	-	-	-	-	-	31%	20%	13%	-
Hungary	65%	58%	55%	46%	44%	38%	38%	39%	37%	-
Ireland	51%	55%	63%	66%	64%	58%	53%	49%	47%	-
Italy	57%	58%	60%	60%	56%	56%	55%	52%	49%	-
Latvia	40%	40%	46%	43%	41%	40%	41%	41%	43%	-
Lithuania	35%	38%	41%	49%	42%	25%	26%	30%	34%	-
Luxembourg (4)	38%	38%	42%	44%	48%	47%	46%	45%	45%	-
Netherlands	70%	69%	70%	71%	69%	67%	65%	63%	61%	-
Poland	34%	34%	33%	40%	36%	34%	35%	36%	-	-
Portugal	42%	42%	42%	42%	39%	39%	36%	-	-	-
Romania	-	-	22%	19%	18%	15%	14%	14%	-	-
Slovakia	21%	26%	33%	37%	43%	43%	42%	43%	44%	-
Slovenia	51%	48%	46%	46%	48%	44%	52%	51%	49%	-
Spain	38%	37%	37%	40%	42%	40%	36%	31%	29%	-
Sweden	77%	77%	83%	88%	83%	85%	86%	87%	-	-
United Kingdom	62%	69%	71%	71%	69%	69%	68%	68%	-	-

FUENTE: Elaboración propia con datos de Eurostat. Acceso Mayo/Agosto 2015. Es importante hacer las siguientes observaciones:

- 1) Se excluye el análisis de Croacia y Malta por la escasez de datos económicos.
- 2) La revisión de los datos proporcionados por el modelo muestra suficiente parecido con la 'impresión global' que se obtiene al revisar los documentos de trabajo internos de la Comisión Europea [CE] "Estudios Prospectivos Anuales sobre el Crecimiento" para cada país de la UE. Accesibles en <http://ec.europa.eu/europe2020/making-it-happen/country-specific>.

[recommendations/index_es.htm](#). Estos documentos no proveen una valoración global de cada economía, por lo que el autor de la presente ha tenido que ‘deducirla’ a partir de los diversos comentarios. Este valor ‘deducido’ no representa por tanto la opinión de la CE sino la que el autor cree que tiene la CE. Por desgracia, no se ha encontrado una fuente de datos más precisa.

- 3) Mientras que los valores proporcionados por el modelo presentan elevada consistencia para los países con mayor PIB, su parecido con la realidad puede ser menor en países con reducido PIB. El motivo es que los Países con PIB<100.000 [son países cuyo PIB ni siquiera alcanza el 1% de la UE28, que sería 127.000 MM€] se consideran unidades reducidas, capaces de funcionar vinculadas a unidades exteriores [con reducido esfuerzo por parte de estas unidades exteriores]. Este grupo incluye: Bulgaria, Cyprus, Estonia, Hungary, Iceland, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Romania, Slovenia, Slovakia
- 4) El valor reducido obtenido para Luxemburgo contrasta con los informes de la UE que parecen concederle una sostenibilidad mucho mayor. Sin embargo, su gran especialización [50% VAB+CI en el sector financiero] le hacen vulnerable [poco resiliente] a cualquier impacto sobre dicho sector, si bien esta vulnerabilidad se reduce por el pequeño tamaño de su economía. El hecho de que el secreto bancario vaya a desaparecer entre 2015 y 2017 permitirá ver la reacción real de la economía luxemburguesa, cuyo reducido tamaño [VAB =1,3% del VAB de Alemania] permite un ajuste relativamente sencillo.
- 5) Criterios y/o simplificaciones adoptados para el cálculo de los indicadores:
 - a. Distribución del Ingreso [DI]. Hemos considerado como Ingreso, el valor medio de Ingreso Neto Equivalente [después de transferencias sociales]. Como Coeficiente de Concentración del Ingreso el Coeficiente de Gini equivalente [después de transferencias sociales]. Como CV el gasto medio del segundo quintil de población [consideramos que el gasto del primer quintil puede dejar necesidades sin cubrir]. Para Italia y Luxemburgo 2010 no se han encontrado datos desglosados por quintiles, y se ha hecho una aproximación considerando que el incremento del gasto medio en el periodo 2005-2010 se distribuya linealmente entre todos los quintiles de población.
 - b. Carga Económica Habitantes [CEH]. Austria, Cyprus, Denmark, Finland, Iceland, Italy, Norway, Sweden no tienen implantado SMI. En estos países hemos supuesto un SMleq igual a la Renta Neta Disponible para el Primer quintil económico de población multiplicado por 1,18 [valor medio del conjunto de países de la UE que tienen SMI durante el periodo 2005-2013]. En general el gasto desglosado para vivienda y transporte solo se ha encontrado para los años 2005 y 2010, habiendo sido necesario hacer una aproximación para los años restantes mediante el HIPC.

Frente a la aparente igualdad de países estables con los países ‘rescatados’ que mostraban los indicadores habituales antes de 2008, los indicadores propuestos proporcionan valores que permiten valorar el diferente grado de sostenibilidad de diferentes modelos.

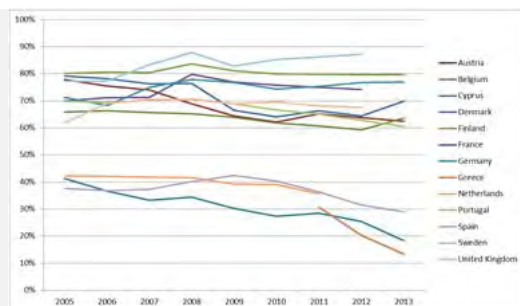


Gráfico AIX.5: El valor agregado de sostenibilidad económica que proporcionan los indicadores/ estructura de agregación propuesta muestra los cuatro países rescatados [Chipre, Grecia, Portugal y España] en la parte inferior de la gráfica. Su reducida sostenibilidad económica [valores en torno a 0,4] es previa a la crisis de 2008. En la parte superior de la gráfica [con valores superiores a 0,6] vemos los países considerados habitualmente estables: Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Holanda, Suecia y Reino Unido.

Y esto es fundamental, porque en esencia lo que nos indica es que **la diferente resiliencia de sus economías ante la última crisis económica ya era valorable en términos numéricos antes de la crisis**, siendo preciso hacer algunas puntualizaciones.

- Estos indicadores se han elaborado para el modelo operativo, y este objetivo condiciona tanto las variables medidas como su modelización. La valoración completa de la sostenibilidad económica de una sociedad puede requerir desarrollar algunos indicadores complementarios, que siempre deberán ser contrastados [e.g., tasa de crecimiento e inflación,..].
- La organización global del sistema constituye un ‘patrón de organización’ adaptativo que se modifica en el tiempo. La revisión de los datos recientes muestra la idoneidad de los indica-

dores propuestos, pero su idoneidad para el futuro requerirá su ajuste/adaptación progresiva, incorporando los cambios inherentes a la evolución de sistema económico⁶⁶⁴.

Además, es importante indicar que **la economía es un ‘juego’ cuyo desarrollo [evolución] es definida por numerosos ‘agentes’ y cuyo ‘valor’ suele medirse en términos de riqueza**. Pero, la riqueza es relativa y por tanto un agente solo puede mejorar su posición en el conjunto si al menos otro la reduce. Es un juego en esencia competitivo, y aparecen dos cuestiones importantes:

- la inestabilidad de unos agentes puede proporcionar beneficios a otros agentes y
- cierta incertidumbre en cuanto a la evolución de la economía permite maximizar el beneficio individual obtenido [una evolución totalmente estable/predecible de la economía solo permite beneficios moderados a los agentes individuales].

Este interés en lograr cierta inestabilidad/impredecibilidad [mucho o poca] de [parte o toda] la economía y la elevada capacidad de intervención [poder] de algunos agentes sobre la economía en su conjunto, hace que sea necesario tener presente dos cuestiones:

- la valoración de la estabilidad económica de una sociedad se debe entender como una predicción aproximada, y contrastarse con la monitorización frecuente de su evolución real.
- la valoración de la resiliencia de una sociedad debe revisar su capacidad de resistir presiones de agentes económicos que busquen dirigirla hacia estados no deseados en los cuales maximicen sus ganancias individuales.

AIX.6_ADENDA: ‘CRITICALIDAD’ VS ‘ESTABILIDAD’

Hemos hecho una revisión de la sostenibilidad económica de las sociedades que se hace interesante revisar comparando dos perspectivas posibles: la Estabilidad [el Equilibrio General propugnado por la Teoría General de Sistemas] y la Criticalidad [inestabilidad cíclica e inevitable propugnada desde la Geometría Fractal y la Teoría de Criticalidad Autoorganizada -Self Organized Critically, SOC-].

Se considera que un sistema presenta dinámicas de Criticalidad Autoorganizada si tiende autónomamente a [se autorregula hacia] un estado en el cual pequeñas modificaciones –que constituyen su dinámica habitual- pueden producir o no cambios radicales del estado global del sistema, siendo por tanto aparentemente imposible predecirlo⁶⁶⁵.

⁶⁶⁴ En este sentido el patrón productivo actual de la UE ‘estable’, con una importante presencia de sectores ‘energéticamente exigentes’ [e.g., manufacturero], se enfrenta al reto de su sostenibilidad medioambiental [especialmente relacionado con las Emisiones GEI y el Consumo de Energía].

⁶⁶⁵ “large catastrophic events occur as a consequence of the same dynamics that produce small, ordinary events” [Bak & Paczuski, 1995: 6690]



Lo anterior parece por tanto constituir un criterio de demarcación entre sistemas que presentan SOC y sistemas que tienden a equilibrios estables. Pero incluso la generalización a muchos ámbitos de la realidad de fenómenos fractales o SOC lleva a algunos autores a sugerir que el concepto de equilibrio estable estaría equivocado, y que todos –o al menos la mayoría de- los sistemas reales tienden a presentar dinámicas SOC.

La importancia de lo anterior es que según esta perspectiva el sistema económico estaría siempre sujeto a abruptos ajustes periódicos; inevitables e impredecibles.

La sucesión periódica de crisis económicas no dependería de acciones que pudieran ser evitadas [sino inherentes a la propia esencia del sistema] ni predecibles [puesto que son consecuencia de las causas que generan la dinámica habitual –no crítica- del sistema].

Sin embargo, la evolución de la economía de los países de la UE en el periodo 2000-2014, muestra tres cuestiones interesantes que nos permiten matizar lo anterior:

La primera es que vemos que la economía puede –ante un mismo estímulo- presentar ‘Criticalidad’ o ‘Estabilidad’ dependiendo de su estado inicial, pudiendo afirmar que...

- los países con valores de sostenibilidad económica igual o inferior a 0,4 presentan dinámicas ‘críticas’; en mayor medida [con mayor probabilidad] cuanto menor sea SE.
- los países con valores de sostenibilidad económica superior a 0,6 presentan dinámicas que tienden a la ‘estabilidad’ [reducida probabilidad de dinámicas SOC], en mayor medida cuanto mayor sea SE⁶⁶⁶.

La medida de la sostenibilidad económica constituye una medida aproximada [no estricta] de la probabilidad/improbabilidad de dinámicas estables/SOC⁶⁶⁷.

Los sistemas con elevada Insostenibilidad Económica tienden a presentar Criticalidad Auto Organizada, mientras que los sistemas con elevada Sostenibilidad Económica tienden a comportarse de ma-

⁶⁶⁶ Por este motivo, hemos establecido para las dimensiones de sostenibilidad los valores 0,7 como condiciones restrictivas en las transformaciones.

⁶⁶⁷ Ya hemos indicado en Alvira 2014a que S constituye una función aproximada de probabilidad, y en este caso SE constituye una medida de la improbabilidad de fenómenos SOC, siendo el valor 0,5 un umbral difuso.

nera estable [necesitan un periodo de ajuste reducido para incorporar los impactos y recuperar su posición previa]⁶⁶⁸.

Los países que construyen estructuras económicas alejadas de las posiciones estables, incrementan su probabilidad de sufrir ajustes abruptos y su improbabilidad de ser capaces de superarlos de manera autónoma.

La segunda cuestión que observamos es que, los diferentes valores obtenidos utilizando los indicadores económicos clásicos y los indicadores de sostenibilidad propuestos muestran que **un sistema puede mostrar Criticalidad Autoorganizada o no dependiendo de las variables con las que se monitorice su estado.**

Mientras que la evolución de PIB o del desempleo en los países de la UE muestra cambios abruptos, la monitorización de los países en términos de Sostenibilidad Económica muestra tendencias estables.

Y existe una correspondencia en la evolución de las cuestiones anteriores, que nos lleva a afirmar que **las dinámicas SOC son más probables en los sistemas que se encuentran en estados no óptimos con reducida resiliencia pero elevada neguentropía; i.e., que han construido estructuras no estables.**

IMAGEN

Imagen AIX.02: Adaptación vs Criticalidad. *La forma de las dunas es constantemente modificada por el viento, adaptando su perfil mediante suaves pero continuos ajustes, situándola siempre en un equilibrio estable: es prácticamente imposible ver una avalancha en una duna [salvo que intervenga un agente externo a dicho equilibrio –e.g., un humano pisando la arena-]. La 'adaptación' permite que la Criticalidad Autoorganizada desaparezca del que es su ejemplo por excelencia; el montón de arena.*

Mientras los sistemas en estados óptimos desarrollan comportamientos más o menos estables [sus incrementos de neguentropía les permiten sostener de manera estable su elevada distancia al equilibrio térmico, enfrentándose a la 2ª Ley⁶⁶⁹], y los sistemas en estados vulnerables pero de reducida neguentropía languidecen [consiguen mediante reducidos aportes de neguentropía mantener su reducida distancia al equilibrio térmico], *los sistemas en estados no óptimos de elevada neguentropía se enfrentan a ajustes que reduzcan bruscamente su 'cantidad de estructura' no estable*⁶⁷⁰.

Y la tercera cuestión es que **en ciertos aspectos, un ajuste brusco puede acercar a los sistemas a posiciones más estables [y por tanto más sostenibles en el tiempo], pese a haber reducido su can-**

⁶⁶⁸ Es importante indicar que los países 'estables' presentan un equilibrio estacionario en el corto plazo pero adaptativo/evolutivo en el medio-largo plazo.

⁶⁶⁹ La Segunda Ley de la Termodinámica acerca los sistemas al equilibrio térmico [de energía/materia], es decir, un estado en el cual calor, materia y energía se distribuyen homogéneamente por todo el espacio.

⁶⁷⁰ Nos permite entender la frase 'gigante con pies de barro'. Las 'avalanchas se presentan como reducciones bruscas de neguentropía de sistemas que se han alejado demasiado de las posiciones estables.

idad de Neguentropía, mostrándonos algo que ya sugerimos en Alvira 2014b, la Sostenibilidad de un sistema no es relacionable con su Complejidad Absoluta [como cantidad total de neguentropía u organización], sino con su Grado de Complejidad condicionada al concepto sostenibilidad.

Y esto quiere decir que un sistema económico que haya sufrido un ajuste abrupto no debe esforzarse en reconstruir la estructura económica que tenía anteriormente a dicho ajuste [y que ya ha demostrado su inestabilidad/vulnerabilidad] sino aprovechar la mayor ‘estabilidad’ de la estructura ‘ajustada’ como base para levantar una estructura más estable [y necesariamente diferente].

Esto nos permite proponer otro acercamiento a una pregunta que se repite con frecuencia en los círculos de las Ciencias de la Complejidad: **¿es la complejidad elevada buena o mala para los sistemas?**

El término complejidad se utiliza en la actualidad para designar un número considerable de cuestiones, que aunque parcialmente coincidentes no lo son totalmente, y por tanto para explicar lo anterior vamos a remitirnos a dos de sus utilizaciones frecuentes:

- la primera es desde la perspectiva sistémica que asocia la Complejidad de los sistemas con la medida de su cantidad de organización; elementos y relaciones entre ellos.
- la segunda es desde la definición epistemológica de lo complejo como ‘aquello que esta tejido en conjunto’ [Morín, 2006; Alvira, 2014b].

Es decir, que desde una perspectiva sistémica podemos interpretar que un sistema incrementa su complejidad cuando incrementa el grado en que ‘esta tejido en conjunto’; i.e., incrementa su número de elementos e interrelaciones [o intensidad de las mismas] entre dichos elementos.

Y si aplicamos lo anterior a la dimensión económica, podemos decir que los periodos de elevada actividad económica implican incremento de complejidad mientras que los periodos de crisis económica implican reducciones de complejidad. A su vez, podemos relacionar ambas cuestiones con la 2ª ley de la termodinámica, puesto que un incremento de complejidad implicaría alejamiento del equilibrio térmico, mientras que una reducción de complejidad implicaría acercamiento al equilibrio térmico.

Pero hemos visto que, partiendo de una configuración similar según los indicadores clásicos económicos [de crecimiento], diversos países de la UE han alcanzado estados finales muy diferentes; algunos apenas han notado la crisis de 2008, mientras que otros se han visto muy afectados por ella, siendo posible diferenciar dos grupos:

- Países que han sufrido una fuerte recesión, reducción de actividad económica destrucción de empresas y empleos; i.e., una fuerte reducción de su ‘complejidad económica’.
- Países que apenas han notado la crisis, y que incluso han generado empleo neto/empresas respecto al momento anterior a dicha crisis; i.e., no solo no han visto reducida su ‘complejidad económica’ sino que la han incrementado.

Es decir, que si consideramos que la creación de empresas, empleos y actividad económica [que implica a su vez relaciones comerciales y monetarias] es una forma de ‘complejidad económica’, la de ciertos países ha sido ‘mala’ y la de ciertos países ha sido ‘buena’.

Y la diferenciación entre ambos tipos de complejidad se debe medir necesariamente en términos del tercer aspecto de las organizaciones [Alvira, 2014a]; el orden como relación entre la parte y el todo.

O dicho de otra forma; *valorar la actividad de las sociedades en términos de ‘complejidad económica’ [equivalente en gran medida a valorarlas en términos de ‘crecimiento’] no nos permite evaluar su estabilidad. No permite valorar si dichas estructuras serán capaces de resistir la próxima crisis o se derrumbarán constituyendo todo ese esfuerzo [creación de empleos, empresas, etc...] simplemente una gran cantidad de esfuerzo desperdiciado.*

Valorar si la ‘complejidad económica’ es ‘buena’ o ‘mala’ requiere revisar los sistemas en términos de grado de sostenibilidad, que nos proporciona una medida de su estabilidad [esperada].

ANEXO X: TRES D'S PARA DESARROLLAR LA IDEA DE 'DECOUPLING'

En la actualidad, se suele utilizar el término 'decoupling' para designar aquellas políticas/estrategias cuyo objetivo es 'desvincular' el desarrollo económico del consumo de recursos.

Se justifican desde la comprensión de que el desarrollo económico hasta ahora ha ido 'vinculado' [coupled] a una explotación de los recursos naturales que a su vez ha ido vinculada a un deterioro del medio ambiente⁶⁷¹, y lo que se busca es romper dichos vínculos [decouple].

Y como medida del grado en que desarrollo económico va 'unido' a la explotación de los recursos naturales, se plantean diferentes acercamientos que se basan en medir la 'eficiencia' de los procesos económicos/productivos considerando que sus Costes son el consumo de recursos / Impactos medioambientales producidos, y el Beneficio/producto obtenido es la 'riqueza' o 'renta' generada.

Sin embargo, desde las perspectivas que proponemos en este texto existen dos cuestiones que obligan a ampliar el concepto de decoupling y revisar la forma de valorarlo:

- La primera es que *los planteamientos habituales desde la perspectiva de 'decoupling' utilizan la fórmula clásica de la eficiencia*, y hemos visto que el concepto de eficiencia solo es relacionable con la sostenibilidad si se plantea en términos de 'grado de eficiencia'.
 - no nos importa tanto cuantos recursos consume una actividad económica sino cuantos recursos deja disponibles el conjunto de todas las actividades económicas.
 - no nos importa tanto cual es el impacto producido por una actividad económica sino cual es el estado en que queda el medioambiente tras dicho impacto
- La segunda es que *considerar la creación de Riqueza como Beneficio [desarrollo] constituye un error conceptual; equivale a confundir los medios [satisfactores] con los fines [necesidades cubiertas/utilidad obtenida]*. El incremento de Riqueza no necesariamente es Desarrollo.

Las implicaciones del primero de dichos aspectos ya las hemos revisado en profundidad a lo largo del texto, por lo que no insistiremos en ellas. Sin embargo, se hace interesante una revisión extensa de la segunda cuestión. Considerar que el ratio Renta generada/Recursos utilizados sea un indicador que informa de la sostenibilidad del desarrollo de una economía supone utilizar un indicador que no es el más idóneo para medir dicha cuestión, y que además limita –mucho- las opciones para incrementar la sostenibilidad económica.

Por ello, vamos a proponer tres perspectivas que constituyen opciones para lograr este desarrollo sostenible, formulándolas en los términos adecuados:

- En primer lugar, revisaremos el acercamiento habitual en la actualidad, proponiendo algunas modificaciones en el enfoque.
- En segundo lugar, propondremos dos estrategias de 'decoupling' complementarias a la dominante en la actualidad.

⁶⁷¹ La comparación de la Huella Ecológica [He] con el Índice de Desarrollo Humano [HDI o IHD], indica que 'la mayoría de los países con elevado HDI han mejorado el bienestar de sus ciudadanos a expensas de una mayor huella ecológica' [WWF, 2012: 61]

Estas tres estrategias presentan efectos sinérgicos entre ellas, por lo que las llamaremos las 3 D's entendiendo que su implementación conjunta puede multiplicar su impacto positivo.

AX.1_D1: DESVINCULANDO CRECIMIENTO ECONÓMICO Y CONSUMO DE RECURSOS

Existe acuerdo unánime en que el modelo económico actual solo puede sostenerse en el tiempo si se rompe el vínculo actualmente existente entre actividad económica y utilización de recursos naturales/impacto medioambiental, existiendo dos enfoques complementarios para lograrlo que se basan en el concepto de Eficiencia creciente:

- *Desvinculación del uso de recursos del crecimiento económico*, reduciendo la cantidad de recursos utilizado por unidad de producción:

$$\Delta EFE = \frac{\Delta RBD}{\Delta R} > 1 \quad (19)$$

Siendo EFE la eficiencia de un proceso económico; ΔRBD la Renta generada durante un periodo y ΔR los Recursos utilizados durante dicho periodo

- *Desvinculación de impacto medioambiental del uso de recursos*, reduciendo el impacto medioambiental por unidad de recursos utilizado.

$$\Delta EFE = \frac{\Delta I}{\Delta R} < 1 \quad (20)$$

Siendo EFE la eficiencia en el uso de un recurso natural; ΔI el Impacto medioambiental generado durante un periodo y ΔR los Recursos utilizados durante dicho periodo

Sin embargo, existen algunos cuestionamientos importantes en relación a estos dos enfoques que podemos agrupar en dos:

El primero, es que **estos indicadores se olvidan de valorar algo fundamental desde la perspectiva de sostenibilidad; ¿eran necesarios los consumos realizados? ¿Está la sociedad mejor ahora que antes? ¿Cuánta utilidad obtiene la sociedad de dichos consumos?**⁶⁷² Medir Renta generada no nos permite responder a estas preguntas, y la solución pasa por tanto por no medir Renta sino Utilidad total generada, para lo cual ya hemos indicado la idoneidad de la función 'grado de sostenibilidad'.



Imagen AX.01: una persona muy rica se compra su decimoquinto chalet, coche, barco, avión,... que ha sido construido/ fabricado de manera más ecológica que los anteriores, y el indicador habitual mostraría mayor desvinculación de la economía del uso de recursos naturales, lo que contrasta con dos cuestiones:

- ... *La sociedad no ha experimentado ningún desarrollo sostenible con dicho gasto.*
- ... *Si una persona necesita quince chalets, coches o aviones, entonces presenta una dependencia [vinculación] muy fuerte [real o percibida] de los recursos naturales.*

⁶⁷² "Los comportamientos y elecciones individuales son claves en la senda hacia la sostenibilidad [...] Mientras apoyamos el amplio concepto de la protección del medioambiente, nuestras elecciones y comportamientos individuales y colectivos, en muchas ocasiones ponen incluso mayor presión sobre un ya frágil medioambiente" [EU, 2004]

Vincular la reducción de los impactos medioambientales a la creación de riqueza supone considerar los actuales patrones de producción y consumo como un paradigma a mantener; **equivale a perpetuar la actual vinculación entre consumo de recursos y obtención de utilidad** cuyos efectos negativos hemos destacado a lo largo del texto, y renuncia a una de las estrategias más eficientes para avanzar hacia la sostenibilidad: modificar los hábitos de consumo⁶⁷³. Un ejemplo lo podemos ver en las reducciones posibles de impacto ambiental asociadas a los hábitos de alimentación.

TABLA AX.01_ REDUCCION DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL MODIFICANDO HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN

ESTRATEGIA	POSIBLE REDUCCIÓN DE IMPACTO
Eligiendo alimentos poco procesados, con envases ligeros,...	En España “casi el 90 % de la basura que se produce en los hogares se deriva de directamente del procesado de alimentos [restos orgánicos y envases]” [IDAE, 2011a:159]
Eliminando excesos de compra de comida que lleve a tirar comida no utilizada	Se calcula que se podría reducir el peso de la comida en la huella ecológica entorno a un 7,2% simplemente minimizando la cantidad de comida que se tira [Dawkins et Al, 2008]
Priorizando en la dieta alimentos con bajo impacto (1)	La comparación entre tipos de dieta para habitantes de una misma población, muestra una diferencia de 2,5 veces de huella ecológica entre una persona que intente maximizar la eficiencia en su consumo [y mantenga una dieta equilibrada] y otra que no le de importancia [Dawkins et Al, 2008: 64]

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) Esto requeriría el etiquetado de productos que proporcione información suficiente al consumidor para que pueda elegir dicha dieta. Entre las estrategias que propone la CCE [2005, Anexo] se incluye: “considerar incrementar la concienciación de los consumidores, en particular mediante esquemas de etiquetado que indiquen la sostenibilidad de los productos”
- (2) A lo anterior es necesario añadir que la huella ecológica de comer fuera del hogar es considerablemente superior a la de la comida hecha en casa. Se ha estimado que cenar fuera conlleva 10 veces más consumo de energía debido al transporte, la elevada superficie necesaria consumiendo energía para calefacción e iluminación, el largo tiempo de funcionamiento de los electrodomésticos de cocina, y los residuos de comida [Dawkins et Al, 2008:64]

Y la segunda cuestión es que **en ambos casos nos estamos refiriendo a la ‘eficiencia’ del sistema**, apareciendo las contradicciones ya comentadas entre eficiencia y sostenibilidad [Paradoja de Jevons, Efecto Rebote,...]. En muchos casos existe cierta relación entre la Eficiencia y la Sostenibilidad, pero hay condiciones necesarias para que se produzca dicha relación:

- la eficiencia solo se relaciona con la sostenibilidad si los consumos totales se mantienen por debajo de los límites máximos totales.
- la eficiencia que importa para la sostenibilidad no es la de una ‘tecnología’ en particular, sino la eficiencia ‘total’ de la sociedad.

Esto quiere decir que el incremento de la eficiencia tecnológica solamente contribuye a un incremento de la sostenibilidad si se cumplen alguna de las dos condiciones:

- Se mantiene la utilidad reduciendo los consumos totales
- Se incrementan la utilidad y los consumos, pero manteniéndose estos últimos por debajo de los umbrales máximos de consumo.

Frente a ello, la evolución positiva del ratio riqueza generada/recursos consumidos [o impacto medioambiental producido] no tiene por qué redundar en una reducción del impacto medioambiental global producido por una sociedad sobre el medio ambiente, lo que puede deberse a:

⁶⁷³ Es importante comprender que este paradigma de *decoupling* es promovido sobre todo desde los países más industrializados, es decir, aquellos cuya estructura económica está más concentrada en la producción de productos manufacturados, y por tanto cuya economía se podría resentir si las personas redujeran su consumo. Esto explica porque siempre se hace énfasis en cómo reducir la insostenibilidad ambiental sin reducir el consumo.

- *Efecto Rebote*. Habitualmente el incremento de la eficiencia tecnológica de un bien redundará en reducciones de su coste de utilización, lo que lleva a su vez a...
 - una mayor intensidad de uso por los usuarios previos
 - un aumento del número de usuarios.
- *Paradoja de Jevons*. La Historia ha demostrado que la mejora tecnológica suele incrementar el consumo total contrarrestando el aumento de eficiencia por unidad de consumo.

Ambas cuestiones son muy importantes, y vamos a revisar en mayor profundidad la primera de ellas:

AX.1.1_ EL EFECTO REBOTE

El **Efecto Rebote** alude al hecho de que los aumentos de eficiencia tecnológica suelen redundar en aumentos del consumo. El motivo es que el incremento de eficiencia tecnológica reduce el consumo unitario de recursos, abaratando el coste de utilización del bien cuya eficiencia se ha incrementado, lo que lleva a su mayor utilización por las personas. Esta mayor utilización hace que el ahorro de recursos previsto no se materialice, o lo haga en una cantidad mucho menor de la esperada.

En parte lo anterior se debe a que las empresas buscan incrementar sus beneficios de dos maneras; reduciendo su coste en recursos por unidad de producción e incrementando sus ventas/el uso de sus bienes que hacen las personas. El aumento de Eficiencia Tecnológica en general no es utilizado como estrategia para reducir los consumos totales de recursos [que no constituye un fin en sí mismo de las empresas], sino para reducir sus costes e incrementar la utilización de los bienes por parte de los usuarios⁶⁷⁴. Por ello, en muchos casos, el incremento de eficiencia tecnológica ha sido útil para incrementar el desarrollo social y económico, pero no para reducir la insostenibilidad medioambiental.

Esto lo podemos ver claramente utilizando la siguiente ecuación para contabilizar el impacto medioambiental del uso de un bien en una sociedad [Alcott, 2005: 10]

$$I = P * A * T \quad (21)$$

Siendo I_ Impacto medioambiental derivado del uso del bien; P_ Población [usuarios del bien]; A_ Afluencia [intensidad de utilización del bien por parte de cada usuario] y T_ Tecnología [eficiencia tecnológica del bien]

La ecuación anterior muestra que un incremento de la eficiencia tecnológica [una reducción del valor de T] implicará una reducción proporcional del impacto medioambiental 'I' derivado del uso del bien, si y sólo si P * A se mantiene constante. Es decir, que la reducción esperada del impacto producido por el uso del bien puede verse minorada, compensada o incluso sobrepasada si aumenta el número de personas que utilizan dicho bien [P] o la utilización que cada persona realiza del mismo [A]⁶⁷⁵.

⁶⁷⁴ "Reducir el ratio consumo/producción no ocasiona menores consumos para una misma producción ni los mismos consumos para mayor producción, sino consumos mayores para una producción mayor [...] donde solo buscamos reducir el ratio coste/beneficio, un incremento de eficiencia reducirá el consumo de recursos; donde buscamos también incrementar los beneficios, el efecto rebote será positivo y puede superar a los ahorros producidos" [Alcott, 2005:15]

⁶⁷⁵ En otras palabras, el incremento de eficiencia tecnológica 'lucha' contra dos posibles efectos rebotes, teniendo grandes posibilidades de 'perder la batalla'.



Imagen AX.02: La reducción de consumo prevista como consecuencia de una mayor eficiencia tecnológica de los automóviles [reducción consumo unitario] puede ser anulada [o muy disminuida] por dos posibles efectos rebote:

- *Personas que tenían automóvil incrementan su uso, que ahora es más barato. Supone un aumento del término 'A'*
- *Personas que no tienen acceso al automóvil, deciden comprarse uno. Supone un aumento del término 'P'*

*Si $\Delta A * \Delta P > \Delta T$, el impacto total [I] se habrá incrementado.*

Por ello, es necesario revisar los otros dos términos de la ecuación sobre los que podemos actuar ['P' y 'A'] y que identificamos con los 'hábitos de utilización' del bien. Para reducir el impacto medioambiental es tan efectivo incrementar la eficiencia como modificar los hábitos de consumo [aunque pueden ser estrategias complementarias]⁶⁷⁶. Además, relacionar la ecuación anterior con la sostenibilidad requerirá *establecer cuotas máximas para 'I'* [Alcott, 2005], que constituyan 'umbrales' de consumo sostenibles, penalizando los consumos que superen dichos límites⁶⁷⁷.

Complementariamente, resulta interesante revisar la ecuación anterior desde la perspectiva de 'utilidad' global generada en la sociedad. Los consumos se justifican por la utilidad que proporcionan, y desde la perspectiva de sociedad, lo que nos interesa es la utilidad total [U_t], modelizable como:

$$U_t = \sum_{i=1}^P U_i[A] \quad (22)$$

Siendo P_ Número de personas; U_i_ Utilidad individual y A__i_ intensidad de Utilización

Donde U_i constituye una medida de la utilidad que un individuo 'i' obtiene del uso del bien [A] y por tanto será una función con marginalidad decreciente a medida que aumenta A. Es decir, la *utilidad total o colectiva* dependerá del número de personas que tienen acceso a determinados niveles de utilización de un servicio, y será posible incrementarla de dos maneras:

- *Incrementando el nivel de uso individual.* Dado que la utilidad que obtiene un individuo del uso del bien posee marginalidad decreciente, el Impacto medioambiental crece por encima de lo que crece la 'utilidad total'. La Eficiencia Tecnológica tiene que crecer por encima de la utilidad total conseguida para equilibrar el impacto medioambiental
- *Incrementando el número de personas que tienen acceso a un servicio, pero manteniendo estable el nivel de uso individual.* El impacto medioambiental crece proporcionalmente a la 'utilidad total'. La eficiencia tecnológica tiene que crecer en paralelo a la utilidad total para equilibrar el impacto medioambiental.

⁶⁷⁶ Dentro de estos hábitos el uso compartido de bienes se presenta como estrategia de elevada eficiencia al incrementar 'P' y 'A', manteniendo constante –o casi constante– 'I'.

⁶⁷⁷ En la misma línea se expresan Ercin y Hoekstra [2012: 15]: "las estrategias basadas en el aumento de la Eficiencia Tecnológica para reducir el impacto medioambiental están destinadas a fracasar; los incrementos de eficiencia tienen que ir acompañados de umbrales máximos de Huella GEI y Huella Hídrica"

Vemos por tanto que en un mundo con capacidad 'limitada' de absorber 'impactos medioambientales', el 'desarrollo' se maximiza limitando los consumos máximos por habitante. Esto nos habla de la importancia de establecer *ciertos consumos máximos de recursos que no deben poder ser traspasados mediante intercambios de renta*.

A continuación vamos a proponer las dos D's que consideramos 'complementarias'

AX.2_D2: DESVINCULANDO NIVEL DE RENTA Y PODER

Desde el comienzo de la civilización, existe una vinculación entre Nivel de Renta y Poder⁶⁷⁸, que constituye un obstáculo para el desarrollo sostenible de las sociedades, por varios motivos:

- desde una *perspectiva económica* las lleva a situarse en rangos de Distribución del Ingreso que las hacen ineficientes/vulnerables.
- desde una *perspectiva medioambiental*, este poder está en gran medida ligado a modelos insostenibles de consumo de recursos que busca perpetuar modificando lo mínimo posible.
- desde una *perspectiva de gobernanza global*, la concentración de poder lleva a que las sociedades se dirijan hacia estados que no son los mejores para el conjunto [todas las sociedades].

Hemos visto que la Utilidad total creada con los recursos accesibles a las sociedades suele ser mucho menor de lo que podría ser si se redujera la desigualdad en el acceso a dichos recursos, y esto hace evidente una pregunta... Si una sociedad con niveles reducidos de desigualdad es más eficiente y sostenible... **¿por qué las sociedades humanas tienden a situarse en rangos de distribución de la renta que las hacen ineficientes?** Existen dos razones principales que permiten explicarlo:

- Al igual que la pobreza es relativa, la riqueza también lo es; i.e., al aumentar la Distribución de la Renta disminuye la *pobreza relativa* pero también la *riqueza relativa*.
- La *riqueza relativa* implica acumulación de *poder* como mayor capacidad de algunos agentes de la sociedad para dirigir las decisiones y acciones de otros agentes hacia las posiciones más beneficiosas para ellos mismos.

En un contexto de reducida concentración de la riqueza las personas con elevado nivel de renta son *menos ricas* y por tanto *menos poderosas*, y en consecuencia tienen menor capacidad de modificar las decisiones políticas hacia posiciones más ventajosas para sus intereses individuales.

Las estructuras del poder económico actuales necesitan mantener ciertos niveles de desigualdad en la Distribución de la Renta/Riqueza, porque su existencia se deriva precisamente de la existencia de dicha desigualdad⁶⁷⁹. Aceptar la reducción de la desigualdad económica implica poner en peligro su propia pervivencia, siendo por tanto una decisión irracional.

⁶⁷⁸ "Entendemos 'poder' como la capacidad estructural para imponer la voluntad de uno sobre la de otro. Pueden existir negociaciones, Pero en último término el poder se ejercita cuando, independientemente de la voluntad de alguien [...] dicho actor debe someterse a la voluntad de quien ejerce el poder [o en su caso se verá expuesto a la violencia de diferentes formas]" [Castells, 2004]

⁶⁷⁹ Esto no quiere decir que el poder económico 'prefiera' la máxima desigualdad posible dentro de una sociedad; existen rangos óptimos de desigualdad según el tipo de poder económico revisado, pero en todos los casos son estados alejados de la situación más sostenible [óptima] que podrían alcanzar para una misma cantidad de recursos en dicha sociedad.

Adicionalmente, la emergencia de este poder se vincula a estructuras empresariales ligadas a la posesión y/o consumo de bienes, dificultando el avance hacia una sociedad más sostenible, al tratar de perpetuar lo más posible en el tiempo patrones de consumo insostenibles, sobre los que se basan sus niveles de renta elevados.

El poder económico actual no sólo se asienta en parte sobre cimientos ‘insostenibles’ [niveles no eficientes de desigualdad] sino que además actúa como ‘agente político’ de primer orden, dificultando modificar ‘hábitos’ actuales por otros más sostenibles para el conjunto.

Por tanto, modificar estas estructuras requiere desvincular la posesión de Riqueza/Renta y Poder, para lo cual se puede avanzar mediante algunas estrategias ya comentadas:

- Reformulando la gobernanza, incluyendo el **Derecho de Veto** de la población como forma sencilla de evitar la concentración de poder político en las personas más ricas de la sociedad; el veto/iniciativa de la mayoría permite evitar/emprender las acciones que no benefician a la mayoría.
- Optimizando la **Accesibilidad Económica a Bienes y Servicios**.
- Aceptando que deben existir **límites al consumo individual**, que permitan la existencia de desigualdades justificadas solo en el rango en que no sea perjudicial para el conjunto.

AX.3_D3: DESVINCULANDO UTILIDAD Y PROPIEDAD

Hemos revisado exhaustivamente la relación entre ‘sostenibilidad’ y ‘calidad de vida’. Ésta última, viene dada en gran medida por la utilidad que las personas obtienen del medio en el cual viven, así como de los bienes y servicios que pueden utilizar [i.e., cuyo uso les es ‘accesible’].

En nuestra sociedad, frecuentemente se identifica la utilización de un bien con su posesión; cada persona accede a la utilidad de los bienes que posee. Sin embargo, **la existencia de límites** [tanto al consumo de recursos –naturales y económicos- como en el uso del espacio] *hace inviable que todas las personas puedan poseer todos los bienes que podrían aportarles ‘utilidad’*.

Se hace por tanto necesaria una revisión de la cuestión desde una perspectiva que nos señale caminos que permitan seguir incrementando la ‘utilidad’ accesible a las personas [i.e., su desarrollo] sin seguir sobrepasando los ‘límites del sistema’. Una estrategia que se presenta como una de las vías que más beneficios pueden producir en esta línea es **el uso compartido de bienes**

Existen muchos tipos de bienes cuyo uso compartido no reduce [o reduce mínimamente] la utilidad que cada individuo obtiene de dicho uso [e.g., una acera, un parque público, un autobús,...]. Esto quiere decir que el uso compartido de dichos bienes incrementa la utilidad total que generan sin modificar los recursos necesarios para producirlos. Su Eficiencia crece proporcionalmente al número de usuarios [n], lo que podemos expresar aproximadamente como:

$$EFE = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{R} \sim n * \frac{U_m}{R} \quad (23)$$

Siendo: n_ número de usuarios; U_i_ la utilidad que obtiene cada usuario; U_m_ utilidad media y R_ los recursos naturales utilizados para la fabricación del bien

Sin embargo, la mayoría de bienes presenta limitaciones a las condiciones en que se pueden compartir que deberán ser valoradas a la hora de evaluar las de compartir diferentes bienes:

TABLA AX.02_ CUESTIONES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE UN BIEN DE SER COMPARTIDO	
Naturaleza del bien / Número máximo de usuarios que puede compartirlo sin que decrezca la utilidad total obtenida	<p>Diferentes bienes poseen características que es preciso revisar a la hora de revisar su capacidad de ser compartidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un libro electrónico es un bien que puede ser compartido entre un número casi infinito de usuarios sin reducir utilidad individual: la utilidad total obtenida será casi- perfectamente proporcional al número de usuarios. • Una carretera publica puede ser compartida por un número elevado de personas, pero existe un límite a partir del cual la velocidad del tráfico ira decreciendo progresivamente. Incrementar el número de usuarios cuando este es reducido hará crecer la eficiencia casi proporcionalmente. Sin embargo el crecimiento de eficiencia ira reduciéndose progresivamente pudiendo llegar a una zona en la que la eficiencia se reduzca al incrementar el número de usuarios.
Características de usuarios que optimizan compartir un bien	<p>Para que el uso compartido de ciertos bienes incremente la utilidad obtenida puede ser necesario que las personas que los comparten [o la forma de compartirlo] posea[n] ciertas características.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por ejemplo, una plaza de aparcamiento puede ser un bien compartible entre dos personas que lo necesitan en horarios complementarios [e.g., se localiza en un edificio donde uno de ellos tiene la vivienda y el otro su lugar de trabajo, y ambos utilizan el vehículo para ir a trabajar]. Pero no lo será si los horarios son coincidentes.
Beneficio obtenido de compartir dicho bien [cantidad de utilidad generada/recursos ahorrados]	<p>Siempre será más eficiente potenciar el uso compartido de aquellos recursos que generan mayores incrementos de utilidad global y ahorro de recursos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por ejemplo, intercambiar un piso para irse de vacaciones supone un ahorro importante de recursos [económicos y naturales] frente a comprarse una vivienda de vacaciones que solo se use un mes al año.
<p>FUENTE: elaboración propia</p> <p>(0) Es importante destacar que la 'libertad individual' también es un valor social importante, y que compartir 'bienes' suele producir una reducción de la 'libertad individual en relación a la que proporciona su propiedad. Esta reducción puede ser muy pequeña o muy grande dependiendo del bien, por lo que deberá ser considerada al evaluar el beneficio obtenido así como la viabilidad de compartir cada tipo de bien.</p>	

Lo interesante es que la mayoría de los bienes que habitualmente utilizamos se pueden compartir en condiciones que incrementan mucho la utilidad global [con reducciones de utilidad individual aceptables] y sin incrementar prácticamente el consumo de recursos [o incluso reduciéndolo]. Esto nos lleva a afirmar que en gran parte la sostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo requerirá evolucionar desde la 'Sociedad del tener/consumir' [poseer/utilizar y tirar] hacia una 'Sociedad del compartir' [utilizar y dejar en buenas condiciones para que lo utilicen otros].

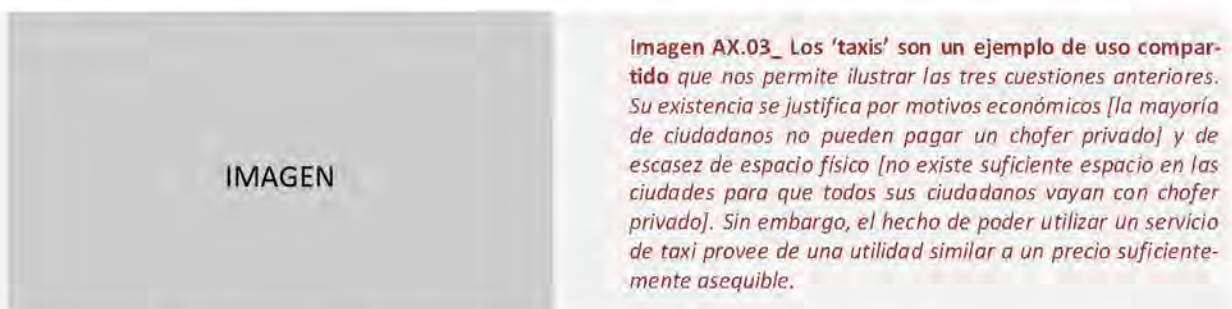
En realidad, hay que indicar que el uso compartido de bienes y servicios es un planteamiento muy arraigado en las sociedades humanas. Cualquier sociedad surge en esencia de la voluntad/necesidad de compartir un espacio y una cultura [de hecho, el 'uso compartido' es en gran parte la justificación de la existencia misma de la 'ciudad']. Y encontramos numerosos acercamientos muy diversos a la cuestión que son aceptados y utilizados por la mayoría de personas:

TABLA AX.03_ EJEMPLOS DE USO COMPARTIDO DE BIENES Y SERVICIOS	
DESDE EL SECTOR PÚBLICO	<p>Todos los servicios y espacios públicos:</p> <p>Red de Espacios Públicos [incluyendo aparcamiento en viario, ...]</p> <p>Equipamientos públicos</p> <p>Transporte publico</p> <p>Servicios de préstamos de bienes [bibliotecas,...]</p>
DESDE EL SECTOR PRIVADO	<p>Todos los servicios públicos ofrecidos desde el sector privado]: Taxis, Suministros urbanos [redes de electricidad, gas, telefonía,..]</p> <p>Espacios de prestación de servicios: Restaurantes, Hoteles, Gimnasios, Colegios,...</p> <p>Servicios de alquiler de bienes: Coches, Dvd's,...]</p> <p>Servicios que fomentan el préstamo de bienes entre particulares: [redes de intercambio – temporal- de vivienda,...]</p>
<p>FUENTE: Elaboración Propia.</p> <p>(1) Este listado no pretende ser exhaustivo, solamente poner algunos ejemplos que muestren que el uso compartido es un plan-</p>	

teamiento ampliamente difundido, tanto en el sector público como en el privado, y que es utilizado en todos los niveles sociales, y en áreas muy diferentes de actividad.

La pregunta es por tanto inevitable; si el uso compartido es algo frecuente e inherente a nuestra sociedad... ¿qué es lo que es necesario cambiar? La respuesta es sencilla; las causas que hagan que decidamos/prefiramos/aceptemos compartir un bien. Hasta ahora el uso compartido de bienes o servicios se ha estructurado en torno a dos ejes:

- Dos causas:
 - Ahorro de espacio [especialmente en las ciudades colapsadas].
 - Ahorro de recursos económicos⁶⁸⁰.
- Y una condición restrictiva: compartir el bien o servicio debe proporcionar a los que comparten una utilidad razonable/cercana a la que proporciona la posesión individual del bien.



Sin embargo, la insostenibilidad nos obliga a añadir dos causas que hasta ahora no han sido motivo para favorecer el 'uso compartido': el ahorro de recursos naturales y la escasez de espacio aplicada con carácter 'universal' a todo el territorio⁶⁸¹.

Por tanto, aunque el uso compartido de bienes ya es una práctica extendida y frecuente; se trata de ampliar las causas que hacen interesante/conveniente o incluso necesario dicho uso compartido, valorando conjuntamente tres ejes:

- Capacidad de cada bien o servicio de ser compartido
 - Características del uso compartido
 - Características de usuarios que optimizan/permiten compartir el bien
- Beneficio que se obtendría al compartir dicho bien en términos de...
 - ... Ahorro económico.
 - ... Ahorro de espacio [dentro y fuera de las ciudades].
 - ... Ahorro de recursos naturales/impacto sobre el medio ambiente.
- Relación entre número de usuarios y utilidad/ahorro total obtenidos.

Esta última cuestión nos lleva a recalcar dos aspectos fundamentales:

- Compartir bienes supone en general incrementar la 'utilidad total' producida asumiendo a cambio una cierta pérdida en la 'utilidad individual' obtenida por cada uno de los usuarios.

⁶⁸⁰ De hecho, para ciertas personas compartir es la única opción para lograr la accesibilidad económica a un servicio o bien.

⁶⁸¹ El territorio 'no alterado' por el hombre empieza a ser un bien escaso que hay que preservar.

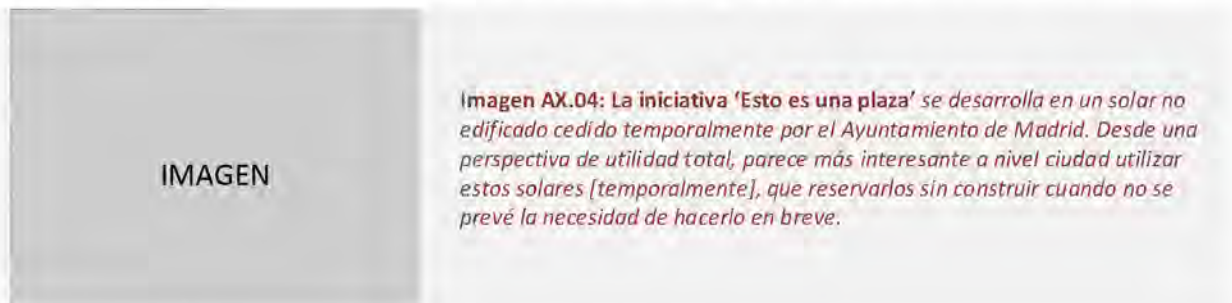
- El uso compartido de bienes o servicios puede proveer muy diferente beneficio según el bien o servicio compartido, el número de usuarios y/o las condiciones en que se comparte.

Esto hace que sea fundamental hacer un estudio individualizado de bienes y servicios y priorizar [o fomentar] el uso compartido de aquellos bienes [y en aquellas condiciones] que mayor incremento de eficiencia aportan. En general, podemos afirmar que el mayor incremento de eficiencia se obtendrá de aquellos bienes o servicio que cumplan dos condiciones:

- Su mayor consumo de recursos naturales se produce durante su producción y por tanto el uso compartido reduce mucho el consumo de recursos naturales por usuario [frente a aquellos en los cuales el mayor consumo se produce durante su funcionamiento, y por tanto el uso compartido no reduce tanto su impacto medioambiental]
- Gran parte del tiempo no son utilizados, y el uso compartido puede hacerse aprovechando el tiempo en que no son utilizados⁶⁸²

Las dos cuestiones anteriores anuncian algo que se va haciendo evidente: **la importancia de diseñar bienes y servicios para el 'uso compartido'; el uso compartido puede ser mucho más eficiente si se contempla desde las propias fases de diseño de los objetos o espacios.**

Esto es fundamental, y nos permite explicar desde otra perspectiva la mayor sostenibilidad de la ciudad compacta frente al modelo disperso. **La ciudad compacta es un diseño urbano que facilita mucho el uso compartido de espacios, bienes y servicios** mientras la ciudad dispersa lo dificulta⁶⁸³. Dentro de este compartir, una posibilidad interesante es la utilización temporal de espacios no utilizados en la actualidad, como pueden ser solares no construidos o edificios abandonados.



O incluso el uso efímero del espacio público, generalmente relacionado con iniciativas culturales y de creación de identidad. Desde la perspectiva de 'utilidad', poner en carga cualquier espacio disponible en la ciudad, supone un incremento de la 'utilidad total' disponible en dicha ciudad [a veces con consumos de recursos mínimos], constituyendo una vía para incrementar eficiencia y sostenibilidad.

⁶⁸² En general vemos que el patrimonio construido es muy susceptible de su uso compartido, lo que redundaría en un gran ahorro de recursos. En la situación actual en España, una utilización adecuada del parque inmobiliario existente, haría prácticamente innecesario la construcción de nueva planta. El empleo perdido no debería ser una preocupación, puesto que la gestión de bienes y servicios [e.g., la preservación y mejora del parque inmobiliario existente] también genera empleo.

⁶⁸³ Un ejemplo es la baja rentabilidad de los servicios públicos en el modelo disperso [transporte colectivo, bibliotecas, etc...].

ANEXO XI: EVALUAR EL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DE LA VARIACIÓN DE UN SISTEMA

El desarrollo sostenible [o no] de un sistema es evaluable en la propia variación de su grado de sostenibilidad; se dirigirá hacia la sostenibilidad si dicha variación es mayor que 0, y se dirigirá hacia la insostenibilidad si es inferior a 0.

Sin embargo, para decidir la idoneidad de las transformaciones urbanas no solo nos interesa la variación de su grado de sostenibilidad global; necesitamos evaluar la variación de muchos de los indicadores de sostenibilidad. El motivo es triple:

- La función S es un espacio continuo de valores; diferentes estados del sistema pueden tener un mismo valor de S , y recíprocamente, un mismo valor de S puede estar describiendo estados diferentes del sistema.
- El desarrollo es en gran parte dirigido; y poder dirigirlo adecuadamente requiere medir desagregadamente el estado del sistema en las diferentes dimensiones sobre las que podemos actuar independientemente.
- Los valores más reducidos de indicadores del sistema tienen más influencia sobre el valor global; la máxima eficiencia al actuar sobre los sistemas se obtendrá intensificando el esfuerzo sobre aquellas dimensiones que más lo alejan en cada momento de la sostenibilidad.

Esto aparentemente, nos lleva a la necesidad de valorar la variación del estado del sistema entre dos momentos temporales en cualquiera de los indicadores que lo describen; i.e., en términos del impacto que dicho indicador tiene sobre el conjunto del sistema⁶⁸⁴.

Sin embargo, la influencia de un mismo indicador sobre el estado global depende del valor de los demás indicadores, un indicador puede tener una influencia reducida sobre el valor global previamente a una transformación, y luego tener mayor influencia porque el valor de todos los demás indicadores haya mejorado. Esto nos lleva a la necesidad de plantear que será necesario revisar dos cuestiones por separado:

- por una parte, la influencia de cada indicador sobre el estado global del sistema en la situación actual/futura, nos llevará a la necesidad de establecer prioridades de actuación sobre aquellos indicadores cuya influencia sea mayor
- por otra parte, el hecho de que un indicador pueda incrementar su influencia en una transformación sin necesariamente implicar que dicha transformación sea negativa para el sistema, nos obligará a la necesidad de evaluar la variación del valor de los indicadores [no de su influencia sobre el valor global] para elegir las transformaciones que sean interesantes.

Vamos a revisar ambas cuestiones.

AXI.1_ ESTABLECER LA INFLUENCIA DE CADA ÁREA DE ACTUACIONES POSIBLE

Para evaluar la variación del sistema en el nivel global propusimos en Alvira [2014a:XX] la fórmula:

$$\Delta S = S_2 * k_{e_2} - S_1 * k_{e_1} \quad (1)$$

⁶⁸⁴ Sería un error evaluar la variación en una dimensión de manera aislada del resto del sistema.

Ahora vamos a desarrollar la ecuación anterior, formulándola en términos que nos permita valorar no solo la variación global del grado de sostenibilidad; también la variación para cualquiera de los indicadores. Lo vamos a designar como ‘espacio de mejora potencial’.

Para ello, en primer lugar necesitamos modelizar la influencia sobre el valor global de un indicador cualquiera $R_s[I_i]$ que podemos relacionar con la influencia sobre el valor global del indicador agregado $R_s[I_k]$ mediante la siguiente ecuación:

$$R_s[I_i] = \frac{k_{e_i}}{\sum_{i=1}^3 k_{e_i}} * R_s[I_k] \quad (2)$$

Siendo I_i el indicador cuya variación queremos valorar e I_k el indicador agregado

Dado que el conjunto de coeficientes de ponderación por estabilidad constituye una combinación convexa [Alvira, 2014:146] su suma es igual a uno y obtenemos que:

$$k_{e_i} = \frac{1}{n} * \left[1 + \sum_{i=1}^n I_i - I_i \right] \rightarrow \sum_{i=1}^n k_{e_i} = 1 \quad (3)$$

$$R_s[I_i] = k_e * R_s[I_k] \quad (4)$$

Hemos definido el ‘espacio de mejora potencial’ [emp] de cada indicador como el grado de insostenibilidad que dicho indicador aporta al sistema, es decir, el valor complementario a su aporte de sostenibilidad, y su variación en el tiempo será el valor complementario de la variación de su aporte de sostenibilidad al sistema:

$$emp[I_i] = 1 - I_i \leftrightarrow \Delta emp[I_i] = 1 - \Delta I_i \quad (5)$$

Y podemos expresar en detalle su variación como:

$$1 - \Delta I_i = -[1 - I_2] * R_s[I_i]_2 + [1 - I_1] * R_s[I_i]_1 \quad (6)$$

Dado que los signos se han modificado, resulta más claro expresar lo anterior como:

$$1 - \Delta I = [1 - I_1] * R_s[I_i]_1 - [1 - I_2] * R_s[I_i]_2 \quad (7)$$

La fórmula anterior es fácilmente relacionable con la fórmula del desarrollo sostenible tal cual está planteada en Alvira 2014a:86] puesto que $R_s[I_k]=1$, y por tanto:

$$1 - \Delta S = [1 - S_1] * k_{e_1} - [1 - I_2] * k_{e_2} \quad (8)$$

Cuyo complementario es la fórmula:

$$\Delta S = S_2 * k_{e_2} - S_1 * k_{e_1} \quad (9)$$

Por tanto, queda demostrado desde otra perspectiva la formulación del desarrollo sostenible que se propuso en dicho texto.

De esta manera, la fórmula propuesta valora la aportación que cada dimensión hace en un momento dado pero sigue siendo una fórmula de agregación de información, proporcionándonos el criterio para poder evaluar las diferentes alternativas de evolución de un sistema en el tiempo:

- *Desde una perspectiva sistémica*, la valoración de la variación de una dimensión requiere considerar la variación que representa dicha modificación para el sistema en su conjunto. Su impacto depende tanto de la variación de su valor como de la variación del valor de las demás dimensiones de sostenibilidad.
- *Desde una perspectiva de utilidad*, valora la marginalidad decreciente de la utilidad/sostenibilidad, considerando que el incremento de sostenibilidad del sistema que produce una variación de una dimensión equivale a la utilidad que dicha modificación representa para dicho sistema, que decrece a medida que se incrementa el valor de dicha dimensión.

Ambas cuestiones nos llevan a destacar algo ya indicado anteriormente; **siempre es más eficiente para incrementar la sostenibilidad de un sistema actuar en primer lugar sobre aquellas dimensiones/indicadores que presentan peores valores.**

AXI.2_ESTABLECER CONDICIONES QUE IMPIDAN ACOMETER TRANSFORMACIONES NO OPTIMAS

El *emp* es un valor que nos permite detectar cuales son las áreas de intervención prioritaria en cada sistema, pero no puede ser utilizado como un criterio restrictivo en la toma de decisiones.

Cuando mejoramos el valor en algún indicador, el *emp* de todos los demás indicadores se incrementa, no pudiendo establecer una relación univoca entre variación de *emp* individual [para cada indicador] y reducción de insostenibilidad global.

Esto hace que no podemos utilizar las variaciones de *emp* de los indicadores como condiciones restrictivas; i.e. de hecho si una reducción del *emp* de todos los indicadores fuera una condición restrictiva, casi ninguna transformación urbana seria aprobable.

La decisión de que transformaciones aprobar debe hacerse revisando la variación esperada del valor de los indicadores, sobre la cual ya hemos detallado condiciones restrictivas [e.g., en los indicadores dimensión, no se aceptan reducción es del valor si el valor final de cada dimensión es inferior a 0,7].

ANEXO XII: CARACTERÍSTICAS DEL ÁMBITO: PALOS DE MOGUER

En este anexo vamos a realizar una caracterización de algunas cuestiones del ámbito que no resultan evidentes [o simplemente no son revisadas] por el análisis cuantitativo, pero cuya revisión resulta conveniente [o incluso necesaria] para poder diseñar cualquier posible transformación del mismo.

Estas cuestiones se van a relacionar con dos grandes apartados:

- Historia del ámbito
- Revisión estudios existentes y opinión de los habitantes

AXII.1_ DESARROLLO Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Hasta mediados de S.XIX la zona donde ahora se ubica el Barrio fue un espacio 'extramuros', en la que se producían fundamentalmente actividades agrícolas y de recreo, siendo la zona en la que se articulaba la comunicación de la ciudad con el río.

Para ello, durante el reinado de Carlos III, se realizaron tres paseos, siguiendo un esquema de tridente barroco importado del urbanismo francés: Las Rondas [de Atocha y Valencia], y los Paseos de Santa María de la Cabeza y las Delicias, que conectaban el río con la trama urbana a través de la Puerta de Atocha, constituyen una primera ordenación de la zona que ha perdurado hasta nuestros días⁶⁸⁵.

Estos tres grandes ejes, eran cortados por varios caminos transversales, en la Plaza de Santa María de la Cabeza, y la Plaza de Luca de Tena.



Imagen AXII.01: Plano geométrico de Madrid de Tomás López, detalle [1785]

El trazado del "Barrio" tal como existe en la actualidad, empieza con el Proyecto de Ensanche de Castro de 1860 [aprobado bajo el Ministerio de Claudio Moyano], y el derribo de la cerca en 1868.

En la Memoria del Proyecto se preveía una segregación residencial, destinándose la zona sur del Ensanche [actual Distrito de Arganzuela] a ubicar industria ligada al ferrocarril⁶⁸⁶ y las clases obreras más modestas, distanciándolas de las áreas de mayor poder adquisitivo, situadas en las zonas centro y este/norte. Esta segregación por ocupación/renta se está modificando en los últimos años, debido a la desaparición de la industria en el ámbito, y su mayor deseabilidad derivada de la centralidad adquirida en las últimas décadas.

⁶⁸⁵ La red de paseos tenía una intención de permitir el paseo y el disfrute del paisaje de la zona por parte de los madrileños. Los espacios que quedaban entre los paseos estaban ocupados por grandes plantaciones agrícolas.

⁶⁸⁶ La alta accesibilidad mediante ferrocarril [con la Estación de Atocha, y algunos apeaderos a lo largo de la línea que la une con la Estación del Norte: Delicias -1880-, Peñuelas y Paseo Imperial], condicionará la configuración y el carácter del Ensanche Sur madrileño. A través del Ferrocarril también llegan a la ciudad ganado [que requerirá mercados y mataderos], y provisiones [que requerirán almacenes e industrias].

El trazado inicial de Castro era una retícula uniforme de manzanas rectangulares con orientación E-O y N-S, que se tuvo que modificar en la implantación sobre el terreno debido a intereses de los propietarios del suelo y preexistencias [ferrocarril de cintura, parcelaciones agrícolas,...].

La cuadrícula se adaptó para integrar el tridente y trazado de los principales paseos dieciochescos, algo que atestiguan los nombres de algunas calles: Paseo de las Delicias, Paseo de las Acacias, Paseo de la Chopera,...

Así mismo, al preservar el Paseo de Santa María de la Cabeza, la existencia de parcelaciones agrícolas perpendiculares al Paseo de Ronda hizo más sencillo modificar la trama regular del Ensanche [N-S, E-O] entre las Rondas y el Pº de Santa María, adaptándola a las lindes de las fincas [perpendiculares a las Rondas]. Por el contrario, en la zona entre el Pº de Santa María y el Pº de las Delicias, el trazado mantuvo su dirección, pero las manzanas se dividieron [prácticamente a la mitad en su dimensión norte sur] debido al interés del propietario de poder hacer las máximas viviendas exteriores, obteniendo un mayor beneficio⁶⁸⁷.

El ferrocarril de cintura que une la Estación de Atocha [1851] con la Estación del Norte [1853], condicionará el trazado de la Calle Ferrocarril y la distribución espacial de los usos urbanos en el Ámbito.



Imagen AXII.02: Plano proyecto de ensanche de Madrid [1860].

La ejecución del Plan del Ensanche fue lenta, y en 1875 apenas había comenzado a construirse, como se puede ver en el plano de Ibáñez de Ibero.



Imagen AXII.03: Plano de Madrid de Ibáñez de Ibero. Detalle [1875]. La línea gris oscuro indica el ferrocarril de 'cintura', que comunica Atocha con la Estación del Norte.

El barrio comienza a poblarse entre 1883 y 1900, aunque será en el primer tercio del S.XX cuando su población comienza a crecer de manera apreciable.

⁶⁸⁷ Esta división por el contrario, no se hizo entre el Paseo de las Delicias y la Calle Méndez Álvaro ni en otras zonas del Ensanche, donde si existen viviendas totalmente interiores. Paradójicamente en una zona del Ensanche destinada a clases humildes la parcelación se divide para lograr mayor número de viviendas exteriores.



Imagen AXII.04: Plano del Ensanche de Madrid [1922]. Las dos zonas en blanco en la parte de la derecha corresponden a las huellas de la Estación de Atocha [y sus vías] y Estación de Mediodía [y sus vías]. La remodelación de esta última [y la zona anexa al sur], permitirá posteriormente crear el Parque Enrique Tierno Galván.

En la zona de la izquierda del plano, los grandes vacíos corresponden diversas a instalaciones fabriles.

Hasta 1956 había una fuerte presencia de chabolismo, que posteriormente se desplazó hacia zonas más al sur.

Si bien dentro del barrio no existía prácticamente segregación, si podemos hablar en cambio de “una clara segregación zonal dentro del Ensanche madrileño, tanto por la calidad de los alojamientos como por la dotación de servicios y, en consecuencia, por la índole social de su población. En efecto, se trataba de un espacio nuevo, industrial y de residencia relativamente económica, que ofrecía posibilidades de trabajo a los inmigrantes que accedían a la ciudad” [Rubio, 1982].

El Plan de Ordenación Urbana de la ciudad de 1941 [Pedro Bidagor] incluía entre sus objetivos “completar la Ejecución del Ensanche”, previendo medidas a tal efecto, que fueron reforzadas en el Plan de 1963, produciéndose como consecuencia una “completa utilización del suelo edificable así como el trazado de todas las vías” [Rubio, 1982]

Por otra parte, se hace una zonificación del barrio, dividiéndolo en tres sectores. En el tramo comprendido entre el Pº de Santa María de la Cabeza y las Rondas, se plantea una mezcla de residencia e industria. El tramo entre la calle General Lacy y Méndez Álvaro se constituye en zona netamente industrial [ligada al transporte ferroviario⁶⁸⁸], y el tramo central se plantea como zona exclusivamente residencial, produciéndose un desplazamiento de la industria que todavía existía allí.

Su naturaleza de ámbito administrativo con entidad propia es reciente [1971], y su nombre deriva de la estación de metro que se sitúa aproximadamente en su centro, heredado a su vez de la calle en que se localiza. Curiosamente, esta calle se denominó así erróneamente en referencia a la localidad onubense de Palos de la Frontera, y aunque el nombre de la calle y la parada de metro se corrigió tan solo un año después, el nombre del barrio no se ha modificado, desconociéndose el motivo⁶⁸⁹.

⁶⁸⁸ “El Distrito de Arganzuela en general, está marcado por la presencia del ferrocarril. Además de las estaciones de Atocha y Delicias, destinadas tanto a pasajeros como a mercancías, existía la Estación Imperial destinada a transporte de materiales pesados [minerales, leña,...] y ganado, lo que propició la aparición de almacenes para estos productos, así como la localización del Matadero y el Mercado de Frutas, así como las fábricas de cervezas y gas”, configurando una trama urbana que en gran medida ha perdurado hasta la actualidad [Lorenzana y Olivari, 2007]

⁶⁸⁹ [http://es.wikipedia.org/wiki/Palos_de_Moguer_\(Madrid\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Palos_de_Moguer_(Madrid))

En los últimos años, el creciente atractivo del barrio derivado de su cada vez mayor centralidad, ha llevado a la transformación de algunas grandes parcelas de uso industrial⁶⁹⁰, que han sido segregadas y destinadas al uso residencial [como las del final de la calle de Bustamante], a terciario [por ejemplo la Standard Eléctrica, actualmente sede de Aguirre Newman] o reutilizadas para equipamientos culturales [por ejemplo la antigua fábrica El Águila que actualmente es el Archivo Histórico Regional]. En algunos casos, se han producido proyectos que combinaban diversos usos [e.g., la fábrica de Osram].

Esta transformación ha sido más fuerte en la zona situada entre General Lacy y Méndez Álvaro, donde la estructura actual es fundamentalmente residencial, mientras que en el Polígono de Atocha, todavía hay mayor pervivencia del tejido industrial.

Según el DSDA: “Desde el Plan General de 1985 y, sobre todo, desde la aprobación del Plan General de Ordenación Urbana de 1997, se viene produciendo una profunda renovación urbana que tiene clara incidencia en todos los indicadores que reflejan una mejora en el nivel de vida en el distrito”⁶⁹¹.

Esta renovación urbana ha ido acompañada en los últimos años de un fuerte desarrollo residencial, ligado al eje de Méndez Álvaro y la calle Embajadores, con vivienda de calidad, aunque con un fuerte incremento de los precios, inaccesible para los jóvenes del distrito que han tenido que buscar su residencia en otros distritos o municipios periféricos”.

Por otro lado, la proximidad al Parque del Retiro, Paseo del Arte y la Estación de Atocha la han revalorizado notablemente, algo que se aprecia en los últimos desarrollos residenciales.

AXII.2_ TIPOLOGÍA DE ÁMBITO: ¿BARRIO O BARRIO CIUDAD?

Las características del barrio de Palos de Moguer en Madrid lo sitúan a mitad de camino entre el barrio y el barrio ciudad:

- *Características que lo acercan al concepto de Barrio:* sus dimensiones físicas [1,0 km N-S y 1,5 km en dirección E-O]⁶⁹² y el hecho de que para ciertos aspectos funcionales [como periódicos locales, etc...] tenemos que trasladarnos al escalón organizativo superior [el Distrito de Arganzuela], quizás motivado porque dicho ámbito posee una cierta identidad común, heredada de su origen común en su proyecto como ‘Ensanche Sur’ de Madrid.
- *Características que lo acercan al concepto de Barrio-Ciudad:* su tamaño en cuanto a número de habitantes y viviendas⁶⁹³, y la autosuficiencia en numerosos aspectos de vida urbana [mercado, centro dotacional, deportivo y cultural,..].

O desde otra perspectiva:

- tanto sus cifras de superficie como de población permiten considerarlo una unidad con suficiente entidad, perteneciente más bien a la categoría de Barrio-ciudad que a la de Barrio.

⁶⁹⁰ Estas transformaciones fueron previstas en los PGOU de Madrid de 1985 y 1997.

⁶⁹¹ Sin embargo, gran parte de la revalorización del Distrito de Arganzuela se ha situado en otros barrios, como se detecta en la revisión de la RBD media: Madrid 12.768 € [100%]; Arganzuela 13.179 € [103%] y Palos de Moguer 12.324 € [97%].

⁶⁹² Hernández Aja [2001] propone para el Barrio un diámetro de hasta 1.0 km o desplazamientos de hasta 15 minutos andando.

⁶⁹³ Hernández Aja [2001] propone como tamaños de población para el Barrio Ciudad 20.000 a 50.000 habitantes.

- su desarrollo histórico le confiere más bien el carácter de pieza dentro de un conjunto mayor, que sería el Ensanche sur madrileño [Distrito de Arganzuela]. Esto se refleja en su propia delimitación, que si bien es clara al Norte [con las Rondas que lo delimitan del Casco Histórico] y al Este [complejo ferroviario de Atocha], deja de serlo en los bordes con otras áreas del Ensanche Sur: calle Embajadores al Oeste y calle Ferrocarril al sur, que si bien son calles de entidad, dividen trozos de ciudad con morfologías y características similares.

En cuanto a su configuración y percepción espacial,

Constituye **una unidad con límites bastante claros**: calle Embajadores, calle Ferrocarril-Bustamante, Méndez Álvaro y las Rondas de Atocha y Valencia, así como el borde que constituye la estación y vía del tren [y del cual la Calle Ferrocarril es memoria histórica]. Estos límites tienen distinta naturaleza histórica, que se hace interesante revisar.

Mientras las Rondas y Embajadores son la memoria histórica de los paseos trazados durante el reinado de Carlos III para acercar a la población de Madrid al Río⁶⁹⁴, las demás calles son de más reciente creación. Así, la calle Méndez Álvaro aparece con el proyecto de Ensanche de Castro y la calle Ferrocarril es un testimonio del antiguo trazado en superficie del “ferrocarril de cintura”.

Por último, la calle Bustamante, presenta menos claridad en cuanto a su elección como límite administrativo, ya que corta el eje industrial de Méndez Álvaro [secciona las manzanas ocupadas en su momento por la Standard Eléctrica y el Águila], y habría sido más claro quizás el límite marcado por la vía férrea [o al menos la calle Ramírez de Prado], situados ambos algo más al sur.

Presenta una **cierta centralidad [de carácter local] en el tramo de calle Palos de la Frontera situado entre el Paseo de las Delicias y la calle Batalla del Salado**, motivada por la confluencia de la estación de Metro, el Centro Dotacional Integrado, y proximidad al Mercado de Santa María de la Cabeza.



Imagen AXII.05: Foto Aérea del Barrio Palos de Moguer
[Fuente: Google Maps]

Frente a cierta permeabilidad de los límites formados por las Rondas, Embajadores y la Calle Ferrocarril, destaca la rotundidad y escasa permeabilidad del límite formado por la estación de Atocha y vías del tren.

Aunque el barrio forma parte de una trama con cierta historia, esta no es fácilmente perceptible por varios motivos:

- los tres ‘paseos’ del tridente barroco que une la ciudad con el río presentan niveles de tráfico motorizado muy elevados que redundan en elevado ruido e incomodidad para los peatones.
- los hitos históricos más significativos se sitúan en el exterior del barrio o en su perímetro, siendo poco perceptibles desde el interior del barrio, y no contribuyendo a su imagen interna ni identidad.

⁶⁹⁴ Ver MRIO Arquitectos [2005], Memoria Histórica del Plan especial del Río Manzanares.



Imagen AXII.06: Análisis imagen urbana del Barrio [elaboración propia]. El carácter histórico de paseos de las Rondas, y los Paseos de Santa María de la Cabeza se pierde en gran medida por su reducida confortabilidad para el peatón: insuficientes aceras, falta de arbolado en verano y muy elevado nivel de ruido. Los hitos urbanos de primer nivel se sitúan en el borde del ámbito [Casa Encendida; Plaza Lavapiés; Circo Price; Museo Reina Sofía; Estación de Atocha,..], teniendo escasa influencia en la formación de la imagen urbana del ámbito. Destaca la Estación de Atocha, cuya influencia en cierta área es negativa [una gran tapia ciega], cuestión que podría resolverse con un diseño adecuado.

También es de destacar la importancia del ferrocarril por su efecto configurador tanto en el pasado [del cual la calle Ferrocarril da testimonio con su nombre] como en la actualidad. La influencia de la Estación de Atocha [el nodo ferroviario más importante de España] es tal, que se configura en barrio propio que engloba el área de la estación y vías férreas y constituye un límite casi infranqueable entre los barrios de Palos de Moguer y Pacifico.

Pero el ferrocarril también es importante por la gran accesibilidad que le proporciona al ámbito la presencia de tres estaciones intermodales en sus bordes: Embajadores, Delicias y Atocha [esta última, la más importante]. Esta accesibilidad se completa con las Estaciones de Metro de Atocha, Embajadores y Delicias situadas también en su borde, y Palos de La Frontera ubicada en el centro del Barrio. Y con la Estación Sur de Autobuses, al final de la calle Méndez Álvaro.

AXII.3 ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE PARÁMETROS URBANOS

Hemos visto la posible doble lectura del ámbito en términos de barrio o barrio-ciudad, y esta dualidad del carácter del ámbito va a hacer que analicemos algunas cuestiones desde la perspectiva de barrio y otras desde la perspectiva barrio-ciudad.

El ámbito presenta cifras características de un Tejido de Ensanche del SXIX. Las cifras con las que se ha realizado el presente estudio, son las siguientes:

TABLA AXII.01_ CUADRO RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

ÁMBITO (0)	PARÁMETRO		
BARRIO	Superficie Total	64,35	Ha
PALOS DE	Superficie ocupada manzanas (62,78%)	40,40	Ha
MOGUER	Numero Habitantes	27.845,00	hab
	Número de viviendas (1)	13.852	viv
	N viviendas consideradas Hogares [Viviendas principales + secundarias] (1)	11.760	viv
	N viviendas no consideradas hogares [viviendas desocupadas y otro tipo] (1)	2.092	viv
	Densidad Bruta	215,26	viv/Ha
	Superficie Edificable (2)		
	Residencial	1.160.060,00	m2c
	Almacén-Estacionamiento	199.694,00	m2c
	Otros usos lucrativos	402.910,00	m2c
	Otros usos no lucrativos	132.031,00	m2c
	m2c _{residenciales} /viv	83,75	m2c/viv
	m2c _{otros usos} /viv	29,09	m2c/viv
	Edificabilidad (2)		
	Bruta	2,63	m2c/m2
	Neta	4,21	m2c/m2
	Superficies de suelo (2)		
	Residencial	279.475	m2
	Religioso	2.458	m2
	Cultural	38.310	m2
	Deportivo	7.616	m2

	Edif. Singular	12.150	m2
	Sanidad, Beneficencia	3.862	m2
	Viales	227.444,13	m2
	Espacio Libre Publico (3)	13.320,74	m2
	Remanente suelo sin edificar	9.101,00	m2
DISTRITO	Numero Habitantes	154.787	hab
ARGANZUELA	Superficie Total	648,10	Ha
	Numero viviendas	66.554	viv
	Superficie Total Viales	220,08	Ha
	Superficie Total Peatonal	113,43	Ha
MADRID	Numero Habitantes	3.284.110	hab
	Superficie Total	60.430,76	Ha
	Superficie Total Viales	5.535,85	Ha

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de habitantes del Padrón de Habitantes de 2010

- (0) Se incluyen datos de población y superficie correspondiente al Distrito de Arganzuela y al municipio completo, que serán necesarios para algunos cálculos relacionados con información que no es posible obtener con la desagregación suficiente.
- (1) Censo de Población y Vivienda de 2001
- (2) datos proporcionados por la Dirección General de Estadística de Madrid [elaborados mediante datos del Catastro y GIS].
- (3) Medición sobre plano.

Es de destacar la gran colmatación del área, con un remanente de suelo sin edificar muy escaso, así como la escasez de los espacios libres. De hecho, las cifras de densidad bruta [215,26 viv/Ha] y neta [432,71 viv /Ha], lo sitúan entre los diez barrios con mayor densidad de Madrid y considerablemente por encima de la media del distrito de Arganzuela [densidad bruta de 102,7 viv/Ha].

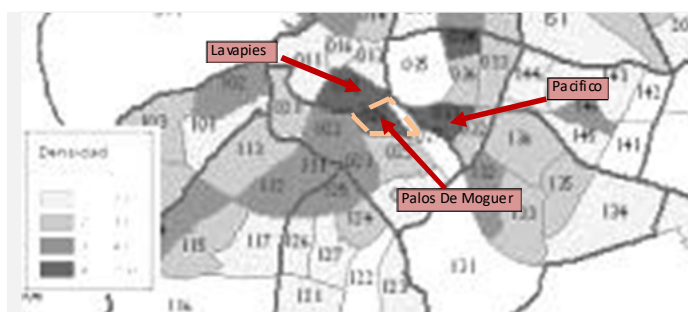


Imagen AXII.07: Densidad de habitantes por Ha en los Distritos de Madrid 2010 [Fuente: la Ciudad de Madrid en cifras]. Los barrios de Lavapiés, Palos de Moguer y Pacífico, con altísimas densidades de hab/Ha se hallan situados uno junto al otro [pacífico separado por la vía de Atocha], con el “respiradero” de Retiro... Por ello, la cuestión del espacio libre presenta gran importancia.

También sus elevadas cifras de edificabilidad Bruta [2,63m²c/m²s] y Neta [4,21m²c/m²s] son características de los Tejidos de Ensanche del SXIX.

Esta compacidad del área tendrá la escasez de Espacios libres como la parte negativa, pero también un lado positivo, al favorecer “una mayor accesibilidad de la población a gran parte de los servicios básicos de la ciudad, concretamente, a los servicios de educación, de salud y equipamiento deportivo” [ADM, 2005].

AXII.3.1_ ACCESIBILIDAD DE LA POBLACIÓN A LOS SERVICIOS BÁSICOS DE LA CIUDAD [EQUIPAMIENTOS Y DOTACIONES]

En general, la accesibilidad de la población a los Servicios básicos de la ciudad es bastante buena, debido a la posición de centralidad y la estructura compacta del desarrollo⁶⁹⁵.

Las necesidades de equipamiento Educativo están cubiertas con los numerosos colegios existentes. Según el DSDA “74% de la población tiene un centro educativo básico a menos de 500 metros y el

⁶⁹⁵ Según ADM, 2005 la accesibilidad en transporte público es de las más altas de la ciudad

99% a un km”. Únicamente hay que destacar el déficit en “guarderías infantiles”. Por otra parte, el ámbito contribuye a la dotación de ámbito ciudad con la Escuela Técnica de Ingenieros Industriales.

Los equipamientos culturales locales son excelentes [ADM, 2005], y además cuenta con una serie de equipamientos culturales en el borde de las Rondas de elevada calidad [Circo Price, Casa Encendida, Museo de Arte Reina Sofía], y está situado en uno de los extremos del Paseo del Arte, donde se encuentran otros museos también de elevada calidad: Prado, Thyssen, Caixa Forum.

Aunque en el borde Sur [calle Bustamante] se sitúa la Biblioteca de la Comunidad de Madrid Joaquín Leguina, según el DSDA, “no obstante, la dotación de bibliotecas es baja como en el conjunto de la ciudad”⁶⁹⁶.

Existen dos centros de salud en al área, y uno de urgencias cercano, por lo que la accesibilidad física al sistema sanitario es bastante alta. Según el DSDA el “49% de la población tiene un centro de Salud a 500 metros y el 88% a menos de un kilómetro”

TABLA AXII.02_ COMPARACIÓN ENTRE TEJIDO CENTRAL TEÓRICO Y TEJIDO REAL

	Variedad m2c otros usos /viv	Densidad viv/Ha	Edificabilidad bruta m2c/m2s	Edificabilidad neta m2c/m2s	Viario m2s/hab	Libre m2s/hab	Dotaciones m2s/hab (2)
Tejido Tipo Ensanche (1)	51,00	94,00	1,42	3,00	9,50	5,00	4,00
Palos de Moguer	29,09	215,26	2,63	4,21	8,17	0,48	2,62

Fuente: Elaboración propia con las siguientes notas:

(1) Hernández Aja, 2000.

(2) Se han contabilizado las superficies de "Espectáculos" de dominio privado (8.425 m2), y las de uso "Religioso" (2.458 m2).

Como se puede comprobar en el cuadro resumen, hay una cierta carencia de dotaciones, fundamentalmente en Bienestar Social y Deportivo⁶⁹⁷.

También hay un cierto déficit de viario que justificaría la realización de políticas de restricción al tráfico motorizado en algunas calles o tramos de calles⁶⁹⁸.

AXII.3.2_ MEZCLA DE USOS Y VARIEDAD URBANA

Desde la óptica de la variedad urbana, tenemos 29,09 m²c de usos lucrativos por vivienda. Este dato es considerablemente bajo para ser un tejido central⁶⁹⁹, y está por debajo de la media municipal

⁶⁹⁶ En relación con la cultura el Foro de Arganzuela valora positivamente tanto los equipamientos como los actos culturales que se celebran en el Distrito de Arganzuela, no obstante se solicitan más bibliotecas [ADM, 2005]

⁶⁹⁷ El porcentaje de suelo para equipamientos y usos deportivos está por debajo de la media urbana [ADM 2005]. La dotación en m²/hab de equipamiento y deportivo existente y propuesto por el Plan General vigente es de 3,24 m²/hab, muy inferior a la media de la ciudad (6,24 m²/hab), lo que apunta a un severo déficit. Para el Foro de Arganzuela, la valoración de los equipamientos deportivos existentes es positiva pero el número es insuficiente. Por otra parte, Lorenzana y Olivari [2007] indican que de las 17 instalaciones deportivas del Distrito, 11 corresponden a instalaciones elementales en espacios abierto [pistas en parques, etc...]

⁶⁹⁸ Hernández Aja [2000: 132]. Esta restricción al tráfico motorizado sería factible en base a la excelente accesibilidad que tiene el Barrio en transporte público y aconsejable por los problemas con el tráfico. “La accesibilidad en transporte público es excelente; metro, cercanías, AVE, largo recorrido, autobuses urbanos e interurbanos. A pesar de todo, hay serios problemas provocados por el intenso tráfico” [ADM, 2005]

⁶⁹⁹ Los Ensanches representan el área central [tanto física como económica] de la ciudad y son los ámbitos con mayor edificabilidad bruta y densidad de la ciudad [media de 2,6 m²/m² y 154 viv/Ha]. También son los que cuentan con más variedad [54,8 m²c de otros usos/vivienda], lo que los convierte en el polo de la actividad urbana [Hernández Aja ,2000].

[ADM, 2005]. No obstante, hay que considerar la presencia de oficinas en antiguas viviendas [no siempre declaradas], lo cual incrementará el porcentaje real de variedad urbana.



Imagen AXII.08: Viviendas Ocupadas/Desocupadas en el ámbito 2010 [Elaboración propia con datos del Censo de Edificios y Viviendas de 2001]

Dado que en esta superficie se incluyen viviendas realmente desocupadas o secundarias, con otras alquiladas [como vivienda o para instalación de oficinas], tendremos que suponer un porcentaje de superficie disponible, por lo que adoptamos el criterio de considerar que las viviendas principales y secundarias mantienen el uso residencial [11.760 unidades], y las desocupadas sean utilizadas como oficinas [2.092 unidades].

Asumiendo que se mantiene la superficie media por vivienda para ambas categorías, resulta un incremento de superficie de usos lucrativos de 175.198 m², al cual se suma el hecho de que el número de viviendas reales entre el cual hay que dividir esta superficie es inferior [puesto que se descuentan las desocupadas].

Como consecuencia, se alcanza una mejora del coeficiente de variedad urbana, que sube a 34,26 + 14,90 m²c otros usos/viv, llegando a un total de 49,16 m²c otros usos/viv, prácticamente igual a los 51,00 m²c teóricos.

AXII.3.3_SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES

Como se ha comentado anteriormente, la altísima densidad de viviendas y habitantes en el barrio contrasta con la escasez de zonas verdes en el ámbito, siendo necesario diferenciar dos niveles:

- *Espacios de ámbito vecindario.* Son muy escasos, existiendo dos pequeños espacios ajardinados, de poca relevancia.
- *Espacios de ámbito barrio.* Encontramos tres espacios: la Plaza Luca de Tena⁷⁰⁰ y otro alrededor del Centro Dotacional Integrado que resulto de la rehabilitación de la Antigua Estación Sur de Autobuses, y una pequeña zona ajardinada en la calle Bustamante.

TABLA AXII.03_ZONAS VERDES DE ÁMBITO LOCAL

Zonas Verdes de ámbito vecindario	428,47	m2
Zonas Verdes de ámbito Barrio	11.653,87	m2
Junto al Centro Dotacional Integrado	6.720,31	m2
Plaza Luca de Tena	4.933,56	m2
Calle Bustamante	1.238,40	m2
TOTAL	13.320,74	m2
Superficie Zonas Verdes por habitante	0,48	m2/hab

FUENTE: Elaboración propia [medición sobre plano]

⁷⁰⁰ Si bien es cierto que la Plaza de Luca de Tena, está formada por 4 partes, cada una de ellas satisface la definición de Jardines del Reglamento de Planeamiento de 1978, con área superior a 1000m² y diámetro de 30m.

Llama la atención el ratio de Superficie Verde por habitante, muy alejado del objetivo de 5m²/hab para Tejidos Centrales [Hernández Aja, 2000], e incluso del 1,31 m²/hab característico de estos tejidos de ensanche. Se puede hablar pues de un déficit altísimo de zonas verdes en el Barrio⁷⁰¹.



Imagen AXII.09: Sistema de Espacios Libres [Elaboración propia]. Si descontamos espacios interiores de manzana de propiedad y uso privado [verde claro], vemos que el área presenta una reducidísima dotación de zonas verdes.

Dado que un 51,54% del viario está destinado a uso peatonal⁷⁰², una posibilidad será compensar la ausencia de zonas verdes de ámbito local transformando aceras en zonas estanciales, lo que permitiría cubrir hasta un 30% de las zonas verdes obligatorias con lo que se reduce hasta un 3,02 m²/hab el déficit de zonas verdes. Para ello, será necesario dotar a este viario de las condiciones ambientales adecuadas para la estancia: arbolado, mobiliario urbano, etc.

Es necesario destacar es que en el ámbito no existen espacios libres de tipo Barrio-Ciudad [Parques Urbanos] o Ciudad [Parques Supralocales]. Sin embargo, la situación muy cercana al Retiro [118 Ha] y al Parque de M-Rio [con una extensión parecida] permite compensar esta carencia desde el punto de vista de las dotaciones⁷⁰³. También está cerca el Parque Tierno Galván [45,82 Ha], aunque su accesibilidad es menor por la barrera que supone la vía del tren. Además existen tres espacios ajardinados singulares cercanos: el Jardín Botánico, el Jardín Tropical de Atocha y el invernadero de Arganzuela.

AXII.4_ ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE MEDIO AMBIENTE

AXII.4.1_ ESPACIOS VERDES

Como se comentó en el apartado anterior, la accesibilidad permite compensar el déficit de zonas verdes desde el punto de vista de los parámetros urbanos. No obstante, quedan pendientes otros efectos beneficiosos de las zonas verdes como son: el efecto regulador sobre el microclima [humedad y temperatura], la reducción de la contaminación y la mejora de la calidad del aire, así como el mantenimiento y potenciación de la biodiversidad.

⁷⁰¹ Hay que señalar, que al sur de la calle Bustamante, se encuentran algunos espacios ajardinados de ámbito vecindario [junto a la Estación de Delicias] y barrio [Parque Ramírez de Prado], cuyo disfrute corresponde en parte a este ámbito. Esta dotación fuera del ámbito pero accesibles desde el mismo debe valorarse por el indicador 'Accesibilidad a Zonas Verdes'

⁷⁰² Dato correspondiente al Distrito de Arganzuela [no se ha conseguido desagregado para el ámbito]

⁷⁰³ Sin embargo "a pesar de la escasez de zonas verdes en comparación con otras zonas de la ciudad [8,0 m²/hab frente a la media de la ciudad que es 16,6 m²/hab], la accesibilidad es de un 99,8% de la población a 500 metros y del 100% a un kilómetro (zonas verdes superiores a 5.000 m² de superficie)" [ADM, 2005]

AXII.4.2_REDES DE BIODIVERSIDAD

El ámbito presenta en la actualidad malas condiciones para la biodiversidad, debido a su total escasez de zonas ajardinadas, junto a la elevada contaminación atmosférica y acústica. Sin embargo, su ubicación lo sitúa a mitad de camino entre dos espacios con elevada biodiversidad:

- En su zona norte, los Jardines del Buen Retiro como gran parque urbano con arbolado variado de gran desarrollo y fauna también diversa, así como el Jardín Botánico, constituyen dos espacios de alto valor tanto por su biodiversidad como paisajístico.
- En su lado sur, el nuevo Parque lineal del Manzanares 'M-Rio' y el parque de Tierno Galván [que conecta en su parte norte con el límite sur del ámbito, a través del Parque 'Delicias'. Estos dos espacios de creación más reciente se integran en [y han conformado] un corredor 'ecológico' que va desde el Parque del Pardo hasta el Parque Natural del Manzanares Sur, adquiriendo gran valor para la biodiversidad, y permitiendo a los espacios urbanos que se 'conecten' a los mismos, acceder a dicha biodiversidad.

La posición de centralidad del ámbito, permitiría la creación de corredores de biodiversidad que conecten el exterior de la ciudad [Parque Lineal del Manzanares] hasta el Retiro, beneficiándose al tiempo de la condición de 'lugar de paso' que adquirirían. El espacio libre y la superficie disponible de azoteas serán las áreas que nos permitirán actuar en este sentido.

AXII.4.1_ARBOLADO EN EL ESPACIO PÚBLICO

Todas las zonas verdes incluyen arbolado en su superficie.

En cuanto a las calles, hay una diferenciación importante entre las tres zonas del barrio. En la zona situada entre el Paseo de las Delicias y la Calle Méndez Álvaro encontramos una mayoría de calles con arbolado. En la zona entre Santa María de la Cabeza y el Paseo de las Delicias encontramos aproximadamente la mitad de calles arboladas y la mitad sin arbolado. Y en el área situada entre Pº Santa María de la Cabeza y las Rondas, las calles arboladas son las excepción.



Imagen AXII.10: Calles sin Arbolado [Elaboración propia]. Destaca el gran área industrial situada entre Santa María de la Cabeza las Rondas y Embajadores con notable ausencia de arbolado viario. Las especies presentes actualmente son actualmente: *Platanus* (19%), *Sophora* (18%) y *ulmus pumilla* (12,50%) son las más abundantes entre las 48 especies distintas que integran el arbolado de las Zonas Verdes y Espacios Libres [Fuente: Área de Gobierno de Medio Ambiente. Dirección General Patrimonio Verde]

AXII.4.4_CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ACÚSTICA

Según ADM [2005], el Distrito presenta "Serios problemas ambientales de congestión, contaminación atmosférica y acústica, como consecuencia de la excesiva concentración de actividades y empleos y la falta de adecuación del espacio urbano". Existe una alta contaminación ambiental en el ámbito, tanto atmosférica como acústica, y su causa principal es el tráfico de vehículos motorizados.

El ámbito está atravesado de norte a sur por dos de los principales ejes de acceso [Paseo de las Delicias] y salida [Santa María de la Cabeza] del centro de la ciudad desde la periferia sur, calles que re-

gistran IMD de vehículos muy elevadas. Méndez Álvaro también es utilizado como eje de acceso, aunque con menor medida en la zona en que atraviesa el ámbito.

También las Rondas, que actúan como primer cinturón de circunvalación interior de la ciudad.

De hecho, según el Foro para el distrito de Arganzuela los problemas ambientales más importantes son la contaminación y los ruidos producidos por el tráfico, y se considera que se deben realizar campañas para evitar la utilización del vehículo privado.

Vamos a revisar en primer lugar la situación del Tráfico motorizado, y en segundo lugar la situación actual en ambas cuestiones de contaminación.

TRAFICO MOTORIZADO

La estructura urbana del Distrito, densidad, intensa actividad económica y su carácter de zona de paso para acceder al centro de la ciudad, generan una fuerte atracción de vehículos que origina problemas ambientales de congestión, contaminación atmosférica y acústica [ADM, 2005].

En el Paseo de Santa María de la Cabeza, se registra una intensidad media diaria de vehículos de 45.928⁷⁰⁴ en el tramo que discurre entre la Glorieta de Carlos V y la calle Batalla del Salado, y de 28.340 en el tramo que discurre entre Batalla del salado y la calle Palos de la Frontera, y de 30.399 entre esta última y la Glorieta de Santa María de la cabeza⁷⁰⁵.

Similar situación pasa el Paseo de las Delicias, con una intensidad media diaria de circulación de 28.946 vehículos en el tramo que discurre entre Ferrocarril y Ancora, según el mismo informe [ADM, 2011a], y la calle canarias, con una circulación bastante menor de 6.472 vehículos.

En cuanto al ajardinamiento junto al Centro Dotacional Integrado, presenta una IMD de 12.274 vehículos, lo que le da algo más de tranquilidad.

La única zona verde que tiene unas condiciones acústicas derivadas del tráfico de automóviles, que son relativamente aceptables es la ubicada junto a la calle Rafael de Riego, con IMD de 3.482

⁷⁰⁴ Los datos de IMD se han obtenido de ADM [2010b]

⁷⁰⁵ La fuerte reducción de los valores de IMD se debe a los vehículos que cogen el túnel, ya que después del túnel se recupera el valor del tramo inicial.



Imagen AXII.11: Intensidad Media Diaria de circulación de vehículos en las vías en el Ámbito. Elaboración propia a partir de datos de ADM, 2010b]

Hay que destacar el alto nivel de circulación de las Rondas, con una IMD algo superior a 60.000 vehículos al día y el de la Glorieta de Carlos V con más de 100.000, con el consiguiente nivel de ruido y contaminación.

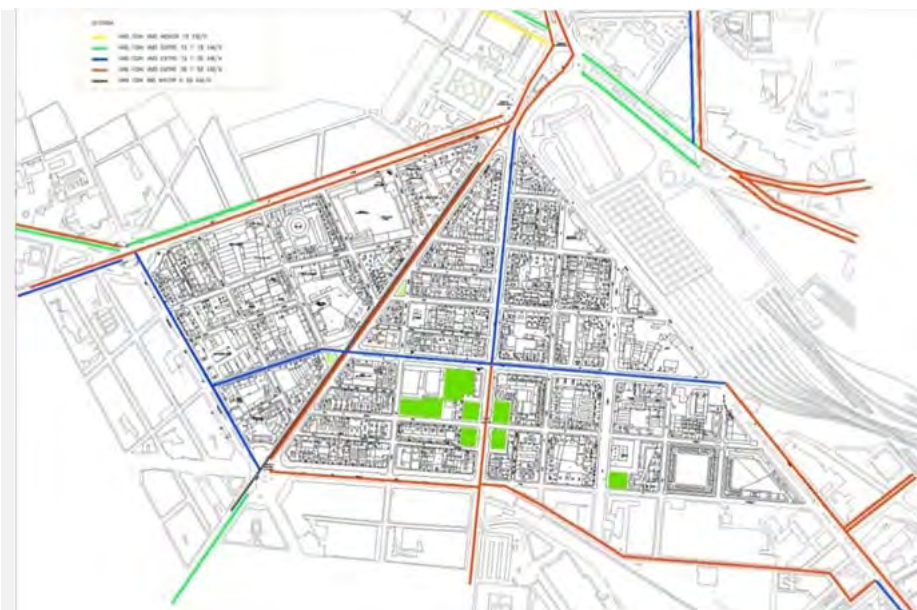


Imagen AXII.12: Velocidad de Circulación Media. Elaboración propia a partir de datos de AMD, 2010c]

Por otra parte, también las velocidades medias de circulación de vehículos son muy altas en los citados ejes, reduciendo así la calidad ambiental de los espacios situados alrededor de los mismos.

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

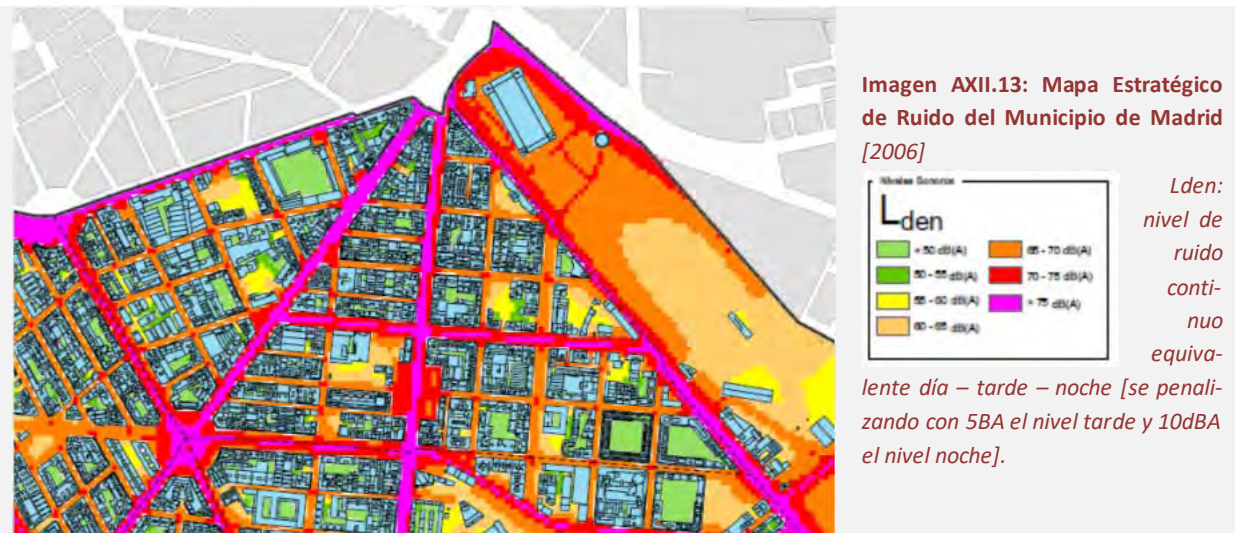
Según el Estudio Psicosocial del Impacto de Ruido Ambiental [Ayuntamiento de Madrid, 2001], algo más del 40% de la población del distrito se siente afectada por la contaminación acústica [más por el día que por la noche]. Según este estudio, el 50% de la población asegura sufrir impacto exterior [sentimiento de molestia por la contaminación acústica cuando están en su barrio], y el 25% sufre impacto interior [sentimiento de molestia por contaminación acústica cuando están en sus casas].

Según el IDAE, “el tráfico es hoy en día el principal foco de ruido en nuestras ciudades, un problema agravado por el espectacular aumento del parque automovilístico español”. El 20% de la población de la UE se expone a niveles de ruido superiores al umbral de 65 dBA⁷⁰⁶.

De hecho, el mapa de ruido del distrito muestra una perfecta correlación entre los valores de IMD, VMD y los Niveles de ruido, encontrándose este último en niveles por encima de lo permitido en las vías con mayores Intensidades y velocidades de Tráfico.

Esto afecta a las zonas ajardinadas de estancia situadas junto a estas vías, que podemos calificar, según su situación acústica, de la siguiente manera:

- En las zonas ajardinadas situadas a lo largo del Paseo de Santa María de la Cabeza, se registra un nivel acústico superior a 75dB.



- Similar situación pasa con la Plaza Luca de Tena, cortada por el Paseo de las Delicias, con un nivel de ruido de 75dB.
- En cuanto al ajardinamiento junto al Centro Dotacional Integrado, presenta entre 65 y 70 dB
- La única zona verde que tiene unas condiciones acústicas aceptables es la ubicada junto a la calle Rafael de Riego, que tiene un nivel sonoro entre 60 y 65.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica tiene graves consecuencias para la salud, incidiendo tanto en la aparición como agravamiento de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cánceres. Los datos de contaminación del aire en el Distrito muestran niveles elevados, por lo que haremos una revisión detallada del estado de la cuestión.

Según indica el Proyecto de Plan de Calidad del Aire de Madrid de 2011-2015, “a pesar del importante esfuerzo de reducción de las emisiones en la fuente y de la notable mejora de las concentraciones

⁷⁰⁶ “El ruido [...] tiene efectos negativos sobre la salud, sobre todo cuando supera el límite de 65 decibelios (dBA)”, IDAE, 2011.

de contaminantes en el aire de la ciudad, en Madrid [...] persisten problemas para cumplir los objetivos fijados para el NO₂ y, en algunas ocasiones, superaciones puntuales de partículas y ozono”.

Este mismo plan considera que el tráfico es el principal emisor de contaminantes, y lo convierte en el foco prioritario de medidas para reducir la contaminación, destinando 42 de sus 70 medidas a tal efecto⁷⁰⁷.

TABLA AXII.04_ VALORES MEDIOS DE LOS CONTAMINANTES DETECTADOS EN EL AIRE POR MESES (1)

PM10 (µgr/m3)	SO2 (µgr/m3)	CO (mg/m3)	O3 (µgr/m3)	NO2 (µgr/m3)	NOX (µgr/m3)	BEN (µgr/m3)	CH4 (mg/m3)	TCH (mg/m3)	HCNM (mg/m3)	TEMP (OC)
22	10	0,4	48	44	68	0,78	1,22	1,43	0,21	15,9


Fuente: Compilación a partir de ADM, 2011b

(1) Los criterios de calidad del aire se establecen por Real Decreto 1073/2002, de 18 de Octubre

En el ámbito existe una estación de medición de la contaminación [Méndez Álvaro]. Sin embargo, esta estación está situada en una zona con reducido tráfico⁷⁰⁸, y dado que el tráfico es la principal fuente de contaminantes en la zona, sus datos resultan poco representativos. Por ello, realizaremos un cálculo promediado con los datos de otras dos estaciones cercanas que se sitúan en la prolongación de dos de los ejes del ámbito⁷⁰⁹:

- Plaza de Fernández Ladreda [situada al otro lado de la M-30, en la prolongación del Paseo de Santa María de la Cabeza]
- Escuelas Aguirre [situada al otro extremo del Retiro, y en cierto modo una prolongación del Paseo de las Delicias]

TABLA AXII.05_ ESTACIONES CONSIDERADAS PARA EVALUAR LA ACUSTICA DEL AMBITO

ESTACIÓN MÉNDEZ ÁLVARO	Situación: 40°23'53.21"N, 3°41'12.57" Tipo: Urbana de fondo Parámetros medidos: PM10, PM2,5, NO2, NO, NOX.	
ESTACIÓN ESCUELAS AGUIRRE	Situación: 40° 25' 17,76" N, 3°40' 56,34" O Tipo: Urbana de Tráfico Parámetros medidos: SO2, PM10, PM2,5, NO2, NO, NOX, CO, O3, HC, BTX.	
ESTACIÓN FERNÁNDEZ LADREDA.	Situación: 40° 23' 05" N, 3° 43' 7" O Tipo: Urbana de Tráfico.	

⁷⁰⁷ Así lo confirma el IDAE [2011: 139] cuando afirma que “En España, en el año 2007, el transporte fue responsable de más del 25,4% de las emisiones de CO₂”.

⁷⁰⁸ La Estación de Méndez Álvaro se sitúa muy próxima al límite de la calle Bustamante y su cruce con la Calle Méndez Álvaro, y se considera una estación “Urbana de Fondo” [i.e., no está influenciada ni por el tráfico ni por la industria].

⁷⁰⁹ La ubicación de estas dos estaciones en emplazamientos con niveles de tráfico [IMD] similares a los dos ejes del ámbito [Santa María de la Cabeza, Paseo de Las Delicias o las Rondas], permite suponer que los valores de contaminación que presenten sean similares en aquellos contaminantes relacionados con el tráfico motorizado.

Parámetros medidos: NO2, NO, NOX, CO, O3, T, HR, DV, VV, P, LL.

FUENTE: Elaboración propia y AMD [2010]. En algunos casos también se indicarán los datos de la Estación de Retiro, por su cercanía al ámbito, siendo esta estación de tipo "Urbana de Fondo".

Para el Análisis vamos a considerar los datos de todas estas estaciones, incluyendo además la de Retiro, cuando haya datos disponibles.

DIÓXIDO DE AZUFRE [SO₂]

Es un gas incoloro provocado por la combustión en calderas para calefacción doméstica, generación de energía y vehículos a motor. Produce enfermedades respiratorias, cáncer de pulmón, y agrava los efectos de alergias y asma. Al combinarse con el agua forma ácido sulfúrico [lluvia acida]. En los últimos diez años, ha mostrado una disminución apreciable, motivado por la desaparición de las calderas de carbón en las calefacciones domésticas, y la mejora de los combustibles.

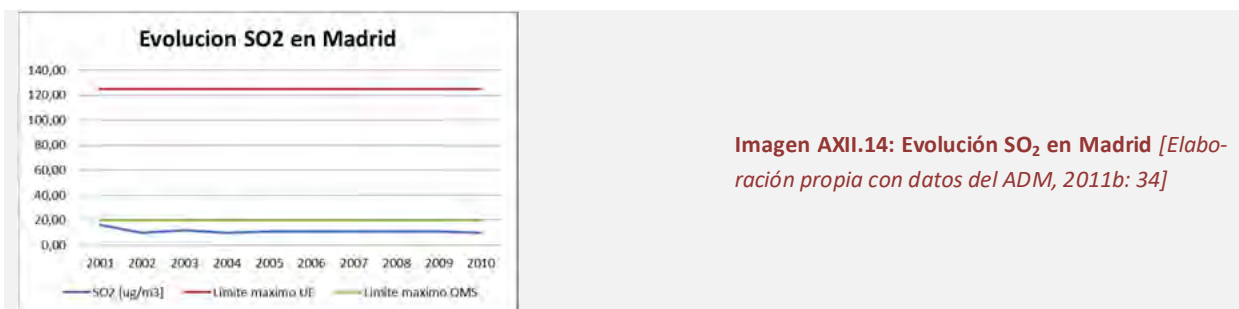
El valor límite horario para protección de la salud es de 350ug/m³ que no podrá superarse más de 24 ocasiones por año, el valor límite diario es de 125ug/m³ que no podrá superarse más de tres días al año, y el umbral de alerta es de 500ug/m³ durante tres horas seguidas [ADM, 2011b: 33]⁷¹⁰. El valor límite para la protección de los ecosistemas es de 20 ug/m³ anual e invernala [de 1 de octubre a 1 de marzo] [MARM, 2010:190].

TABLA AXII.06_VALOR MEDIO DE SO₂ [2010]

	Valor Anual Medio
Escuelas Aguirre	10
Fernández Ladreda	-
Retiro	-
Méndez Álvaro	-
Media Madrid	12
Valor límite Directiva UE	125ug/m ³
Valor límite OMS	20ug/m ³

Fuente: Los datos de las estaciones son de Proyecto de Plan de Calidad del Aire de Madrid 2011-2015 [datos 2010].

En general los valores medidos son considerablemente bajos respecto de los límites legales y recomendados, con un valor que se redujo mucho en el año 2002 y que actualmente mantiene una tendencia estable.



⁷¹⁰ En su última revisión la OMS ha reducido mucho los valores recomendados, de manera que el límite diario ha bajado hasta 20 ug/m³, mientras que para el límite máximo de 500 ug/m³, se ha reducido el tiempo máximo de exposición a 10 min [WHO, 2011].

PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN [PM10 Y PM2,5]

Incluye un amplio espectro de sustancias orgánicas e inorgánicas. Por sus efectos sobre la salud se suelen distinguir entre:

- PM10 [partículas menores de 10 micras que pueden llegar hasta las vías respiratorias bajas]
- PM2.5 [partículas que pueden llegar hasta la zona de intercambio de gases de los pulmones]
- Partículas ultra finas [menores de 100 nm –nanómetros-, que pueden llegar al torrente sanguíneo].

Existen numerosos estudios que relacionan la respiración de este tipo de sustancias con enfermedades respiratorias crónicas, cáncer de pulmón, y otras cardiovasculares, así como una reducción de la esperanza y calidad de vida [WHO, 2011]. Según la OMS, son el contaminante más perjudicial para la Salud humana. Y no existe un umbral de concentración por debajo del cual no produzcan efectos negativos sobre la salud [los valores máximos recomendados buscan minimizar estos efectos negativos pero su cumplimiento no los elimina del todo].

PM10

Procede tanto de los sistemas de calefacción de edificios como de los vehículos, especialmente los diésel⁷¹¹. En la Ciudad de Madrid, el principal emisor es el transporte por carretera [con un 78,71%], seguido de la combustión en el sector Residencial, Comercial e Institucional [13,60%]. El tratamiento de residuos es el causante del 1,68 % de las emisiones.

Existe un valor límite diario de 50ug/m³ que no se puede superar más de 35 ocasiones al año y un valor límite anual de 40ug/m³⁷¹². Ambos son valores para protección de la salud humana.

TABLA AXII.07_VALOR MEDIO DE PM10 [2010]

	Valor Anual Medio	Nº Días supera limite diario [50 ug/m3]
Escuelas Aguirre	27	19
Fernández Ladreda	-	-
Retiro	-	-
Méndez Álvaro	23	11
Media Madrid	22	
Valor límite Directiva UE	40ug/m3	35
Valor límite OMS	20Ug/m3	

Si bien todavía se superan los límites recomendados por la OMS, si se continúa la tendencia decreciente en las concentraciones de PM10 hacia el 2014 se podrían estar cumpliendo dichos límites.

⁷¹¹ A veces puede estar causado por fenómenos naturales [en España, arenas procedentes del Sahara]. Sin embargo, la toxicidad en estos casos es mucho menor.

⁷¹² Este es el valor límite fijado por la Directiva 2008/50/CE, traspuesta a la legislación española en el Real Decreto 102/2011. Sin embargo el límite máximo recomendado por la OMS es de 20ug/m3 [WHO, 2011].

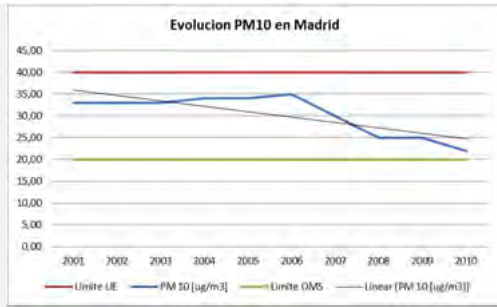


Imagen AXII.15: Evolución PM10 en Madrid
 [Elaboración propia con datos del ADM, 2011b:36]

PM2,5

En la Ciudad de Madrid, el principal emisor es el transporte por carretera [con un 82,19%], seguido de la combustión en el sector Residencial, Comercial e Institucional [9,45%]. El tratamiento de residuos es el causante del 2,12 % de las emisiones. El límite máximo anual es de 25ug/m3⁷¹³.

TABLA AXII.08_ VALOR MEDIO DE PM2,5 [2010]

	Valor Anual Medio
Escuelas Aguirre	13
Fernández Ladreda	-
Retiro	-
Méndez Álvaro	12
Media Madrid	12
Valor límite Directiva UE	25ug/m3
Valor límite OMS	10ug/m3

Las concentraciones de PM2,5 también superan los límites de la OMS, siendo en esta caso más difícil predecir la tendencia puesto que si bien en apariencia es decreciente, en los últimos tres años el valor se ha estabilizado.



Imagen AXII.16: Evolución PM2,5 en Madrid
 [Elaboración propia con datos de ADM, 2011b: 38]

MONÓXIDO DE CARBONO [CO]

Los valores registrados durante 2010 son muy inferiores a los límites para la protección de la salud [límite de 10mg/m3 media octohoraria máxima en un día].

TABLA AXII.09_ VALOR MEDIO DE CO [2010]

	Valor Anual Medio
Escuelas Aguirre	0,41
Fernández Ladreda	0,41
Retiro	-
Méndez Álvaro	-
Media Madrid	-

⁷¹³ El límite fijado por la OMS es de 10 ug/m3 [WHO, 2011]

Valor límite Directiva UE

10mg/m3

También la medición de CO en Madrid muestra una tendencia decreciente⁷¹⁴, debido fundamentalmente a la mejora de la tecnología de los motores de los vehículos.

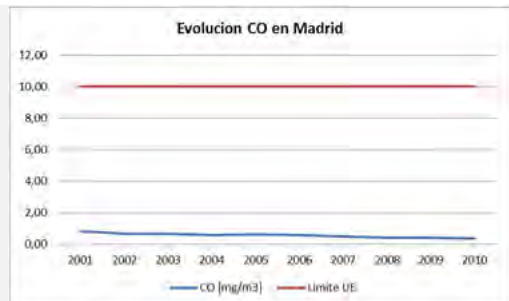


Imagen AXII.17: Evolución CO en Madrid [Elaboración propia con datos de ADM, 2011b:40]

BENCENO [BEN].

Proviene fundamentalmente de las emisiones de los vehículos rodados. Sus emisiones están muy por debajo de los límites establecidos para proteger la salud humana [valor límite anual 5ug/m3].

TABLA AXII.10_ VALOR MEDIO DE BEN [2010]

	Valor Anual Medio
Escuelas Aguirre	0,88
Fernández Ladreda	-
Retiro	-
Méndez Álvaro	-
Media Madrid	-
Valor límite Directiva UE	5ug/m3

En el periodo 2001 2005 decreció notablemente manteniéndose relativamente estable desde entonces.

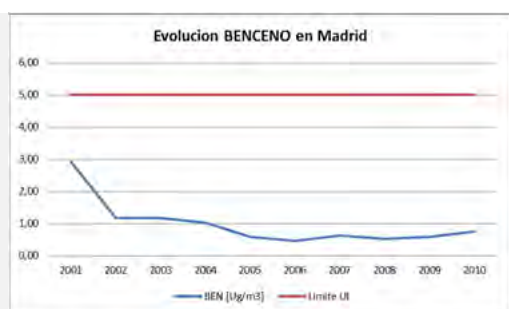


Imagen AXII.18: Evolución Benceno en Madrid [Elaboración propia con datos de ADM, 2011b: 41]

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Los Óxidos de Nitrógeno NO₂ y NO_x son muy reactivos y afectan sobre todo al tracto respiratorio, disminuyen la resistencia a las infecciones, y provocan enfermedades respiratorias crónicas. Afectan

⁷¹⁴ Todas las mediciones de evolución de contaminantes de ADM [2011b] se refieren a Estaciones que no han modificado su localización durante ese periodo.

especialmente a asmáticos y niños. El 65,4% de las emisiones de Óxidos de Nitrógeno en la Ciudad de Madrid proviene del Tráfico [ADM, 2011b: 6], mientras que un 9% provienen del tratamiento de RSU.

DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO₂

Es un contaminante emitido en los procesos de combustión. Por tanto, su presencia sirve para detectar la influencia del automóvil y la presencia de otros contaminantes emitidos por los automóviles más difíciles de detectar. Sobre todo los vehículos diésel [que lo emiten directamente], aunque también los de gasolina [emiten NO, que se oxida generando NO₂].



En concentraciones altas causa inflamación de las vías aéreas, bronquitis, asma y problemas en el crecimiento de los pulmones.

Los valores límites y umbrales establecidos para la protección de la salud humana son un límite horario de 200 ug/m³ que no podrá superarse más de 18 veces al año, un valor límite anual medio de 40 ug/m³ y un umbral de alerta de 400 ug/m³ durante 3 horas consecutivas.

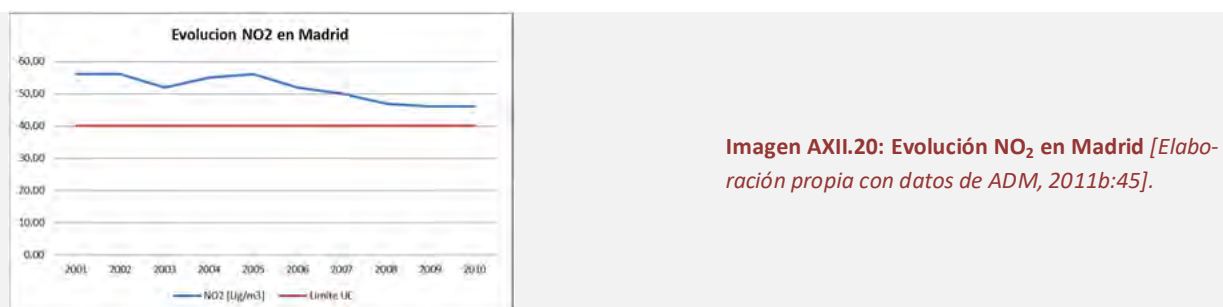
TABLA AXII.11_VALOR MEDIO DE NO₂ [2010]

	Valor Anual Medio	Nº Superaciones limite horario [200 ug/m ³]
Escuelas Aguirre	54	33
Fernández Ladreda	68	76
Retiro	35	0
Méndez Álvaro	47	12
Media Madrid	46	-
Valor límite Directiva UE	40 ug/m ³	18

FUENTE:

- (1) Es la única estación que no supero el límite horario. El motivo es que En los lugares con vegetación, el NO₂ se transforma en Ozono. Por ello los registros más bajos de NO₂ corresponden a las estaciones ubicadas junto a las grandes zonas verdes: Casa de Campo [30], Parque Juan Carlos I [27], y El Pardo [22], que serán las que registren niveles más altos de Ozono.

Si bien la media de los registros actuales todavía supera los límites máximos en un 15%, de seguir la tendencia decreciente de los últimos diez años, para el año 2016 la media se situaría por debajo del límite máximo de la UE.



NOX

El valor límite anual de NOx para la protección de la vegetación es de 30 µg/m³ [MARM, 2010: 191]

El valor medio anual para la ciudad de Madrid es de 68 Ug/m³ [ADM, 2011b], lo que quiere decir que se está superando ampliamente el límite máximo.

OZONO TROPOSFÉRICO [O3]

Se trata de un contaminante secundario que se forma a partir de contaminantes precursores [como NOx] cuando se dan las condiciones adecuadas. Los episodios más agudos tienen lugar en las tardes de verano, y en el extrarradio de las ciudades, donde la presencia de NOx coincide con la presencia de abundante vegetación.⁷¹⁵

Sus efectos son más adversos con personas con bajos mecanismos antioxidantes, y cuando existen enfermedades respiratorias [alergias y asma]. Al aumentar la tasa de ventilación [respiración] aumentan el ozono que entra en los pulmones, por lo que sus efectos nocivos aumentan con el ejercicio físico.

El valor fijado como objetivo para el periodo 2010-2012 para la protección de la salud humana es de 120ug/m³ [media octohoraria máxima en un día que no podrá superarse más de 25 días por año, en un periodo de 3 años]⁷¹⁶. Así mismo, se establece un valor de aviso a la población de 180ug/m³ y de alerta de 240ug/m³ [ADM, 2011b].

En 2010 no se produjo ningún nivel de alerta, aunque si un par de episodios de aviso a la población [Arturo Soria y Casa de Campo]⁷¹⁷.

TABLA AXII.12_DÍAS DE SUPERACIÓN DEL VALOR LIMITE OCTOHORARIO DE 120ug/m³ [2010]

	Días de superación del umbral limite
Escuelas Aguirre	7
Fernández Ladreda	2
Retiro	5
Méndez Álvaro	-
Media Madrid	-
Valor límite Directiva UE	25 días por año

No se han conseguido las mediciones, por lo que no se puede saber el número de días que se han sobrepasado los nuevos niveles recomendados por la OMS.

Por otra parte, existen límites a la presencia de Ozono troposférico para la protección de la vegetación:

⁷¹⁵ Curiosamente, este gas afecta a las zonas exteriores a la ciudad, pese a que se produce fundamentalmente a partir del NO₂ generado en ella.

⁷¹⁶ La OMS recomienda reducir el valor máximo hasta 100 ug/m³, pues se ha constatado los efectos negativos de concentraciones superiores a este valor [WHO, 2011].

⁷¹⁷ Es interesante señalar que las estaciones que registraron un mayor número de días con valores octohorarios por encima del límite fueron las ubicadas junto a las grandes zonas verdes.

- El Objetivo de O₃ para la Protección de la Vegetación es de 18.000 µg/m³.h de promedio del AOT 40 (calculado de mayo a julio) en un período de 5 años.
- El Objetivo a Largo Plazo es 6.000 µg/m³.h.

Los datos indican que en 2009 en 5 de las 7 estaciones de medida existentes en la Comunidad de Madrid se superó el Objetivo para Protección de la Vegetación, y en todas ellas el Objetivo a Largo Plazo [MARM, 2010]. Los datos de la serie estadística de valores registrados en la ciudad de Madrid, son los siguientes:

TABLA AXII.13_SERIE HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA OZONO EN MADRID

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Protección de la salud	>OLP;<VO	>OLP;<VO	>OLP;<VO	>OLP;<VO	>VO	>VO	>VO
Protección de la vegetación	>OLP;<VO	>OLP;<VO	>OLP;<VO	>OLP;<VO	>VO	>VO	

>OLP;<VO: Entre valor objetivo a largo plazo y valor objetivo
 >VO: Mayor que valor objetivo.

FUENTE: Anuario Estadístico 2010 [completado para 2010 con datos de ADM, 2011b]

PLOMO [PB]

El valor límite anual del Pb es de 0,5 µg/m³.

REVISIÓN DEL PLAN DE CALIDAD DEL AIRE

Vamos a rehacer una breve recopilación de algunas propuestas incluidas en el Plan de Calidad del Aire, que nos pueden servir para el diseño de escenarios en las transformaciones urbanas:

- Creación de una zona de bajas emisiones [ZBE] que delimita un ámbito de la ciudad coincidente con el de mayor nivel de tráfico y contaminación de NO₂, donde focalizar las medidas de restricción del tráfico [dicha zona comprende el barrio de Palos de Moguer].
- Rehabilitación Energética de Viviendas [medida 44]
- Instalación de Redes neumáticas para la recogida de RSU en zonas de nueva urbanización [medida 49]
- Disminución de los fenómenos de re-suspensión mediante baldeos de las vías públicas [eliminación de partículas susceptibles de volverse a suspender] permitiría reutilizar también parte del agua excedente de los edificios [medida 50]
- Consolidar la contribución del patrimonio verde de la ciudad a la lucha contra la contaminación [medida 55]⁷¹⁸.

También se habla del impacto que tiene en la generación de NO_x la generación de electricidad en las plantas depuradoras [por el nitrógeno almacenado en los fangos de depuración –nitrógeno que sería un fantástico abono-]. En concreto el 6,7% de la producción de NO_x de la ciudad.

⁷¹⁸ El Plan afirma “entre los beneficios que aportan los árboles y zonas verdes al ecosistema urbano destacan los relativos a su contribución a la mejora de las condiciones atmosféricas. Así, además de contribuir a la reducción de la temperatura, atemperando el efecto de isla de calor y aminorando procesos de generación de contaminantes como el del ozono, catalizados por altas temperaturas, el arbolado juega un papel activo en el filtrado del aire contribuyendo a retener contaminantes y actuando como sumideros de CO₂”

ANEXO XIII: APLICACIÓN PRÁCTICA. CRITERIOS DE DISEÑO Y CÁLCULO ADOPTADOS

La utilización del modelo requiere tomar muchas decisiones en cuanto a criterios sobre como evaluar la información disponible, etc... Vamos a incluir un resumen de los principales adoptados en el presente trabajo para cada una de las tres aplicaciones prácticas revisadas⁷¹⁹.

A-XIII.1_ EVALUACIÓN ESTADO ACTUAL [ESCENARIO E00]

TABLA AXIII.01_ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE E00_ SITUACION SIN CAMBIOS

DIMENSION/INDICADOR	CRITERIOS ESPECIFICOS ADOPTADOS PARA LA EVALUACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	
Q1. COMPACIDAD	
Densidad de Población	El ámbito presenta una Densidad Bruta de 432,71 Hab/Ha
Compacidad Corregida	<p>Consideramos la siguiente altura de edificación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura Edificación Residencial 3m • Altura Edificación No Residencial 3,5m <p>Hemos estimado la ocupación media de la parcelación en la zona obteniendo un valor de 77,9%</p> <p>Asignamos la incidencia a cada tipo de espacio siguiendo el criterio:</p> <p>Incidencia alta: Calles Peatonales, Ramblas, Bulevares, Parques y Jardines mayores a 5.000 m²</p> <p>Incidencia media: Paseos, Parques y Jardines menores entre 1.000 y 5.000; Interiores de manzana, de uso local, exterior de manzana; plazas grandes</p> <p>Incidencia baja: Aceras anchas, Explanadas mayores a 4 Ha, plazas pequeñas.</p> <p>Para el cálculo de la superficie de aceras, partimos del dato del distrito de Arganzuela [51,54%] y aplicamos porcentualmente al total de viales del Barrio.</p> <p>En el viario perimetral solamente se contabiliza la acera incluida en el ámbito evaluado</p>
Q.2. EQUIPAMIENTOS	
Dotación Equipamientos	
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	
Q.3. ZONAS VERDES	
Dotación Zonas Verdes	Las zonas de Estancia en aceras anchas no se contabilizan aquí puesto que no cumplen la condición de 50% de la superficie ajardinada.
Accesibilidad a Zonas Verdes	<p>El cálculo de accesibilidad se ha hecho considerado que la población este homogéneamente repartida por todo el ámbito [por tanto se ha calculado como superficie de parcelas con cobertura respecto de la superficie total]</p> <p>(1) La Accesibilidad a ZV mayor de 10 Ha se considera la siguiente: Hasta 750 m, accesibilidad andando. Hasta 2000 km, accesibilidad ciclista o en transporte público. Para más de 2000 km accesibilidad mediante transporte público.</p> <p>(2) La Accesibilidad para las ZV mayor de 1 Ha se considera la siguiente: Para distancia hasta 750 m, se considera accesibilidad andando. Para distancia hasta 2000 se considera accesibilidad en bicicleta.</p>
Q4. BIODIVERSIDAD	
Índice de Biotopo	Establecemos como Objetivo el valor BAF=0,30 recomendado para Emplazamiento con usos mixtos y ocupación del suelo > 0,50. Se ha contabilizado la superficie de terrizo de los alcorques de los árboles, a razón de 1 m ² por árbol.
Arbolado en viario	<p>No existen en el ámbito calles con ancho menor a 8 m [que no sería necesario arbolar]</p> <p>En las calles con ancho igual o menor a 10m, se considera conveniente arbolar solamente una acera, por lo que una de las aceras no se ha contabilizado</p>
Corredores Verdes	Actualmente no existen en el área, ya que todas las vías tienen niveles de ruido muy superiores a los aceptables. De los tres indicadores propuestos en 'Redes Verdes y de Biodiversidad', solo hemos contabilizado el indicador Corredores Verdes Urbanos.
Q5_MEZCLA DE USOS	
Equilibrio Actividad Residencia	
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	
Diversidad de Superficies Habitacionales	
Dotación Vivienda protegida	No se ha podido calcular por falta de datos
Q7.BIOCLIMA Y SALUD	

⁷¹⁹ Excluimos la de Azoteas para no extender innecesariamente el texto, pudiendo consultarse en Alvira, 2016

Calidad del Aire	Se ha calculado como media aritmética ponderada de los indicadores parciales para NO2/O3: Escuelas Aguirre, Fernández Ladreda y Méndez Álvaro PM10/PM2.5: Escuelas Aguirre y Méndez Álvaro SO2: Escuelas Aguirre.
Confort Acústico	Datos del mapa acústico de Arganzuela [2011]. Según el estudio acústico del ayuntamiento, el ruido en el distrito es atribuible fundamentalmente al tráfico motorizado
Confort Térmico	Se han considerado los siguientes parámetros de diseño: Pavimentos que cumplen las condiciones de diseño: Baldosa Hidráulica, laminas vegetales, pavimentos permeables [zonas cubiertas por vegetación, tierra, adoquín, ...] Pavimentos que no cumplen las condiciones de diseño: Asfalto
Actividad Física	Datos de Encuesta Nacional de Salud 2006. http://www.ine.es/colencine/colencine_enchog_salud.htm
Q8. ACCESIBILIDAD	
Accesibilidad Peatonal	
Accesibilidad Ciclista	Hemos excluido la evaluación del número de aparcamientos de bicicletas por dificultad de cálculo.
Accesibilidad mediante Transporte Público	La accesibilidad a autobús se ha estimado utilizando el Mapa con paradas disponible en http://www.emtmadrid.es/mapaweb/emt.html Minoración por accesibilidad peatonal: El transporte público siempre implica una parte de desplazamiento peatonal, por lo que descontamos el porcentaje del área con edificación, que no cumple las condiciones de accesibilidad peatonal [el 14% en la situación actual] Accesibilidad durante horario nocturno: Se cuentan las áreas con acceso a dos o más líneas de autobús [en ambas direcciones], o a una parada de autobús y otra de otro medio [metro, tren o SBC]. En la actualidad el área sin cobertura nocturna es 102.615 m2
Tiempo destinado a movilidad	
Q9. ESTRUCTURA URBANA	
Continuidad Funcional de la Calle	
Conectividad de la Red	
Configuración Urbana	
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	
Proporción de Calle	
Calidad de la Escena Urbana	Se han considerado los siguientes parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Altura de campo visual 8 m • Altura media coche 1,4 m • Superficie de copa de árbol 28 m2 Para valorar el estado de la edificación hemos utilizado datos del Censo de Edificación y Vivienda [INE, 2001], estableciendo las siguientes ponderaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Ruinoso 0,10 • Malo 0,25 • Deficiente 0,50 • Bueno 0,90 Si lo aplicamos al número de edificios catalogados en cada tipo [12/28/116/428, respectivamente] obtenemos un valor global de 0,77 [siendo el 0 el valor pésimo y 1 el valor óptimo]. En un estudio más detallado, sería conveniente valorar la superficie de fachada de cada edificio, contaminación visual, etc...
Percepción del Verde Urbano	
M _ METABOLISMO URBANO	Para establecer los límites de sostenibilidad/insostenibilidad hemos utilizado los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> • Ratio Desigualdad 7:1-1,75 • Población Mundo 7.350.000.000 [2015] / 8.250.000.000 [2050]
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	Hemos considerado el valor medio de Huella Hídrica azul para España: 278,95m3/hab/año [calculo propio a partir de Mekonnen y Hoekstra, 2011. Appendix IX-3]
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	Hemos considerado el valor medio de Huella Hídrica Gris para España: 278,95m3/hab/año [calculo propio a partir de Mekonnen y Hoekstra, 2011. Appendix IX-3]
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	Datos de 2011 extraídos de GFN, 2015. Public Data Package, siendo los siguientes:
Agrícola	Huella media España: 1,00 hag-eq
Ganadera	Huella media España: 0,18 hag-eq
Forestal	Huella media España: 0,21 hag-eq
Plataforma Continental [Pesca]	Huella media España: 0,33 hag-eq
Urbanizable	Huella media España: 0,06 hag-eq
M4 RESIDUOS	Datos RU de Ayuntamiento de Madrid 2010
Recursos Bióticos	
Recursos Abióticos	RCD España según INEbase 2015
M5 ENERGIA	Consumo de cada fuente de energía calculado a partir de Consumo total Energía en España en 2012 de 128.212.400TEP [MARMA, 2014:334], aplicando ratios de cada fuente sobre el total.

	Aunque se considera la situación actual como BAU, en el periodo 1990-2007 la tendencia de consumo de energía en el transporte ha tenido un crecimiento continuado del 3,8% [Mendiluce y Del Rio, 2010:216 citando a la Comisión Europea]. Es decir, que el criterio adoptado no valora totalmente la insostenibilidad previsible del consumo de Energía en España, que es algo mayor de la considerada.
Energía no renovable	
Energía renovable	Hemos considerado una cuota anual de biocarburantes de 4.073 MWh/año [calculo propio a partir de APPA,2010 para 2010].
	Hemos considerado 7,25 TmCO ₂ eq /hab/año [calculo propio a partir de Eurostat para 2012].
M6. EMISIONES GEI	No hemos descontado ningún porcentaje de emisiones CO ₂ -eq compensadas [absorciones bosques], en el nivel global por desconocer cuál sería la cifra. Por tanto la insostenibilidad real del área sería algo menor. Sin embargo, no hemos valorado la tendencia creciente. Por ejemplo, en el periodo 1990-2007 las emisiones GEI producidas por el transporte han crecido un 89% [Mendiluce y Del Rio, 2010: 217-219]. Esto supone casi un 5% de crecimiento medio anual, que nos lleva a pensar que la insostenibilidad previsible del área en emisiones GEI es algo mayor de la revisada.
E_SOSTENIBILIDAD ECONOMICA	Como RBD hemos considerado 18.988 €/hab/año [Instituto de Estadística, Comunidad de Madrid, para 2009].
E1. EMPLEO	
Estabilidad Empleo	Hemos eliminado la valoración de la Estabilidad del empleo por la falta de datos.
Tasa Desempleo	Dato de Desempleo para el Distrito de Palos de Moguer, a 31 de Diciembre de 2013. Fuente: Dirección General de Estadística del Ayuntamiento de Madrid [citando al INE]
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	La escala del área no nos permite valorar su actividad en términos de estructura, sino de diferenciación. Y la ausencia de datos referidos al VAB nos obliga a evaluar la diferenciación no en términos de concentración de VAB+CI sino de locales comerciales adscritos a cada categoría. Supone una 'simplificación excesiva' y para dotarla de mayor consistencia vamos a modificar la estructura de indicadores del modelo, evaluando la Diversificación Económica conjuntamente con la Diversificación del Empleo.
Diversificación Laboral	
Diversificación Económica	
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	Como dato de concentración de riqueza tomamos Coeficiente de Gini= 0,34 [Eurostat, para 2011].
E4. CARGA ECONOMICA	
Carga Económica Sector Publico	La dificultad de modelizar las variaciones del PIB hace que solo vayamos a evaluar el ratio Deuda/Ingresos Presupuestarios [Datos Deuda e Ingresos de Eurostat, para España 2013]. El ratio resultante es algo superior [33% frente a 22%], por lo que en realidad la prioridad de incrementar la sostenibilidad de la Carga Económica es mayor de la que indica el modelo.
Carga Económica Habitantes	Datos de Gastos en Vivienda y Transporte, así como reparto de la RBD por quintiles de Eurostat para 2010, actualizados con el HIPC [Acceso Mayo-Agosto 2015]
S_GRADO DE SOSTENIBILIDAD	
Fuente: Elaboración propia	

A-XIII.2_ PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTION DE RESIDUOS

TABLA AXIII.02_ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE R01_ GESTIÓN DE RESIDUOS

DIMENSION/INDICADOR	CRITERIOS ESPECIFICOS ADOPTADOS PARA LA EVALUACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	
Q1. COMPACIDAD	
Densidad de Población	
Compacidad Corregida	
Q.2. EQUIPAMIENTOS	
Dotación Equipamientos	
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	
Q.3. ZONAS VERDES	
Dotación Zonas Verdes	
Accesibilidad a Zonas Verdes	
Q4. BIODIVERSIDAD	
Índice de Biotopo	
Arbolado en viario	
Corredores Verdes	
Q5_ MEZCLA DE USOS	
Equilibrio Actividad Residencial	
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	
Diversidad de Superficies Habitacionales	
Dotación Vivienda protegida	
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	
Calidad del Aire	No se ha valorado la influencia positiva que tendría la eliminación de emisiones por incineración en vertederos, por la dificultad de valorar su impacto sobre el ámbito.
Confort Acústico	No hemos contabilizado el efecto beneficioso de eliminar el impacto acústico que supone la recogida de basura a altas horas de la noche por la dificultad de modelizarlo.
Confort Térmico	
Actividad Física	
Q8. ACCESIBILIDAD	

Accesibilidad Peatonal	
Accesibilidad Ciclista	
Accesibilidad mediante Transporte Público	
Tiempo destinado a movilidad	
Q9. ESTRUCTURA URBANA	
Continuidad Funcional de la Calle	
Conectividad de la Red Configuración Urbana	
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD	
Proporción de Calle	
Calidad de la Escena Urbana	<p>Se han considerado los siguientes parámetros:</p> <p>Contenedores de reciclado residuos [suele ir dos –papel y vidrio- juntos]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensión Planta 4m²/ Alzado 4m² <p>Cubos de basura edificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensión Planta 0,36 m²/ Alzado 0,72 m² <p>Contabilizamos los contenedores reales existentes en el ámbito y suponemos dos cubos por edificio –basura normal y envases- hasta un máximo de 35 viviendas, para los 784 edificios del ámbito.</p>
Percepción del Verde Urbano	
M_ METABOLISMO URBANO	
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA	
M.2. CONTAMINACION HIDRICA	
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO	
Agrícola	
Ganadera	
Forestal	
Plataforma Continental [Pesca]	
Urbanizable	
M4 RESIDUOS	
Recursos Bióticos	
Recursos Abióticos	
M5 ENERGIA	Factores de Conversión de Energía Primaria En Energía Final de JRC [2014.v4a:9. Appendix 2]
Energía no renovable	En las variaciones del consumo eléctrico, consideramos que la Energía Nuclear se mantiene constante
Energía renovable	En las variaciones del consumo eléctrico, consideramos que el aporte de las ER se mantiene constante.
M6. EMISIONES GEI	
E_ SOSTENIBILIDAD ECONOMICA	Hemos considerado un Coste de Inversión inicial de 1500 €/viv [algo reducido], apoyándonos en que la dimensión del ámbito [aprox. 13.000 viv] y el predominio de vivienda colectiva permite abaratar costes.
E1. EMPLEO	
Estabilidad Empleo	
Tasa Desempleo	
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	
Diversificación Laboral	<p>Consideramos que los puestos directos de trabajo creados por la empresa se asocian</p> <ul style="list-style-type: none"> • 15% suministro de energía [biometanización] • 85% gestión de residuos
Diversificación Económica	<p>Consideramos que cada 30 Empleos generados, equivale a</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 local Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado • 1 local Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos • 1 local Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos • 1 local Transporte y almacenamiento <p>No actualizamos el Coeficiente de Gini por la dificultad de modelizarlo correctamente.</p>
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	Para el cálculo de las variaciones de Renta hemos considerado el Valor Actual Descontado [VAD] para un periodo de amortización de 20 años y una Tasa de Descuento del 3%.
E4. CARGA ECONOMICA	
Carga Económica Sector Público	
Carga Económica Habitantes	
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	
Fuente: Elaboración propia	

A-XIII.3_ PROPUESTA DE PLAN ESTRATEGICO DE MOVILIDAD

TABLA AXIII.03-0_ DATOS GENERALES ESCENARIOS E00 Y M-0X

	CUOTA COCHE	CUOTA BICICLETA	Nº Plazas aparcamiento (0)	
			Edificación	Viarío
E00	25,00%		6.656 (1)	3.155 (2)
M01	25,00%			2.733
M02	11,00%	15,00%		488
M03	25,00%			2.806
M04	21,71%	5,00% (3)	Cuota SBC	2.529

M05	25,00%		En coches privados solo aplica a 2º o 3er vehículo, siendo un total de 17%. En Autobuses, motos y Taxis, aplica al 100%
M06	25,00%		Solo aplica a una cantidad máxima de 33,8% sobre total de energía consumida en movilidad
M07	25,00%		Se ahorra el 25% del consumo de energía
M05a	25,00%		Los vehículos se van sustituyendo a medida que concluye su Cv
M07a	25,00%		Los vehículos se van sustituyendo a medida que concluye su Cv
M08_ [M02+M04+M01+M03]	7,71%	20,00%	488
M08+M05b	7,71%	-	-
M08+M07b	7,71%	-	-
M08+M05b+M07b	7,71%	-	-

Fuente: Elaboración propia

(0) Hemos seguido el criterio de considerar que el número de plazas necesarias iguala al de turismos censados [Pozueta, 1995: 28; AEUB, 2010:30. Indicador 16]

(1) Estimación propia a partir de la superficie registrada en Catastro asignada a uso Aparcamiento, suponiendo 30m2c/plaza de aparcamiento. Es importante indicar que la estimación del número de plazas a partir de ratios disponibles en Movilia 2006 daría una cifra algo inferior [4.360 plazas]. Por tanto, previo a la implementación del plan será necesario revisar las cifras reales.

(2) Estimación propia midiendo sobre plano la longitud de viario destinada a aparcamiento y suponiendo una plaza de aparcamiento por cada 6 m de viario.

(3) Modos de transporte sustituidos por el SBC. Trafico motorizado privado [65,77%]; Transporte Publico [7,79%]; Bicicleta propia [5,12%], desplazamientos peatonales [21,22%]. Datos OBIS Project en Barcelona [Blondel et Al, 2010:22]

Aunque en la fecha en que se realizó la parte práctica de este trabajo [2013-2014] no existía un SBC en Madrid, posteriormente se evaluó el interés de actualizar la evaluación contemplando el actual SBC, decidiendo no hacerlo por varios motivos:

- dicho servicio presenta en la actualidad varios aspectos muy negativos⁷²⁰:
 - su red de puntos de acceso presenta distancias excesivas y una extensión todavía reducida que limitan su utilización y efectividad.
 - el pago por uso desincentiva su utilización, reduciendo los posibles beneficios asociados a la realización de actividad física frecuente⁷²¹.
 - su elevado coste económico dificulta al acceso por los habitantes con pocos ingresos y renuncia a una de sus principales cualidades: reducir la Carga Económica excesiva de los Habitantes [algo cuya elevada prioridad ha mostrado el análisis]
 - el hecho de que dicho coste se añada al del abono transporte normal desincentiva su utilización combinada [i.e., la multimodalidad], eliminando una de sus posibles ventajas; extender el radio accesible desde los grandes nodos de acceso mediante transporte publico [Atocha,...] reduciendo el número de coches que entran a la ciudad.
- el autor del presente trabajo ha intentado utilizar el servicio numerosas ocasiones, y entre el 30%-50% de las veces le ha resultado imposible por inexistencia de bicicletas operativas.

TABLA AXIII.03-1_ MOVILIDAD GENERAL DE LAS PERSONAS EN MADRID

	Personas con desplazamientos	Personas sin desplazamientos	Media viajes/habitante/día [total población]	Media viajes/habitante/día [población con desplazamientos]
Desplazamientos en día medio Laborable	88,9%	11,1%	2,55 (1)	3,3
Desplazamientos en día medio de Fin de Semana	78,5%	21,5%	-	-

Fuente: Movilia, 2006

⁷²⁰ En su diseño actual se trata de un servicio orientado a un segmento minoritario de población, con elevado poder adquisitivo y para el cual los desplazamientos no presentan un carácter de 'urgencia', muy diferente a los que han instalado otras ciudades

⁷²¹ Los medios de desplazamiento activo pueden incrementar notablemente el grado en que la población realiza niveles de actividad física óptimos para la salud, y ejercen un efecto más positivo cuanto más se usan. Un sistema que presenta un coste apreciable por uso, lo desincentiva renunciando a una de sus posibles ventajas: incrementar los niveles de actividad física del 59% de la población que no cumple los mínimos recomendados por la OMS.

(1) EDM 04

En cuanto al reparto modal existente, se ha considera:

TABLA AXIII.03-2_ E00 DISTRIBUCION MODAL VIAJES RESIDENTES

	Cuota Reparto Modal [%]	Habitantes	Tiempo desplazamiento [por]	Velocidad Desplazamiento	Tiempo no efectivo [hh:mm:ss]	Tiempo efectivo [hh]	Tiempo total [min]	Distancia Desplazamiento [km/año]	Distancia [km/año]	Energía Consumida [MWh]			Emisiones GEI [kgCO2]
										Otros	Petróleo	Electricidad	
ANDANDO	31,00%	7.677	0:17:00	4,50	0:00:00	0:17:00	430.670	1,28	32.300	1,4			0
BICICLETA (2)	1,00%	248	0:17:00	15,00	0:01:00	0:16:00	13.893	4,00	3.269	0,1			16
SBC	0,00%		0:17:00	15,00	0:02:10	0:14:50	0	3,71	0	0,0			0
MOTOCICLETA	1,00%	248	0:28:00	24,20	0:03:02	0:24:58	22.882	10,07	8.229		2,3		672
COCHE	25,00%	6.191	0:28:00	24,20	0:09:50	0:18:10	572.047	7,33	149.697		114,8		40.568
TAXI	0,50%	124	0:36:00	24,20	0:02:10	0:33:50	14.710	13,65	5.576		4,3		1.511
AUTOBUS	17,50%	4.334	0:36:00	13,50	0:08:33	0:27:27	514.842	6,18	88.310		14,2		8.919
METRO	20,70%	5.126	0:36:00	27,00	0:10:53	0:25:07	608.985	11,30	191.154			15,4	7.306
CERCANIAS	3,30%	817	0:36:00	45,00	0:28:30	0:07:30	97.085	5,63	15.169			1,5	681

Fuente: Elaboración propia.

(1) Datos reparto modal 2010 [Área de Gobierno de Economía y Empleo. Encuesta del barómetro de consumo, en III Informe Movilidad de Madrid, Pág. 13, Figura 5]

(2) Los desplazamientos en bici se reducen entorno a un 10% respecto a desplazamientos similares en coche por optimización de los recorridos.

Y en cuanto al reparto modal que se podría alcanzar mediante la intervención, hemos considerado:

TABLA AXIII.03-3_ M08' DISTRIBUCION MODAL VIAJES RESIDENTES [M02+M04+M01+M03+M05b+M07b]

	Cuota Reparto Modal [%]	Habitantes	Tiempo desplazamiento [por viaje]	Velocidad Desplazamiento [km/h]	Tiempo no efectivo [hh:mm:ss]	Tiempo efectivo [hh]	Tiempo total [min]	Distancia [km/viaje]	Distancia [Km/año]	Energía Consumida [MWh]			Emisiones GEI [kgCO2]
										Otros	Petróleo	Electricidad	
ANDANDO	29,9%	7.414	0:17:00	4,50	0:00:00	0:17:00	415.927	1,28	31.195	1,39			0
BICICLETA	15,0%	3.715	0:17:00	15,00	0:01:00	0:16:00	208.389	4,00	78.776	1,31			394
SBC	5,0%	1.238	0:17:00	15,00	0:02:10	0:14:50	69.463	3,71	26.967	0,45			135
MOTOCICLETA	1,0%	248	0:20:31	34,55	0:03:02	0:17:29	16.769	10,07	8.229		2		672
COCHE	7,7%	1.910	0:22:33	34,55	0:09:50	0:12:43	142.154	7,33	46.176		35		12.514
TAXI	0,50%	124	0:25:52	34,55	0:02:10	0:23:42	10.568	13,65	5.576		4		1.511
AUTOBUS	17,3%	4.302	0:27:47	19,27	0:08:33	0:19:13	394.304	6,18	87.655		14		8.853
METRO	20,5%	5.094	0:36:00	27,00	0:10:53	0:25:07	605.165	11,30	189.955			15	7.260
CERCANIAS	3,1%	785	0:36:00	45,00	0:28:30	0:07:30	93.265	5,63	14.573			1	654
TOTAL	100%	24.829					1.956.004		489.099	3	56	17	31.993

Fuente: Elaboración propia.

(0) En este escenario se propone la eliminación de 3293 plazas de aparcamiento en viario [para eliminar 4281 desplazamientos en automóvil y suponiendo una ocupación de 1,3 pers/vehículo]

Para la evaluación de los escenarios individuales, hemos adoptado los siguientes criterios:

TABLA AXIII.03-4_ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE M0X

DIMENSION/INDICADOR	CRITERIOS ESPECIFICOS ADOPTADOS PARA LA EVALUACION
Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD DEL ÁREA URBANA	
Q1. COMPACIDAD	
Densidad de Población	
Compacidad Corregida	La bicicleta compartida ocupa aproximadamente 2m ² /bicicleta, para 20 bicicletas por estación 40m2, que habrá que ubicar en aceras u ocupando plazas de aparcamiento. Cada plaza de aparcamiento de coche equivale a unas 5 plazas de aparcamiento de bicicleta
Q.2. EQUIPAMIENTOS	
Dotación Equipamientos	
Accesibilidad a Equipamientos de Proximidad	Se han considerado las siguientes distancias equivalentes [por tiempo de desplazamiento]: <ul style="list-style-type: none"> 300 m andando equivale a 750 m en bicicleta o 450 m en bicicleta compartida. 600 m andando equivale a 1750 m en bicicleta o 1460 m en bicicleta compartida

Q.3. ZONAS VERDES	
Dotación Zonas Verdes	
Accesibilidad a Zonas Verdes	
Q4. BIODIVERSIDAD	
Índice de Biotopo Arbolado en viario	Las puertas de calmado de tráfico [pavimento de adoquín prefabricado] se contabilizan como pavimento permeable
Corredores Verdes	
Q5. MEZCLA DE USOS	
Equilibrio Actividad Residencia	
Proximidad a Comercio de uso cotidiano	
Q6. DIVERSIDAD SOCIAL	
Diversidad de Superficies Habitacionales	
Dotación Vivienda protegida	
Q7. BIOCLIMA Y SALUD	
	Se han considerado los siguientes criterios:
	NOx: Según ADM [2011b: 179] las emisiones en Madrid son producidas por: Tráfico privado [57,90%]; Taxis [13,60%] y Autobuses [11,70%]. El uso de biodiesel incrementa las emisiones NOx un 5%.
	PM10/PM2.5: El tráfico privado es responsable del 60% de las emisiones [IDAE, 2006: 36]. La utilización de biocombustibles reduce la emisión de PM un 20%.
	S02: No hemos encontrado datos de emisiones asociadas a biocarburantes, pero según diversas fuentes consultadas, son menores que las de carburantes convencionales, por lo que en el escenario M06 habría una reducción de emisiones no contabilizada
Calidad del Aire	No se ha conseguido el dato de emisiones de los coches híbridos. Sin embargo, dado que en la ciudad se circula a velocidades reducidas y los vehículos híbridos a esa velocidad utilizan mayoritariamente el motor eléctrico, consideraremos una reducción de las emisiones locales cercana al 100%.
	O3: El Ozono troposférico se origina a partir de Óxidos de Nitrógeno [NO2 y NOx] en presencia de vegetación. Por ello, se ha considerado que las variaciones de NOx impliquen variaciones proporcionales de Ozono.
	No se ha contabilizado el efecto de dos variables que permiten considerar que la reducción de contaminantes en el aire sería mayor:
	<ul style="list-style-type: none"> • El aumento de la velocidad de los automóviles [Estudios realizados por el Banco Mundial en diversas ciudades han mostrado que pasar de una velocidad media de 12-15 km/h a 30 km/h en la ciudad tiene un efecto similar a instalar catalizadores para reducir el CO, los NOx y los hidrocarburos en el 50% del parque móvil y que el paso de una velocidad media de 10 km/h a 20 km/h puede reducir hasta un 40% las emisiones de CO2] • El incremento de arbolado en viario.
Confort Acústico	Hemos considerado niveles de contaminación acústica cero para los coches eléctricos e híbridos en ciudad, y la simplificación de considerar que la reducción de ruido sea proporcional al número de coches en circulación de cada tipo.
Confort Térmico	
Actividad Física	Las distancias consideradas de desplazamiento utilizando el SBC superan los 3 km diarios necesarios para cumplir los mínimos de actividad física. De hecho, los datos de Barcelona indican que la distancia media recorrida por desplazamiento supera estos 3 km. Por tanto consideramos que se alcanzan los objetivos indicados e incluso se cumplan los niveles óptimos de actividad física por la población que utilice la bicicleta para la movilidad diaria. Aunque el transporte público implica un cierto nivel de desplazamiento peatonal [e incluso el desplazamiento peatonal también implica actividad física]. Sin embargo, dado que la cuota de utilización del transporte público no se incrementa, suponemos que ya está contabilizado en el porcentaje actual de personas que realizan los mínimos recomendables de actividad física.
Q8. ACCESIBILIDAD	
Accesibilidad Peatonal	
Accesibilidad Ciclista	
Accesibilidad mediante Transporte Público	
Tiempo	Hemos calculado el tiempo empleado en desplazamientos a partir de la cuota de reparto modal, longitud media de desplazamientos

destinado a movilidad	<p>y número de desplazamientos diario por habitante, obteniendo 91,87min/hab/día</p> <p>Según los datos de Movilia 2006, el tiempo medio diario destinado a desplazamientos [contando solamente las personas con desplazamiento] fue de 83min/hab/día en municipios de áreas metropolitanas con más de 500.000 habitantes. El cálculo por tanto estaría dando una desviación de 8,9 min/hab/día por lo alto.</p> <p>El cálculo del tiempo, se ha realizado considerando que los viajes que se trasladan del automóvil a la bicicleta equivalen al desplazamiento medio en automóvil. Los resultados mejorarían notablemente si los que se trasladaran fueran los de longitud más reducida [menor a 3 km], donde el ahorro de tiempo es sensiblemente mayor. Esto no parece un problema, dado que "en la ciudad el 50% de los viajes en coche es de menos de 3 km y el 10%, de menos de 500 m" [IDEA, 2011].</p> <p>No se ha incluido la previsible reducción de longitud de los viajes que se puede producir por el aumento de la 'proximidad' [es decir, que al aumentar la accesibilidad de proximidad, viajes que antes se realizaban a mayor distancia -por ejemplo, ir a un centro comercial a comprar- pueden pasar a realizarse en el ámbito -o áreas anexas-, con un tiempo de desplazamiento menor].</p>																														
Q9. ESTRUCTURA URBANA																															
Continuidad Funcional de la Calle																															
Conectividad de la Red																															
Configuración Urbana																															
Q10. PAISAJE E IDENTIDAD																															
Proporción de Calle																															
Calidad de la Escena Urbana																															
Percepción del Verde Urbano																															
M _ METABOLISMO URBANO																															
M.1. USO RECURSOS HIDRICOS / SUMINISTRO DE AGUA																															
M.2. CONTAMINACION HIDRICA																															
M3. UTILIZACION TERRITORIO BIOPRODUCTIVO																															
Agrícola																															
Ganadera																															
Forestal																															
Plataforma Continental [Pesca]																															
Urbanizable																															
M4 RESIDUOS																															
Recursos Bióticos																															
Recursos Abióticos																															
M5 ENERGIA	<p>Como datos de consumo energético de los diferentes modos de transporte, hemos considerado los siguientes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Consumo MJ/viajero-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SBC</td> <td>0,00 [bicicletas no eléctricas]</td> </tr> <tr> <td>Ciclomotor</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Coche:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• < 1,4L_ Diésel</td> <td>2,26</td> </tr> <tr> <td>• < 1,4L_ Gasolina</td> <td>2,61</td> </tr> <tr> <td>• 1,4-2,0 L_ Diésel</td> <td>2,76</td> </tr> <tr> <td>• 1,4-2,0 L_ Gasolina</td> <td>2,98</td> </tr> <tr> <td>• > 2,0L_ Diésel</td> <td>3,66</td> </tr> <tr> <td>• > 2,0L_ Gasolina</td> <td>4,66</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Autobuses urbanos:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Minibús</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>Autobús</td> <td>0,58</td> </tr> <tr> <td>Tranvía</td> <td>0,29</td> </tr> <tr> <td>Tren de Cercanías</td> <td>0,35</td> </tr> </tbody> </table> <p>Como datos de consumo de vehículos eléctricos hemos considerado los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coche pequeño: 0,1 Kwh/km [www.endesavehiculoelectrico.com] • Coche normal: 0,15 KWh/km [Fundación Cartif] 	Consumo MJ/viajero-km		SBC	0,00 [bicicletas no eléctricas]	Ciclomotor	1,00	Coche:		• < 1,4L_ Diésel	2,26	• < 1,4L_ Gasolina	2,61	• 1,4-2,0 L_ Diésel	2,76	• 1,4-2,0 L_ Gasolina	2,98	• > 2,0L_ Diésel	3,66	• > 2,0L_ Gasolina	4,66	Autobuses urbanos:		Minibús	0,47	Autobús	0,58	Tranvía	0,29	Tren de Cercanías	0,35
Consumo MJ/viajero-km																															
SBC	0,00 [bicicletas no eléctricas]																														
Ciclomotor	1,00																														
Coche:																															
• < 1,4L_ Diésel	2,26																														
• < 1,4L_ Gasolina	2,61																														
• 1,4-2,0 L_ Diésel	2,76																														
• 1,4-2,0 L_ Gasolina	2,98																														
• > 2,0L_ Diésel	3,66																														
• > 2,0L_ Gasolina	4,66																														
Autobuses urbanos:																															
Minibús	0,47																														
Autobús	0,58																														
Tranvía	0,29																														
Tren de Cercanías	0,35																														

	<ul style="list-style-type: none"> Autobús: 0,16 KWh/Km/Viajero [estimación propia a partir de Agencia de la Energía de Barcelona, www.barcelonaenergia.cat] <p>Se ha estimado el ahorro energético en la edificación por mejora del bioclima en escenarios que mejoran pavimentos/ incrementan arbolado en viario.</p> <p>Para el cálculo hemos prescindido de valorar dos cuestiones, por la dificultad de calcularlas con suficiente precisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> No se ha considerado el impacto sobre el consumo de energía del tipo de combustible utilizado para la recogida de RU. No se ha incluido en el análisis el consumo de energía del transporte de mercancías, que se estima en el 43% [IDEA, 2006: 34].
Energía no renovable	<p>En las variaciones del consumo eléctrico, consideramos que Energía Nuclear se mantiene constante.</p>
Energía renovable	<p>En las variaciones del consumo eléctrico, consideramos que el aporte de las ER se mantiene constante. Cada 10% de aumento de biocombustible en la mezcla incrementa el consumo de energía un 1,1% en relación con el consumo estándar.</p> <p>No se ha contabilizado el previsible Efecto Rebote que se produciría por el menor consumo de vehículos eléctricos/híbridos, [entre el 20%/30% del ahorro conseguido según MMA, 2007], por considerar que no es aceptable renunciar a priori a dicho ahorro, sino que se deben emprender campañas de concienciación para evitarlo.</p>
M6. EMISIONES GEI	<p>Diversos autores proporcionan diferentes cifras de reducción de emisiones GEI asociadas a los biocombustibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> Según González Balmas [2010] las emisiones GEI se reducen un 80% según el IDEA [2010: 42], las emisiones solo se reducen entre el 40% y el 50% para el biodiesel y entre el 50% y el 60% para el bioetanol. <p>No se ha incluido en el análisis las emisiones GEI del transporte no urbano que se estima en el 60% [IDAE, 2006: 36].</p> <p>En los escenarios que incluye plantación de arbolado, se ha descontado el CO₂ absorbido por dicho arbolado [hasta 11,08 TmC/año según cálculo propio]</p> <p>La reducción del consumo de petróleo abre la puerta a un incremento del PIB [no valorado] por reducción de las importaciones de petróleo [aprox. el 40% de cada euro gastado en gasolina se va a economías exteriores]. Una correcta gestión de este ahorro [creación de empleo interno, inversión,...] permitiría incrementar los beneficios de esta transformación por encima de los valores considerados en el presente análisis.</p> <p>El coste de la renovación natural de los vehículos ya se considera valorado en el E00</p> <p>Precio considerado Vehículos [Estándar/Eléctrico/ Híbrido]:</p> <ul style="list-style-type: none"> Motocicletas [7.000 €/9.000 € (2)/ 9.000 €] Coches [14.000 € (1)/ 20.000 € (1)/ 20.000 € (1)] Autobuses [225.000 € (3)/ 350.000 € (3) / 350.000 €] <p>[Fuentes: (1) Fundación CARTIFF, (2) Motorpasionmoto y (3) Gonzalez Balmas].</p> <p>Ocupación Media vehículos: 1,3 pers/coche</p> <p>El precio del barril de petróleo [160 l] en el mercado internacional era de 92,08 \$ el día 19/10/2012.</p> <p>Coste punto de recarga eléctrico en viario 2.734 € cada uno. Nº puntos eléctricos necesarios: 1/10 vehículos</p> <p>Nº autobuses EMT que vinculamos al servicio en el ámbito [proporcional al total según número de usuarios]: 13 autobuses/ Palos de Moguer.</p> <p>Número de licencias de taxi en Madrid: 15.585. Asignamos 132 taxis al ámbito.</p> <p>BSS: Evaluamos un SBC con previsión de 12 usuarios por bicicleta [Lyon considera 15 usuarios/bicicleta; Bari 10 usuarios/ bicicleta; Barcelona 60 usuarios/bicicleta].</p> <p>Según ADM [2011b: 121] el SBC Mybici preveía un coste de Infraestructura de 2.510.000 € [incluye bicicletas] y de Explotación 4.500.000 €, para 1.500 bicicletas y 3.000 anclajes [1 bici cada 2 anclajes]. Resultan cifras de instalación 1.673 €/bicicleta y explotación 3.000 €/bicicleta/año.</p> <p>El coste por usuario para un sistema automático se estima entre 1.400-3.900 €/bici/año [IDAE, 2007: 96]. Adoptamos una cifra intermedia de 2.650€/bicicleta/año. Suponemos un 35% de financiación pública, un 30% de ingresos por publicidad y un 35% de pago por el usuario, para 12 usuarios por bicicleta supone un coste anual de 78€/usuario/año. Obtenemos una previsión de 1.238 usuarios y 103 bicicletas en el ámbito.</p> <p>El tiempo medio de utilización es de 20 minutos entre semana y entre 25 y 30 minutos en fin de semana. En Lyon solo el 10% eran usuarios de coche [el resto eran peatones o usuarios de autobús]. Por tanto, el objetivo lo podremos situar en ese 10. En Paris, en 2007 había 20.000 bicicletas en 1500 estaciones [13,33 bicicletas/estación]</p> <p>Costes de infraestructura viaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> Coste carril bici segregado entre 180.000 y 300.000 km [Plan Director de Movilidad Ciclista de Madrid] 240.000 €/km Coste pavimentación m2/ 'puerta' a calle con calmado de tráfico 179 €/m2. Coste pavimentación peatonal: 179 €/m2 [ADM, 2011b: 98] Coste ampliación aceras 280 €/m2 [ADM, 2011b: 99] <p>El coste de cada árbol se ha supuesto en 750 €/ud</p> <p>Para establecer el Cv de renovación de vehículos, se han utilizado los siguientes datos de Km totales recorridos [Blondel et Al, 2010]:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bicicleta 19.200 Motocicleta 75.000

	<ul style="list-style-type: none"> • Coche 160.000 • Taxi 160.000 • Autobús 1.000.000
E1. EMPLEO	Hemos eliminado la valoración de la Estabilidad del empleo por la falta de datos.
Estabilidad Empleo	
Tasa Desempleo	
E2. DIFERENCIACION ECONOMICA	Aunque la propuesta implica ciertos cambios en la estructura económica [laboral y actividad] no los vamos a valorar por la dificultad de anticiparlos/modelizarlos.
Diversificación Laboral	
Diversificación Económica	<p>No actualizamos el Coeficiente de Gini por la dificultad de modelizarlo correctamente.</p> <p>Para el cálculo de las variaciones de Renta hemos considerado las siguientes cuestiones:</p> <p>Coste Vehículos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Renovación. El coste de renovación se calcula en función del coste de los vehículos de cada tipo [estándar, eléctrico, híbrido,...] junto al Cv que implican los km recorridos en cada caso. • Mantenimiento, Seguros, Itv ...: Para el cálculo del mantenimiento anual, se considera que el número de vehículos se mantiene constante [es decir, que aunque se reduzca el número de vehículos utilizados para movilidad cotidiana, no se reduce el stock total -se guardan los vehículos para viajes, etc..-]. Por contra, el dinero gastado en revisiones se reduce al reducirse el número de km realizados <ul style="list-style-type: none"> Coste del seguro 350 €/año Revisiones vehículo 300€/10.000km Mantenimiento SBC: 2650 €/bicicleta / año [IDAE, 2007: 96] Mantenimiento Bicicleta privada 150€/año <p>Coste del Consumo de Energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electricidad. 1 kwh= 0,1737€ [aprox. 2,6055 €/100km] • Combustible. Gasóleo: 1,4 €/l • Indirecto [debido a mejora del Bioclima]. Este ahorro se reparte conforme a propiedad de la edificación [pública/privada] siendo 7,79%/ 92,21%. <p>Ahorro emisiones CO2. Se valoran las emisiones a precio de mercado [20 €/TmCO2]</p> <p>Otros [asociados a la Salud]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coste Asistencia Sanitaria: se contabiliza la mejora en salud de la población que realiza desplazamientos activos, pero no se contabiliza la mejora general en salud por mejora del bioclima -reducción polución y ruido, que redundarían en una reducción de las ENT-, por lo que sin duda el ahorro será considerablemente mayor]. A partir de Grous, 2011:2 obtenemos una cifra de 18,94 €/hab/año para cada persona que cambie una rutina 'sedentaria' por una rutina activa. El ahorro se atribuye a la AAPP. • Coste Bajas Laborales: Otra vez solo consideramos las relacionadas con desplazamientos activos, no con la contaminación atmosférica o acústica. Los ciclistas frecuentes tienen como media 1,3 días menos de baja laboral que los no ciclistas [GROUS, 2011:18]. Los ahorros se atribuyen 33% a AAPP y 66% a privados <p>No se han incluido en la valoración económica aquellos términos para los cuales no existe un mercado real económico con precios monetarios [ruido, congestión, ...]</p> <p>Hemos renunciado a valorar económicamente dos conceptos cuya valoración en términos económicos consideramos errónea, puesto que puede llevar a considerar económicamente sostenibles actuaciones que no generan ingresos/reducciones de costes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el 'tiempo ahorrado' en los desplazamientos. Si lo valoramos utilizando el ratio de 6€/hora [Proyecto M-RIO, ADM, 2011b: 239], obtenemos un ahorro en el escenario M08 de 11.692.250 €/año. • el gasto anual vinculado a la contaminación acústica que representaría un 0,4% del PIB [Plan De Acción En Materia De Contaminación Acústica. Ayuntamiento de Madrid. Tomo I, Pág. 7], i.e., aprox 120 €/hab o 3.345.855 €/barrio. <p>No se ha incluido entre los beneficios económicos el incremento de valor de la propiedad inmobiliaria. Eso se debe a que no se considera un incremento real de la riqueza local, y de hecho llevar implícito la insostenibilidad asociada a la especulación inmobiliaria. Se calcula que una reducción sustancial de la velocidad e intensidad de circulación del tráfico podría llevar a un incremento del valor inmobiliario de entre el 18% y el 20% [ABW, 2012: 182]</p>
E.3 DISTRIBUCION DE LA RENTA	
E4. CARGA ECONOMICA	
Carga Económica Sector Publico	
Carga Económica Habitantes	
S_ GRADO DE SOSTENIBILIDAD	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO XIV_ REVISIÓN DEL MODELO DESDE LAS TRES DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD

A continuación vamos a realizar un proceso inverso al realizado en el capítulo II. En dicho capítulo revisamos primero la perspectiva de tres dimensiones de la sostenibilidad, y avanzamos después hasta su operacionalización en los sistemas urbanos.

Esta operacionalización nos obligó a realizar una serie de simplificaciones /transformaciones en relación a las cuestiones generalmente aceptadas desde la perspectiva de las tres dimensiones, que afectan de diferente manera a cada una de ellas:

TABLA AXIV.01_ PRINCIPALES SIMPLIFICACIONES DURANTE LA OPERACIONALIZACIÓN DEL MODELO	
MEDIOAMBIENTE	Las cuestiones relevantes son valoradas en suficiente medida por el modelo, que introduce dos simplificaciones <ul style="list-style-type: none">• las valora indirectamente, asumiendo que los impactos sean proporcionales a las causas (1)• las valora considerando la ciudad evaluada un modelo repetido por las demás ciudades del planeta.
SOCIEDAD	Las cuestiones relevantes son valoradas en gran medida por el modelo, pero lo son indirectamente, considerando que el medio físico constituye un indicador indirecto del estado de su población (2)
ECONOMÍA	Las cuestiones relevantes son valoradas en gran medida por el modelo en la Dimensión E, que ha incorporado simplificaciones reducidas

FUENTE: Elaboración propia con las siguientes notas:
(1) El problema más evidente de esta simplificación es que detener las causas no necesariamente revierte sus efectos negativos ya materializados
(2) Constituye una transformación importante, puesto que nos lleva de valorar la sostenibilidad de la sociedad a valorar la sostenibilidad de la ciudad

Ello hace conveniente comprobar si realmente la generalización del uso del modelo en el nivel urbano nos permitiría alcanzar el resultado buscado en el nivel global; la sostenibilidad en las tres dimensiones. Por ello, vamos a revisar el modelo en relación a cada una de las tres dimensiones de la Sostenibilidad: Medioambiente [Ma], Sociedad [Sc] y Economía [Ec].

A-XIV.1_ LA 'SOSTENIBILIDAD DEL MEDIOAMBIENTE'

Hemos revisado las principales vías para actuar sobre la sostenibilidad del medioambiente global desde las ciudades, que podemos dividir en dos:

- El control de su impacto directo sobre el medio físico:
 - minimizando la ocupación de nuevo territorio [mediante el establecimiento de densidades adecuadas] y
 - mediante Infraestructura Verde que reduca el impacto de lo construido
- El control de su impacto indirecto en el medio físico, consecuencia de la utilización de recursos naturales y producción de residuos

Aunque ambas cuestiones son importantes, su significación es considerablemente diferente:

La ocupación directa del territorio por las áreas urbanas [impacto directo sobre el medio físico] aunque creciente en los últimos tiempos sigue afectando todavía a una extensión reducida del territorio [a nivel mundial ronda el 2%]. Sin embargo, en esa pequeña extensión se concentra más del 50% de la población humana [el 80% en Europa]

Por tanto, podemos afirmar que, la adecuación de la infraestructura verde en las áreas urbanas [cuya función es garantizar los 'servicios de regulación'/habitabilidad del ecosistema urbano] tiene como beneficiario principal a la población; i.e., su función es fundamentalmente de 'sostenibilidad social'.

El control indirecto del impacto sobre el medioambiente debido al consumo de recursos/producción de residuos, afecta al resto del territorio [98%], directamente o mediante presiones que podrían materializarse en el futuro:

- Mediante la *reestructuración física* por las demandas crecientes [por ejemplo, la actual presión para aumentar la superficie de tierras agrícolas para la producción de biocombustibles]
- Mediante la *sobreexplotación*, también debida a las demandas crecientes, que suele producir una pérdida de naturalización del territorio, al hacerse más intensiva la explotación.
- Mediante la *degradación*, por la emisión de residuos y sustancias contaminantes.

Resulta evidente que el control de los consumos [el metabolismo urbano] posee mayor relevancia para lograr la sostenibilidad del medioambiente en el nivel global. Vamos pues a revisar la idoneidad de los indicadores elegidos para evaluar la Sostenibilidad del Metabolismo del Área Urbana Evaluada.

A-XIV.1.1_ SELECCIÓN DE INDICADORES

La elección de los indicadores para evaluar la sostenibilidad del metabolismo urbano reviste cierta dificultad por tres motivos:

- Gran cantidad de los indicadores existentes solo evalúan los consumos directos.
- Muchos de los indicadores que evalúan los consumos totales no proponen límites de sostenibilidad [no es posible utilizarlos como indicadores de sostenibilidad].
- Ciertos indicadores que proponen límites de sostenibilidad incorporan cuestiones que dificultan su utilización:
 - En algunos casos, las metodologías de aplicación son complicadas o los datos necesarios para poder calcularlos son difíciles de obtener.
 - En otros casos, los límites de sostenibilidad/insostenibilidad propuestos no son suficientemente justificados.

Todo ello nos obliga a considerar que la monitorización de la sostenibilidad medioambiental y del impacto esperado de los consumos urbanos sobre el medio es un tema en el cual es preciso incrementar el conocimiento disponible en la actualidad, lo que repercutirá sin duda en modificaciones en los indicadores actualmente propuestos en el modelo.

Además, existen dos cuestiones que obligan a actualizar constantemente los límites u objetivos de sostenibilidad, que deberán recoger dos aspectos fundamentales:

- *Variaciones de la biocapacidad disponible* [incrementos o reducciones, que pueden deberse a la acción humana o a causas naturales].
- *Mejoras tecnológicas o de gestión de los recursos naturales*, que permiten aumentar la productividad [y en definitiva la biocapacidad] de los sistemas.

No obstante, los indicadores seleccionados se consideran representativos del mejor conocimiento actual, puesto que:

- Evalúan las seis áreas habitualmente consideradas relevantes para medir o evaluar el Metabolismo de las Áreas Urbanas.
- Algunos se basan en indicadores existentes con elevada aceptación.

Por contra, no se han incluido indicadores en algunas áreas que se pueden considerar ‘reducción/agotamiento de biocapacidad’, por ejemplo:

- El ciclo de los productos químicos [limpieza, disolventes, etc...], que paralelamente puede ser necesario considerar en clave de ‘toxicidad’.
- Residuos radioactivos⁷²², u otros no asimilables en periodos temporales reducidos.

Al haber definido el modelo de indicadores en ‘unidades per cápita’, es necesario considerar la posible variación de habitantes entre el día y la noche [por motivos laborales, estudios, etc...], que puede llegar a modificar sensiblemente los resultados en áreas turísticas o con mucho nivel de empleo, donde puede ser necesario calcular valores de ‘población ajustada’.

A-XIV.1.2_ LA VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS: SOSTENIBILIDAD DEL MEDIOAMBIENTE

Hay que tener en cuenta que los indicadores de Metabolismo, se han diseñado para medir la insostenibilidad de las áreas urbanas como modelo, i.e., su impacto sobre el ecosistema global si el metabolismo de todas las áreas urbanas fuera igual. Por esto, los indicadores planteados comparten las siguientes características:

- Son ‘predictivos’; i.e., suponen que determinados flujos implican un determinado ‘impacto’ pero no nos informan de él directamente.
- Generalmente se expresan en valores de consumo por habitante, y por tanto, lo que están evaluando es la ‘sostenibilidad del modelo’; el impacto sobre el planeta si toda la población mundial consumiera de dicha manera.

El modelo no evalúa la sostenibilidad real del medio ambiente, y ello hace necesario contrastar periódicamente las predicciones con la evolución de la realidad, lo que requerirá monitorizar el estado del medio ambiente mediante variables de control.

Para ello, podremos utilizar diferentes modelos y herramientas ya revisados para evaluar la sostenibilidad ambiental [SEBI, SHCC, LPI, HWI –en la parte de ecosistemas-,...], así como los LEAC, lo que sin embargo presenta dos problemas, que deberán evaluarse en cada situación específica:

- La dificultad de decidir la sostenibilidad del modelo a partir de su medio ambiente cercano, ya que la degradación de los ecosistemas puede localizarse en lugares alejados⁷²³.
- La dificultad de vincular la sostenibilidad del modelo con su impacto sobre la sostenibilidad global, que puede ser prácticamente inapreciable. *A medida que crece la escala del análisis, lo que sucede en una ciudad concreta pierde relevancia frente a las características ‘medias’ de todas las ciudades* [o las características individuales de las ciudades más grandes].

⁷²² El motivo es que no existe tasa de renovación natural, y por tanto no pueden ser revisados como ‘recursos renovables’. La reducción del consumo de energía no renovable, previsiblemente reducirá los residuos radioactivos procedentes de las centrales nucleares [quedarán pendientes los no nucleares, si bien en la actualidad tienen menor impacto]

⁷²³ Por ejemplo, el análisis de YCELP [2012] muestra que los países más consumidores de recursos naturales [i.e., los que mayor lo degradan] han mejorado la preservación de su medioambiente local en los últimos años. Dichos países buscan que su impacto negativo se materialice en el medioambiente de lugares alejados; allí donde se producen los bienes/recursos.

El contraste entre las herramientas regionales, nacionales y globales con las herramientas locales deberá servir como procedimiento de verificación del modelo de indicadores, permitiendo confirmar el 'efecto positivo' de los cambios que se están acometiendo en el nivel local o indicar la 'falta de correspondencia', señalando donde se están produciendo los fallos.

Hay que tener en cuenta que para muchas variables de 'control' no se han establecido 'indicadores' o 'umbrales' por lo que no pueden utilizarse como indicadores de sostenibilidad, y solo pueden ser revisadas en términos de 'tendencia'. A este respecto hay que indicar dos cuestiones:

- Pese a no tener 'umbrales' definidos, las variables de control permiten comprobar la tendencia, que deberá mostrar correlación con la tendencia que indican las variables operativas.
- Se está en proceso de investigación de umbrales de sostenibilidad para muchas de ellas, lo que podría permitir convertirlas en indicadores de sostenibilidad en un futuro próximo.

A-XIV.1.3_ CONCLUSIONES

El análisis realizado pone de relieve que **no es posible controlar la sostenibilidad del medio ambiente global exclusivamente desde el medio urbano, pero algunas de las principales causas de su insostenibilidad tienen su origen en el medio ambiente urbano.**

Sin embargo, sus impactos se distribuyen de manera deslocalizada por el medioambiente global, dificultando vincular causas y efectos. La única forma de comprobar la validez del modelo sería calculando la dimensión M para todos los asentamientos de la tierra y contrastando el valor medio obtenido con la realidad del estado del medioambiente.

Esto no puede ser considerado un 'fallo del modelo' sino una mera evidencia del carácter sistémico de la sociedad global; **la sostenibilidad global no se alcanzará a partir de la sostenibilidad de una ciudad, sino de la de todas ellas.**

Esto también nos habla de la mayor importancia de que los sistemas urbanos con mayor población/consumos sean los primeros en implementar este modelo [u otros similares].

A-XIV.2_ PERSPECTIVA 'SOSTENIBILIDAD SOCIAL'

Vamos a revisar la justificación de considerar la Calidad del Área Urbana una medida indirecta de su sostenibilidad social. Considerar la Calidad y Habitabilidad Urbana como un indicador de Sostenibilidad Social admite algunos cuestionamientos; teóricamente la Sostenibilidad Social puede ser independiente de la Calidad y Habitabilidad de un medio urbano. Sin embargo, dos cuestiones nos permiten justificar el planteamiento elegido:

- la mayoría de las cuestiones que identificamos con la sostenibilidad social no son operativas.
- la realidad ha demostrado la existencia de una correlación elevada [que no es previsible se reduzca en un futuro próximo] entre ambas cuestiones, permitiéndonos considerar que *la*

*forma urbana constituye un indicador indirecto de las características y sostenibilidad social de la comunidad que habita en ella*⁷²⁴.

La utilización de la Forma Urbana como indicador [y generador] de 'sostenibilidad social es ampliamente aceptada; parafraseando a Churchill, podríamos decir que: "modelamos nuestras [ciudades] y luego ellas nos modelan a nosotros"⁷²⁵.

IMAGEN

Imagen AXIV.01: Al reconstruir la Cámara de los Comunes tras la IIGM, Churchill defendió reconstruir el diseño original para recuperar la "identidad" que la había caracterizado. La 'forma del edificio' condicionaría la 'forma del debate', y él era defensor de que el funcionamiento del debate en dicho espacio había sido correcto, y por tanto la solución correcta era mantener el espacio tal y como había sido, que respondía a la 'identidad' del parlamentarismo inglés.

A-XIV.2.1_ SELECCIÓN DE INDICADORES

Los indicadores seleccionados, son ampliamente aceptados para evaluar la Calidad / Habitabilidad de las áreas urbanas, tratando en profundidad los siguientes tres aspectos que consideramos clave para la sostenibilidad social de una ciudad:

- cuestiones que atañen a la 'Oferta Urbana' y definen la *Calidad de Vida* en dicha ciudad.
- cuestiones relativas a la salud de los habitantes.
- cuestiones relativas a la forma urbana

Y la influencia de esta última sobre la *identidad cultural y conductas posibles de los habitantes*, nos lleva a la necesidad de potenciar la diferenciación en dos niveles:

- En el correspondiente a cada *contexto cultural*, buscando preservar la identidad local⁷²⁶.
- En el interno a cada *asentamiento*, en donde se hace necesario crear una diferenciación de áreas en la que cada persona pueda encontrar la forma que mejor se corresponde a sus necesidades o con la que más se identifica.

Por ello, se ha buscado que todos aquellos indicadores referidos a cuestiones relevantes –directa o indirecta- para la formación del paisaje urbano incorporen objetivos de calidad que permitan la diferenciación urbana, para lo cual se han utilizado dos mecanismos:

⁷²⁴ Acogiéndonos a las definiciones propuestas en Alvira [2014a], la clase de las ciudades 'socialmente' sostenibles poseen en general elevada Calidad y habitabilidad en los términos definidos en los indicadores incluidos en el modelo. Por el contrario, las ciudades con reducida Calidad y habitabilidad suelen pertenecer a la clase de las ciudades 'socialmente' insostenibles.

⁷²⁵ La afirmación "Primero modelamos nuestros edificios, y luego ellos nos modelan a nosotros" [Churchill, 1943], requiere ser enunciada en términos dinámicos; la forma en que modelamos nuestras ciudades define el espacio de posibilidades que estas nos permiten, pero también la distribución de probabilidades sobre las diferentes acciones posibles; unas acciones se vuelven más probables que otras. Complementariamente, la materialización física siempre implica una imagen formal que configura una identidad. El diseño de las ciudades define nuestras posibles actuaciones y a nosotros, condicionando las transformaciones siguientes del medio urbano que emprenderemos, que volverán a condicionarnos, en un proceso de retroacción continuo.

⁷²⁶ Contrariamente a lo que se planteaba desde las teorías del estilo Internacional y los CIAM, 'la globalización está en cierto modo incrementando la importancia de la preservación de las identidades locales' [Castells, 2004]

- Establecer un rango de valores como Objetivo de Sostenibilidad [e.g., los indicadores Densidad de Población o Viviendas, Compacidad Corregida,..], lo que permite una *flexibilidad en la conformación de las áreas urbanas que consideramos óptimas*.
- Establecer Objetivos de Sostenibilidad diferenciados para diferentes áreas urbanas, lo que busca que el modelo *participe activamente en la diferenciación de dichas áreas*.

El objetivo es una diferenciación morfológica que incremente tanto la calidad del paisaje urbano como la diferenciación y generación de áreas con entidad propia dentro del continuo urbano⁷²⁷.

A-XIV.2.2_ LA VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS: SOSTENIBILIDAD SOCIAL

La verificación de los resultados en sostenibilidad social se diferencia de la necesidad de verificación en el contexto de la sostenibilidad medioambiental. No se trata de evaluar la sostenibilidad de un modelo en relación a la sostenibilidad mundial⁷²⁸, sino *de comprobar la sostenibilidad social de la ciudad evaluada*.

Por otra parte, el hecho de que las ciudades agrupen a un elevado [y creciente] porcentaje de población plantea dos diferencias más en relación con la sostenibilidad medioambiental:

- Hace que de hecho la sostenibilidad social de las ciudades represente en un elevado grado la sostenibilidad de la sociedad en su conjunto⁷²⁹.
- Los medios para determinar la sostenibilidad de una sociedad en su conjunto serán muy similares a los instrumentos para determinar la sostenibilidad social de las ciudades.

Para valorar las cuestiones relativas a la ‘deseabilidad’ de las áreas urbanas, se pueden observar las dinámicas poblacionales y migratorias; una ciudad que exporta población, seguramente no sea encontrada deseable por sus habitantes, mientras que una ciudad que tiende a importar población si lo será. Además, se pueden aprovechar algunos indicadores existentes [e.g., el indicador ‘Satisfacción media con la Comunidad Local’ -Indicadores Comunes Europeos-]. Complementariamente, casi todos los países elaboran censos, que proveen datos para evaluar la sostenibilidad demográfica.

Como modelos para valoración global se pueden utilizar algunos existentes ya revisados [e.g., el HWI –en su parte de sociedad-, el SHCC –en las variables sociales-, así como Rueda, 2012].

A-XIV.2.3_ CONCLUSIONES

Se puede afirmar que la dimensión Q constituye una medida suficientemente aproximada de la sostenibilidad social ‘esperada’ de las áreas urbanas, apuntando a la validez de su formulación en los términos propuestos en el modelo operativo.

⁷²⁷ La creación de identidad urbana es una prioridad por la importancia para la valoración que cada ciudad hacen sus habitantes ‘la mejor valoración de una ciudad, en un amplio contexto, reside en los valores que le aporta su identidad’ [Mas, 2009:29]

⁷²⁸ La historia ha demostrado que la supervivencia de un grupo social [o la sostenibilidad social de un entorno] es en cierta medida independiente de la supervivencia de otros grupos sociales.

⁷²⁹ Especialmente cuando hablamos de sociedades con un elevado grado de concentración urbana como puede ser la europea

A-XIV.3_ PERSPECTIVA ECONÓMICA

La dimensión económica es la que menos transformaciones ha requerido en los indicadores considerados relevantes desde la perspectiva de tres dimensiones, por lo que consideramos que apenas requiere una valoración adicional de algunos aspectos no incorporados por no considerarse operativos desde la escala de las transformaciones urbanas revisadas mediante este modelo [inflación y crecimiento].

Sin embargo, las formas de valorar los indicadores relevantes se apartan –a veces considerablemente de los indicadores convencionales, lo que hace conveniente una breve revisión.

A-XIV.3.1_ SELECCIÓN DE INDICADORES

Mientras que en las dimensiones Q y M se ha encontrado un abundante ‘cuerpo’ de indicadores de sostenibilidad urbana, referidos a conceptos válidos y compartidos por los autores u organizaciones que los proponen, en la dimensión E la mayoría de indicadores encontrados miden conceptos inadecuados; i.e., miden ‘crecimiento económico’ pero no valoran su ‘sostenibilidad’.

Esto ha llevado a que muchos de los indicadores incluidos sean propuesta propia o transformaciones de indicadores existentes que proporcionan valores muy diferentes, pese a que casi siempre valoran las mismas variables⁷³⁰. Su contrastación en el periodo reciente en el ámbito de la UE-28 ha sido incluida en el presente texto⁷³¹, si bien la ausencia de algunos datos puede hacer conveniente su revisión en periodos venideros, así como su aplicación en otros ámbitos del planeta, para tener más elementos de contrastación⁷³².

A-XIV.3.2_ LA VERIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Aunque numerosos indicadores económicos globales son inadecuados para medir sostenibilidad económica [algo que la reciente crisis ha mostrado con creces], muchos de ellos plantean correlaciones positivas con los indicadores del modelo.

Por tanto, en general un buen valor de la Dimensión E mostrará un buen valor en los indicadores económicos habituales.

Sin embargo, gran parte de la sostenibilidad económica de las áreas urbanas depende de la sostenibilidad económica a nivel nacional, lo que quiere decir que además de calcular el grado de sostenibilidad económica de un área urbana siempre será conveniente hacer una revisión para el conjunto del país, que proveerá una visión más completa.

Para ello, podremos utilizar los indicadores propuestos, que podrán ser modificados –o complementados con otros indicadores- si la revisión de un número extenso de países/ciudades mostrara la conveniencia de hacerlo.

⁷³⁰ En Alvira, 2014a. Anexo V.2 se explica la relevancia de la forma de medir una misma variable, que puede hacer que se valoren conceptos totalmente diferentes.

⁷³¹ ANEXO IX: EVALUAR SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA: CRECIMIENTO VS ESTABILIDAD

⁷³² Una de las cuestiones que se deducen del presente texto, es que, salvo que las iniciativas de ‘Decoupling’ vinculadas estrictamente al incremento de la eficiencia tecnológica tengan un éxito importantísimo –algo improbable dado su impacto hasta la fecha-, el patrón de Estructura de Actividad Económica estable para el futuro requeriría menor presencia de las actividades vinculadas a la producción industrial [i.e., del sector manufacturero].

Adicionalmente el modelo HWI parece bastante correcto en su parte de economía.

A-XIV.3.3_ CONCLUSIONES

Podemos considerar que la dimensión económica de la sostenibilidad [que engloba tanto al Bienestar económico como a la Sostenibilidad Presupuestaria y financiera], está suficientemente incorporada en el modelo. Sin embargo, la falta de indicadores adecuados para evaluar la sostenibilidad urbana ha hecho que la mayoría de indicadores sea propuesta personal.

La contrastación de dichos indicadores en el presente trabajo nos hace pensar que su diseño actual es acertado, independientemente de que requerirá ajustes en el futuro; entre ellos, todos los derivados de la necesidad de ajustar las estructuras económicas a la sostenibilidad medioambiental.

Complementariamente es importante indicar que hemos excluido la valoración de la RBD per cápita del modelo, por considerar que no es un indicador correcto de sostenibilidad, pero esto hace que no se valoren dos cuestiones de dicho indicador que sí son relevantes:

La primera es que *la RBD per cápita es relevante para la sostenibilidad en términos comparativos; las sociedades con mayor RBD suelen tener control –a veces elevado- sobre los recursos de sociedades con menor RBD.*

Una sociedad con un valor óptimo en los indicadores propuestos en el modelo podría ver reducida su sostenibilidad si es excesivamente vulnerable ante otras sociedades, y nos habla de la importancia de que las sociedades más pobres comiencen a establecer ‘normas’ que limiten la capacidad de las sociedades más ricas de intervenir sobre sus recursos, cuestión cuyo detalle excede el presente trabajo⁷³³.

La segunda es que *la RBD muchas veces es un indicador indirecto del grado de desarrollo de cada sociedad, que requiere de una elevada inversión en capital fijo.* Sin embargo esta valoración está en gran medida implícita en la Dimensión Q, ya que un número elevado de las cuestiones valoradas en dicha dimensión aluden al marco físico de las sociedades, cuya conformación suele requerir gran cantidad de recursos económicos.

Esto quiere decir que en ciertos casos un valor elevado de la Dimensión Q será frecuentemente acompañado de un valor más elevado de la Dimensión CEP, constituyendo en cierto modo la dimensión Q el capital fijo que respalda el mayor endeudamiento de las sociedades.

⁷³³ Es por ejemplo cuestionable, que el mercado de la vivienda en una sociedad esté abierto a ciudadanos de otros países, que pueden tener ingresos mucho más elevados, y llevar a una distorsión de los precios que perjudique gravemente a la población local, produciendo un excesivo apalancamiento de la población local. En este sentido, la actual gobernanza mundial demuestra poco carácter ‘democrático’ al imponer una libertad de comercio, bienes y propiedad que beneficia a los países [y personas] con mayor renta, y una limitación a la movilidad de personas que perjudica a los países [y personas] con menor renta.

Sin embargo, en nuestra opinión, una libertad total de movilidad de personas podría tener efectos muy negativos para la estabilidad global; la forma de modificar el reparto ‘injusto’ de cargas y beneficios actual, es limitando los derechos de los ciudadanos y empresas con mayor renta sobre otros países.

ANEXO XV_ EVALUACIÓN DEL MODELO SEGÚN CRITERIOS HABITUALES EN MODELOS DE INDICADORES Y HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD

A-XV.1_ EVALUACION MODELO DE INDICADORES

Hemos desarrollado el modelo de indicadores siguiendo principalmente la metodología propuesta en la Teoría Matemática de la Sostenibilidad [Alvira, 2014a], y es importante indicar que esta metodología lleva a modelos que cumplen la mayoría de recomendaciones habituales de diseño de indicadores, lo que vamos a revisar mediante otra evaluación del modelo precisamente desde las recomendaciones habituales en dichas perspectivas.

Para ello vamos a seguir este guion de ‘cinco pasos’⁷³⁴:

1. Identificación y selección de las variables e indicadores relevantes
2. Normalización
3. Ponderación
4. Agregación y cálculo
5. Interpretación o evaluación

A-XV.1.1_ IDENTIFICACIÓN, SELECCIÓN Y DISEÑO DE INDICADORES RELEVANTES

Los indicadores incluidos en el modelo cumplen las siguientes condiciones aceptadas mayoritariamente⁷³⁵:

- Ser relevantes para la Sostenibilidad urbana⁷³⁶. Uno de los criterios considerados ha sido el ‘reconocimiento’ de los autores/organizaciones que los proponen:
 - Publicaciones del Ministerio de Fomento [Aeub, 2010; Mfom, 2010 y Rueda, 2012]
 - Organismos supranacionales:
 - gubernamentales: Naciones Unidas, Banco Mundial, Unión Europea,...
 - no-gubernamentales: WWF, Footprint Network, Water Footprint Network,...
 - Sistemas de Certificación de Urbanismo: Leed ND, Breeam, Casbee,...
- Tienen ‘mensurabilidad’ y ‘Robustez analítica’:
 - son cuantificables y pueden medirse en una escala de 0 a 100 [JRC, 2008: 53]
 - existen fórmulas de cálculo ‘consistentes’ [en algunos casos esto no es así y ha sido necesario proponer fórmulas propias, que se justifican suficientemente].
- Representan áreas relacionadas [se relacionan entre ellos y con otros Indicadores ya existentes], pero evitan superponerse [medir dos veces el mismo aspecto]⁷³⁷
- Son operativos; i.e., se refieren a cuestiones que son modificables mediante la transformación urbana y su estado final es predecible con suficiente aproximación⁷³⁸.

⁷³⁴ Castro [2004: 168]. El autor propone que el proceso de redacción de modelos de indicadores debe seguir –aunque no en orden estricto- estos cinco pasos para garantizar que no quedan cuestiones sin revisar.

⁷³⁵ La mayoría están sacados de [JRC, 2008: 15-16/53]

⁷³⁶ Por ello, para seleccionar los indicadores relevantes se ha realizado una revisión extensa de las cualidades que debe reunir una ciudad sostenible, equivalentes a indicadores relevantes para calcular su grado de sostenibilidad [Alvira 2014a, b y c].

⁷³⁷ Cuando la superposición entre indicadores no puede evitarse, se realiza su agregación previamente a agregarlos a los demás indicadores, condición ampliamente aceptada de agregación de información en sistemas [Simón, 1955; Miller, 1956]

- Son suficientes indicadores para describir el área urbana [informan de todos los aspectos relevantes de la realidad urbana en el nivel de detalle que se revisa⁷³⁹], pero a la vez son un número reducido para transmitir solo la información ‘necesaria para tomar decisiones’⁷⁴⁰.

Alternativamente, algunos autores utilizan los acrónimos SMART/SMARTER como enumeración de condiciones que deben cumplir los indicadores orientados a medir la consecución de objetivos:

TABLA AXV.01_ CARACTERÍSTICAS DE INDICADORES MODELO ‘SMARTER’

S	Specific	[Específico]	Cada indicador se refiere a un aspecto de la realidad urbana
M	Measurable	[Mensurable]	Todos los indicadores incluidos en el modelo son cuantitativos.
A	Achievable	[Alcanzable]	Todos los objetivos de sostenibilidad se refieren a estados óptimos, y por definición estados posibles [alcanzables] de los sistemas.
R	Relevant	[Relevante]	La condición de relevancia es la propuesta en Alvira, 2014 ^a : Ser capaces de producir tanto sostenibilidad como insostenibilidad.
T	Time related	[Vinculado al tiempo]	El modelo tiene como aplicación principal la transformación urbana, evaluando el estado de los sistemas entre diferentes momentos temporales. Por tanto, el tiempo ha sido una variable extensamente considerada para la redacción de los indicadores.
E	Evaluated	[Evaluado]	La evaluación de los indicadores [y del modelo en general] se propone mediante lo que hemos llamado ‘modelos de variables directas’, como método de validación de las predicciones y que permita ajustar o corregir errores cuando se detecten.
R	Reviewed	[Revisado]	La revisión de los indicadores debe producirse como resultado del punto anterior.

FUENTE: Wikipedia [Acceso 2014], Doran[1981] y Yemm [2013].

- (1) El acrónimo SMART es propuesto por Doran (1981). "There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives".
- (2) El acrónimo SMARTER es propuesto por Yemm (2013) Essential Guide to Leading Your Team: How to Set Goals, Measure Performance and Reward Talent
- (3) Existen otras interpretaciones y aplicaciones diferentes del acrónimo SMART. Por ejemplo, la Comisión Europea [EC, 2005:20] considera que los ‘objetivos’ de las políticas deben ser SMART [Specific, Measurable, Accepted, Robust and Time Dependant]. Y en el marco de la UE se propone el acrónimo RACER para los indicadores que alude a Relevance, Acceptability, Credibility, Easiness and Robustness [Knoblauch y Neubauer, 2010:27-28]. La facilidad de utilización [Easiness] y resistencia a la manipulación [Robustness] aparecen como condiciones nuevas e interesantes.

A-XV.1.2_ NORMALIZACIÓN

El objetivo de la Normalización es preparar los indicadores para su agregación y generalmente consiste en la transformación de indicadores que miden variables con unidades diferentes, en indicadores expresados en unidades adimensionales.

El modelo propuesto ‘incorpora’ la Normalización en la propia formulación de todos los indicadores, ya que todos los indicadores se expresan en ‘grado de cumplimiento...’; i.e., en una escala 0-1 siendo el 0% el valor más alejado del objetivo y el 100% el objetivo. Por tanto, no es necesario realizar ninguna transformación añadida a las explicitadas en la formulación de cada indicador.

A-XV.1.3_ PONDERACIÓN

El modelo considera que la Sostenibilidad de los sistemas urbanos emerge de la interacción entre tres dimensiones que lo describen parcialmente: Q, M y E, que a su vez son resultado de la interacción de las diferentes sub-dimensiones que las integran.

⁷³⁸ Esto hace que se excluyan ciertas cuestiones fundamentales en la Sostenibilidad [por ejemplo, las que se refieren estrictamente a demografía, o grado de satisfacción de los ciudadanos, etc...]. Estas cuestiones si podrán ser utilizadas como criterio de contrastación.

⁷³⁹ "No podemos regular nuestra interacción con ningún aspecto de la realidad que nuestro modelo de la realidad no incluya, porque por definición no seremos conscientes de él" [Rees, 1992: 123]

⁷⁴⁰ Rueda [1999: 13] propone que "se opta en muchas ocasiones por integrar un alto número de variables en el sistema, por temor a dejar variables significativas fuera, retornando al punto de partida a saber, una cantidad ingente de datos que no transmiten la información necesaria para tomar decisiones"

El planteamiento mayoritario es considerar que en cada subconjunto de agregación, todas las subdimensiones que interactúan poseen la misma importancia⁷⁴¹, por dos motivos:

- No hemos encontrado ninguna propuesta de estructuración de los indicadores diferente, que demuestre su mayor concordancia con la realidad [i.e., esté suficientemente contrastada].
- Los coeficientes de ponderación por importancia suponen en cierto modo 'alterar los objetivos de sostenibilidad especificados'; la ponderación de los indicadores dificulta saber los valores que se están considerando 'límites de sostenibilidad/insostenibilidad'⁷⁴².

IMAGEN

Imagen AXV.01: En una región con menores recursos hídricos que los considerados en la propuesta, la solución no es introducir un factor que aumente su importancia sobre el indicador "Metabolismo", sino reducir el límite máximo [objetivo de sostenibilidad] de consumo de agua l.hab⁻¹.día⁻¹ en dicha región. Produce el mismo resultado atribuir doble importancia al indicador 'Consumo de agua', que reducir el límite máximo de consumo de agua un 50%, pero explicitar los objetivos permite diseñar correctamente.

No obstante, no asignar diferentes coeficientes a cada indicador supondría considerarlos todos igual de importantes [relevantes para la sostenibilidad]⁷⁴³, lo cual sabemos que no es cierto. Por ello, el modelo incorpora ciertos mecanismos de ponderación, que pasamos a detallar:

PONDERACIÓN POR IMPORTANCIA: JERARQUÍA DE CONJUNTOS DE AGREGACIÓN

La estructuración de los indicadores en subconjuntos de agregación que agrupan indicadores con igual relevancia implica asignar un rango de influencia determinado a cada indicador según el número de indicadores con los que es agregado hasta integrarse en el valor global. Cuanto mayor sea dicho número, menor será su rango de influencia sobre el valor global.

Si los indicadores se agregasen mediante medias aritméticas, dicho rango sería calculable de manera sencilla. Un indicador en nivel 4, que se agregase a otros n-1 indicadores para formar un indicador de nivel 3, y que a su vez se agregase a otros 'm-1' indicadores para formar un indicador de nivel 2, que se agregase a las dos dimensiones de sostenibilidad, tendrá una influencia sobre el valor total:

$$K[\%] = \frac{100}{n \times m \times 3} \% \quad (4)$$

Dicha influencia será fija e invariable.

⁷⁴¹ Solamente se exceptúan ciertos subconjuntos de indicadores en los que es posible establecer con precisión la diferente relevancia de los indicadores agregados [e.g., Recursos Bióticos o Capacidad Económica]

⁷⁴² Por ejemplo, atribuir una importancia mayor [pongamos el doble] al indicador zonas verdes [multiplicando por un factor de ponderación k=2], tiene un efecto idéntico [en el caso de agregación aritmética], que incrementar al doble la superficie de m2 de zona verde que se considera necesaria por habitante. La ventaja de actuar sobre los 'límites de sostenibilidad/insostenibilidad' es que éstos quedan claramente explicitados, permitiendo evaluarlos [y corregirlos en caso de detectar su inadecuación] y utilizarlos como parámetros de diseño, i.e., para guiar las transformaciones del sistema.

⁷⁴³ A efectos reales, la ponderación no se puede eliminar; si no se establecen coeficientes de ponderación, lo que está haciendo es considerar que todos los indicadores tienen la misma importancia [K=1] [JRC, 2008]

Por el contrario, en la agregación aritmética ponderada y en la agregación geométrica, la participación de cada indicador depende de tres cuestiones:

- Del *nivel* en que se sitúa en la representación jerárquica [número de agregaciones hasta llegar al valor global]
- Del *número de indicadores con que es agregado* en cada nivel/subconjunto de agregación
- Del *valor del indicador en relación a los demás indicadores del subconjunto de agregación*, en cada uno de los conjuntos de agregación hasta el indicador 's'.

Y esto es importante porque las dos primeras cuestiones son fijas pero la tercera es variable; *la participación de cada indicador sobre el valor global depende de cada situación concreta*. Sin embargo, podemos acotar un rango definido por un valor máximo y un mínimo para dicha participación. Para caracterizar dicho rango, vamos a dar tres valores para cada uno de los indicadores⁷⁴⁴.

El primer valor del rango corresponde a lo que llamamos **situación de equilibrio** en la que todos los indicadores tienen el mismo valor. Si comparamos ambos tipos de agregación con la agregación aritmética, podemos ver que ambas cumplen la siguiente ecuación:

$$\lim_{q_{max}, q_{min} \rightarrow 0} \frac{A_2}{\bar{q} A_1} \rightarrow 0 \text{ a } 1 \quad (5)$$

Donde A_1 agregación aritmética de n indicadores; A_2 agregación aritmética ponderada o geométrica de n indicadores; Q_{max} indicador con valor máximo y Q_{min} indicador con valor mínimo.

Es decir, que si mantenemos fija la suma de los valores de todos los indicadores [$\bar{q} = k$ que coincidiría con lo que sería la agregación aritmética, i.e., A_1], a medida que se reduce la diferencia entre el valor del mayor indicador y el menor indicador, el valor de A_2 se acerca al valor de A_1 . Esto quiere decir, que el valor de equilibrio será igual a su cuota de participación según agregación aritmética [que se puede calcular con la fórmula indicada anteriormente], y será la 'ponderación equivalente' en el caso de que el valor del indicador coincida con la media aritmética.

El segundo valor para caracterizar dicho rango, va a ser la **participación máxima que cada indicador puede tener sobre el valor de 'S'**. La fórmula de agregación aritmética ponderada, establece una participación máxima que dependerá del número de indicadores que participen en la agregación y lo podremos calcular de la siguiente manera:

Sabemos que el máximo nivel de influencia de un indicador lo alcanza cuando su valor sea cero y el del resto sea 1, y por tanto, suponiendo que el resto de indicadores valen 1, tendremos que el máximo valor agregado para un subsistema con n indicadores será:

$$\forall i = 1: K_{e_{min}} = 1 + \frac{n-1}{n} - 1 = \frac{n-1}{n} \quad (6)$$

Y por tanto:

⁷⁴⁴ Consideramos el supuesto en que no existen indicadores que puedan por si solos implicar el valor cero en el nivel agregado, que es el supuesto adoptado en el modelo.

$$I = \left[\frac{n-1}{n} \right] * \left[\frac{n-1}{n} \right] = \frac{[n-1]^2}{n^2} \quad (7)$$

Y por tanto la cuota de participación del indicador con valor igual a cero será el valor complementario, es decir:

$$C_{max}[\%] = 1 - \frac{[n-1]^2}{n^2} \quad (8)$$

Siendo $C_{max}[\%]$ Participación máxima sobre el valor del indicador resultante de la agregación y n el número de indicadores

Y el tercer valor va a ser la **participación mínima que puede tener el indicador**, que podemos calcular a partir del valor anterior, dividiéndolo entre $n-1$:

$$C_{min}[\%] = \frac{1}{n^2} \quad (9)$$

Siendo $C_{min}[\%]$ Participación mínima sobre el valor del indicador resultante de la agregación y n el número de indicadores.

A partir de las formulas anteriores y la de la agregación aritmética sin ponderar, podemos definir un rango [máximo-equilibrio-mínimo] de participación posible para cada uno de los indicadores:

TABLA AXIV.02_ RANGO POSIBLE DE PARTICIPACIÓN DE UN INDICADOR SOBRE EL RESULTADO GLOBAL			
Nº Indicadores	Límite máximo	Equilibrio	Límite Mínimo
2 indicadores	75,00%	50,00%	25,00%
3 indicadores	55,56%	33,33%	11,11%
4 indicadores	43,75%	25,00%	6,25%
5 indicadores	36,00%	20,00%	4,00%
6 indicadores	30,56%	16,67%	2,78%
7 indicadores	26,53%	14,29%	2,04%
8 indicadores	23,44%	12,50%	1,56%
9 indicadores	20,99%	11,11%	1,23%
10 indicadores	19,00%	10,00%	1,00%

FUENTE: Elaboración propia

Y podremos calcular el rango de influencia del indicador a través de una superposición de niveles [o agregaciones], multiplicando los ‘rangos de influencia’ que tiene el indicador en cada uno de esos niveles⁷⁴⁵.

PONDERACIÓN POR ESTABILIDAD

La ponderación por estabilidad se relaciona con la Resiliencia de los Sistemas, y está contemplada en las fórmulas de agregación indicadas [Alvira, 2014a. Anexo VI]:

- La agregación geométrica la incorpora automáticamente.
- La agregación aritmética ponderada la incorpora mediante los coeficientes de ponderación.

Esta ponderación reduce la influencia sobre S de los indicadores con valor superior a la media, e incrementa la influencia de los indicadores con valor inferior a la media.

⁷⁴⁵ Sin embargo, no todas las combinaciones son posibles. Por ejemplo, la participación máxima de un indicador sobre el resultado se produce cuando dicho indicador vale cero y todos los demás valen 1, pero en el siguiente nivel ya no puede darse esta situación, puesto que el valor del indicador agregado ya no será igual a cero, sino a $1/n^2$.

En áreas urbanas muy equilibradas [i.e., en las que no exista gran diferencia entre el valor máximo y el mínimo de los diferentes indicadores] el valor de *S* se aproxima a la media aritmética de los indicadores, mientras que en áreas más desequilibradas se distancia progresivamente siendo inferior⁷⁴⁶.

En términos operativos, esta ponderación supone 'valorar más el impacto de mejorar las áreas donde existe mayor déficit' [lo que se identifica con el 'principio de sostenibilidad marginal decreciente'⁷⁴⁷].

PONDERACIÓN POR CORRELACIÓN

La correlación entre indicadores suele implicar coincidencia de la información que aportan [Miller, 1956], lo que implica que incluir en los modelos indicadores con elevada correlación puede estar suponiendo una doble contabilización de la misma información.

Por ello, algunos modelos de indicadores hablan de la necesidad de eliminar indicadores que presenten elevada correlación o introducir ponderaciones para limitar su influencia sobre el valor global. Sin embargo, el análisis de las correlaciones entre indicadores necesariamente muestra 'lo que ha pasado hasta ahora'; i.e., las correlaciones que han existido entre indicadores en el pasado, que en muchos casos esperamos que sean diferentes de las que existan en el futuro⁷⁴⁸.

Por ello, el enfoque que hemos adoptado se desvía otra vez del habitual, para acercarnos al enfoque de sistemas complejos. *La correlación entre elementos solamente nos muestra que se trata de un sistema cuyas sus partes están relacionadas. Y la forma de evitar la doble contabilización no es eliminar o ponderar los indicadores con correlación, sino establecer conjuntos de agregación de los indicadores que presentan mayor correlación* [Simón, 1955; Shpak et Al, 2004; Alvira 2014 a y b].

Por tanto, la estructuración jerárquica de los indicadores supone de hecho una ponderación, por lo que en realidad el modelo incorpora una ponderación por correlación, pero no es explícita.

Además, en algunos casos la correlación significa que un mismo fenómeno, actúa separadamente sobre dos aspectos relevantes de la realidad urbana, teniendo por tanto un efecto mayor sobre el resultado global⁷⁴⁹. En este caso, lo que indica la 'correlación entre indicadores' es que se está produciendo una 'ponderación natural que prima los aspectos más importantes de la realidad urbana.

CONCLUSIÓN PONDERACIONES

La estructura del modelo y las formulaciones de agregación utilizadas hacen que la cuota de participación de un indicador en el valor global de '*S*' sea variable, siendo posible calcularla para cualquier situación deseada, pudiendo indicar que en general se situará en los siguientes rangos:

⁷⁴⁶ La justificación de la media aritmética de los indicadores de sostenibilidad como valor máximo del grado de sostenibilidad del sistema se incluye en Alvira, 2014^a desde varias perspectivas.

⁷⁴⁷ Es decir, que un aumento del 5% al 10% implicará un aumento de sostenibilidad mucho mayor, que un aumento del 95% al 100%; aunque en valor absoluto el incremento sea igual. En términos de utilidad, este principio fue enunciado por primera vez por Bernoulli en 1738.

⁷⁴⁸ Precisamente el concepto de desarrollo sostenible surge al detectar la insostenibilidad que se estaba produciendo con una elevada correlación con el desarrollo de las sociedades, y con el objetivo de romper dicha correlación.

⁷⁴⁹ Por ejemplo, los árboles actúan sobre el paisaje, conforman corredores de biodiversidad y además actúan sobre el microclima urbano, siendo las tres cuestiones diferentes entre sí.

- Si el indicador tiene un valor similar a la media aritmética, su rango participación se situará en torno a su valor de equilibrio.
- Si el indicador tiene valor superior a la media, su participación se situará en el rango comprendido entre el valor de equilibrio y el límite inferior.
- Si el indicador tienen valor inferior a la media, su participación se situará en el rango comprendido entre el valor de equilibrio y el límite superior.

Complementariamente, si representamos S en forma matricial como:

$$S = [Q \quad M \quad E] \begin{bmatrix} K_Q \\ K_M \\ K_E \end{bmatrix} \quad (10)$$

Si revisamos uno de los coeficientes de ponderación [por ejemplo el de 'E'], se hace evidente que depende de los valores de las demás dimensiones, es por tanto la definición perfecta de sistema

$$K_E = \frac{1}{3} * \left[1 + \frac{1}{3} * [Q + M + E] - E \right] \quad (11)$$

Si seguimos desagregando las dimensiones, tendremos que:

$$Q = [q_1 \quad q_2 \quad \dots \quad q_n] \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \dots \\ k_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

Y por tanto:

$$Q = q_1 * k_1 + q_2 * k_2 + \dots + q_n * k_n \quad (13)$$

Esto es importante, ya que despejando las matrices vemos que el rango de influencia de cualquier indicador depende del valor de todos los demás indicadores [también los de las demás dimensiones], el rango de influencia de q_i depende de los valores de M y E, y por tanto de m_i y e_i , lo que confirma el planteamiento sistémico. **La influencia de cualquier parte del sistema sobre su estado global depende del estado de las demás partes del sistema.**

A-XV.1.4_AGREGACIÓN Y CÁLCULO

Desde el punto de vista de las formas de cálculo, el modelo incluye tres tipos de indicadores:

- de *Variable o Elementales*: calculados a partir de variables que informan del sistema
- *Sintéticos*: calculados a partir de la agregación de otros indicadores.
- de *Variación*: calculados a partir de la modificación en el tiempo de un indicador.

Vamos a revisar brevemente los tres tipos.

INDICADORES DE VARIABLE

Los Indicadores elementales o de variable se calculan directamente a partir de variables que informan del sistema, utilizando fórmulas que se establecen individualmente para cada uno de ellos. Dichas fórmulas constan de dos partes⁷⁵⁰:

- En primer lugar, se *calcula el valor de una variable agregada*, con fórmulas específicas para cada **indicador** que se incluyen en la explicación detallada de los mismos; cada una de ellas obedece a reglas propias, no siendo posible establecer reglas comunes.
- En segundo lugar, se *transforma el valor anterior en un indicador 's[i]'* siguiendo un proceso que comparte rasgos comunes a todas ellas y que requiere establecer al menos dos límites para cada uno de los indicadores: un límite de sostenibilidad y un límite de insostenibilidad.

INDICADORES SINTÉTICOS

Los Indicadores Sintéticos, se calculan mediante la agregación aritmética ponderada de varios indicadores de nivel inferior. El Objetivo de Sostenibilidad de cualquier indicador 'sintético' I_k será el 100% y podremos calcularlo a partir de un conjunto de indicadores de nivel inferior I_i como:

$$I_k = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n I_i * k_{e_i} \quad (14)$$

$$k_{e_i} = 1 + \bar{I}_i - I_i \quad (15)$$

Donde q_i _ son los indicadores de Nivel 2 de la dimensión 'Q'

Aplicado al modelo propuesto y las tres dimensiones planteadas [en los términos ya explicados], las formulaciones serán:

- La **dimensión 'Q'** se calculará como:

$$Q = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} [q_i * K_{e_i}] \quad (16)$$

Donde q_i _ son los indicadores de Nivel 2 de la dimensión 'Q'

- La **dimensión 'M'** se calculará como:

$$M = \frac{1}{6} * \sum_{i=1}^6 [m_i * K_{e_i}] \quad (17)$$

Donde m_i _ son los indicadores de Nivel 2 de la dimensión 'M'

- La **dimensión 'E'** se calculará como:

$$E = \frac{1}{4} * \sum_{i=1}^4 [e_i * K_{e_i}] \quad (18)$$

Donde e_i _ son los indicadores de Nivel 2 de la dimensión 'E'

⁷⁵⁰ Explicamos el proceso desde la perspectiva de modelos de indicadores, diferente a la perspectiva de Lógica Difusa.

- El **indicador global ‘S’** se calculará como agregación aritmética ponderada de los indicadores ‘Dimensión’:

$$S = \frac{1}{3} * [Q * K_Q + M * K_M + E * K_E] \quad (19)$$

Es importante indicar que las fórmulas de agregación limitan la ‘compensabilidad’ entre Dimensiones⁷⁵¹:

- Ningún sistema podrá proporcionar un resultado de ‘sostenibilidad completa’ si no lo es para alguna de las tres.
- Los incrementos en dimensiones con valor elevado tendrán mayor dificultad para compensar reducciones en dimensiones con valor reducido.

Complementariamente, la metodología explicada introduce criterios para limitar aún más la compensabilidad entre dimensiones enmarcándose en el concepto de ‘sostenibilidad fuerte’.

INDICADORES DE VARIACIÓN

Y por último, los Indicadores de Variación informan de la variación de valor de los indicadores de variable o sintéticos entre dos momentos temporales diferentes. Se calculan mediante la fórmula:

$$\Delta D_i = D_{i_2} - D_{i_1} \quad (20)$$

Siendo ΔD_i Indicador ‘Incremento del [Indicador i]’ del Área Urbana; D_{i_2} indicador ‘i’ del Área Urbana en el momento temporal 2; y D_{i_1} indicador ‘i’ del Área Urbana en el momento temporal 1

A-XV.1.5_ INTERPRETACIÓN Y EVALUACIÓN

Los criterios de interpretación y evaluación del modelo han sido exhaustivamente explicados a lo largo del texto por lo que no los repetimos aquí.

A-XV.2_ EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Aunque consideramos que la aplicación práctica constituye una suficiente demostración de la aplicabilidad y beneficios de la utilización de la herramienta propuesta, vamos a evaluarla brevemente según la siguiente propuesta de ‘criterios de evaluación de herramientas de sostenibilidad’ [Graymore, 2008]:

TABLA AXV.01_ CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD (0)		
CRITERIO DE EVALUACIÓN		EVALUACIÓN HERRAMIENTA (1)
EFECTIVIDAD GLOBAL EN LA	1. Evaluación de la sostenibilidad local	1
	Equidad	1
	Nivel de actividad humana	1
	Nivel de presión sobre los sistemas de soporte	1
	Estado de los sistemas de soporte (a)	1
	Ecosistema [natural]	1
Social	1	

⁷⁵¹ La fórmula impide que valores muy altos en una única dimensión, den como resultado agregado global alto. Se potencia por tanto una mayor valoración global de las Áreas Urbanas que obtengan resultados equilibrados en todas sus dimensiones.

		Económico	2
MÉTODO	2. Accesibilidad De datos (b)		1
	Utilización de datos existentes		1
	Los datos son localizables y accesibles		2
	Los datos describen la ciudad		1
	El coste-eficiencia de la recopilación de datos es adecuado [tiempo/dinero]		1
	Capacidad de evaluar la sostenibilidad sin ningún dato		-
	3. El proceso de evaluación [aplicación de la herramienta] es sencillo		1
	No son necesarios cálculos complicados		1
	No hacen falta conocimientos especializados [por ejemplo aplicación de matrices]		1
	No hace falta software especializado		1
	Procedimiento comprensible		1
	Facilidad de aplicación		1
	Numero de indicadores reducido/manejable [inferior a 40 indicadores] (c)		1
	No necesita un tiempo excesivo de dedicación [i.e. menos de 3 meses para completarlo]		1
	4. Evalúa la sostenibilidad directamente		1
	Proporciona un índice / puntuación global de sostenibilidad a partir de la agregación de indicadores		1
	Método de agregación lógico		1
	Valuación objetiva de la sostenibilidad		1
	Evaluación integrada, incluyendo la relación existente entre indicadores		1
	5. No se produce pérdida de información al agregar los datos		1
	El rendimiento de cada indicador es informado		1
	El rendimiento es informado a nivel de subsistema/dimensión		1
	La sostenibilidad global del sistema es informada		1
	6. Transparencia en el método utilizado para obtener los resultados (d)		1
	Método claro y bien documentado		-
	Facilidad para comprender como los resultados finales se obtienen a partir de los datos de los indicadores		1
	Simplificaciones y asunciones limitadas al mínimo para reducir su impacto sobre los resultados		1
7. Simplifica la complejidad de la Sostenibilidad y facilita la comunicación a una variedad de audiencias		1	
Fácil de interpretar y comprender lo que los resultados significan par a la sostenibilidad local		1	
Los resultados puede ser descritos en una página de resultados		1	
Capacidad de representar los resultados visualmente		1	
Informa de la sostenibilidad en una variedad de niveles		1	
Informe detallado del rendimiento de cada indicador		1	
Rendimiento a nivel de subsistema / dimensión		1	
Sostenibilidad global del sistema		1	
8. Utilidad de los resultados de la evaluación de sostenibilidad		1	
Eficiencia de la evaluación [tiempo / datos]		1	
Para 'gestores' locales:		1	
Sostenibilidad informada en una variedad de niveles		1	
Son útiles para la política, planificación estratégica, toma de decisiones		1	
Indica en qué áreas es necesario realizar actuaciones		1	
Objetivos o umbrales contra los cuales comparar la situación actual		1	
Permite evaluar las tendencias a lo largo del tiempo		1	
Para construcción de comunicad, aprendizaje social (e)		-	
Resultados fáciles de comprender		1	
Sencillo de utilizar		-	
Datos accesibles		-	
Demuestra la vinculación entre la actividad de la comunidad y la sostenibilidad		-	

FUENTE: Adaptación de Graymore et Al, 2008 con las siguientes notas:

- (0) La matriz original se refiere al nivel regional, por lo que ha tenido que adaptarse al nivel local, ámbito de aplicación de la herramienta propuesta.
- (1) Las puntuaciones son:
- 1_ cumple totalmente el criterio
 - 2_ cumple parcialmente el criterio
 - 3_ no cumple el criterio
- La evaluación ha sido realizada por el autor, por lo que evidentemente responde al punto de vista personal del mismo.
- (a) La evaluación del estado de los ecosistemas [natural, social y económico] se hace en el nivel local puesto que es el nivel para el cuál se diseña la herramienta. Sin embargo, se incluye una serie de variables de 'verificación' que permiten comprobar los supuestos en los niveles superiores [regional, y nacional]
- (b) La aplicación de la herramienta utiliza los datos disponibles en lo posible, habiéndose detallado procedimientos para aprovechar al máximo la información disponible a nivel local]. Sin embargo, donde no existe dicha información, se indica la necesidad de realizar los estudios necesarios para hacerla disponible. Este hecho no se considera un aspecto negativo, sino la constatación de una realidad: solo con un buen conocimiento del medio en el que actuamos se podrán tomar las decisiones adecuadas.
- (c) Aunque el número total de indicadores es superior, muchos de ellos son simple agregación de otros indicadores. El número total de indicadores para los cuáles es necesario introducir datos es inferior, al igual que lo es el número de indicadores cuya evaluación es base para la aplicación del método propuesto.
- (d) Es difícil para el autor rellenar este apartado, puesto que evidentemente para él la propuesta es de una claridad meridiana, sin

embargo, cabe indicar que el objetivo del método propuesto no es su utilización por parte de los habitantes, sino su utilización por parte de técnicos, pero que sus resultados sí que sean comprendidos por los habitantes.

Los resultados permiten considerar que la herramienta propuesta muestra un óptimo desempeño en las tres cuestiones consideradas fundamentales:

- Evaluación de la Sostenibilidad
- Claridad y completitud de la Metodología
- Utilidad de los Resultados

Siendo por tanto posible afirmar que se trata de una herramienta válida para los fines buscados en los términos planteados.

Complementariamente es interesante indicar que la validez de las herramientas que evalúan escenarios está ampliamente aceptada por numerosos autores⁷⁵². Los escenarios se interpretan como ‘representaciones de los distintos futuros posibles’, y por tanto el objetivo de la herramienta aquí explicada es poder estimar la utilidad colectiva que se obtendría de los diferentes futuros posibles de cada ciudad, como medio para poder guiar las decisiones colectivas hacia los futuros que proveen mayor utilidad.

Es quizás el único objetivo explícito compartido los principales autores que han definido nuestro pensamiento político desde los comienzos de la civilización hasta la actualidad: nuestros marcos regulatorios deben redactarse para lograr el ‘bien común’

La herramienta propuesta permite valorar cuantitativamente el ‘bien común’ que se obtiene de cada uno de los diferentes futuros posibles mediante funciones matemáticas construidas sobre parámetros suficientemente aceptados o cuya contrastación hemos realizado. Por tanto, constituye una función válida para la toma de decisiones colectivas sobre principios universalmente aceptados.

⁷⁵² “está ampliamente admitido, que cualquier modelo que puede proveer escenarios de lo que puede pasar bajo las políticas actuales u otras alternativas es una herramienta valiosa. Cada vez más, [el análisis] de escenarios está siendo utilizado por los gobiernos para asegurarse de que se mueven en una dirección cada vez más sostenible, incluso si el progreso es lento [...] Por tanto, sería útil tener una herramienta de medición que pueda proveer escenarios de futuro sostenible, más allá de simplemente subrayar la insostenibilidad del pasado [...] si los escenarios se pueden modelar para determinar cuáles pueden ser los impactos de los consumos futuros, esto sería extremadamente útil para el diseño de políticas” [Wiedmann, 2010: 1679]

ANEXO XVI_ UTILIZACIÓN DEL MODELO POR LA ADMINISTRACIÓN ESPAÑOLA

La revisión ha demostrado que el modelo cumple los principales requisitos que se exigen para poder ser utilizado en procesos de decisión pública:

- Constituye una función social del bienestar:
 - satisface los criterios de racionalidad y democracia [Arrow, 1951]⁷⁵³
 - dirige el sistema hacia situaciones óptimas de desigualdad [Rawls, 1971; Sen, 1998]
 - maximiza el Beneficio Neto y solo admite incrementos de desigualdad en situaciones de muy reducida desigualdad [Stiglitz, 2000]
- Satisface las condiciones del Análisis Coste Beneficio [Stiglitz, 2000]:
 - maximización del Beneficio Neto
 - mantiene o incrementa la eficiencia del sistema

Y a su vez, su utilización facilita a la Administración avanzar en varias cuestiones de gran importancia:

- Permite a la Administración tomar decisiones óptimas en los procesos de conformación/transformación de ciudad empleando recursos reducidos, incrementando su eficacia [optimalidad de sus decisiones] y su eficiencia [ratio beneficio/recursos empleados]⁷⁵⁴.
- Permite a la Administración avanzar hacia...
 - ... el modelo social considerado en las tres normas que guían el modelo social español: la 'Constitución Española', Constitución Europea y Derechos Fundamentales.
 - ... el cumplimiento elevado de los requerimientos de sostenibilidad económica de la UE [criterios de convergencia en Deuda Pública y Déficit].

Todo nos permite enunciar que es posible –y conveniente- su uso por parte de la Administración como ayuda en sus procesos habituales y como requerimiento para propuestas externas que requieren aprobación administrativa:

- Utilización desde la propia administración para la elaboración de políticas, proyectos y transformaciones urbanas.
- Exigencia de su cumplimiento para propuestas promovidas desde el sector privado, vinculando la concesión de licencias al cumplimiento de ciertos valores.

Complementariamente, para facilitar el uso del modelo, la Administración debería desarrollar ciertas cuestiones como son:

- Recopilación y puesta a disposición pública de la información necesaria para el cálculo de los indicadores.
- Complementariedad con la Normativa oficial.

⁷⁵³ Es importante indicar que consideramos el cumplimiento requiere que la sociedad admita el 'Derecho de Veto' de la población, [ver ANEXO IV: o Alvira, 2015] que se considera condición externa al modelo, que debería implantarse en todas las sociedades.

⁷⁵⁴ "uno de los bienes públicos más importantes es la gestión del Estado: todos resultamos beneficiados cuando la administración es mejor más eficiente y más sensible" [Stiglitz, 2000: 173]

- Fomento de investigación y desarrollo posterior del modelo, y de modelos complementarios en otras escalas.

Vamos a ver cada uno de esos aspectos en detalle, empezamos por las posibilidades de utilización del modelo, y luego por las cuestiones que debería desarrollar la Administración.

A-XVI.1_POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN

A-XVI.1.1_APLICACIÓN EN LOS PROCESOS DE CONFORMACIÓN DE CIUDAD

La Carta de Aalborg afirma que una de las funciones de la Gestión de los municipios debe ser “garantizar que la sostenibilidad sea un eje vertebrador del proceso de toma de decisiones urbanas y que la asignación de recursos se base en criterios de sostenibilidad” [COA, 2004. Principio 2].

Ya hemos demostrado que el modelo propuesto constituye una herramienta que permite a los municipios *evolucionar [transformarse]* para lograr la sostenibilidad global, lo que se puede hacer incorporando la herramienta a las habituales de gestión municipal en las diferentes aplicaciones descritas:

- Revisión de áreas urbanas extensas para determinar prioridades de actuación.
- Establecimiento de niveles mínimos de rendimiento en proyectos de nuevos desarrollos o renovación urbana.
- Utilización para la formulación de planes especiales o políticas urbanas.
- Utilización para evaluar el impacto de la utilización generalizada de determinados productos o tecnologías, establecimiento de ayudas públicas,...

Además, avanzar hacia el objetivo de mayor sostenibilidad de las áreas urbanas requerirá definir valores mínimos obligatorios para las áreas urbanas existentes y nuevos desarrollos.

ESTABLECIMIENTO DE VALORES MÍNIMOS

De manera orientativa, podemos proponer los siguientes objetivos, diferentes para nuevos desarrollos y áreas en funcionamiento:

PARÁMETROS PARA LA APROBACIÓN DE NUEVOS DESARROLLOS

Se deberían establecer valores mínimos para el indicador global S y los indicadores Dimensión [Q, M y E]. Dado que la relación Coste-Beneficio es mucho mayor en la nueva construcción⁷⁵⁵, los valores que se pueden exigir son considerablemente más elevados que en las áreas ya edificadas. De manera orientativa podríamos proponer los siguientes valores:

TABLA AXVI.01_ VALORES MÍNIMOS PARA NUEVOS DESARROLLOS			
	Mínimo	Recomendable	Optimo
Dimensión Q	0,60	0,70	>0,75
Dimensión M (1)	0,50	0,65	>0,70
Dimensión E (2)	0,60	0,70	>0,75

FUENTE: elaboración propia con las siguientes notas:

- (1) El valor mínimo en Metabolismo se fija en el umbral de insostenibilidad global
- (2) El valor mínimo en la dimensión Económica se fija en el umbral que ha constituido el mínimo valor de los países estables' en la crisis de la deuda de la UE.

⁷⁵⁵ En palabras sencillas, hacer las cosas bien desde el principio suele ser mucho más barato que corregirlas después.

PARÁMETROS PARA ÁREAS EN FUNCIONAMIENTO

En áreas en funcionamiento no es tan importante establecer valores mínimos de desempeño sino utilizar la herramienta en los procesos de transformación urbana habituales, tanto transformaciones urbanas directas [proyectos de intervención] como indirectas [normativas], pero también en la fase inicial de evaluación de la situación actual y establecimiento de prioridades de actuación.

Esto llevaría a un incremento constante/elevado grado de sostenibilidad de las áreas urbanas en general y en todas sus dimensiones.

Sin embargo, para evitar que las transformaciones siempre se focalicen en las dimensiones con mayor visibilidad para los habitantes [Q y E], la Administración Central debería establecer valores mínimos para cada dimensión, obligando a aquellas áreas urbanas que las incumplan a la redacción de planes específicos de mejora, hasta llegar a los mínimos exigibles [e.g., podrían ser los valores mínimos para cada dimensión indicados en la tabla anterior].

Hay que indicar que el modelo propuesto no es utilizable en proyectos de ordenación del territorio siendo necesario desarrollar modelos utilizables en dicha escala, en la cual se toman decisiones que condicionan las posibilidades de desarrollo posterior.

A.XVI.1.2_APLICACIÓN EN OTROS PROCESOS

Aunque la herramienta propuesta se orienta al ámbito local, las acciones en este ámbito además de ser promovidas por la Administración Local pueden ser a veces promovidas desde la Administración Regional o Nacional, que pueden utilizar la herramienta para establecer...

- ... Especificaciones óptimas de prestación de productos, para incluir en Normativas oficiales [e.g., el Código Técnico de la Edificación, ...]
- ... Adecuación y cuantía de subvención pública a productos.
- ... Listados de prácticas urbanas beneficiosas por zonas homogéneas [para que posteriormente cada ayuntamiento pueda valorar su implementación].
- ... Etc...

A-XVI.2_TEMAS PENDIENTES QUE DEBERÍA DESARROLLAR LA ADMINISTRACIÓN

A-XVI.2.1_DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

La aplicación práctica de la herramienta ha puesto de relevancia la dificultad en la actualidad para recopilar y adaptar la información necesaria. Por ello, el uso generalizado de dicha herramienta haría conveniente que dicha información esté disponible con carácter generalizado, siendo dos tipos:

INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICADORES

En primer lugar, es necesario que la información necesaria esté disponible y que sea fácilmente accesible. A partir de las dificultades encontradas durante la aplicación práctica, podemos proponer varias acciones en relación a la preparación de la información necesaria:

- Homogeneizar los formatos en que se encuentra dicha información, promoviendo su posibilidad de utilización con los programas informáticos de uso habitual.

- Información ‘georreferenciada’ con un nivel de desagregación suficiente, para el cual el nivel barrio debe ser considerado el nivel mínimo [siendo a veces preferible el nivel ‘manzana’]⁷⁵⁶.
- Hacer disponible la información para uso desde el sector privado, universidades, etc...⁷⁵⁷.

Estas tres ‘acciones’ pueden requerir un esfuerzo variable según el área e incluso en algunos casos implicar un coste económico. Sin embargo, este esfuerzo es justificable por dos motivos:

- *La necesidad de disponer de datos adecuados no es una imposición para poder aplicar el modelo propuesto, sino algo inherente al ejercicio de la Gobernanza; no se puede gobernar bien aquello que no se conoce suficientemente*⁷⁵⁸.
- *La aplicación práctica ha puesto de manifiesto la posibilidad de obtener unos ‘ahorros económicos’ considerables gracias a la utilización de la herramienta, que indican que el esfuerzo económico y humano puede amortizarse con creces en plazos a veces breves de tiempo.*

DISPONIBILIDAD DE INDICADORES ‘CONTEXTUALIZADOS’ A NIVEL MUNICIPAL

Ya se ha comentado a lo largo del texto que existen dos tipos de indicadores:

- Indicadores cuasi-comunes a todos los sistemas urbanos.
- Indicadores cuya ‘diferenciación’ es conveniente/necesaria para preservar la diferente ‘identidad’ de ciudades y pueblos.

Preservar esta diferenciación es fundamental, y por ello, en la propia definición del modelo se han detallado metodologías para poder sustituir algunos indicadores por otros elaborados específicamente en relación al contexto de aplicación / características esenciales del ámbito evaluado.

Estas cuestiones son generalmente mucho mejor conocidas en el nivel local, por lo que será necesario que cada municipio desarrolle aquellos elementos que le ‘otorgan su diferenciación’ mediante:

- *Catálogos de elementos protegidos*, que permitan evaluar el paisaje urbano y los elementos generadores de ‘identidad local’⁷⁵⁹
- Revisión de *cuestiones específicas del modelo propuesto*, y que serán:

⁷⁵⁶ La desagregación de los datos no necesariamente implica añadir coste económico, sin embargo permite obtener una información más relevante como resultado. Por ejemplo, los datos de consumos de energía para la ciudad de Madrid solamente se han conseguido a nivel ciudad, limitando así la capacidad de evaluar el impacto real de áreas localizadas. Sin embargo, dado que los datos son suministrados por las compañías que facturan a los particulares [y esta facturación se hace asociada a una localización geográfica], parece sencillo hacer un tratamiento diferente de dichos datos que contemplen el nivel de desagregación indicado, sin añadir coste al proceso.

⁷⁵⁷ Esto apunta a la necesidad de preparar la información y datos no solo para su utilización desde la administración, sino también por usuarios privados [proyectistas, investigadores, etc...], evidentemente, preservando el ‘secreto estadístico’ donde sea necesario.

⁷⁵⁸ Sin información suficiente y adecuada, es imposible que las elecciones públicas se tomen adecuadamente [viene a ser igual a ‘operar’ a un paciente sin examinarle primero]; la actualización periódica debe ser una constante en lo que debe ser en un ‘sistema de gestión dinámica e integrado’, punto de partida para la toma de decisiones adecuadas.

⁷⁵⁹ En realidad la necesidad de estos ‘Catálogos’ se establece ya en el planeamiento actual. El modelo simplemente aprovecha el conocimiento que se incluye en ellos.

- Definición de Objetivos o umbrales específicos en indicadores relacionados con la 'forma urbana' [compacidad, densidad de viviendas, etc...], que permitan salvaguardar y realzar las características específicas del contexto.
- Elaborar indicadores específicos que estén orientados a valores locales;
 - generadores de identidad o relevantes para la sociedad local.
 - deducidos de características específicas del contexto

A-XVI.2.2_COMPLEMENTARIEDAD CON OTRAS HERRAMIENTAS OFICIALES

El modelo admite y se beneficia de la interrelación con las Normativas promovidas desde la administración.

- Algunos contenidos del modelo se apoyan en propuestas de la propia Administración⁷⁶⁰, cuyos cambios deberán ser actualizados en el modelo.
- La aplicación del modelo puede servir para 'verificar' la 'sostenibilidad' de los valores exigidos en determinadas normativas, modificándolos si se descubre que no son los adecuados⁷⁶¹.
- La Administración puede utilizar el modelo para 'evaluar' los efectos de determinadas tecnologías, y si se decide que son beneficiosos, establecer su uso mediante Normativa.
- Igualmente, la Administración puede comprobar los efectos positivos de determinadas prácticas urbanas, para que cada área urbana pueda valorar el impacto de implantarlas.

También se podría elaborar u orientar determinadas herramientas de la administración, de manera que la información que proveen pueda ser utilizada en el sentido descrito.

Por ejemplo, el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE podría incorporar valores de huella hídrica, huella de CO₂, etc. de las diferentes soluciones, que faciliten los cálculos del impacto de la edificación mediante programas BIM.

A-XVI.2.3_DESARROLLO ULTERIOR DEL MODELO

Hemos revisado la validez del modelo desde diferentes perspectivas, y podemos hacer una enumeración breve de algunos aspectos pendientes:

- Contrastación de su idoneidad aplicado a otras morfologías urbanas.
- Actualización periódica de los indicadores
- Diseño de modelos complementarios:
 - modelos operativos en las escalas complementarias [regional y nacional]
 - modelos de verificación [herramientas a partir de variables directas, que sirven para verificar el grado de cumplimiento de las predicciones].

⁷⁶⁰ Por ejemplo, la evaluación del cumplimiento de Accesibilidad se realiza en función de la legislación en materia de accesibilidad de los espacios públicos urbanizados [aprobada en el RD 505/2007 y desarrollada en la Orden VIV/ 561/201].

⁷⁶¹ Permite por ejemplo, responder a preguntas como ¿están bien elegidos los valores propuestos en la CTE?. No con la intención de proponer una 'enmienda a la totalidad', sino de proponer modificaciones donde se compruebe que otros valores pueden ser mejores. Se puede tener una idea de la gran cantidad de Normativa Estatal que fija contenidos relacionados con la Sostenibilidad urbana en Fariña y Naredo, 2010]

ANEXO XVII_ CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y MEJORA CONTINUA DEL MODELO

Hemos propuesto un modelo para evaluar la sostenibilidad urbana y diseñar las transformaciones urbanas de manera que siempre acerquen la ciudad a su estado más cercano posible a la situación de sostenibilidad; i.e., un modelo para la toma de decisiones óptimas. Y es importante indicar que los objetivos del modelo son dobles:

- como objetivo subyacente se sitúa la sostenibilidad de la sociedad que habita la ciudad, que consideramos condición necesaria de la sostenibilidad de dicha ciudad.
- como objetivo explícito se sitúa la sostenibilidad de la propia ciudad⁷⁶².

De hecho, en el presente modelo hemos priorizado el segundo objetivo ya que consideramos que el primero no es operativo y que una ciudad solo puede perdurar con una comunidad que la habite y la ‘sostenga’ en el tiempo. Este enfoque operativo del modelo ha llevado a que introduzcamos una serie de simplificaciones que se relacionan con aspectos de dos tipos:

- Aspectos sobre los cuales no es posible operar directamente.
- Aspectos cuya predicción con suficiente precisión es extremadamente difícil.

Sin embargo, un modelo que directamente valore información de los sistemas tiene capacidad de eliminar o reducir mucho las simplificaciones anteriores, proporcionando resultados más fiables, eliminando la incertidumbre implícita en la predicción del estado futuro del sistema.

Esto quiere decir que las estimaciones realizadas utilizando el modelo operativo [predicciones], podrán ser contrastadas con las evaluaciones del sistema urbano con modelos de variables directas, en el plazo temporal para el cual se había realizado la predicción. **Los modelos de variables directas nos van a proporcionar datos reales de la evolución de los sistemas contra los cuales comparar [contrastar] las predicciones del modelo operativo.**

TABLA AXVII.01_ MODELOS DE CONTRASTACIÓN

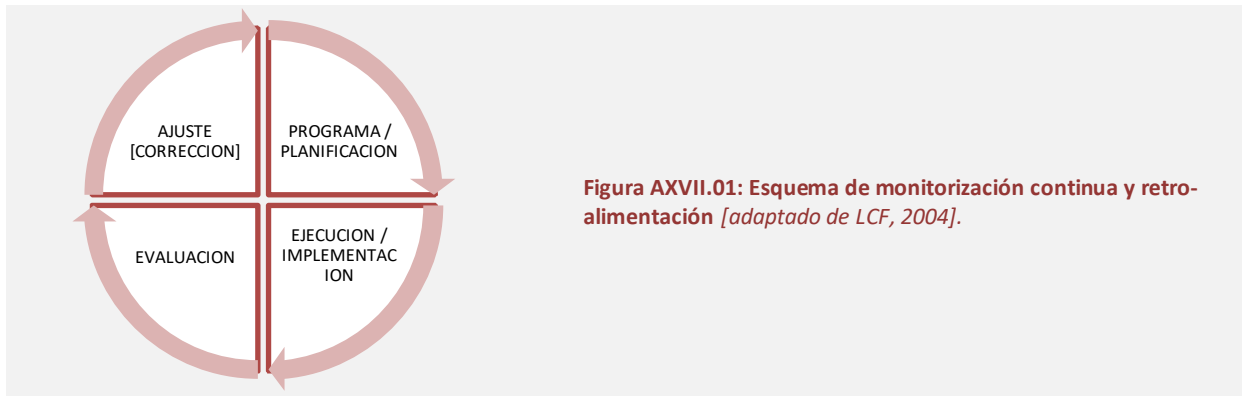
Ámbito Urbano	Urbanismo Ecológico [Rueda, 2012]
Ámbito Territorial	Sustaining Human Carrying Capacity [Graymore et Al, 2010]
Ámbito país o supranacional	Human Wellness Index [Prescott Allen, 2001] Sustainable Society Index [SSI, 2004]

FUENTE: Elaboración propia

Esta contrastación no necesariamente deberá hacerse al final del plazo de la predicción, sino que podrá hacerse periódicamente para detectar si el sistema evoluciona en la dirección prevista [y deseada] o si es necesario introducir correcciones.

Constituye por tanto un proceso de monitorización y evaluación continua, y se hace necesario apunrar algunas cuestiones que será necesario evaluar, y los procesos que deberán producirse como consecuencia de dichas evaluaciones.

⁷⁶² Aunque poco probable, sería posible [i.e., podría suceder] que una sociedad abandonara una ciudad sin por ello dejar de existir como sociedad. Dicho en otros términos, es posible la sostenibilidad de la sociedad independientemente de la de la ciudad, pero no a la inversa.



Un programa de 'monitorización y evaluación efectivo requiere de la recolección y análisis de una cantidad importante de información durante el ciclo completo de gestión de un proyecto. Este proceso a menudo implica lo siguiente [Salonen, 2008]:

- Recolección de información de la situación del proyecto en el momento de la evaluación
- Evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos
- Evaluar la relación entre las acciones emprendidas y los resultados esperados
- Implementación de las modificaciones necesarias en el programa

Sin embargo, **la evaluación que proponemos realizar debe abarcar tanto la revisión de las transformaciones como la revisión del modelo**⁷⁶³:

- Evaluaremos el desarrollo de la implementación de la transformación urbana planteada
- Evaluaremos el grado en que las valoraciones del modelo se adecuan a la realidad

Los procedimientos de evaluación se explican en los dos apartados siguientes, y contemplan en paralelo:

- la monitorización del programa
- la evaluación de la metodología / modelo

A-XVII.1_ EVALUACIÓN DEL PROGRAMA

De los cuatro supuestos de utilización del modelo, vamos a centrarnos en la planificación de transformaciones urbanas, que es el más complicado de ellos. La metodología que hemos detallado para la aplicación de la herramienta, nos proporciona unos resultados que utilizamos para la preparación detallada del Programa o planificación de la implantación/transformación global elegida.

Vamos a revisar ahora en las fases de evaluación y ajuste.

La evaluación y seguimiento periódicos de los programas es práctica habitual y necesaria para confirmar que mediante las acciones emprendidas se están alcanzando los objetivos buscados⁷⁶⁴

⁷⁶³ Mientras no tengamos suficiente experiencia en modelos como el que aquí se propone, la evaluación debe entenderse que se refiere tanto a la transformación que se emprende como al modelo que se utiliza.

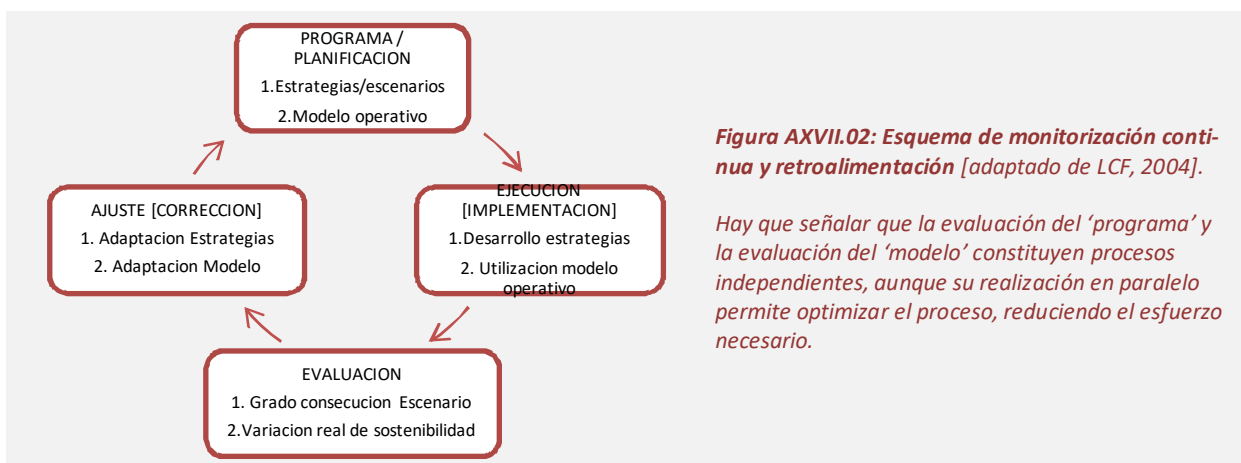
⁷⁶⁴Una 'Gestión' adecuada requiere del monitoreo regular en el corto y largo plazo. Un proceso de monitoreo efectivo proporciona información continua y sistemática que fortalece la implementación del proyecto" [Salonen, 2008].

Será necesario por tanto planificar un seguimiento de la ejecución del programa, que permita verificar que se van alcanzando los objetivos previstos⁷⁶⁵, y si se detecta que la realidad no se modifica [o comporta] conforme a lo esperado, será necesario implementar las correcciones necesarias [ajuste].

La ventaja de la monitorización implícita en cualquier 'Programa' es que nos permite realizar a la vez el ajuste y verificación del modelo de indicadores, de manera que haremos las dos en paralelo:

- En relación al Programa, monitorizaremos el grado de implantación/consecución del Escenario establecido como objetivo.
- En relación al Modelo de indicadores, contrastaremos las 'predicciones de sostenibilidad' con la realidad urbana que se va conformando.

Gráficamente, lo podemos representar de la siguiente manera:



Si se detectan desviaciones en relación a las predicciones o los objetivos buscados será necesario introducir las correcciones necesarias, para lo que deberemos revisar dos cuestiones:

A-XVII.1.1_ GRADO DE CONSECUCIÓN DE LOS ESCENARIOS PREVISTOS.

Constituye una evaluación de la planificación de la implementación y de las estrategias, que se compone de dos partes:

- Por un lado, se evalúa si el programa se está cumpliendo; i.e., si el desarrollo de las estrategias se está realizando conforme a lo planificado.
- Por otro lado, se evalúa si las estrategias están llevando hacia los escenarios deseados.

La verificación deberá revisar el grado de correspondencia que existe entre el grado de implantación de las estrategias y el grado de consecución de los escenarios asociados a cada una de ellas.

- Si existe correspondencia entre ambos, podremos considerar que el 'programa' se está cumpliendo, y por tanto la evaluación es positiva.

⁷⁶⁵ La 'mayoría de las fuentes consideran que el seguimiento del plan requiere de una monitorización anual como mínimo, y una revisión general cada 3 – 5 años'.

- Si se detecta falta de correspondencia entre el grado de implantación de las estrategias y la consecución de escenarios, será necesario revisar las estrategias consideradas, y reformularlas o proponer estrategias alternativas⁷⁶⁶.

A-XVII.1.2_ VARIACIÓN REAL DE LA SOSTENIBILIDAD

Constituye una evaluación tanto de los escenarios como del modelo. Será necesario verificar la variación de sostenibilidad alcanzada a medida que se implementa el 'programa', para lo cual será necesario utilizar algún modelo de variables directas como modelo de comprobación.

La existencia de correspondencia entre las predicciones y la realidad constituye una validación tanto de los escenarios como del modelo operativo.

Elegimos los escenarios porque implican una serie de cualidades que asociamos con la sostenibilidad, y cuyo grado de consecución valoramos mediante los indicadores del modelo. Y de lo que se trata ahora es de ver si las cualidades que esperamos que acerquen la ciudad [y la comunidad que la habita] a la sostenibilidad, lo hacen efectivamente.

- La existencia de correspondencia entre ambas evaluaciones servirá para validar la formulación del modelo operativo.
- La existencia de una desviación relevante entre los resultados proporcionados por ambos modelos, indicará la necesidad de modificar el modelo.

A-XVII.2_ MODIFICACIONES DEL MODELO

A-XVII.2.1_ REVISIONES Y ACTUALIZACIONES DEL MODELO

Incluso aunque las evaluaciones anteriores indiquen una correspondencia elevada entre los resultados que aporta el modelo operativo y los que aporta el modelo de variables directas, el modelo deberá ser revisado y actualizado periódicamente, por varios motivos:

- Las ciudades como SA/SSE modifican las cualidades que determinan su sostenibilidad en el tiempo; los indicadores de la dimensión Q muestran la dimensión del desarrollo urbano, y tienden a incorporar objetivos cada vez más elevados.
- Algunos indicadores del modelo se han diseñado con el conocimiento disponible en la actualidad, que se considera insuficiente [especialmente en las dimensiones M y E].
- Los umbrales de algunos indicadores se modifican en el tiempo, por lo que la actualización del modelo debe incorporar dichas modificaciones.

Estas cuestiones nos llevan a la necesidad de actualización periódica del modelo que deberá contemplar las siguientes cuestiones⁷⁶⁷:

⁷⁶⁶ La falta de correspondencia total se producirá si la estrategia se ha implementado totalmente y el escenario alcanzado no coincide con el previsto. Para evitarlo, es conveniente tener 'puntos de comprobación', i.e., puntos intermedios de cumplimiento de las estrategias para los cuales sea posible establecer predicciones de grado de consecución de los escenarios deseados.

⁷⁶⁷ Suponemos que no ha habido cambios extraordinarios que obliguen a replantear la naturaleza misma del modelo.

- Selección de indicadores: Verificar si los indicadores ‘relevantes’ para la sostenibilidad siguen siendo los mismos, pudiendo establecer tres situaciones tipo que requerirían cambios del modelo:
 - algunos indicadores pueden haber dejado de ser relevantes.
 - otros pueden haber ‘modificado’ su grado de relevancia.
 - pueden haber aparecido indicadores relevantes nuevos.
- Formulación y organización de indicadores:
 - verificar si las variables para el cálculo de los indicadores siguen siendo adecuadas.
 - verificar modificaciones en los umbrales de sostenibilidad.
 - verificar los niveles de significación de los indicadores y la organización jerárquica

En ausencia de cambios que obliguen a replantear el modelo en mayor profundidad, la actualización periódica del mismo⁷⁶⁸, verificando las cuestiones enunciadas, será suficiente para garantizar que el modelo cumple las dos siguientes condiciones:

- Los resultados que proporciona son relevantes en relación con la sostenibilidad del área [verificación de indicadores]
- Los resultados numéricos son la mejor cuantificación posible de la sostenibilidad, utilizando el mejor conocimiento disponible en el momento de realizar la evaluación [verificación de variables, umbrales y agrupaciones de indicadores]

Y por tanto se han definido los procedimientos adecuados para realizar dichas previsiones.

A-XVII.2.2_ MODIFICACIONES DEL MODELO OPERATIVO

Consideramos que las modificaciones pueden ser de dos tipos:

- *Modificación de los contenidos.* Puede consistir en la adición, sustitución o eliminación de indicadores. Será necesario no obstante que las modificaciones cumplan las siguientes condiciones:
 - Para la adición de indicadores [o inclusión de indicadores ya utilizados en el contexto]
 - se deberán seguir los criterios de ‘Selección’ y ‘Normalización’ indicados
 - será necesario evaluar las correlaciones con el resto de indicadores del modelo.
 - La estructura general de agregación resultante [niveles del modelo y agregaciones entre indicadores] también deberá mantener las reglas indicadas.
- *Modificación de Objetivos de Sostenibilidad de los indicadores.* Las formulaciones matemáticas incluidas en cada indicador permiten sustituir los objetivos de sostenibilidad de forma sencilla, debiendo respetar dos cuestiones:
 - En indicadores con objetivos diferenciados en función de la morfología o situación urbana [dimensión Q], será importante seguir estableciendo objetivos de sostenibilidad diferenciados, para mantener la diferenciación de las áreas urbanas.
 - En todos los casos, los nuevos ‘Objetivos de Sostenibilidad’ deberán ser indicados con claridad.

⁷⁶⁸ Algunas fuentes recomiendan que el nivel de actualización no supere los cinco años’ [Orellana et Al, 2011]

En caso de considerarse necesario añadir indicadores, puede ser preferible hacerlo sustituyendo algunos existentes, para no incrementar en exceso el número de indicadores. El motivo es triple:

- Aumentar el número de indicadores o variables evaluadas no necesariamente aumenta la fiabilidad global del modelo, puesto que algunos de los parámetros necesarios pueden ser difíciles de obtener, y se incrementa la posibilidad de errores en los cálculos.
- Cuanto mayor sea el número de indicadores, el cálculo se hará más complicado y lento lo que se reduce la 'efectividad' y en consecuencia puede hacer que disminuya el uso.
- Cuanto mayor sea el número de indicadores, disminuye la importancia relativa de cada uno de ellos. Si el cálculo de cada indicador conlleva el mismo esfuerzo, añadir indicadores implica incrementar linealmente el esfuerzo de utilización de la herramienta, pero el incremento de precisión obtenido cada vez es menor [presenta marginalidad decreciente].

En todos los casos en que se decida modificar el modelo, una vez realizadas dichas modificaciones, será necesario realizar una verificación general del modelo modificado, para lo cual se considera suficiente:

- La verificación del cumplimiento de los axiomas y postulados de la TMS [Alvira 2014a].
- Establecimiento del 'rango de influencia' de cada indicador.

A ser posible será conveniente también la contrastación del modelo contra algún registro de datos disponible, para tener mayor confirmación de las modificaciones introducidas.

A-XVII.2.3_ ADAPTACIONES A OTROS CONTEXTOS

Un gran porcentaje de los indicadores incorporados en el modelo se han basado en indicadores en funcionamiento en la actualidad en muchos países 'desarrollados', permitiéndonos afirmar que *las cuestiones que se consideran 'relevantes' para la sostenibilidad urbana coinciden en un alto grado, en contextos internacionales similares pero diferentes al español [Norteamérica, Europa y Japón]⁷⁶⁹.*

Esto nos permite considerar que existe un grupo extenso de ciudades suficientemente homogéneas en las que es posible el uso de la herramienta. Sin embargo, todos los contextos pueden presentar algunas características diferenciadoras que hagan conveniente/necesario modificar el modelo.

Mientras que en ciudades del tipo para el cual se ha diseñado el modelo estas modificaciones pueden ser a veces muy pequeñas, introduciendo modificaciones algo mayores el modelo podría llegar a ser usado en contextos más diferentes.

La facilidad de adaptación del modelo ha sido un criterio para su diseño, explicitando en todos los indicadores tanto los criterios de formulación, como los parámetros que son específicos de cada contexto, buscando facilitar al máximo dicha adaptación cuando sea necesaria⁷⁷⁰.

⁷⁶⁹ Ya hemos indicado que este 'carácter común' de muchas variables relevantes en el medio urbano, se puede deber a que la 'globalización' es más acusada en las ciudades, y que las ciudades incorporan en su propia naturaleza el ser 'globales'.

⁷⁷⁰ En todos los casos, como guion que nos permite comprobar la consistencia de las adaptaciones del modelo, se propone la Teoría Matemática de la Sostenibilidad [Alvira, 2014^a]

Vamos a revisar el modelo detallando criterios orientativos de modificación para cada una de las dimensiones principales.

DIMENSIÓN Q_ CALIDAD Y HABITABILIDAD URBANA

Modificación Indicadores [contenidos]:

Las características de los indicadores de la Dimensión 'Q' hacen necesario establecer una diferenciación entre dos tipos de indicadores, con implicaciones bastante diferentes:

Los que se refieren a la *Habitabilidad del Área Urbana*, [Bioclima y Salud]⁷⁷¹ se basan en variables relevantes y objetivos propuestos por la OMS, y su validez se acepta a nivel mundial. Por ello no se considera necesario modificarlos dependiendo del contexto, aunque en algunos contextos puede ser necesario considerar cuestiones complementarias [e.g., contaminantes locales...].

Los que se refieren a la *Calidad del Área Urbana*, que se relacionan en mayor o menor medida con cuestiones locales y de la forma urbana.

- Ciudad Compacta
- Equipamientos
- Zonas Verdes
- Biodiversidad e Infraestructura Verde
- Mezcla de Usos
- Diversidad Social
- Accesibilidad y Movilidad
- Estructura Urbana
- Paisaje e Identidad
- Además, se incluye el indicador 'Confort Térmico',

La elevada coincidencia de los criterios utilizados en contextos muy diferentes, nos hace pensar que todos los indicadores anteriores son relevantes independientemente del contexto. Sin embargo, siempre será conveniente revisar dicha enumeración.

Modificación de los Objetivos / Límites de los indicadores:

El contexto sociocultural es esencial para la definición de algunas de las cuestiones incluidas en Q. Por tanto, la aplicación del modelo propuesto en otras áreas urbanas, debe ir acompañada de un proceso de revisión de algunos indicadores; i.e., una evaluación de si los Objetivos de Sostenibilidad propuestos son adecuados y permiten lograr la forma urbana deseada en el contexto de aplicación.

A continuación se propone una enumeración de las cuestiones que se considera necesario revisar para poder aplicar el modelo en otros contextos⁷⁷²:

TABLA AXVII.02_ ADAPTACIÓN AL CONTEXTO INTERNACIONAL DE LOS INDICADORES / ÁREAS		
INDICADOR		CRITERIO DE ADAPTACIÓN
NIVEL 3	NIVEL 4	
CIUDAD COMPACTA		

⁷⁷¹ Excluye el indicador 'Confort Térmico, que evidentemente se relaciona con cuestiones locales

⁷⁷² Esta enumeración se hace a título orientativo.

Densidad de Población / Viviendas	Aunque incorporan suficiente flexibilidad para un amplio espectro de morfologías urbanas, por su gran impacto sobre el paisaje urbano pueden necesitar revisión, en función de las características del paisaje urbano local.
Compacidad Corregida	
DOTACIÓN Y ACCESIBILIDAD A EQUIPAMIENTOS	
Dotación	En determinadas culturas las necesidades en cuanto a tipos y superficies de Equipamientos necesarios pueden ser diferentes, requiriendo la adaptación del indicador (1)
Accesibilidad	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
DOTACIÓN Y ACCESIBILIDAD A ZONAS VERDES	
Dotación	Siempre se puede sustituir por el parámetro local [alternativamente, por el parámetros propuesto por la OMS].
Accesibilidad	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
BIODIVERSIDAD E INFRAESTRUCTURA VERDE	
Índice de Biotopo	Se basa en parámetros aceptados en Europa [España y Alemania] y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Arbolado en viario	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Redes de Biodiversidad	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
BIOCLIMA	
Calidad del Aire	Se basa en parámetros de la OMS, por lo que no se considera necesaria en ningún caso.
Confort Acústico	Se basa en parámetros de la OMS, por lo que no se considera necesaria en ningún caso.
Confort Térmico	Requiere revisión/adaptación según el clima local en todos los casos.
MEZCLA DE USOS	
Superficie de Actividad	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Proximidad a comercio de uso cotidiano	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
DIVERSIDAD SOCIAL	
Tipologías residenciales	Puede adaptarse según la morfología local
Vivienda protegida	Aunque se provee de un rango suficientemente amplio, podrá revisarse en función de las características locales.
ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD	
Peatonal	No necesita adaptación [el mecanismo propuesto incorpora las regulaciones locales]
Ciclista	No necesita adaptación [el mecanismo propuesto incorpora las regulaciones locales]
Mediante transporte público	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Tiempo de Desplazamiento	Podrá revisarse en función de las características locales, puesto que los objetivos podrán ser diferentes en función del tamaño del área urbana.
ESTRUCTURA URBANA	
Conectividad	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Configuración	Se basa en cuestiones aceptadas en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Funcionalidad del viario	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
PAISAJE URBANO	
Proporción de calle	En Inglaterra se puede sustituir las proporciones adecuadas por las que da EP En Japón, por las que da Ashihara
Calidad de la Escena Urbana	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos (2)
Percepción del verde Urbano	Se basa en parámetros aceptados en Europa y EEUU, por lo que no se considera necesaria en dichos contextos.
Fuente: Elaboración propia con las siguientes notas:	
(1) Se pueden revisar estándares de algunos países en Hernández Aja, 2000	
(2) Puesto que además la calidad del 'telón urbano' viene dada por la protección de la edificación, que se define localmente.	

DIMENSIÓN M.

Modificación Indicadores [contenidos]

Las cuestiones consideradas reflejan los ciclos comunes a todos los sistemas urbanos por lo que no se consideran dependientes del contexto, sin embargo, en algunos contextos puede ser necesario añadir algún indicador en relación con alguna variable no considerada [e.g., ciclo de los productos químicos,...]

Modificación de los Objetivos / Limites de los indicadores

Es necesario diferenciar dos situaciones:

- En *sistemas urbanos con acceso a la capacidad global*, los límites son globales e iguales para cualquier sistema urbano del planeta, por lo que no dependen del contexto evaluado.
- En *sistemas urbanos con limitaciones en el acceso a la biocapacidad global*, los límites serán menores, y referidos a la biocapacidad realmente accesible.

Por tanto, en todos los contextos será necesario evaluar la capacidad accesible en dicho contexto. Sin embargo, en ciudades de países desarrollados en general nos encontraremos en la primera situación.

DIMENSIÓN ‘E’

Modificación Indicadores [contenidos]

Consideramos que las cuestiones valoradas son relevantes en todos los sistemas urbanos, por lo que no las consideramos dependientes del contexto. En algunos contextos puede ser necesario evaluar alguna variable más.

Modificación de los Objetivos / Limites de los indicadores

Es necesario hacer algunos comentarios en relación a casi todos los indicadores:

TABLA AXVII.03_ ADAPTACIÓN AL CONTEXTO INTERNACIONAL DE LOS INDICADORES / ÁREAS		
INDICADOR		
NIVEL 3	NIVEL 4	CRITERIO DE ADAPTACIÓN
EMPLEO		
Tasa de Desempleo		Aunque el significado de las Tasas de Desempleo posee histéresis, la coincidencia [a partir de bases diferentes] de nuestra propuesta con la de Prescott Allen, 2001, nos hace pensar que los límites propuestos pueden ser aplicables independientemente del contexto.
Estructura / Diferenciación Laboral		Puede ser necesario revisarlos según las especificidades del contexto.
Estabilidad Laboral		Puede ser necesario revisarlos según las especificidades del contexto.
DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO		
Distribución del Ingreso		Al estar definidos en función de las características locales [RBD y Coste de la Vida], la actualización de los límites se produce automáticamente.
ESTRUCTURA/DIFERENCIACIÓN ACTIVIDAD ECONÓMICA		
		Puede ser necesario revisarlos según las especificidades del contexto, y es preciso tener en cuenta la evolución de las estrategias de decoupling, que pueden poner en peligro la sostenibilidad de las actividades ligadas a mayor consumo de recursos [manufactureras, construcción, ...]
CARGA ECONÓMICA		
Sector Publico		Se observa que en países menos desarrollados un grado de endeudamiento público similar al de un país más desarrollado implica mayor grado de insostenibilidad. Esto podría hacer conveniente revisar los límites propuestos en dichos países, o dado que el desarrollo de los países está valorado en gran parte en la Dimensión Q, establecer límites que se relacionen dinámicamente con el valor de la Dimensión Q.
Habitantes		Se basa en parámetros que consideramos universales

Fuente: Elaboración propia