

Después del éxito de su anterior libro, *101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético*, el arquitecto británico Huw Heywood amplía el campo de acción de la sostenibilidad para incluir proyectos de edificios y ciudades.

Debido a la presión cada vez más acuciante que el cambio climático y el crecimiento demográfico y urbanístico están ejerciendo sobre el planeta, nuestra conciencia sobre los límites de los recursos naturales ha ido también en aumento. Este libro arroja luz sobre este problema tan complejo y presenta 101 reglas básicas para optimizar el uso de la energía natural en la arquitectura y el urbanismo. A partir de reveladores consejos y cientos de sencillas ilustraciones, esta guía nos enseñará a proyectar según principios sostenibles de un modo directo e intuitivo.

101 REGLAS BÁSICAS  
PARA EDIFICIOS Y  
CIUDADES SOSTENIBLES

HUW HEYWOOD

# 101 REGLAS BÁSICAS PARA EDIFICIOS Y CIUDADES SOSTENIBLES

GG

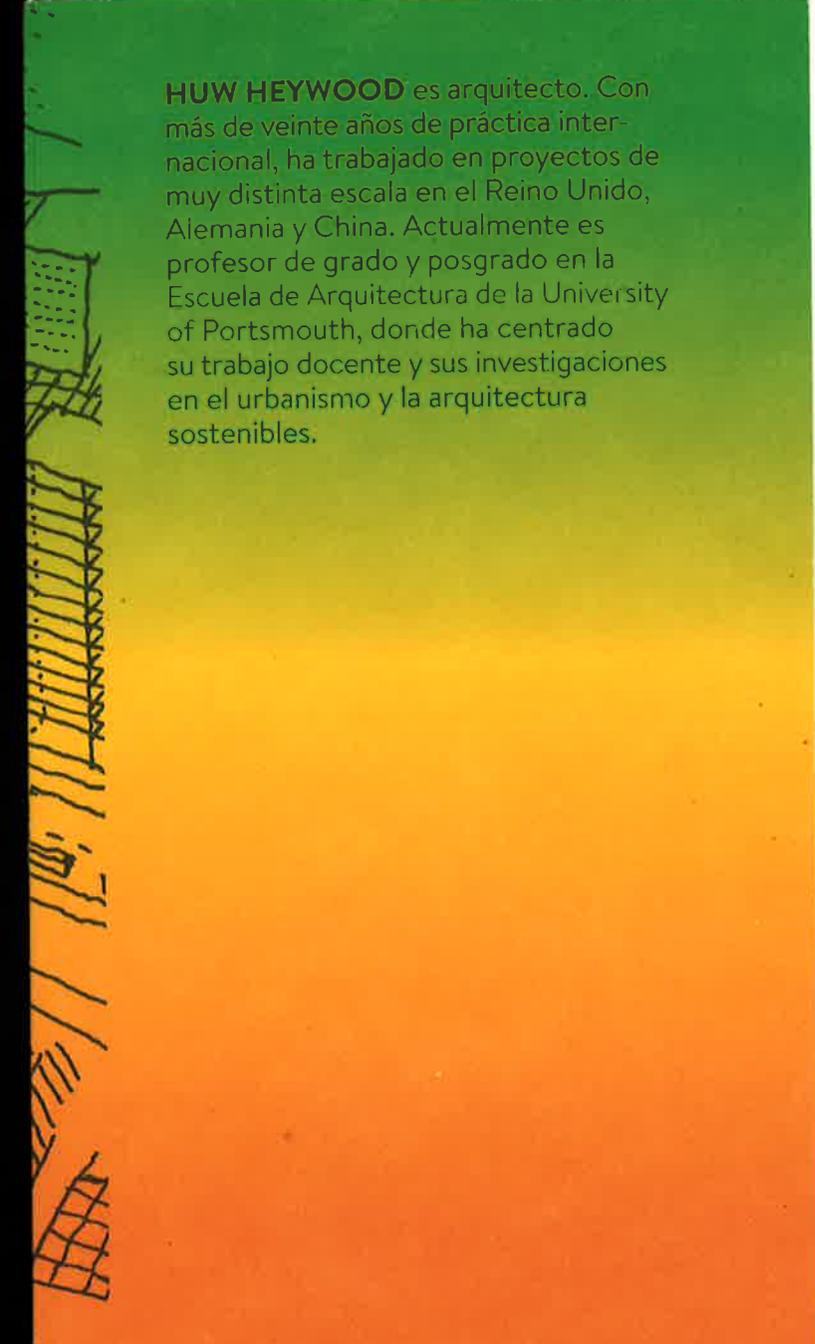
GG

HUW HEYWOOD

ISBN: 978-84-252-2993-0



www.ggili.com

The left side of the cover features a vertical gradient from green at the top to orange at the bottom. On the far left edge, there are several hand-drawn architectural sketches in black ink, including a cross-section of a building with a roof, a grid pattern, and a series of vertical lines representing a wall or structure.

**HUW HEYWOOD** es arquitecto. Con más de veinte años de práctica internacional, ha trabajado en proyectos de muy distinta escala en el Reino Unido, Alemania y China. Actualmente es profesor de grado y posgrado en la Escuela de Arquitectura de la University of Portsmouth, donde ha centrado su trabajo docente y sus investigaciones en el urbanismo y la arquitectura sostenibles.

# 101 REGLAS BÁSICAS PARA EDIFICIOS Y CIUDADES SOSTENIBLES

HUW HEYWOOD

**GG**<sup>®</sup>

Quisiera agradecer a todos los especialistas y académicos que han revisado mis textos, y cuyas opiniones y comentarios han ayudado a afinar el enfoque de este libro. Entre ellos, Sofie Pelsmakers, Lynne Sullivan, Roddy Langmuir, Brian Edwards y James Warne aportaron gustosamente su experta y valiosa opinión profesional. Agradezco a los doctores Bill Davies y Nick Koor sus contribuciones especializadas y a RIBA Publishing su apoyo continuado en esta colección. Un agradecimiento especial merece James Scrace por aportar sus competencias visuales, técnicas y organizativas a la realización de este libro. Y, una vez más, estoy en deuda con Betty, por su paciencia y apoyo.

Título original: *101 Rules of Thumb for Sustainable Buildings and Cities*, publicado por RIBA Publishing, Londres, 2015.

Versión castellana: Susana Landrove  
Diseño gráfico: Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

La Editorial no se pronuncia ni expresa ni implícitamente respecto a la exactitud de la información contenida en este libro, razón por la cual no puede asumir responsabilidad alguna en caso de error u omisión.

© Huw Heywood, 2015  
© de la traducción: Susana Landrove  
© RIBA Publishing  
y para la edición castellana:  
© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2017

Printed in Spain  
ISBN: 978-84-252-2993-0  
Depósito legal: B. 3939-2017  
Impresión: Arlequin, Sabadell (Barcelona)

**Editorial Gustavo Gili, SL**

Via Laietana 47, 2º, 08003 Barcelona, España. Tel. (+34) 933228161  
Valle de Bravo 21, 53050 Naucalpan, México. Tel. (+52) 5555606011

# ÍNDICE

PRÓLOGO	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1 LOS PRINCIPIOS DE LA SOSTENIBILIDAD	8
CAPÍTULO 2 RESPETAR LOS RECURSOS GLOBALES	52
CAPÍTULO 3 TRABAJAR EN ARMONÍA CON LA NATURALEZA	100
CAPÍTULO 4 PROYECTAR PARA EL BIENESTAR DE LAS PERSONAS	146
CAPÍTULO 5 ESTRATEGIAS PARA EDIFICIOS Y CIUDADES SOSTENIBLES	182
BIBLIOGRAFÍA COMENTADA	190
ÍNDICE DE TÉRMINOS	265

## PRÓLOGO

Mi anterior libro *101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético* (Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2015) se centraba en cómo diseñar edificios de bajo consumo energético, uno de los muchos aspectos del contexto, mucho más amplio, del diseño sostenible.

El ser humano pasa el 90 % de su tiempo en el interior de edificios, y desde el año 2000 el número de personas que vive en ciudades es superior al de los que viven en entornos rurales. En el mundo desarrollado están apareciendo ciudades completamente nuevas, y la fusión de núcleos urbanos existentes está dando lugar a megaciudades, lo que genera una presión creciente sobre los ecosistemas del planeta. En consecuencia, la gente es cada vez más consciente de la necesidad de construir y gestionar un parque inmobiliario sostenible.

A pesar de ello, tanto desde la industria como desde las universidades suele haber un vacío de conocimiento relativo a la formulación de unas directrices claras para una arquitectura y unas ciudades sostenibles. Para poder entender cómo construir edificios y ciudades sostenibles, es necesario acudir a una vasta bibliografía sobre temas muy variados que abarcan la ciencia y la tecnología, las ciencias sociales y las humanidades; esta tarea es de por sí abrumadora para un autor, por no hablar para la mayoría de los siempre atareados jefes de proyecto, profesionales y estudiantes de arquitectura.

El objetivo de este libro es, por tanto, acercarse a los aspectos fundamentales de una bibliografía seleccionada, interpretarlos y trasladarlos a un único volumen que lo abarque todo y que permita al lector saber por dónde empezar, en qué centrarse y qué es lo que funciona.

## INTRODUCCIÓN: PARA QUÉ SIRVEN LAS REGLAS BÁSICAS

Desde su nacimiento hace 4.500 millones de años, nuestro planeta ha sobrevivido a cosas mucho peores de las que los seres humanos le hemos infligido (para luego aliviarle de ellas) en solo los últimos 200.000 años. Desde un punto de vista geológico, nos encontramos en el Holoceno, una era que se inició hace 11.700 años y que ha sido testigo tanto de la evolución de las civilizaciones como de la aparición de las ciudades. La necesidad de un pensamiento y un proceder sostenibles no es tanto consecuencia de la fragilidad del planeta como del riesgo al que nos exponemos, puesto que nuestra fragilidad es el resultado de nuestras propias acciones sobre el medio ambiente. La sostenibilidad es una temática amplia y compleja, pero en su núcleo reside la simple verdad de que todo lo que los humanos precisamos para sobrevivir y prosperar lo proporciona el mundo natural, lo que implica que debemos encontrar el justo equilibrio con él si queremos perdurar. En cierto sentido, este libro aborda las preocupaciones globales de la destrucción de los ecosistemas, la desaparición de especies animales y vegetales, el cambio climático, el abastecimiento de energía y alimentos, la contaminación y la generación de residuos que predominan en las publicaciones sobre sostenibilidad; sin embargo, todo esto no se entiende aquí como algo negativo, sino que estas reglas básicas persiguen proporcionar un marco positivo para la toma de decisiones adecuadas.

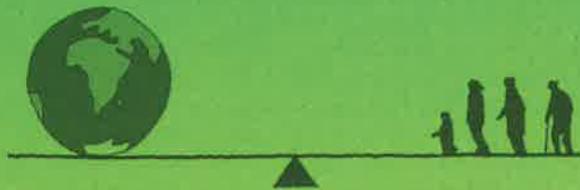
En su naturaleza multidimensional, la sostenibilidad constituye tanto un atractivo como una dificultad. Nos hemos ido acostumbrando a una serie de enunciados cuyo uso a menudo es intercambiable —términos como “ecológico”, “medioambiental”, “eco-friendly” y “diseño bioclimático”—, y en ocasiones comprobamos que los edificios y las ciudades se describen como “sostenibles desde el punto de vista medioambiental”. No obstante, un edificio o una ciudad pueden diseñarse con sólidos criterios medioambientales o ecológicos —por ejemplo, consiguiendo un bajo consumo energético, incorporando el uso de recursos sostenibles o preocupándose por el confort de las personas— y, a pesar de ello, seguir siendo insostenibles porque la sociedad los rechaza, porque generan residuos y contaminación, o porque su funcionamiento es demasiado complejo o costoso. Para proyectar entornos construidos sostenibles es necesario tener en cuenta de forma constante y

global a las personas para quienes estamos proyectando, tanto en el momento presente como en el futuro, así como los lugares donde construimos y la naturaleza de nuestro planeta. De este modo, quienes encuentren respuestas innovadoras y duraderas a la cuestión de cómo convivir con nuestro planeta afrontarán con entusiasmo el proyecto de edificios bellos y duraderos. Las reglas básicas que encontrarán en este libro están destinadas a quienes quieran tomarse en serio la responsabilidad ética con la sostenibilidad del encargo, el proyecto, el funcionamiento y el uso de nuestros edificios y nuestras ciudades en la actualidad y en el futuro.

Este libro está estructurado en cinco capítulos que están ilustrados con diagramas. Los capítulos 1 a 4 establecen las reglas básicas, mientras que el capítulo 5 explica cómo podrían aplicarse estas reglas de forma estratégica en el contexto de una idea emergente importante: no debemos pretender únicamente hacer el menor daño posible sino que, además, el objetivo debe ser aportar consecuencias positivas para el entorno, los ecosistemas y las personas. Las reglas básicas ilustradas de los capítulos 1 a 5 son, en cierto modo, el libro mismo, ya que una imagen vale más que mil palabras. La bibliografía comentada que las sigue sirve de explicación del libro y aporta la investigación de base y las referencias a textos clave, así como indicaciones para fuentes de información adicionales y comentarios del autor.

Puesto que la sostenibilidad es una materia en continua evolución e interdisciplinar, que abarca una gama de ideas y temáticas muy diversas, el lector encontrará referencias a la química, la ecología de los materiales de construcción, el estudio del paisaje sonoro, las costumbres de las lechuzas, la biometría, la justicia y la igualdad social, las ciencias de la tierra, la fisiología humana (cómo trabajan los humanos), las características estructurales de los edificios (cómo trabajan los edificios), la climatología urbana, la hidrología, la salud, los procesos de diseño y la agricultura urbana, por nombrar solo algunas.

Sin embargo, las materias que ampara el amplio abanico de la sostenibilidad están conectadas entre sí, e intenta reflejarse al final de cada regla, donde se muestran, por medio de referencias cruzadas, los vínculos más sólidos. Esperamos que esta herramienta sea útil al lector ya que del verdadero espíritu del pensamiento sostenible se desprende que, de hecho, existe una intensa relación entre todas y cada una de las reglas básicas que incluyen las páginas siguientes.



## CAPÍTULO 1

### LOS PRINCIPIOS DE LA SOSTENIBILIDAD

La naturaleza de la sostenibilidad

El bienestar de las generaciones futuras

Crear entornos sostenibles

Cambio climático

# 1 SOLO HAY UN PLANETA TIERRA

Solo contamos con un planeta Tierra, y su capacidad de mantener a una población humana siempre creciente es limitada. Según el índice actual de consumo, para aportar los recursos que necesitamos y absorber nuestros residuos y el CO<sub>2</sub> que generamos son necesarias una Tierra y media. Tratamos el planeta como un cheque en blanco. A este ritmo, en 2050 serán necesarias tres Tierras y media, y no las tenemos. Diseñar un entorno construido que opere dentro de los límites de los recursos del planeta y con una huella ecológica mínima es un deber ético.



Vínculos con otras reglas

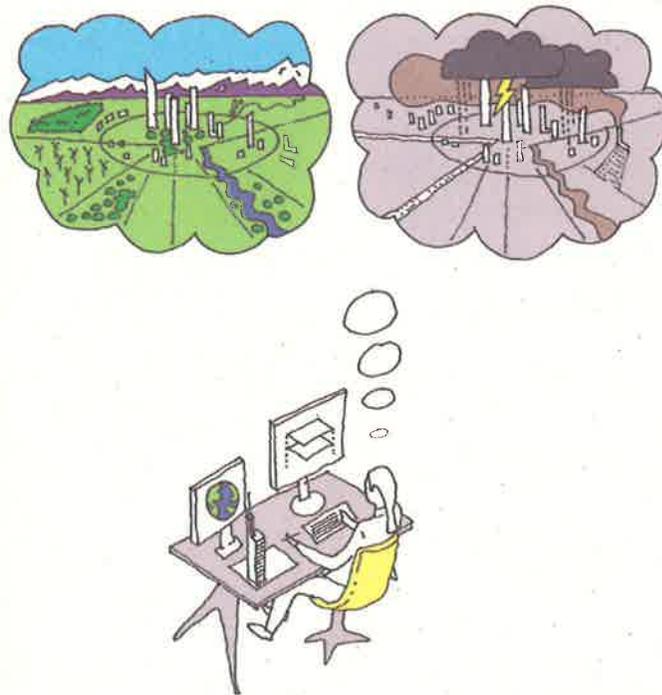


## 2 SOSTENIBILIDAD SIGNIFICA PENSAR HOY EN EL MAÑANA

Las decisiones y acciones que tomemos hoy como proyectistas tendrán un impacto sobre el planeta en el futuro. El objetivo del proyectista es mejorar la calidad de vida de las personas y de los ecosistemas que las sostienen a largo plazo. Cualquier decisión debe tomarse pensando en las generaciones futuras.



Vínculos con las reglas 1, 12, 15, 19, 20, 22, 37, 45, 54, 69, 76

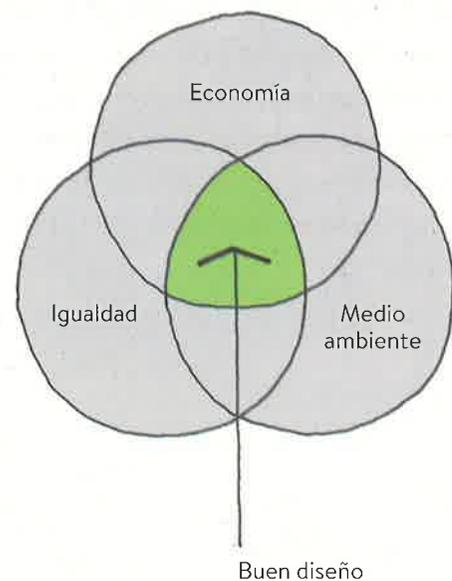


### 3 ECONOMÍA, IGUALDAD Y MEDIO AMBIENTE: LOS TRES PILARES DE LA SOSTENIBILIDAD

Estos son los tres pilares de la sostenibilidad. Los edificios asequibles y funcionales son beneficiosos para toda la sociedad, ahora y en el futuro. Para que la sociedad sea inclusiva, requiere y debe desear el desarrollo, y que este sea relevante desde el punto de vista cultural e histórico, así como placentero y útil. Además, como un buen diseño es duradero, siempre intenta proteger y mejorar el medio ambiente y sus ecosistemas.



Vínculos con las reglas 1, 5, 7, 8, 45, 75, 83, 94



## 4 EL DISEÑO SOSTENIBLE ES UN MÉTODO, NO UN ESTILO

Los edificios y las ciudades solo serán sostenibles si estamos dispuestos a que así sea, y esto requiere un enfoque interdisciplinar de los aspectos económicos, sociales, medioambientales y técnicos desde el principio. Cuando un proyecto ha concluido es demasiado tarde para intentar que un edificio sea sostenible: los añadidos posteriores y los artefactos cuya contribución medioambiental es nula o escasa son falsamente ecológicos y, a menudo, solo fanfarronadas. Abordemos los edificios para que sean sostenibles o no lo serán.



¿Sostenible o falsamente ecológico?



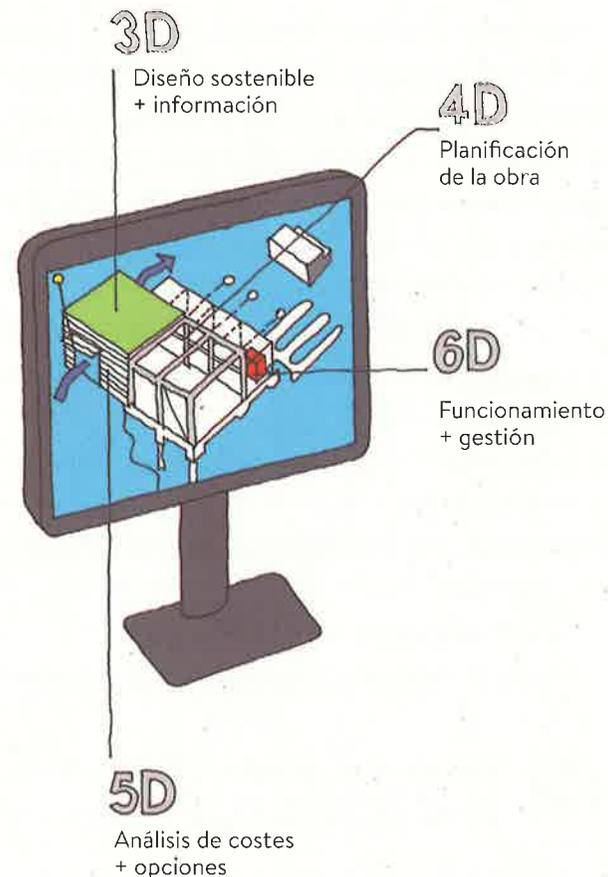
Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 45, 89, 95

# 5 EL DISEÑO SOSTENIBLE TIENE SEIS DIMENSIONES

Un edificio sostenible es holístico y se ha concebido contemplando toda su vida útil. La efectividad de sus cualidades medioambientales así como su impacto ambiental pueden observarse en las diferentes fases del proyecto. Esto es posible porque los tradicionales dibujos bidimensionales han dejado paso a las maquetas tridimensionales virtuales e inteligentes, a las que se suma una cuarta dimensión, el paso del tiempo, y una quinta, el coste de las decisiones que tomamos a lo largo de la vida útil del edificio. En un modelo de seis dimensiones, la información sobre el proyecto ejecutado puede estar a disposición del propietario para permitir un funcionamiento sostenible del edificio. Innovar con las herramientas disponibles con el fin de crear entornos sostenibles es el fundamento del diseño en seis dimensiones.



Vínculos con las reglas 1, 3, 4, 6, 15, 23, 26, 33-37, 38, 42, 45, 69, 75



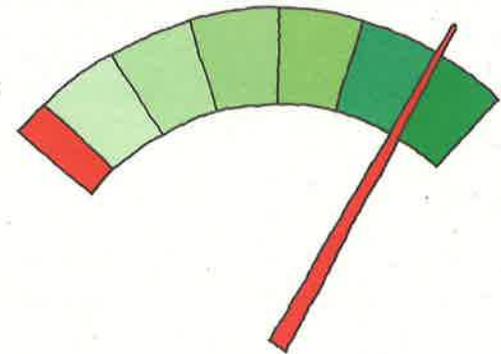
## 6 ¿CUÁN “ECOLÓGICO” ES UN EDIFICIO?

“Ecológico” significa sostenible, pero esta palabra tiene muchos matices, desde los que fijarán como objetivo algunas de estas reglas básicas hasta otros que adoptarán con éxito todas ellas. El objetivo es alcanzar los máximos objetivos posibles. Un edificio que cumpla con todas las reglas tendrá las siguientes características:

- una envolvente con un alto grado de eficiencia
- producirá energía neta y sus emisiones de CO<sub>2</sub> serán nulas
- optimizará el uso de recursos y de energía incorporada
- minimizará el consumo de agua y la generación de residuos
- será saludable y no contaminará
- será duradero, adaptable y fácil de desmantelar

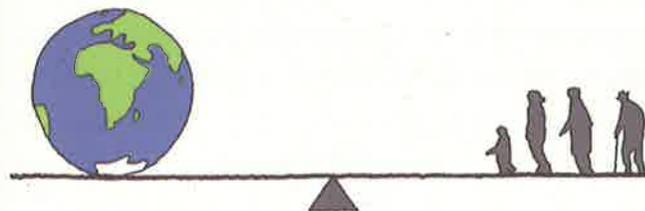


Vínculos con las reglas 1, 4, 5, 10, 11, 12, 19, 23, 26, 33-37, 38, 42, 45, 72, 73, 74



## 7 ¿QUÉ DEMONIOS ES EL MEDIO AMBIENTE?

Los antiguos griegos carecían de la expresión “medio ambiente”, y su uso es relativamente reciente: acuñado durante la Revolución industrial, su significado está vinculado a la incidencia de la actividad humana sobre el planeta. Para proyectar con sensibilidad medioambiental, primero debemos saber qué es el medio ambiente: se compone de todos los elementos del entorno físico y biológico, y de sus interrelaciones.



Aire, agua, tierra, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos



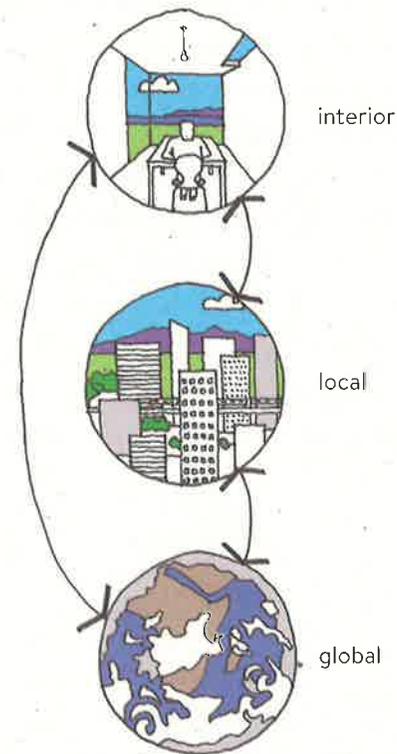
Vínculos con las reglas 1, 3, 8, 45

## 8 EL MEDIO AMBIENTE TIENE DIFERENTES ESCALAS

El medio ambiente que habitamos constituye no solo nuestro entorno inmediato, sino que es importante recordar que, simultáneamente, existe a escala global, local y a la del interior del edificio. Los proyectistas y los ocupantes de los edificios y las ciudades operan en todo momento en cada una de las escalas del medio ambiente.

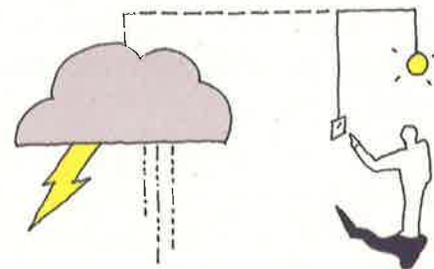


Vínculos con las reglas 1, 3, 7, 9, 45



## 9 LO QUE SE HACE A ESCALA LOCAL TIENE UN EFECTO GLOBAL

Cuando se proyecta una vivienda puede pensarse que lo que debe preocuparnos son, sobre todo, las características medioambientales interiores del edificio, así como su interacción con el entorno inmediato. Pero puede ser necesario calentar o refrigerar la vivienda, y se generarán emisiones de CO<sub>2</sub> que contribuirán al calentamiento global en una reacción en cadena. Las diferentes escalas del medio ambiente están relacionadas: al accionar un simple interruptor para encender una luz en casa o en el trabajo establecemos un vínculo con la cadena global.



Vínculos con las reglas 1, 8, 15, 45, 67

# 10

## EL EDIFICIO MÁS ECOLÓGICO PUEDE SER EL QUE NO SE CONSTRUYE

En ocasiones, es posible escoger entre construir, rehabilitar, compartir o cambiar el estilo de vida. Es importante tomar en cuenta todas las alternativas para determinar cuál de ellas concilia mejor las necesidades y el impacto medioambiental. En ocasiones, la decisión de no construir un nuevo edificio es la más ecológica.



Vínculos con las reglas 1, 6, 11, 12, 45



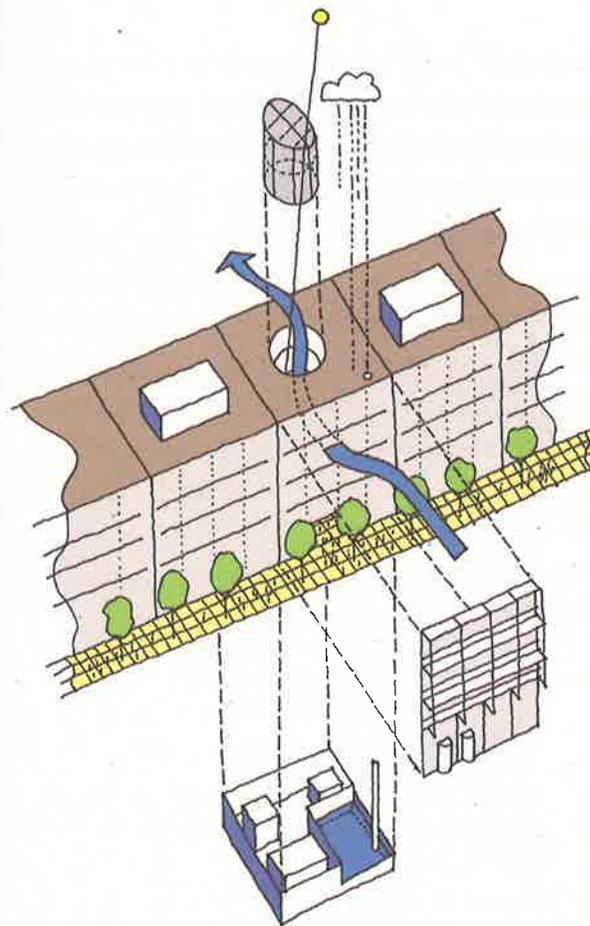
## 11

**ES POSIBLE QUE EL EDIFICIO  
MÁS ECOLÓGICO YA ESTÉ  
CONSTRUIDO**

Un edificio existente transformado para un cambio de uso o con unas tecnologías de eficiencia energética, estándares de aislamiento y capacidad de ventilación actualizados puede proporcionar, a un coste rentable, un entorno saludable, de bajo consumo energético, productivo y de gran calidad espacial, cualidades de las que antes carecía. Si puede reducirse de forma significativa la energía necesaria, probablemente la rehabilitación será la solución que genere menos emisiones de CO<sub>2</sub>, y la conservación del tejido existente puede contribuir a la calidad del espacio público. Hay demasiados edificios desocupados en nuestras ciudades: conviene buscar usos innovadores a largo plazo o usos múltiples para edificios infrutilizados.



Vínculos con las reglas 1, 6, 10, 24, 25, 38, 45, 76, 86



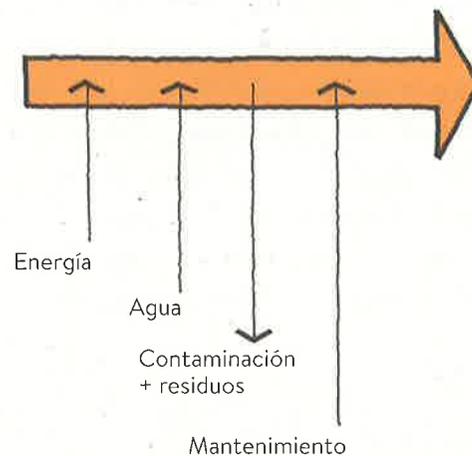
# 12 LA DECISIÓN DE CONSTRUIR ES A LARGO PLAZO

Para proyectar y construir un edificio o una ciudad sostenibles hace falta tiempo, pero una vez completado, un entorno construido perdurará por mucho más tiempo que esos pocos años de existencia de un edificio, quizás cien años o más. Por ello, las primeras decisiones del proyectista tendrán una importancia a largo plazo y un impacto medioambiental en el funcionamiento del edificio a lo largo de su vida útil. Hay que asegurarse de que dichas decisiones se toman correctamente siguiendo las reglas básicas.



Vínculos con las reglas 1, 2, 6, 10, 13, 19, 45, 69

Fase de explotación:

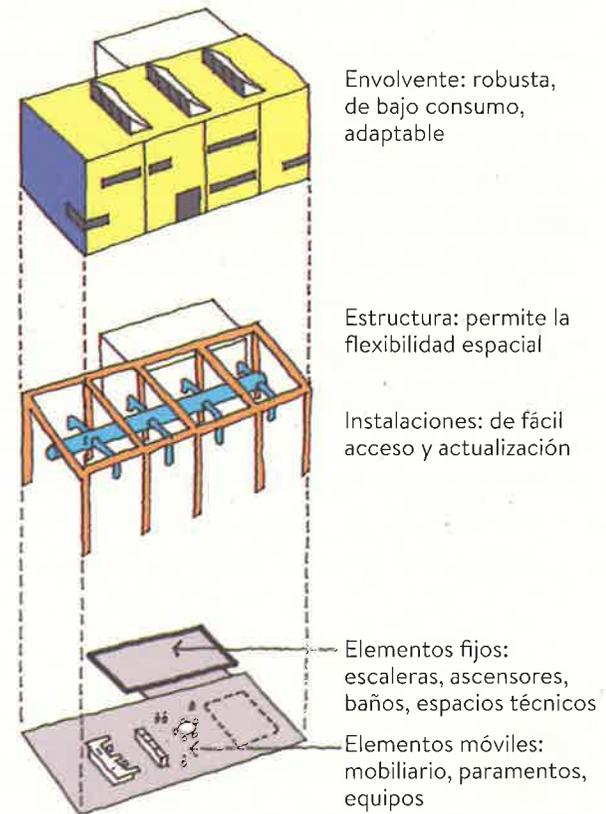


# 13 “LONGEVIDAD, FLEXIBILIDAD, EFICIENCIA ENERGÉTICA”

Esta expresión, un punto en común para los defensores y los proyectistas del entorno construido, tiene sus orígenes proféticos en los años anteriores a la crisis del petróleo de la década de 1970. La longevidad, la flexibilidad y la eficiencia energética deben ser consideradas las piedras angulares de la arquitectura sostenible. No hay que olvidar que los materiales móviles y los acabados interiores se reemplazarán con cierta regularidad: las instalaciones cada 10 o 20 años, la envolvente cada 20 o 30, mientras que entre 30 y 65 años se producirán alteraciones de gran envergadura. Cada vez que se lleven a cabo estas actuaciones, deberán emprenderse también actualizaciones medioambientales y de eficiencia energética.



Vínculos con las reglas 1, 12, 19, 26, 45, 69, 85



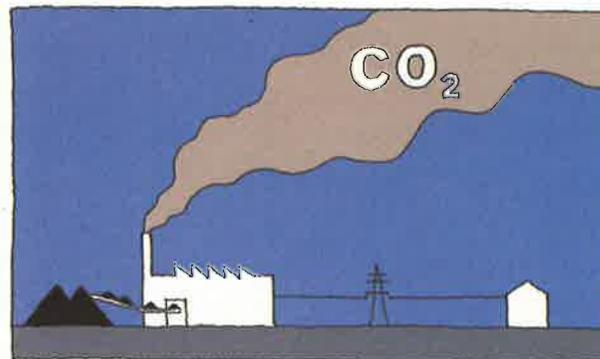
# 14

## PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>, SE DEBE REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Más del 80 % de la demanda global de energía proviene de los combustibles fósiles. El mayor incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre se ha producido a raíz de la industrialización de los últimos 150 años, y la mitad del CO<sub>2</sub> que genera la humanidad (de fuentes antropogénicas en lugar de naturales) no es reabsorbido en el ciclo del carbono. En cuanto que gas de efecto invernadero, está relacionado con el calentamiento global y el cambio climático. Aproximadamente, la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> del Reino Unido tiene su origen en la construcción y el funcionamiento de los edificios.



Vínculos con las reglas 1, 15, 16, 18, 26, 45, 55, 86

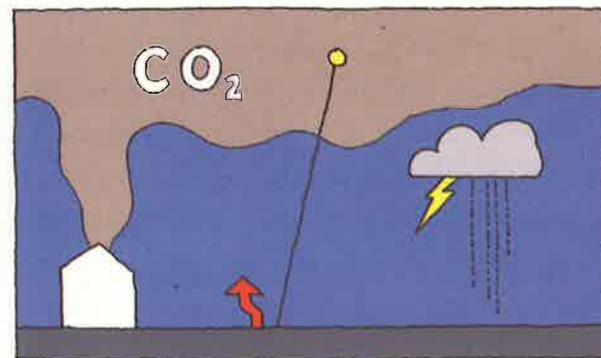


El 80 % de la energía procede de combustibles fósiles

Los edificios consumen el 40 % de la energía fósiles

# 15 LOS EDIFICIOS CONTRIBUYEN AL CALENTAMIENTO GLOBAL

Empleamos la mitad de la energía mundial para calentar, refrigerar, iluminar, ventilar y hacer funcionar los edificios. Gran parte de esa energía proviene de combustibles fósiles, de modo que los edificios son responsables del 40 % de todas las emisiones de CO<sub>2</sub>, y contribuyen al calentamiento global y al cambio climático. Para luchar contra el calentamiento global, es necesario reducir el consumo energético de los edificios.



CO<sub>2</sub> → Calentamiento global → Cambio climático



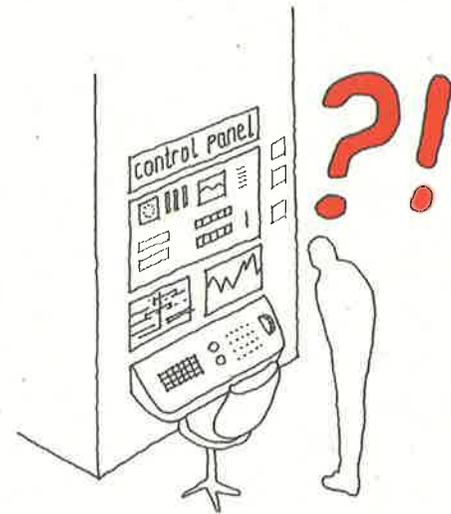
Vínculos con las reglas 1, 2, 5, 9, 14, 16, 17, 25, 45, 85, 91

# 16

## EN REALIDAD, ES LA GENTE LA QUE CONSUME ENERGÍA, NO LOS EDIFICIOS

A menudo afirmamos que los edificios consumen la mitad de la energía que se produce, pero sus ocupantes tienen un enorme efecto sobre su rendimiento.

Un edificio mal diseñado consumirá más energía que uno bien diseñado y de bajo consumo energético, independientemente del comportamiento de sus ocupantes. Sin embargo, permitir que el usuario sepa cómo se consume la energía y facilitar que controle su consumo son aspectos clave para reducir el consumo energético.



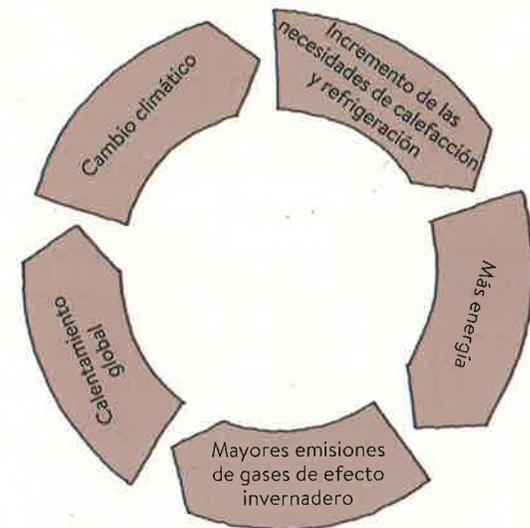
Vínculos con las reglas 1, 14, 15, 24, 45, 67, 68

# 17 ROMPER EL CÍRCULO VICIOSO URBANO

Desde el año 2000, y por primera vez en la historia de la humanidad, la población de las ciudades superó a la rural. Esta tendencia continuará e incrementará la presión sobre los entornos urbanos, la población y el planeta. Las ciudades generan el 75 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, y es probable que el calentamiento global motive un incremento del consumo energético, pues se genera un círculo vicioso de consecuencias impredecibles: a medida que las condiciones climáticas se hacen más extremas, se dispara el consumo energético, que, a su vez, conlleva mayores emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual conduce a nuevos cambios en el clima. Es necesario reducir las emisiones de los entornos urbanos mediante una planificación inteligente y una actualización de los medios de transporte, las instalaciones y los edificios.



Vínculos con las reglas 1, 15, 18, 45, 55, 58, 59, 80, 99



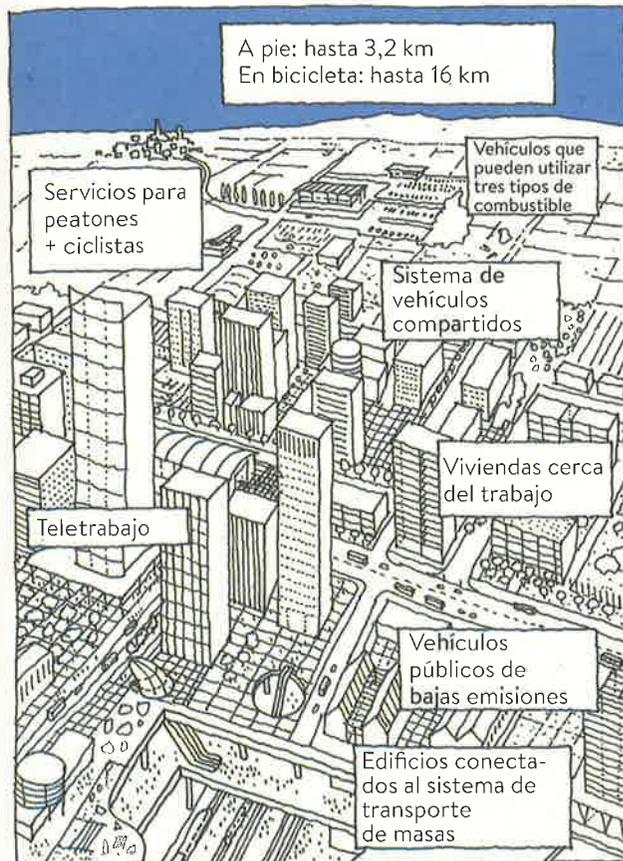
# 18

## LOS ENTORNOS SOSTENIBLES PRECISAN UN TRANSPORTE SOSTENIBLE

Los edificios son responsables de la mitad de todos los gases de efecto invernadero que produce el ser humano, pero el 50 % de esa otra mitad proviene del transporte de personas y mercancías entre edificios y en el interior y alrededor de las ciudades. Un sistema de transporte público eficiente junto a un diseño urbano compacto y de usos mixtos reduce el consumo energético, la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero. Un buen planeamiento fomenta los desplazamientos a pie y en bicicleta, y trabajar desde casa dos días al mes reduce las emisiones en un 10 %. En las urbanizaciones de la periferia, el CO<sub>2</sub> generado por el transporte puede ser más elevado que el que se deriva del funcionamiento de los edificios, por lo que es imperativo un sistema de transporte sostenible.



Vínculos con las reglas 1, 14, 17, 45, 51, 77, 81, 83, 101



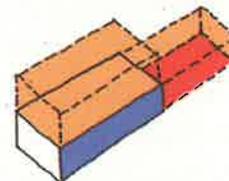
# 19 DISEÑO ADAPTABLE

Un edificio debe proyectarse de modo que pueda adaptarse a necesidades futuras que aún son desconocidas. Si desde un primer momento se tiene en cuenta el tema de la adaptabilidad, los usuarios futuros podrán alargar la vida de los edificios, aprovechar las nuevas tecnologías y modificar sus espacios, entorno y estructuras para dar respuesta a los cambios de necesidades. Si un edificio no es adaptable, dejará de ser útil.

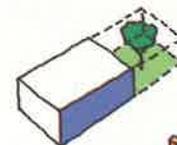


Vínculos con las reglas 1, 2, 6, 12, 13, 45, 86

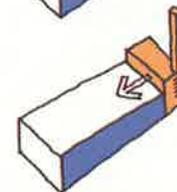
Crecer



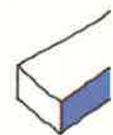
Meremar



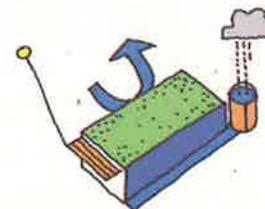
Cambiar de función



Trasladarse



Adaptarse al clima

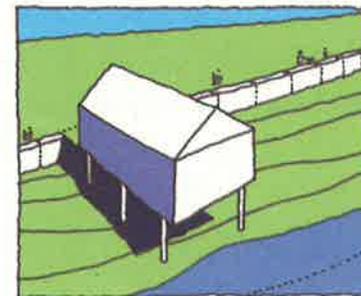


# 20 DISEÑAR PARA LA RESILIENCIA

El cambio climático tiene consecuencias muy diversas y poco comunes en todas las regiones del mundo, desde un aumento de las precipitaciones, sequía, episodios meteorológicos extremos, temperaturas más elevadas o más bajas de lo habitual, elevación del nivel del mar e inundaciones, además de los efectos derivados del aumento de la radiación ultravioleta sobre materiales e insectos. La solución no plantea dudas: hay que proyectar edificios, ciudades e infraestructuras de conexión para que sean resilientes y puedan adaptarse a los cambios anunciados en las condiciones climáticas en el futuro, así como también a las condiciones que se generarán en los propios edificios.



Vínculos con las reglas 1, 2, 40, 45



Construcción sobre postes o flotante en zonas propensas a inundaciones

Construcciones y materiales resistentes a la radiación ultravioleta y a los efectos climatológicos

Instalaciones no inundables



Cimentaciones resistentes a la sequía y a los efectos de las tormentas

Control mejorado del agua de lluvia

Sistemas de protección de los trabajadores y del emplazamiento

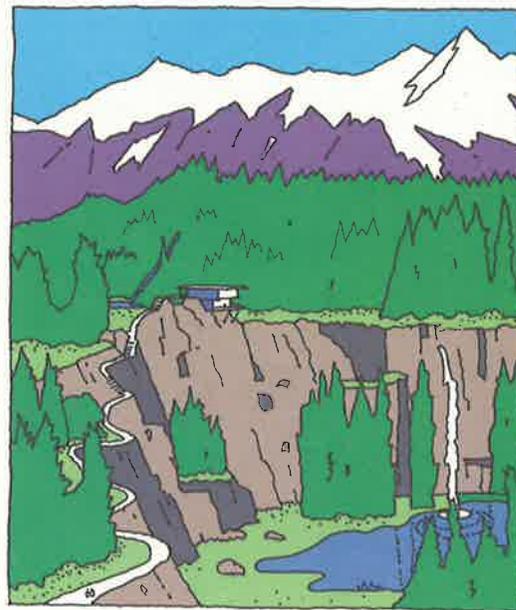
Sótano de protección resistente

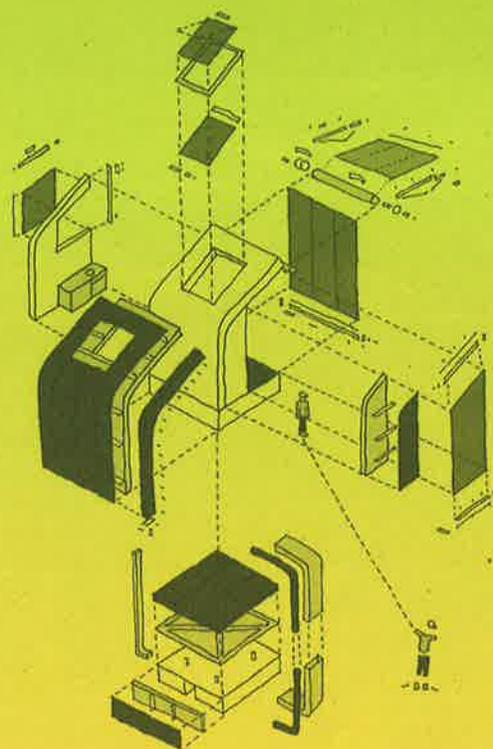
## 21 ¿DESCONECTARSE DE LA RED DE SUMINISTROS?

Casi la mitad de la población mundial vive sin electricidad, en general a su pesar. En ciertas situaciones, emplazamientos y regiones climáticas, es posible (y en ocasiones necesario) desconectar los edificios de la red de suministros para que sean autónomos o autosuficientes. La decisión de independizarse de la red de suministros puede venir de una voluntad de ahorro, de disminuir la dependencia de instituciones o gobiernos o, en ocasiones, de reducir la huella de carbono. Si se opta por desconectarse de la red de suministros, hay que asegurarse de que no se utilizan carburantes fósiles, ni siquiera para el transporte en lugares remotos, así como de la existencia de recursos hídricos sostenibles y de un sistema de tratamiento de las aguas residuales.



Vínculos con las reglas 1, 28-30, 45, 91





## CAPÍTULO 2

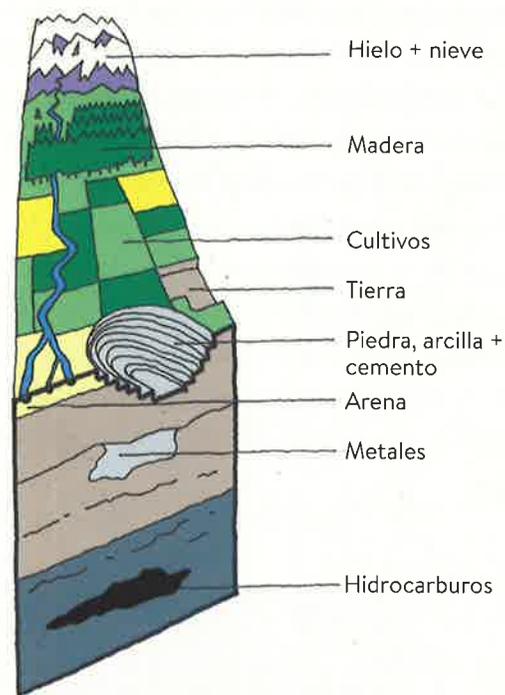
# RESPETAR LOS RECURSOS GLOBALES

Materiales, energía y agua

Residuos

Ciclo de vida de los recursos

Vale la pena recordar algo tan simple como que la Tierra es la fuente de todas las materias primas de las que proceden todos los materiales de construcción (y, por supuesto, todo lo que utilizamos a lo largo de nuestra vida). Muchos de esos recursos son limitados: se agotan. Otros pueden ser repuestos, pero debemos gestionar los recursos de la Tierra teniendo en cuenta a las generaciones futuras.

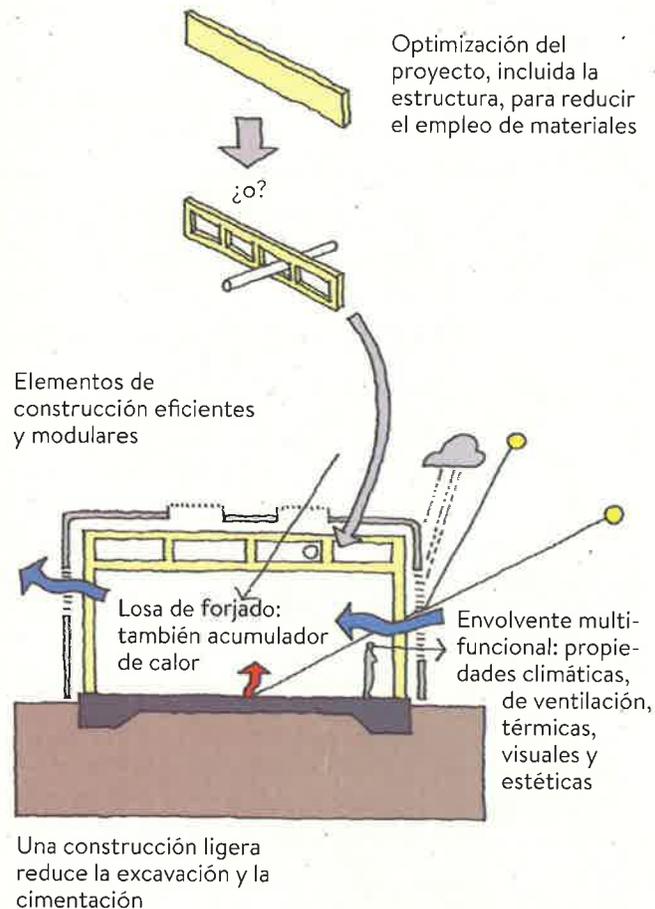


Vínculos con las reglas 1, 2, 23, 45

Los edificios consumen la mitad de los recursos mundiales, y la mayoría de ellos no son renovables, como los metales y los minerales. Se prevé que el consumo de recursos globales se cuadruplique en 2050 a medida que continúe el incremento de la población. Cuando proyectamos edificios y ciudades debemos practicar la economía de recursos globales tanto en su construcción como en su funcionamiento. Hay que tener en cuenta el tamaño necesario de los edificios, el uso eficiente de los materiales y el reciclaje de los residuos. También hay que asegurarse de que el uso de todos los componentes e instalaciones esté optimizado, y que cada uno de ellos cumpla más de una función.

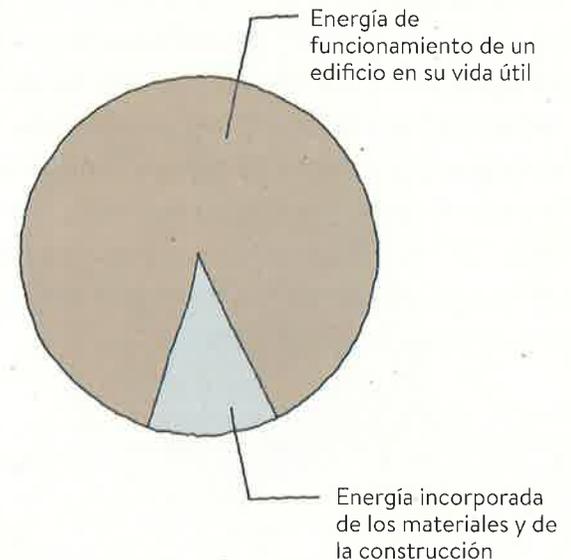


Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 22, 33-37, 42, 45, 91



## LA ENERGÍA NECESARIA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UN EDIFICIO ES DIEZ VECES SUPERIOR A LA QUE REQUIERE SU CONSTRUCCIÓN

La energía que requiere un edificio para su funcionamiento a lo largo de su vida es diez veces superior a la energía incorporada que se utiliza en su construcción. Es necesario asegurarse de que los edificios tengan un alto rendimiento energético, y después centrarse en la energía incorporada.

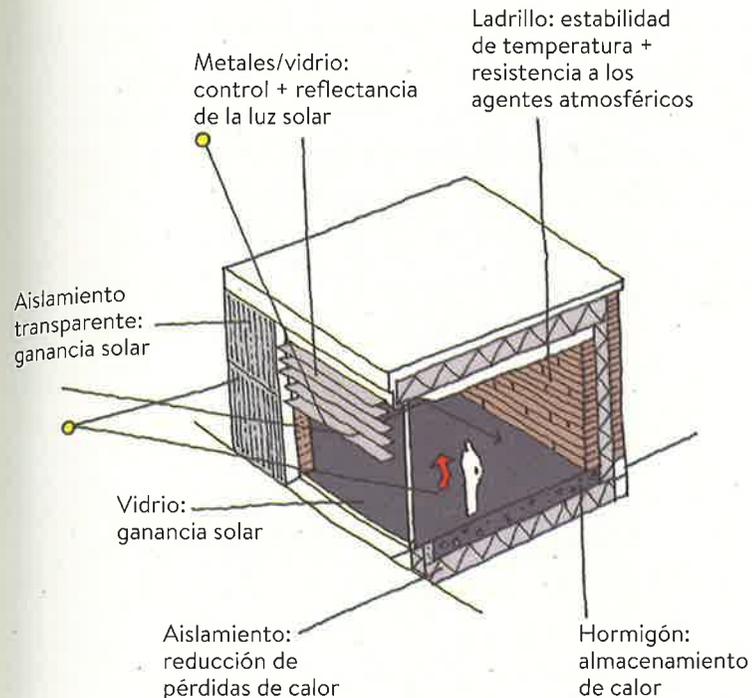


Vínculos con las reglas 1, 11, 16, 25, 26, 35, 45, 87

# 25

## UTILIZAR LA ENERGÍA INCORPORADA PARA REDUCIR LA ENERGÍA DE FUNCIONAMIENTO

Todo material de construcción tiene una energía incorporada: la energía invertida en su extracción, producción, transporte, instalación y desmontaje. Debemos procurar reducir la energía incorporada mediante el diseño de edificios de larga vida, duraderos, adaptables y de bajo consumo energético. Se recomienda utilizar hormigón, ladrillo, vidrio y aislamiento con moderación y, en caso de utilizarlos, hay que hacerlo de manera que reduzcan el consumo de energía de funcionamiento.



Vínculos con las reglas 1, 11, 15, 24, 35, 45, 62

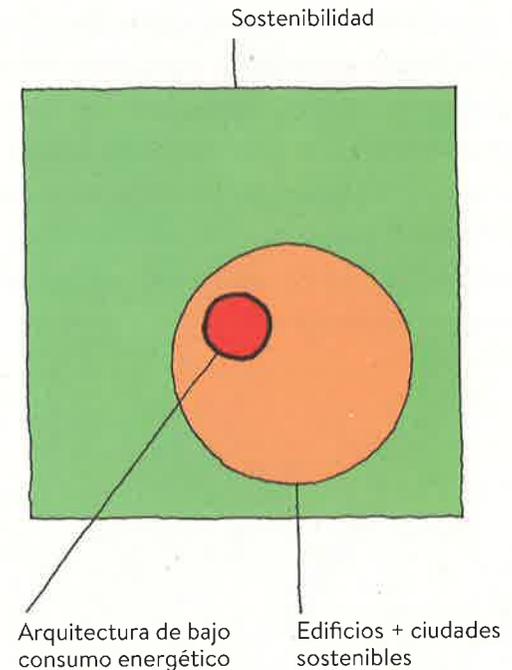
# 26

## SEGUIR LAS REGLAS BÁSICAS PARA UNA ARQUITECTURA DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO

La arquitectura sostenible debe ser una arquitectura de bajo consumo energético. Existen reglas básicas sencillas para el proyectista que muestran cómo hacer uso del sol, del viento, de la luz del sol y de la forma del edificio para reducir el consumo energético.



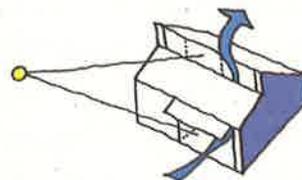
Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 13, 14, 24, 32, 45, 84, 85



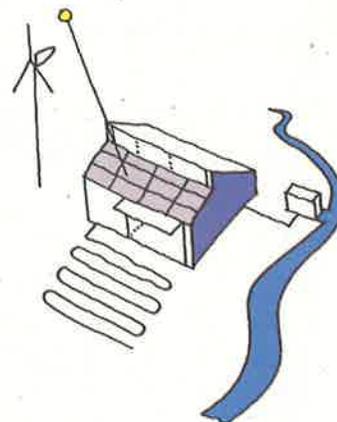
Energía significa electricidad y calefacción. Incluso en edificios que dependan de energías renovables o con bajas emisiones de carbono, el proyecto debe minimizar el consumo energético, aprovechar al máximo las fuentes de calefacción, refrigeración e iluminación naturales o gratuitas y diseñar una envolvente apropiada. Solo entonces se considerarán las fuentes de energías renovables. La máxima que no hay que olvidar es “pensar primero en la envolvente”.



Vínculos con las reglas 1, 28-30, 31, 32, 45



Pensar primero en la envolvente



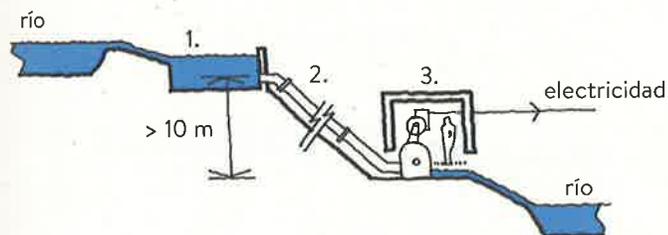
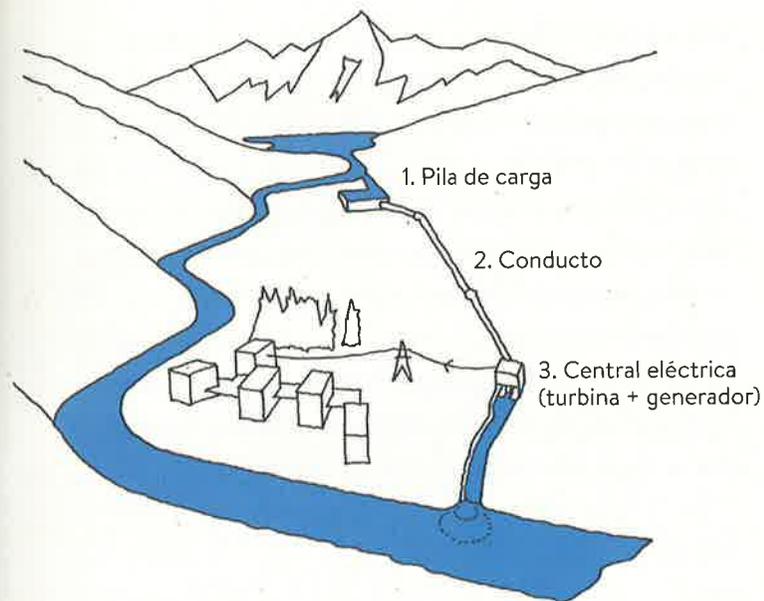
Energías renovables cuando sean necesarias

# 28 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES: EL AGUA

Una turbina impulsada por la corriente de un río puede servir como una microcentral hidroeléctrica que genere electricidad para una vivienda o un pequeño conjunto de edificios. Para ello son óptimas las cordilleras de montañas, donde suele haber precipitaciones durante todo el año, así como áreas en las que los ríos tengan desniveles pronunciados o un caudal adecuado. Los caudales abundantes suelen ser estacionales, por lo que es conveniente combinar la energía hidroeléctrica con la solar. Por cada  $m^3/s$  en caída de un metro se pueden generar hasta 9,8 kW. Una cabecera de al menos 10 m es ideal, siendo el mínimo 1,5 m.



Vínculos con las reglas 1, 21, 27, 45

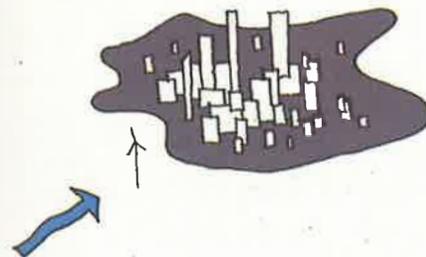


# 29 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES: EL VIENTO

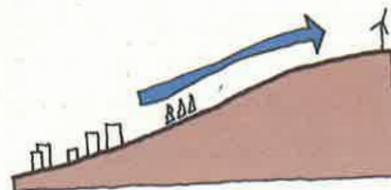
Si la velocidad media del viento supera los 5 m/s, puede considerarse la instalación de una turbina para la generación de electricidad. Esto puede suponer un reto en entornos urbanos, a menos que el edificio tenga 15 o más plantas. Antes de la instalación hay que hacer un registro de la velocidad del viento durante un año y obtener los permisos pertinentes. Una pequeña turbina de 1,5 kW puede generar un cuarto de las necesidades de una vivienda estándar en el Reino Unido, una décima parte en Estados Unidos y la totalidad del consumo en la India.



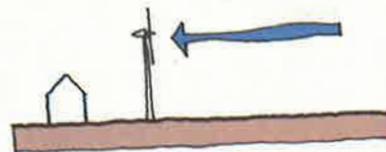
Vínculos con las reglas 1, 21, 27, 45, 53, 64



Conviene disponer las turbinas fuera de las áreas urbanas



O en el la cima de colinas de pendiente suave



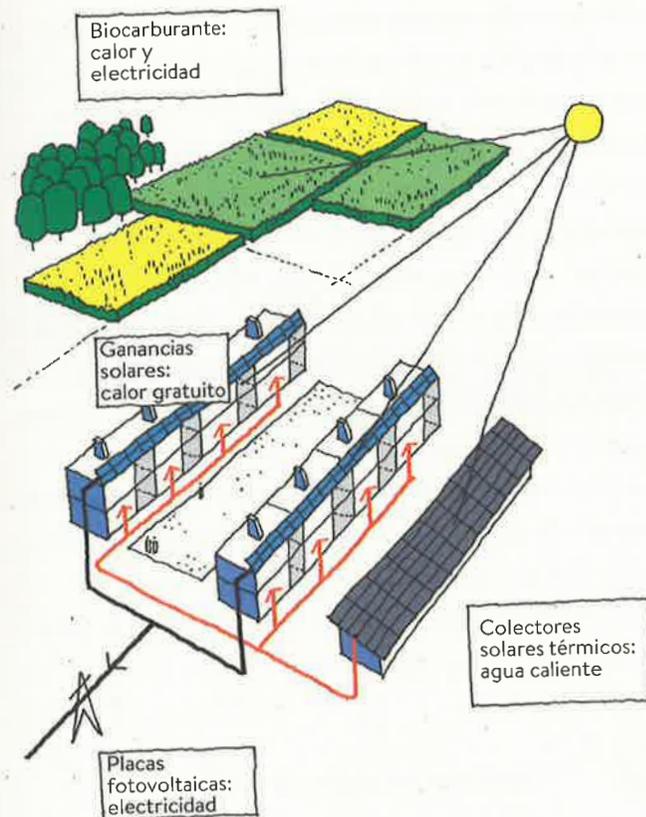
La microgeneración precisa velocidad y exposición

# 30 FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES: EL SOL

A diferencia del viento, el sol puede proporcionar electricidad y calor. Se puede recurrir a paneles fotovoltaicos para generar energía y a colectores solares térmicos para el agua caliente. Es necesario almacenar la electricidad que no se use de forma inmediata o volcarla a la red. Las redes de calefacción y electricidad comunitarias son más eficientes que las instalaciones individuales. Los biocarburantes, que pueden producir tanto electricidad como calor, pueden ser menos dañinos que los combustibles fósiles en las zonas donde se pueda justificar el abandono de las áreas de cultivo para la alimentación y siempre que se garantice la protección de los ecosistemas.



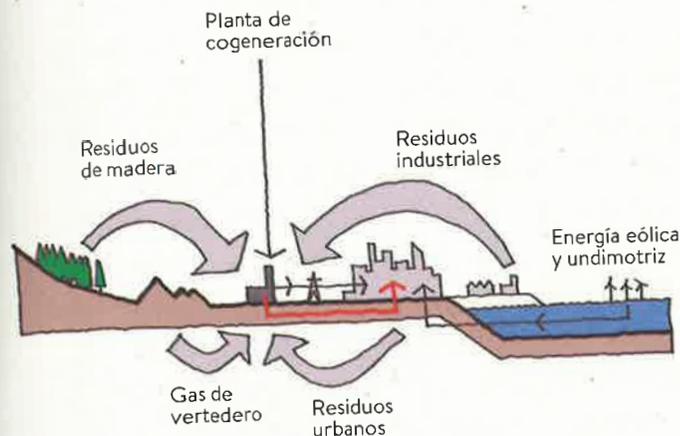
Vínculos con las reglas 1, 21, 27, 45, 53, 60



Barrios y ciudades enteros pueden alimentarse con fuentes de energía renovables. Las diferentes opciones son instalaciones de cogeneración, la energía eólica y la undimotriz. Las ciudades sostenibles transforman sus residuos en energía, suministrando a la ciudad calefacción y electricidad a partir de una única instalación de gran envergadura. Otras formas de biomasa, como el gas de vertedero y los residuos de madera, así como los residuos de procesos industriales, pueden utilizarse en plantas de cogeneración. El mejor emplazamiento para las plantas de cogeneración son los solares en desuso cerca de lugares que requieren un abastecimiento continuo de energía (como hospitales, equipamientos públicos o manufacturas), puesto que, a diferencia de la energía solar y eólica, pueden funcionar de forma continuada.



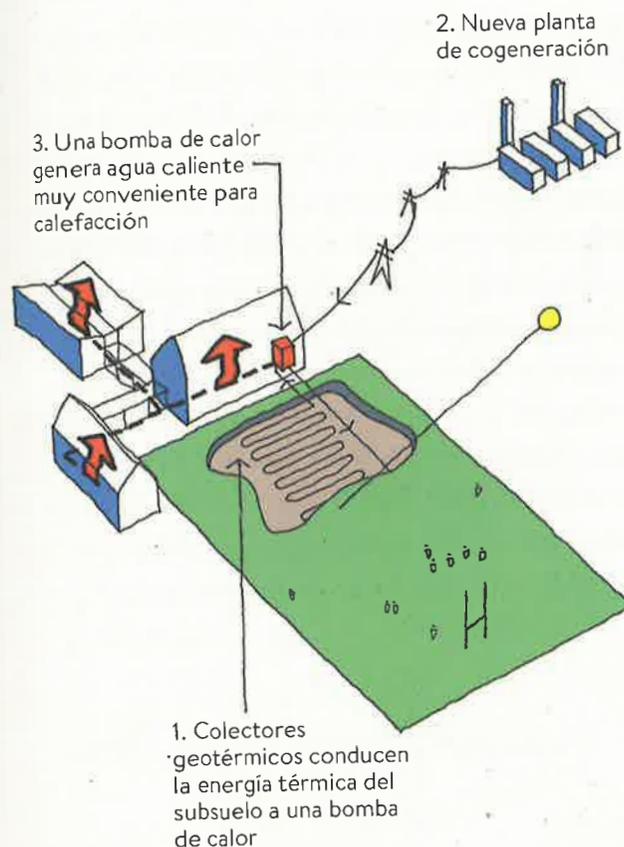
Vínculos con las reglas 1, 27, 32, 45, 99



Existen fuentes de energía renovables (eólica, solar y biogás) y fuentes de bajas emisiones de carbono (bombas de calor, cogeneración o turbinas de gas de ciclo combinado, TGCC) que, en general, reutilizan el calor residual para generar más energía que una planta tradicional. A veces no es posible recurrir a fuentes de energía renovables o son poco eficientes. En ese caso conviene recurrir a fuentes de energía de bajas emisiones de carbono. Para la calefacción de conjuntos de viviendas o urbanizaciones de mayor escala, una bomba de calor —abastecida por electricidad procedente de una red de bajas emisiones de carbono que extraiga el calor del subsuelo, del aire o del agua— será más eficiente y menos contaminante que una caldera de gas. No hay que olvidar que una bomba de calor también puede ser reversible y utilizarse para refrigerar.



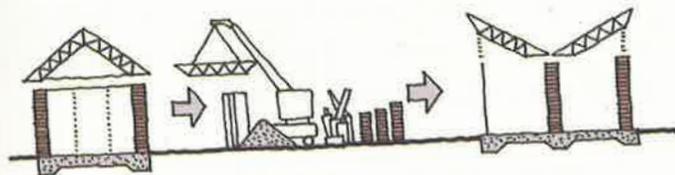
Vínculos con las reglas 1, 26, 27, 31, 45, 91



Como primera opción deberíamos recurrir a materiales que ya están disponibles. Para un proyectista innovador, los materiales recuperados son todavía una enorme fuente sin explotar. Los materiales reutilizados son aquellos que conservan el mismo uso, pero en una circunstancia diferente; puede ser el caso del acero o los ladrillos. Los materiales reciclados son materiales que se han vuelto a procesar, a menudo con el concurso de energía y recursos adicionales, pero son preferibles a los materiales nuevos o escasos, no renovables. Los materiales no renovables (aquellos que solo pueden extraerse una sola vez) deberían utilizarse con moderación. El mayor desafío consiste en utilizar únicamente materiales renovables y reutilizables y prescindir de los no renovables.



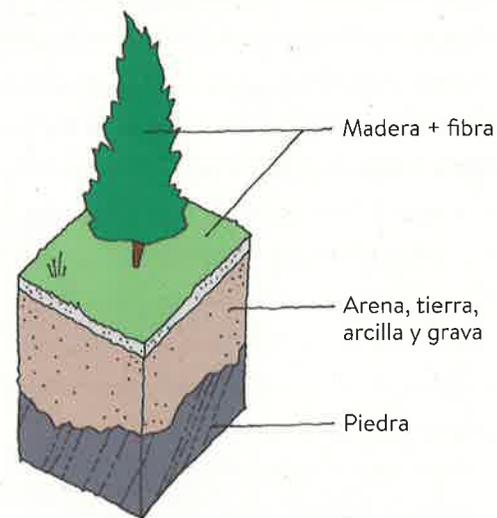
Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 23, 44, 45



Si es necesario el uso de materiales nuevos, es conveniente utilizar recursos renovables como madera y fibra: en la construcción, los materiales ecológicos renovables son preferibles desde el punto de vista medioambiental, siempre que su consumo no supere su tasa de regeneración. También existen muchos materiales disponibles en grandes cantidades y que no se agotarán: piedra, tierra, arcilla, arena y grava.



Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 23, 45



## 35

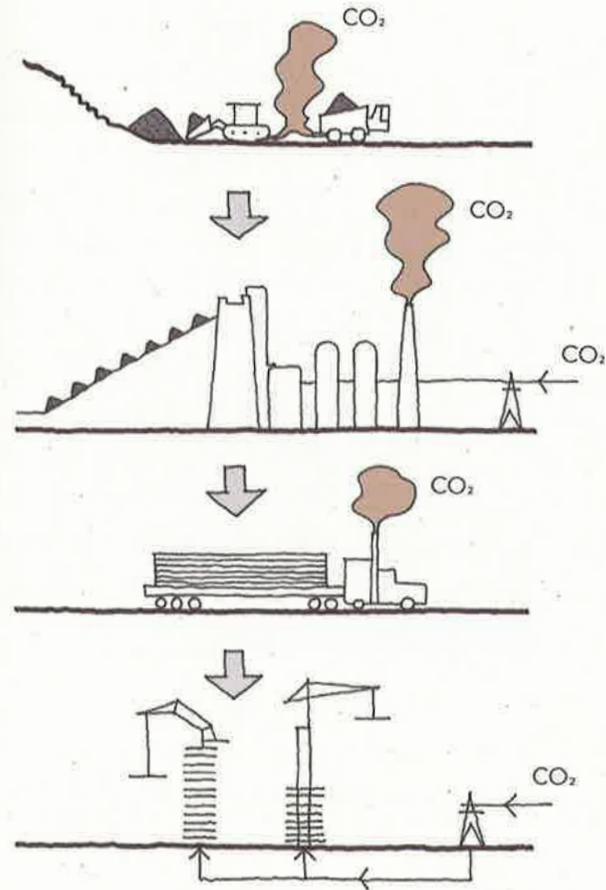
## MATERIALES SOSTENIBLES 3: MATERIALES CON MENOR CONTENIDO DE CARBONO

Los materiales de construcción son responsables de la acumulación de emisiones de  $\text{CO}_2$ : en cada una de las fases de su existencia (extracción, producción, transporte e instalación) se recurre a energía derivada de combustibles fósiles. Por ello, es preferible escoger materiales ecológicos en lugar de materiales altamente transformados, asegurarse de que su contenido es en gran medida reciclable y buscar componentes alternativos de bajas emisiones de carbono. Hay que buscar fabricantes que empleen energía de bajo consumo de carbono, y proveedores y contratistas que puedan demostrar que se preocupan realmente por el bajo consumo de carbono. Recurrir a:

- Hormigón sin cemento
- Madera y acero reutilizados
- Acero, moquetas y placas de yeso con alto contenido de materiales reciclados
- Alternativas ecológicas para el aislamiento



Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 23, 24, 25, 45



# 36 MATERIALES SOSTENIBLES 4: MATERIALES LOCALES

Solo en Europa, el transporte de materiales de construcción es responsable del 10 % de la emisión de gases de efecto invernadero. Es importante minimizar la energía necesaria al transporte de materiales pesados que no puedan fabricarse in situ, como piedra o ladrillo, buscando proveedores cercanos a la obra. La polución y el resto de las molestias medioambientales también serán menores. El suministro de materiales ligeros y nuevos debería hacerse en un radio inferior a 100 km de la obra. En cuanto a los materiales recuperados, se puede justificar su suministro más allá de ese radio. Antes de escoger un material, siempre hay que comprobar los certificados medioambientales de cada uno de los materiales, tanto si provienen de suministradores locales como si no.



Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 23, 45, 98



La durabilidad depende de la combinación de unos materiales, un diseño y una construcción duraderos. Escoger los materiales en función de la adecuación de sus propiedades al lugar y a las circunstancias, pensando en la salud de los ocupantes del edificio (con una composición química y emisiones que sean benignas) y cuyo perfil ecológico pueda identificarse como de bajo impacto. Recurre a listas de verificación que puedan servir de guía, e indaga sobre los fabricantes y suministradores.



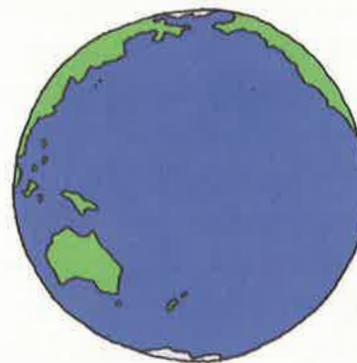
Vínculos con las reglas 1, 2, 5, 6, 23, 45, 53, 69, 72, 73, 90



El 70 % de la superficie del planeta es agua. Todo lo que necesitamos y necesitaremos depende del sistema hidrológico actual, pero el 97,5 % es agua salada y casi toda el agua restante está congelada bajo tierra. Únicamente el 0,008 % del agua del planeta está actualmente disponible para el consumo humano. Solo en el Reino Unido se consume una media de 163 l diarios por persona, y la presión global sobre el abastecimiento de agua potable es cada vez mayor. Por tanto, es necesario reducir el consumo de agua con grifos, duchas, urinarios e instalaciones de riego eficientes. Una vez hecho esto, hay que potenciar unos hábitos adecuados en la gestión del agua y con unas instrucciones claras. En último lugar, se debe mantener la red de suministro de agua en condiciones para evitar pérdidas.

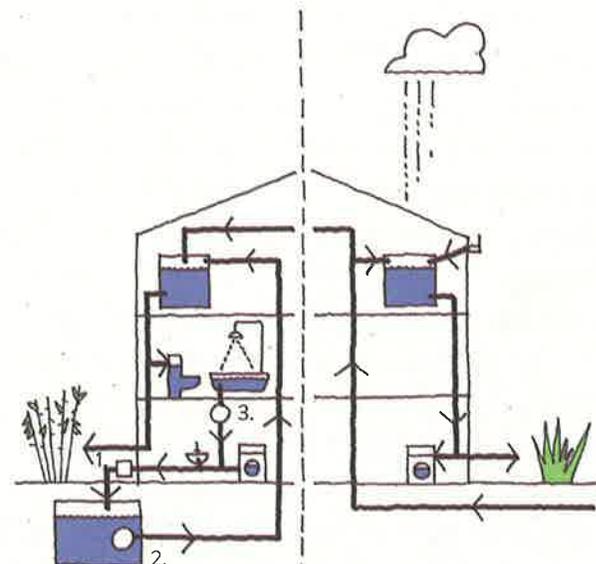


Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 11, 39, 40, 45, 69, 84



# 39 UTILIZAR UN TIPO DE AGUA PARA CADA USO

Una vez reducida la demanda (véase la regla anterior), el siguiente paso consiste en reutilizar las aguas grises recicladas (agua procedente de lavabos, bañeras y duchas) para urinarios, lavadoras y jardines, en lugar del agua potable que solemos utilizar. De ser posible, también es conveniente recuperar el calor de las aguas residuales. Además, en muchos sitios, la recogida de agua de lluvia puede proporcionar agua para riego y para lavar ropa, y en algunos lugares del planeta es apta para el consumo humano.



RECICLAJE DE LAS AGUAS GRISES

1. Filtro
2. Tanque y bomba
3. Recuperación del calor

RECOGIDA DE AGUA DE LLUVIA

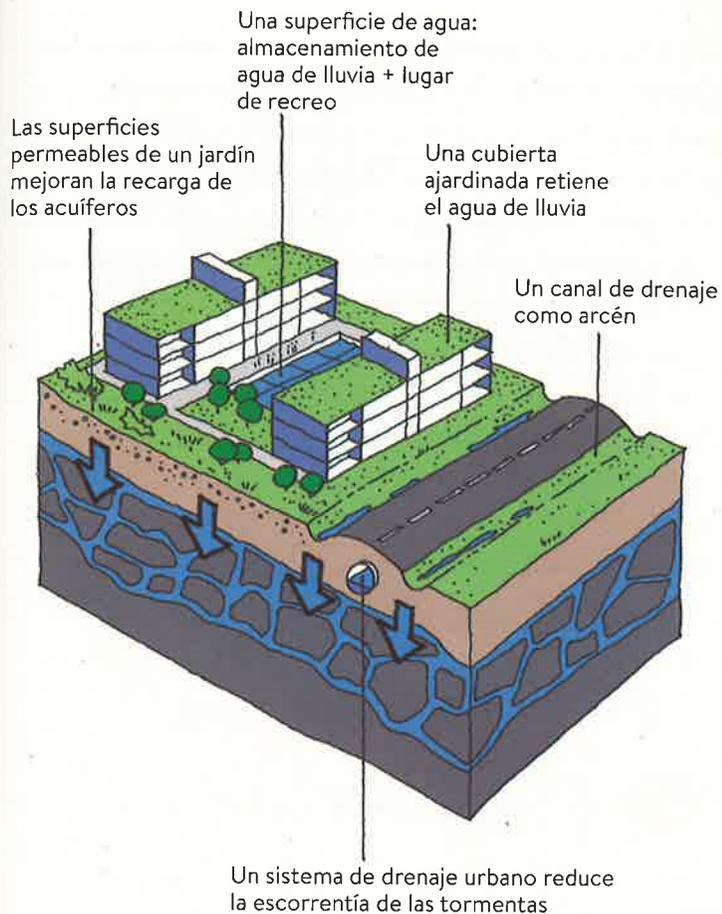


Vínculos con las reglas 1, 38, 40, 45

En nuestras ciudades, a menudo encauzamos el agua de las superficies duras al sistema de alcantarillado, hecho que incrementa el riesgo de sequía a medida que el agua subterránea, contenida de forma natural entre formaciones rocosas, llamadas acuíferos, deja de reponerse. Canalizar el agua de lluvia directamente hacia los cauces también incrementa el riesgo de inundaciones y los problemas de contaminación. Un sistema de drenaje urbano sostenible tiene por objetivo mimetizar el drenaje natural del agua, permitiendo que el agua de lluvia penetre en el suelo a la vez que se almacena su exceso de forma segura. Utilizar superficies permeables para permitir la infiltración del agua y proyectar zonas verdes imaginativas que retengan el agua y de las que se pueda recoger el agua de lluvia.



Vínculos con las reglas 1, 20, 38, 39, 45, 58, 66, 80, 99

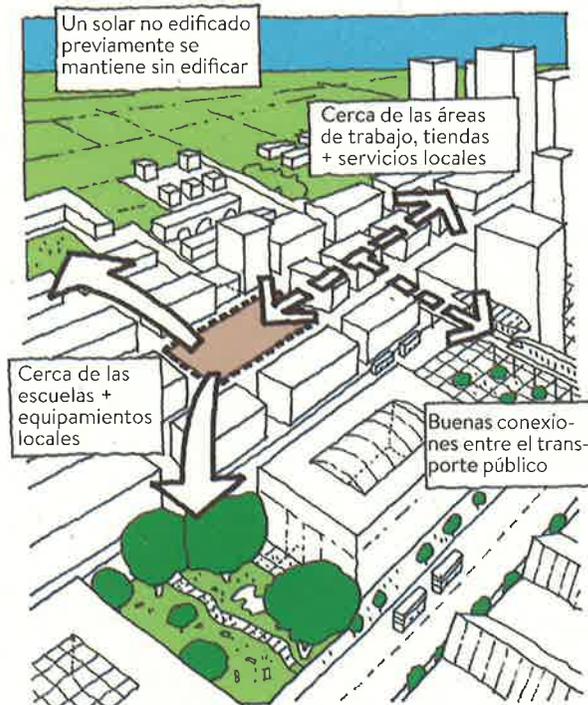


# 41 UTILIZAR SOLARES EN DESUSO, NO TERRENOS SIN URBANIZAR

Un solar puede ser un terreno virgen o bien un terreno urbanizado que ha perdido su uso. Estos últimos pueden estar contaminados y, a la vez, ser ricos en biodiversidad, por lo que hay que ser cautos en la toma de decisiones. El uso de terrenos que nunca han sido edificados casi siempre dará lugar a un incremento en el transporte y en las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuirá a la expansión urbana, afectará a la biodiversidad y acarreará la despoblación del centro de las ciudades. Una reutilización inteligente de solares en desuso puede ser el germen de nuevas comunidades urbanas en el seno de ciudades ya consolidadas. En el caso de que no se vuelva a edificar, un solar en desuso puede destinarse a huertos urbanos.



Vínculos con las reglas 1, 45, 46, 76, 80, 82, 97



# 42 ELIMINAR LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Una tercera parte de los residuos que acaban en los vertederos del Reino Unido proviene de la construcción y de derribos, como restos de excavaciones, materiales no utilizados y demás residuos generados en las obras. Los residuos contribuyen a la contaminación del aire, la tierra y el agua; y deben evitarse a través de prácticas de proyecto, especificaciones técnicas y constructivas correctas.



Vínculos con las reglas 1, 5, 6, 23, 43, 44, 45, 47, 86, 92, 99



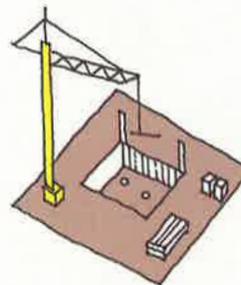
## PROYECTO + ESPECIFICACIONES

- Medidas estándar
- Materiales reciclados y reutilizados
- Previsión del desmontaje futuro



## FABRICACIÓN + DISTRIBUCIÓN

- Fabricación fuera de la obra + modular
- Suministro solo de los materiales necesarios
- Minimizar el embalaje



## ACTUACIONES EN OBRA

- Manipulación + almacenaje cuidadosos
- Devolución de embalaje a los proveedores
- Reciclado en obra

# 43 PENSAR “DE ATRÁS ADELANTE”

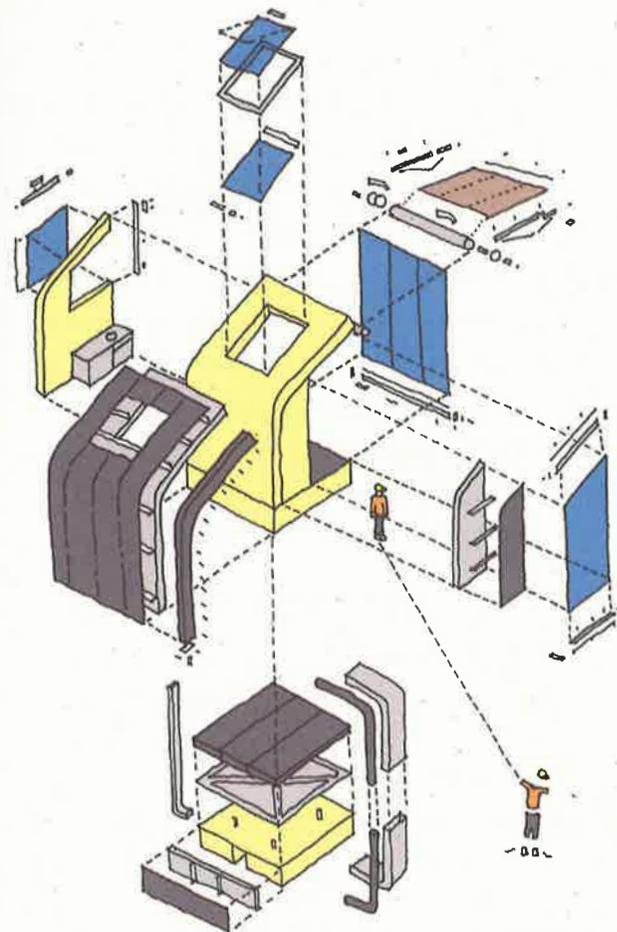
Debemos proyectar pensando en el largo plazo y planteándonos desde el primer momento las siguientes cuestiones:

- ¿Qué ocurrirá con todos los materiales y componentes especificados al final de la vida útil del edificio?
- ¿Cómo pueden formar parte de un nuevo proceso de proyecto sostenible?

Debemos proyectar desde el primer momento para una deconstrucción en el futuro, y para la reutilización de cada uno de los elementos.



Vínculos con las reglas 1, 42, 45, 93



## 44 RECICLAR ES EL ÚLTIMO RECURSO: LAS CUATRO “ERRES”

Reducir, reutilizar, recuperar y reciclar, en este orden. Este es el mantra para minimizar el impacto ambiental de materiales, agua y consumo energético en el proyecto y la construcción sostenibles. El reciclaje es solo una de las cuatro “erres”. Demasiado a menudo el reciclaje de materiales y recursos es el mero resultado del exceso de consumo o de no tomar en consideración el ciclo de vida de los recursos. Para descomponer los residuos es necesario consumir energía de nuevo, por lo que el reciclaje solo debería considerarse en función de los otras tres “erres”.



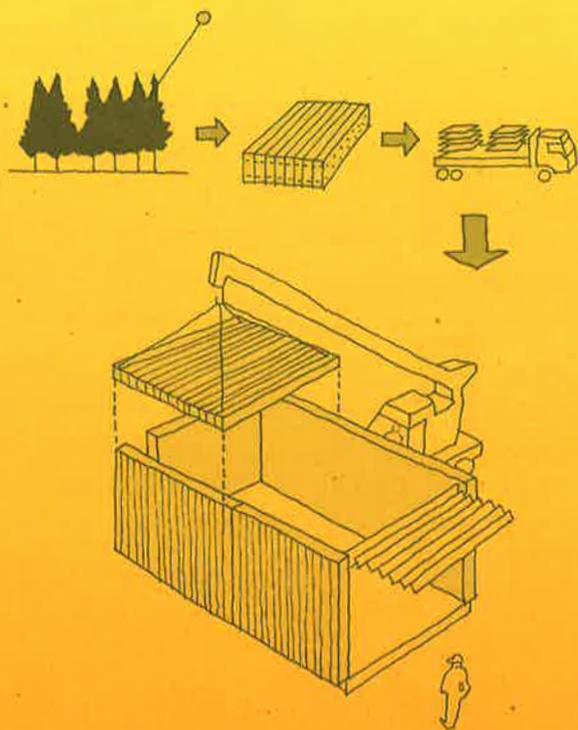
Vínculos con las reglas 1, 33, 42, 45

1. **R**educir

2. **R**eutilizar

3. **R**ecuperar

4. **R**eciclar



## CAPÍTULO 3

### TRABAJAR EN ARMONÍA CON LA NATURALEZA

Ecología y biodiversidad

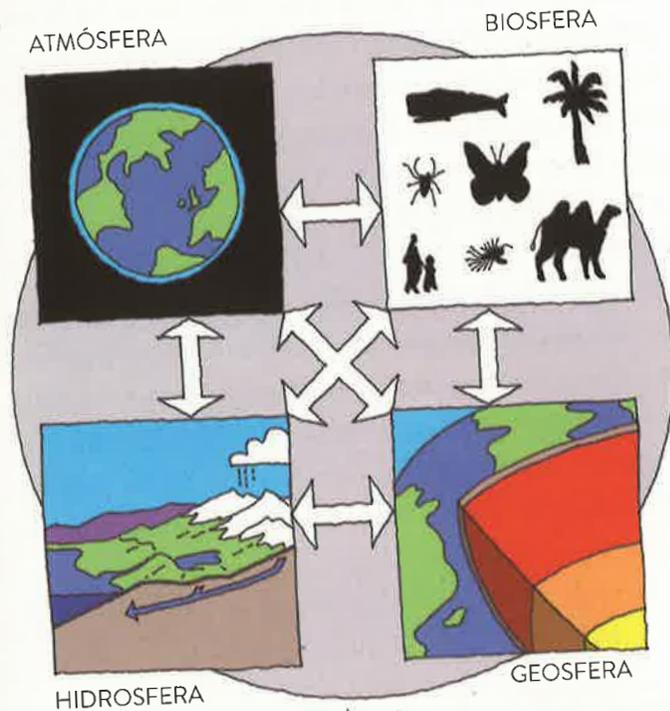
Capacidad de respuesta al clima

# 45 “TODO ESTÁ CONECTADO CON TODO”

El ecologista Barry Commoner enunció esta regla. Los ecosistemas terrestres —comunidades de organismos vivos (flora y fauna) y sus entornos inertes (aire, agua, tierra)— proporcionan todo lo que necesita la vida en el planeta, desde un aire y un agua limpios hasta alimento, combustible, medicinas, materiales de construcción, absorción de CO<sub>2</sub> y polinización. La ecosfera es la estructura autosostenible de los ecosistemas, y se describe como la composición de cuatro campos o esferas: atmósfera, biosfera, hidrosfera y geosfera. Tenemos que volver a entender su interconectividad, de la que depende la vida.



Vínculos con otras reglas



Las cuatro esferas de la ecosfera: lo que afecta a una, afecta a todas

# 46 LA BIODIVERSIDAD PRECISA HÁBITATS INTERRELACIONADOS

A mayor diversidad de especies, más productividad de los ecosistemas de los que dependen. La clave es la vegetación; unos hábitats diversos soportan más variedad de formas de vida, mientras que una pérdida de biodiversidad afecta a la estabilidad de los ecosistemas. Los proyectistas del entorno construido deberían potenciar la biodiversidad de forma activa proporcionando oportunidades para que las especies prosperen en nuestras ciudades y puedan establecer conexiones con el campo que las circunda. Estos hábitats interconectados también generan oportunidades para que los habitantes de las ciudades disfruten del sentido local que tiene un lugar creado a partir de la biodiversidad.



Vínculos con las reglas 1, 41, 45, 50, 77, 80, 96-101

Las características naturales existentes ayudan a crear un espacio verde coherente



Los pasos ecológicos permiten la existencia de hábitats relacionados



Ciudad y campo interrelacionados

# 47 LA NATURALEZA NO PRODUCE RESIDUOS

Un ecosistema sostenible recicla la materia que descarta y repone los recursos: los residuos de una especie constituyen el alimento de otra. Por tanto, la naturaleza no produce residuos. Todas nuestras actividades en el entorno construido —toma de decisiones, planeamiento, proyecto, acopio de materiales, construcción, obra y derribo/reutilización— deberían apoyar y reforzar el ecosistema sobre el que se apoyan. Las industrias asociadas a la construcción deberían contemplar sus residuos como recursos que unas u otras pudieran utilizar. Deberíamos ser capaces de imitar el diagrama de un ecosistema sostenible.



Vínculos con las reglas 1, 42, 45, 52, 91, 92, 99

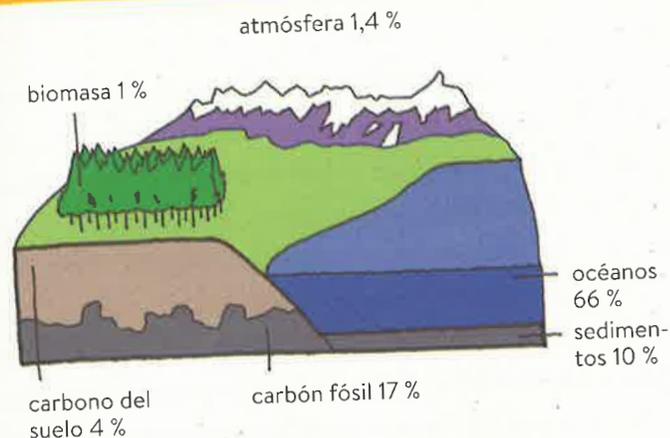


# 48 LOS ECOSISTEMAS REGULAN EL CLIMA MUNDIAL

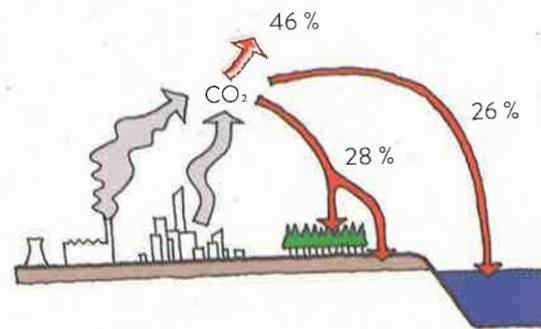
La regulación del clima es una función de los ecosistemas globales: el  $\text{CO}_2$  controla la temperatura de la tierra y los ecosistemas terrestres actúan como un “sumidero” de carbono, capturando los gases de efecto invernadero. Si sustituimos la cubierta terrestre de tierras de cultivo por urbanización o transformamos la tierra virgen en áreas de cultivo se liberan gases de efecto invernadero (GEI), entre ellos, metano y  $\text{CO}_2$ , lo cual produce un aumento de la temperatura y de las precipitaciones. Debemos respetar los ecosistemas que regulan el clima.



Vínculos con las reglas 1, 45, 55



a) depósitos naturales de carbono

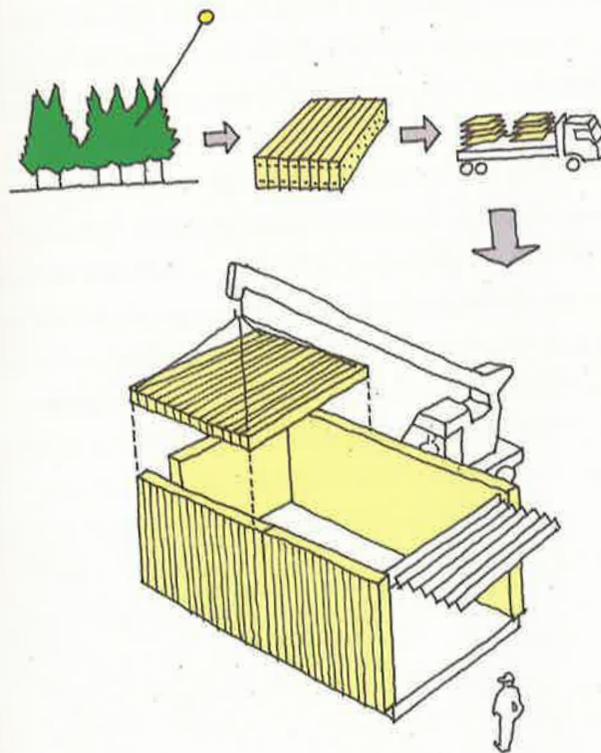


b) lugares adonde va el  $\text{CO}_2$  antropométrico

Los edificios construidos con materiales que almacenan carbono pueden ser climáticamente neutros; no incrementan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, gas que provoca el efecto invernadero. La madera almacena carbono (que se produce durante la fotosíntesis), incluso después de cortar el árbol, y una casa construida con elementos de madera maciza puede almacenar cuatro veces más carbono que una casa tradicional. Además de la madera, las innovaciones en materiales realizados a partir de residuos y minerales, que, al combinarse con CO<sub>2</sub> dan lugar a elementos constructivos inertes, apuntan cuál es el camino a seguir.



Vínculos con las reglas 1, 45, 52, 55

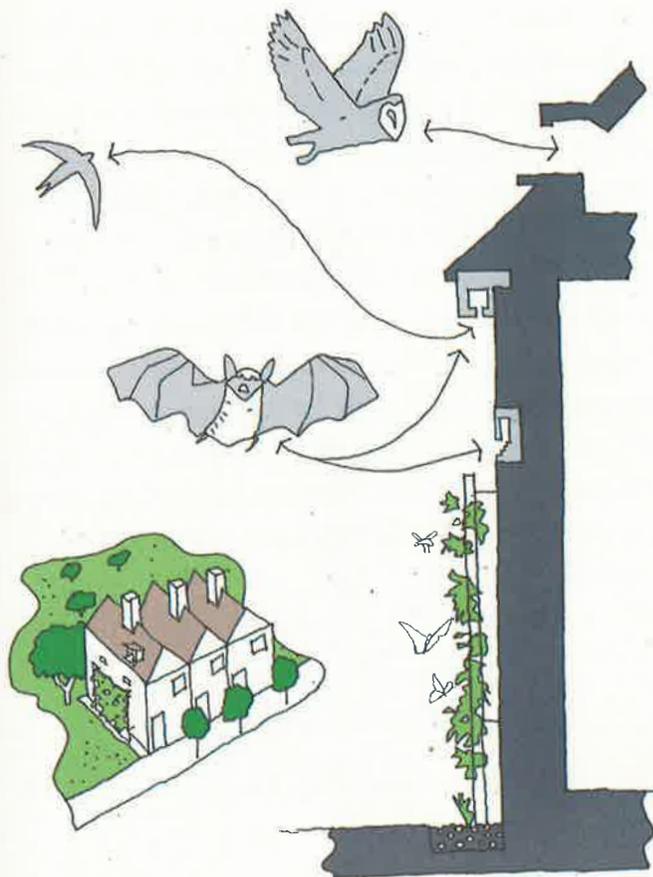


# 50 NO TODOS LOS PÁJAROS ANIDAN EN LOS ÁRBOLES

Algunas especies se han adaptado a convivir con los seres humanos y dependen de los edificios, pero estos son cada vez más hostiles para que los pájaros se posen y aniden; las envolventes estancas no lo permiten. Muchas especies de murciélagos (mamíferos de especial importancia para los ecosistemas), búhos y otras especies que anidan, así como gusanos, lagartijas e insectos pueden crecer mejor en diseños adecuados, en lugar de ser expulsados por urbanizaciones hostiles o ver perturbado su desarrollo por el comportamiento humano. Se les puede dar cabida en azoteas, muros o detalles adaptados en la envolvente de los edificios, o puede preverse una construcción independiente para murciélagos o búhos.



Vínculos con las reglas 1, 45, 46, 90

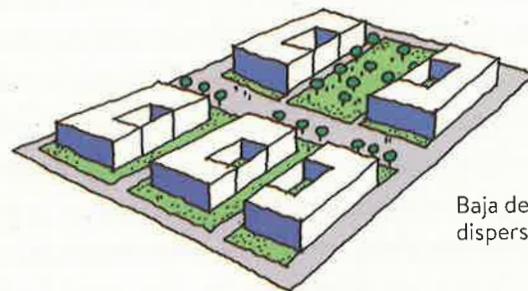


# 51 LA ALTA DENSIDAD DEJA ESPACIO A LA NATURALEZA

Las urbanizaciones de alta densidad correctamente proyectadas tienen numerosas y evidentes ventajas: el transporte y las costosas infraestructuras son más eficientes, y las pérdidas energéticas y el consumo de suelo son menores. Una huella más reducida en planta también permite liberar espacio sin construir y que la naturaleza crezca, incrementando las posibilidades de generar una mayor biodiversidad y aumentar la absorción de CO<sub>2</sub> con árboles de mayor envergadura. La regla básica es intentar preservar el 50 % del emplazamiento como espacio libre. Hay que recordar que el objetivo sigue siendo lograr un proyecto adecuado: la densidad no garantiza la sostenibilidad.



Vínculos con las reglas 1, 18, 45, 65, 80, 81, 97



Baja densidad,  
dispersión urbana



Alta densidad,  
compacidad

# 52 APRENDER DE LA NATURALEZA: BIOMIMÉTICA

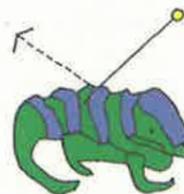
La biomimética busca inspiración para proyectar en los procesos, las estructuras y las formas de la naturaleza. La flora y la fauna utilizan los recursos con moderación, responden a las condiciones locales y son resistentes al clima y al entorno. La naturaleza exhibe estructuras y formas de elevadísima resistencia, procesos que producen energía, absorben carbono, no generan residuos y retienen agua.



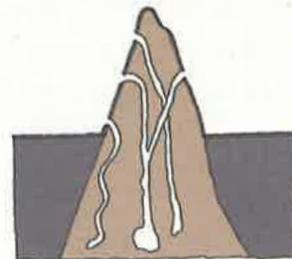
Fotosíntesis: ¿una piel que produce energía?



Estructuras laminares: construidas a partir de  $\text{CO}_2$ , más resistentes que la cerámica



Un lagarto: cambia el color de la piel para regular la temperatura



Un termitero: refrigeración natural



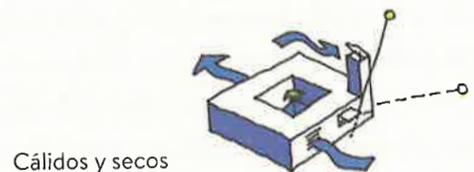
Vínculos con las reglas 1, 45, 47, 49, 93

# 53 CONOCER LA ZONA CLIMÁTICA

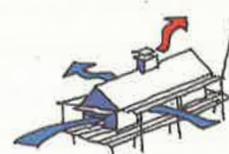
El filósofo griego Parménides estableció cinco zonas climáticas diferentes. Aunque hoy en día podemos identificar en torno a 30, los proyectistas del entorno construido se refieren a climas cálidos y secos, cálidos y húmedos, fríos, templados y de veranos cálidos e inviernos fríos. Los antiguos griegos sabían que los edificios y las ciudades tienen que trabajar en armonía con su región climática para proporcionar un confort sostenible para el hombre. Conocer las características de cada clima sigue siendo fundamental hoy en día.



Vínculos con las reglas 1, 29, 30, 37, 45, 54, 59, 67, 70, 96



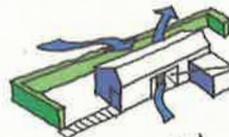
Cálidos y secos



Cálidos y húmedos



Fríos



Templados

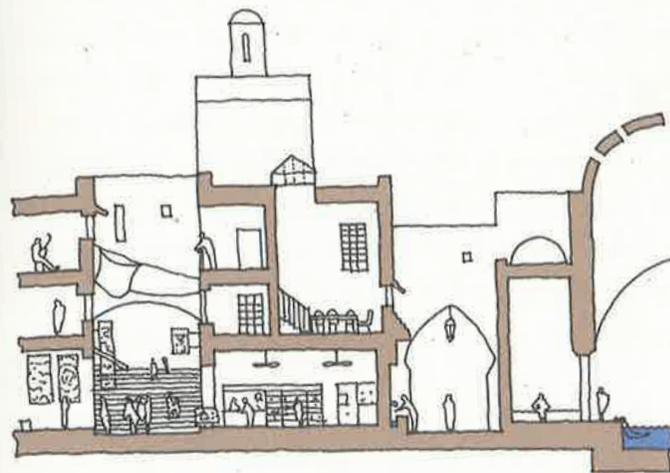


De veranos cálidos e inviernos fríos

Las poblaciones indígenas se han adaptado al clima y a su geografía con arquitecturas vernáculas. Sus asentamientos utilizan recursos mínimos, consumen poca energía, se adaptan al clima y son relevantes culturalmente —todas ellas características propias del desarrollo sostenible—, a partir del uso exclusivo de recursos fácilmente disponibles y técnicas constructivas sencillas. Todavía podemos aprender de ellos.



Vínculos con las reglas 1, 2, 45, 53, 69, 70, 76,  
86

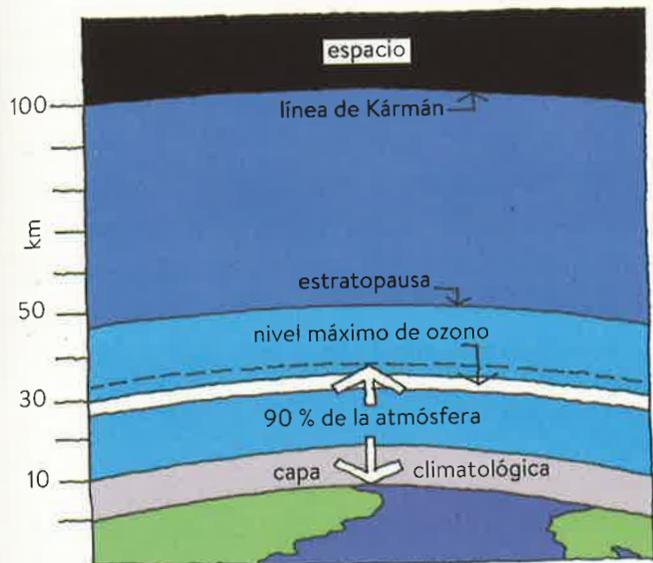


- Lecciones culturales
- Lecciones constructivas
- Lecciones climáticas

Si la Tierra tuviese el tamaño de un balón de fútbol, la atmósfera que la rodearía tendría el grosor de una hoja de papel. En la atmósfera hay una capa de ozono que nos protege de la peligrosa radiación ultravioleta y que los clorofluorocarbonos (CFC), presentes en los refrigerantes del aire acondicionado, en algunos aislantes y en solventes y aerosoles de la construcción, dañan fácilmente. La mayoría del CO<sub>2</sub> de origen humano (antropogénico) se queda en la atmósfera y contribuye al cambio climático. Las ciudades son responsables del 70 % de estas emisiones de CO<sub>2</sub>. Los edificios y las ciudades pueden ser respetuosos con la atmósfera si tienen un balance positivo de carbono y están libres de CFC.

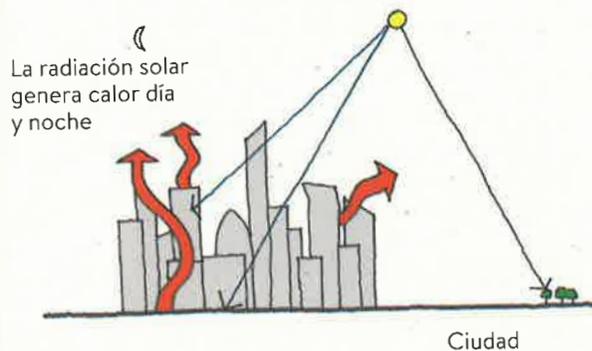
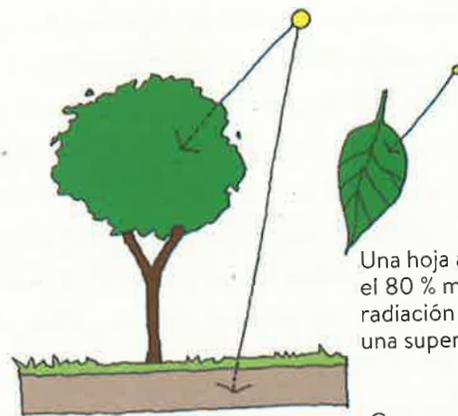


Vínculos con las reglas 1, 14, 17, 45, 48, 49, 80



100 km

En las ciudades, la mayor parte de la radiación solar absorbida por los edificios y las superficies se transforma en calor, que sigue irradiando tanto de día como de noche. Sin embargo, en las áreas rurales, las plantas y la tierra húmeda absorben gran parte de la radiación, un proceso de evapotranspiración que no genera un calor apreciable. Esto explica en parte por qué las ciudades suelen tener una temperatura más elevada que las áreas rurales que la circundan, en particular por la noche.



Vínculos con las reglas 1, 45, 57, 80

# 57 ATENCIÓN A LA ISLA DE CALOR URBANA

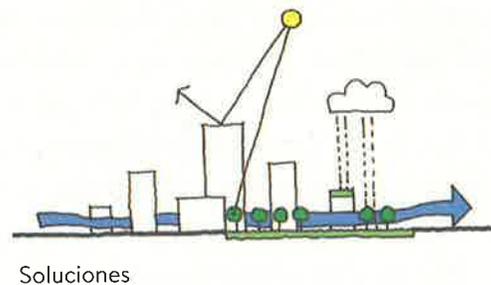
Una ciudad tiene su propio clima, visible desde la distancia y conocido como la isla de calor urbana. Esta tiene una altura de tres a seis veces superior a la altura máxima de la ciudad, y se extiende en la dirección de los vientos predominantes. La radiación solar se combina con el calor antropogénico y eleva la temperatura de la cúpula de aire, por lo que, durante la noche, la temperatura de la ciudad puede ser 5 o 10 °C más elevada que la de las áreas rurales circundantes. A esto se le llama “efecto isla de calor urbana”.



Vínculos con las reglas 1, 45, 56, 58, 66

# 58 CONTRARRESTAR EL EFECTO ISLA DE CALOR URBANA

Los edificios desprenden su calor interno mientras que la ciudad calienta el aire, que está envuelto en una burbuja de aire caliente aprisionado: esto es el efecto isla de calor urbana, que implica que las temperaturas son más altas que en las áreas rurales y las ciudades tienen más nubosidad y precipitaciones que el campo. A menudo, la falta de viento entre los edificios de la ciudad impide que esta se refrigere y conduce a la retención de la contaminación. Se puede compensar este efecto (denominado “efecto albedo”) aislando los edificios y recurriendo a colores claros que reflejen la radiación. A escala urbana, se debe permitir que se produzcan brisas que puedan limpiar el aire, y prever superficies verdes permeables para incrementar la refrigeración natural por evaporación de agua.

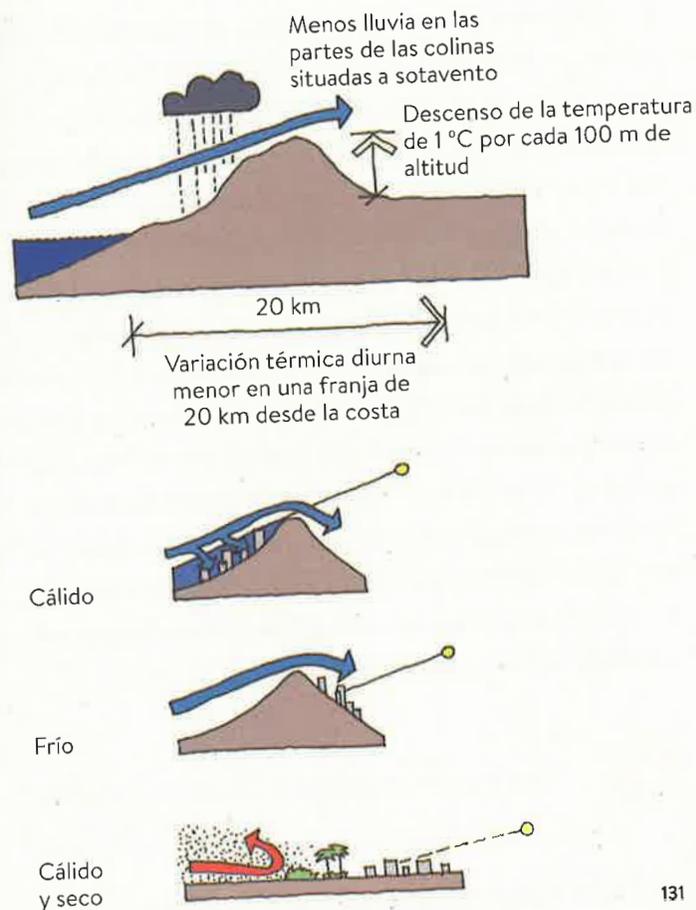


Vínculos con las reglas 1, 17, 40, 45, 57, 59, 66, 80, 96

El estudio del clima de una región proporciona muchas claves para la ubicación de pueblos y ciudades. Una masa de agua significativa, como el mar o un lago grande, tiene un efecto amortiguador sobre la tierra; en un radio de unos 20 km de la costa, la variación térmica anual y diurna es menor que en el interior. La topografía también juega un papel clave: normalmente, en la parte de la ladera situada a sotavento de las colinas llueve menos y el aire se enfría con la altitud. Para comunidades situadas en regiones cálidas, se debe prever una exposición máxima al viento y, en regiones frías, utilizar protecciones eficaces frente al viento. Los asentamientos en regiones cálidas y secas pueden requerir protección frente a las tormentas de polvo, y no debemos olvidar que las noches y los inviernos pueden ser fríos.



Vínculos con las reglas 1, 17, 45, 53, 58, 96



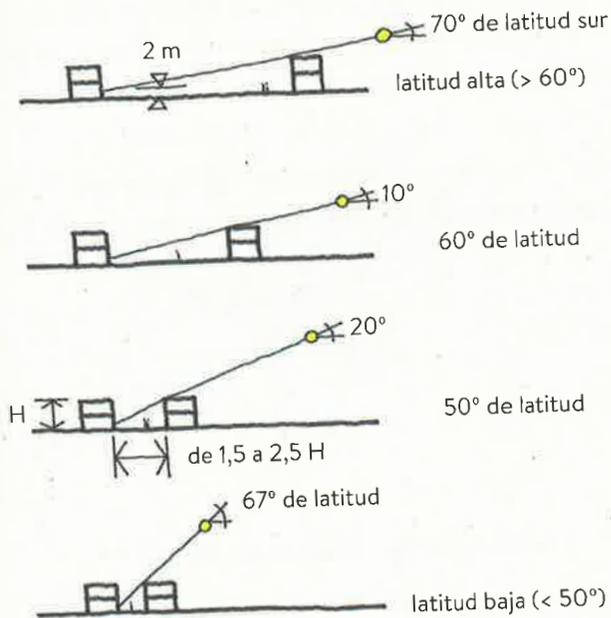
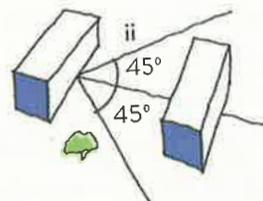
## 60

SEPARAR LOS EDIFICIOS  
POR TEMAS DE ASOLEO  
Y ENERGÉTICOS

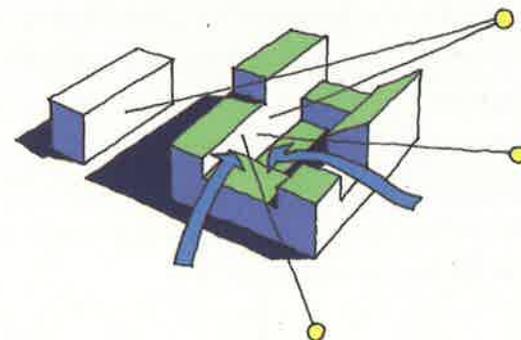
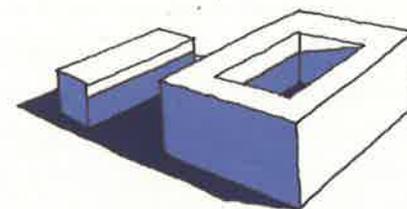
La distancia necesaria para permitir un asoleo correcto entre los edificios —que posibilite que el sol alcance la fachada principal de un edificio para calentarlo y producir energía, sin producir sombra en los edificios vecinos— depende de la latitud. La separación aumenta a medida que nos alejamos del ecuador. Si un edificio o una obstrucción se sitúan en el ángulo de  $90^\circ$  que se muestra en la imagen, utiliza los ángulos de incidencia que se indican en los diagramas como punto de partida para prever el asoleo. En latitudes de alrededor de  $50^\circ$ , la distancia entre los edificios puede ser de 1,5 a 2,5 veces la altura del edificio, tal y como se muestra. En latitudes medias y altas, la separación puede llegar a ser demasiado grande permitiendo la exposición a los vientos fríos y comprometiendo la escala urbana; en esos casos, consulta las reglas 61 y 63.



Vínculos con las reglas 1, 30, 45, 61, 63, 74



La aplicación estricta de las reglas derivadas de la altura del sol puede traer problemas a la hora de definir la distancia entre edificios en latitudes altas y medias. No deberían comprometerse innecesariamente consideraciones de proyecto como la escala de las calles con relación al hombre y la funcionalidad. La solución está en introducir discontinuidades en el tejido urbano que mejoren el asoleo, la ventilación y la iluminación natural, en especial en proyectos urbanos de alta densidad. Otros beneficios de esta estrategia son el uso de las azoteas como terraza y como jardines accesibles.



Vínculos con las reglas 1, 45, 60, 63

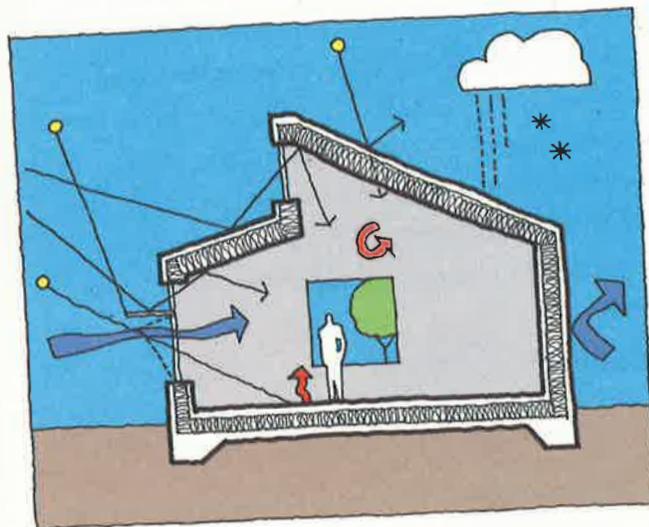
## 62 LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO MODIFICA EL CLIMA

La finalidad de la envolvente del edificio (muros, cubierta y solera) es modificar las condiciones climáticas del exterior para alcanzar unas condiciones de confort en el interior que no precise de grandes aportaciones energéticas o pueda prescindirse de ellas. Las herramientas principales que el proyectista debe emplear en función del clima específico del lugar para ser modificadas, son:

- la envolvente, para la protección frente a la lluvia y el viento, el aislamiento, la masa térmica y la reflectancia
- huecos, para la iluminación natural, el asoleo y la ventilación
- elementos integrados, para la protección solar, frente al polvo y la arena



Vínculos con las reglas 1, 25, 45, 63, 66, 74, 88

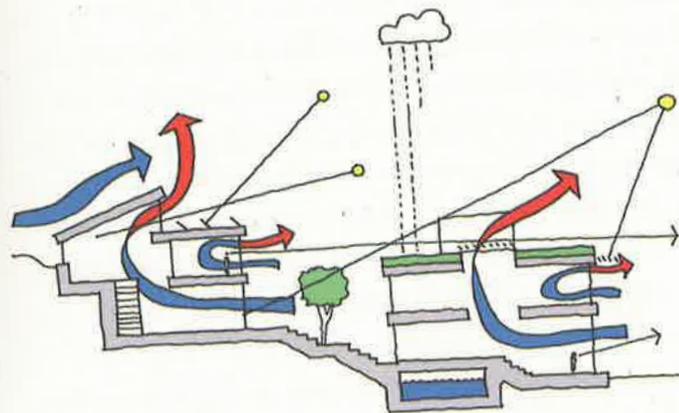


# 63 LA RESPUESTA ESTÁ EN LA SECCIÓN

La sección es una herramienta de proyecto crucial desde el punto de vista del medio ambiente y la sostenibilidad. Sin duda, otras herramientas de proyecto también son esenciales, pero es la sección, tanto del emplazamiento como del edificio, la que revela la respuesta al asoleo, la iluminación y la protección solar y los elementos, y la que mejor explica la interacción entre el hombre y la naturaleza y el medio ambiente.



Vínculos con las reglas 1, 45, 60-62

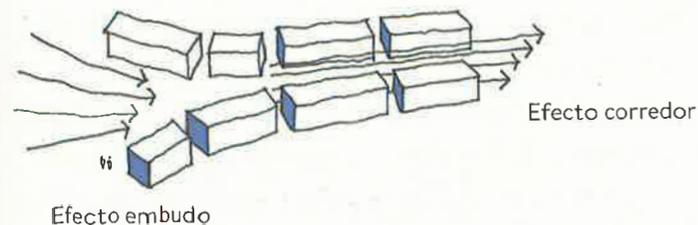


# 64 LA RESPUESTA ESTÁ EN EL VIENTO

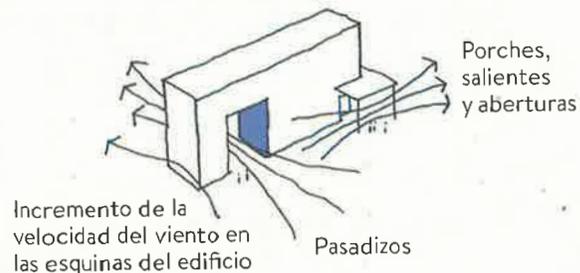
Los edificios modifican el microclima de muchas maneras. El viento puede ser especialmente molesto o, incluso, peligroso. Un edificio será un fracaso si la gente no lo visita debido a las consecuencias adversas del viento. Debe evitarse la aparición de corredores y embudos de viento, y recordemos que la velocidad del viento aumenta en las esquinas de los edificios. Pasadizos, aberturas de puertas, porches y salientes también ayudan a acentuar la velocidad del viento. Esto puede ser útil para refrigerar en regiones cálidas y húmedas, pero no es conveniente en otras zonas climáticas y en cualquier lugar en el que sean habituales los vientos fuertes e incómodos o las tormentas.



Vínculos con las reglas 1, 29, 45, 65



Incremento de la velocidad del viento bajo un edificio elevado



El microclima que rodea a un edificio en altura se ve afectado en gran medida por los remolinos del viento: masas en forma de aire de torbellino que giran a gran velocidad. Los edificios en altura atraen el viento hacia su base, según un efecto conocido como deflexión. El aumento de la velocidad del viento en las esquinas del edificio se produce en tanto que la velocidad del viento se incrementa en los bordes del edificio y genera una turbulencia en la corriente a sotavento del edificio que provoca incomodidad o efectos más graves, de ahí que los equipos de proyecto deben realizar simulaciones, físicas o virtuales para comprobar que no se produzcan situaciones de peligro debidas al viento. Ningún edificio puede ser sostenible si genera espacios urbanos que no pueden ser utilizados.



Vínculos con las reglas 1, 45, 51, 64, 96

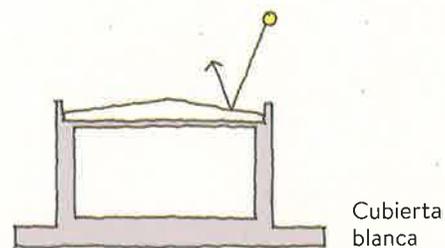
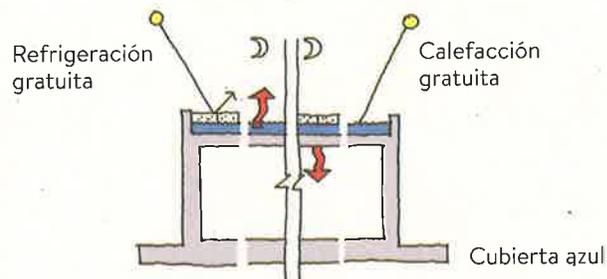


## 66 ¿CUBIERTA VERDE, AZUL O BLANCA?

El calor generado por los edificios y que se emite a la atmósfera en la ciudad contribuye al efecto isla de calor urbana. Una cubierta verde reduce las pérdidas de calor y retiene agua en climas frescos y templados. Una cubierta “azul” (inundada) puede utilizarse como fuente gratuita tanto de calor como de refrigeración, según la región climática. En regiones y estaciones en las que el aire acondicionado se ha convertido en la solución habitual a la falta de confort térmico, una cubierta blanca (o “fresca”) reflejará la radiación solar (efecto albedo), no incrementará la temperatura del aire en la ciudad, mantendrá el frescor de los edificios y ciudades, y reducirá el consumo urbano de energía y las emisiones de carbono.



Vínculos con las reglas 1, 40, 45, 57, 58, 62, 80





## CAPÍTULO 4

### PROYECTAR PARA EL BIENESTAR DE LAS PERSONAS

Confort de las personas

Edificios y ciudades saludables y estimulantes

# 67 NO SIEMPRE PUEDE SATISFACERSE A TODOS LOS OCUPANTES

Puesto que el confort humano —el estado de ánimo personal relacionado con los sentidos— es variable, en ocasiones el 20 % de los ocupantes puede que no se sienta a gusto en su entorno. Sin embargo, independientemente del tamaño, función o situación del edificio, las condiciones ambientales interiores pueden ajustarse de modo que garanticen que una mayoría de la gente se sienta cómoda. Es necesario entender los factores que influyen sobre el confort del ser humano si queremos garantizar niveles de confort ambiental todavía mejores, tanto de día como de noche, en cualquier estación y lugar, y con menor consumo energético y de recursos mundiales.



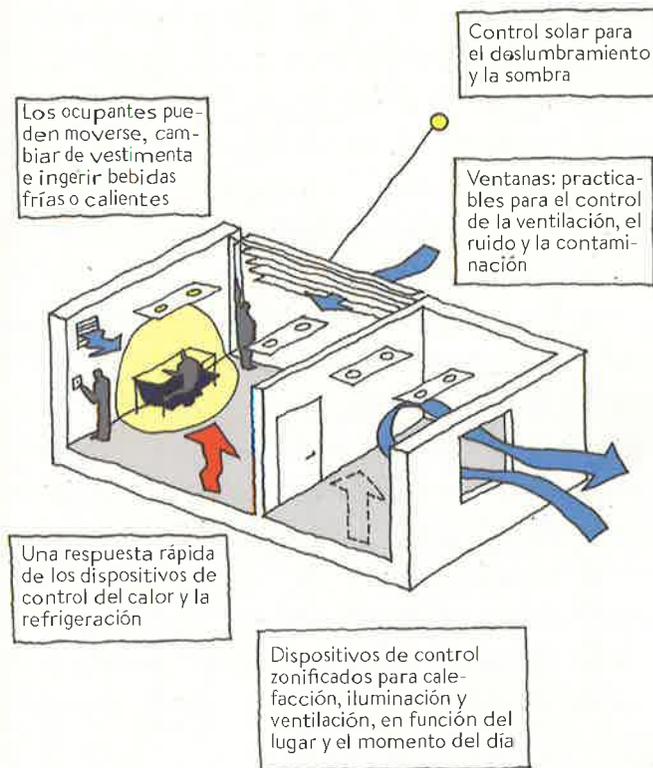
Vínculos con las reglas 1, 9, 16, 45, 53, 68, 75, 84



A la gente le gusta tener un control sobre su entorno. Incluso los edificios que disponen de un sistema de gestión ambiental informatizado, pensado para cumplir los estándares de eficiencia energética más estrictos, con alto aislamiento, hermeticidad, instalaciones de recuperación de calor y control solar automatizado, deben permitir cierto control por parte del usuario, ya que, en caso contrario, los percibirán como un fracaso. Los dispositivos de control deben proporcionar una respuesta rápida y directa a las necesidades y comportamientos de los ocupantes, sin entrar en conflicto con el rendimiento medioambiental global. También deben ser fáciles de usar.



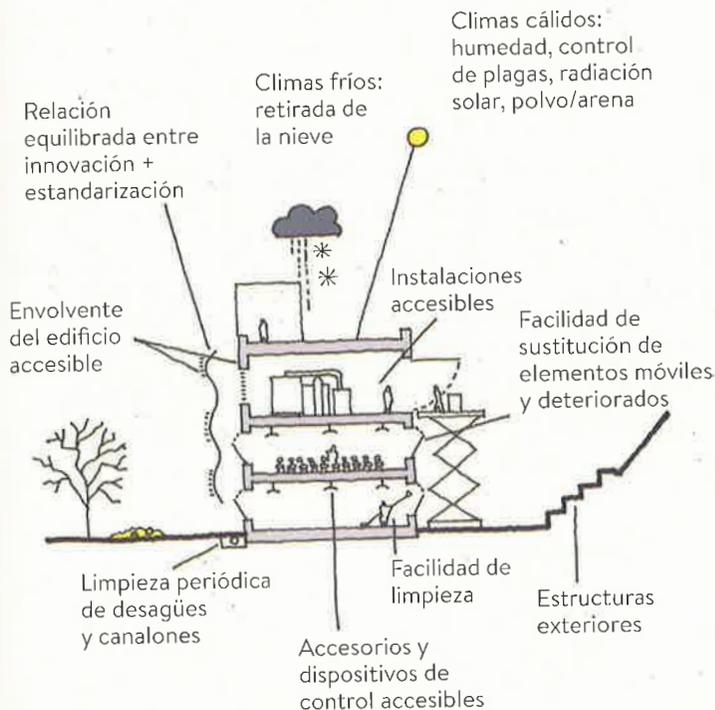
Vínculos con las reglas 1, 16, 45, 67, 75



Los edificios que no son objeto de un mantenimiento adecuado fallan, desperdician recursos (materiales, energía y agua) y dañan el entorno. Los proyectos deben contemplar un futuro de bajo mantenimiento desde su inicio, lo que puede requerir el concurso de estructuras innovadoras. Se deben comparar diferentes opciones entre gasto inicial y gasto de mantenimiento en lo relativo a componentes, servicios y materiales, sin olvidar que la innovación en el diseño puede acarrear tanto riesgos como recompensas, y establecer un ciclo de mantenimiento y limpieza regular, seguro y comprometido con el medio ambiente, tanto del interior como del exterior del edificio, con materiales, componentes y contratistas de procedencia local. También es importante asegurarse de que el edificio está permanentemente ocupado y proyectar un edificio ventilado, resistente a la humedad y al deterioro, y adecuado a su región climática.



Vínculos con las reglas 1, 2, 5, 12, 13, 37, 38, 45, 54, 72, 73

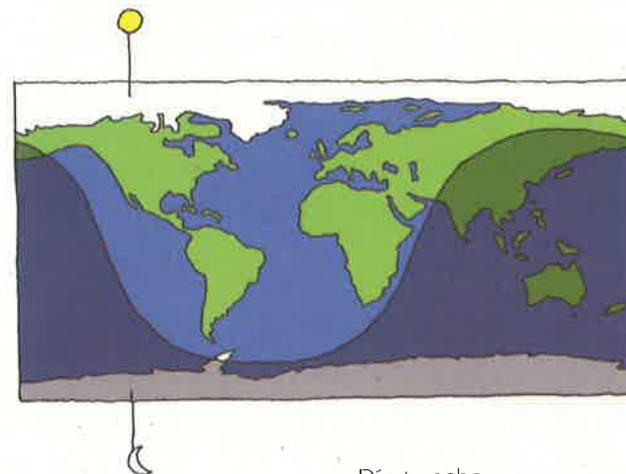


# 70 FACILITAR EL CONTACTO CON LOS CICLOS NATURALES

Hemos perdido el contacto con los ciclos naturales de la Tierra. Conectar con la naturaleza proporciona un sentido del lugar y del bienestar. Antes de que tuviésemos la capacidad de crear ambientes interiores templados y uniformes, buscábamos el lugar más adecuado del edificio para llevar a cabo nuestras tareas, y nos movíamos según las condiciones variables del día o las estaciones del año. Es importante asegurar que, gracias a un diseño correcto, se da la posibilidad de establecer conexiones con el mundo natural, en su extensa variedad de condiciones siempre cambiantes de asoleo, iluminación natural, viento, clima y acústica.



Vínculos con las reglas 1, 45, 53, 54, 71, 74, 78, 96

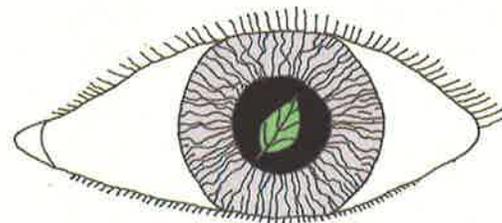


- Día + noche
- Amanecer + atardecer
- Clima + tiempo atmosférico
- Luna + marea
- Diarios + mensuales, ciclos y acontecimientos estacionales anuales

El color verde es el que mejor perciben los seres humanos debido a su posición en el espectro y a la anatomía del ojo. Por tanto, el verde es un color relajante que actúa como antídoto esencial de nuestras vidas ajetreadas. Prevé espacios verdes ajardinados, no importa su tamaño, que aliviarán del ruido y la contaminación de las frenéticas ciudades.



Vínculos con las reglas 1, 45, 70, 80, 82, 96

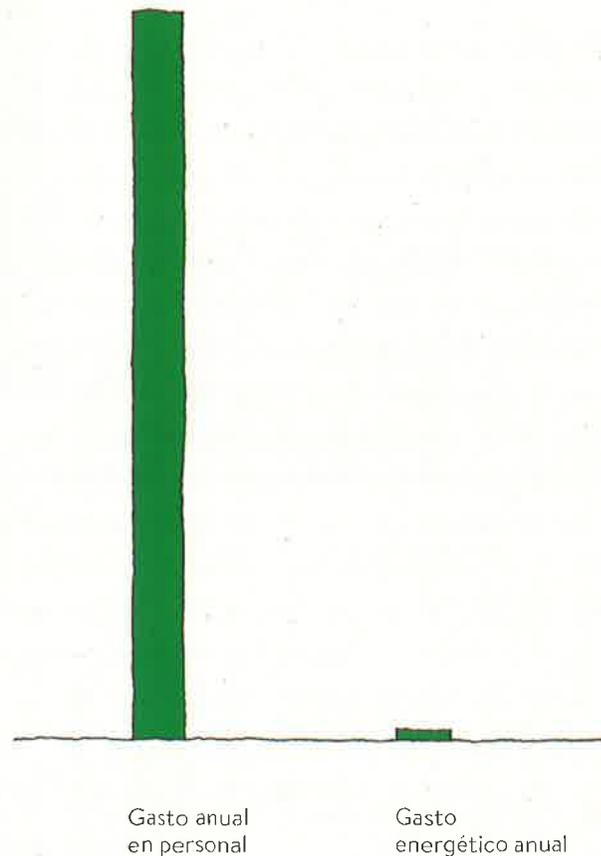


## 72 LOS EDIFICIOS SALUDABLES SALEN A CUENTA

El gasto en personal puede ser cien veces superior al gasto energético de una empresa, por lo que, aun en el caso de un edificio eficiente desde el punto de vista energético, un “edificio enfermo”, desagradable y poco saludable para los trabajadores reduce la productividad y ocasiona una elevada rotación de empleados que puede resultar muy costosa. Estas consideraciones son propias de un edificio no sostenible. A la hora de construir edificios saludables, en los que las personas querrán trabajar, es esencial tener en cuenta las condiciones medioambientales, tanto del exterior como del interior.



Vínculos con las reglas 1, 6, 37, 45, 69, 73, 74, 75

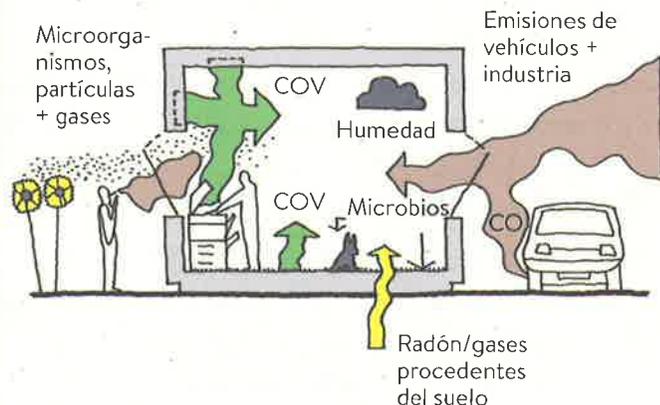


# 73 MEJORA LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

El olor de un coche nuevo es el resultado de las emisiones de gases tóxicos; lo mismo ocurre con los edificios. Una mala calidad del aire interior (CAI) contribuye al “síndrome del edificio enfermo”. Las causas son numerosas, desde una ventilación inadecuada, la infiltración de contaminantes externos, como microorganismos y monóxido de carbono (CO), hasta la liberación de gases del mobiliario y de los materiales. Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de pinturas, moquetas, aislantes y fotocopiadoras son especialmente dañinos. Una CAI baja se agrava con las altas temperaturas y la humedad. Sus efectos pueden resultar incómodos y afectar o, incluso, suponer una amenaza para la vida. Se mejora la CAI siendo cuidadoso con las especificaciones de los materiales y con una ventilación adecuada.



Vínculos con las reglas 1, 6, 37, 45, 69, 72, 75, 80, 88

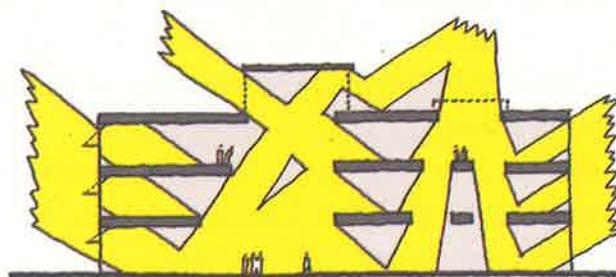


# 74 ABAJO LA TRISTEZA

La falta de luz natural en los edificios perturba los ritmos circadianos de las personas y está relacionada con el trastorno afectivo estacional (TAE). Los entornos que disfrutan de luz natural reducen el estrés y mejoran la salud y el bienestar. El TAE produce cansancio, pérdida de concentración y trastornos de la salud mental. Sus efectos se acentúan en personas que pasan muchas horas del día en interiores y en niveles lumínicos inferiores a 1.000 luxes. Puesto que la luz natural es gratuita y abundante, conviene maximizar su uso y controlar a su vez los reflejos y la captación solar.



Vínculos con las reglas 1, 6, 45, 60, 62, 70, 72, 84

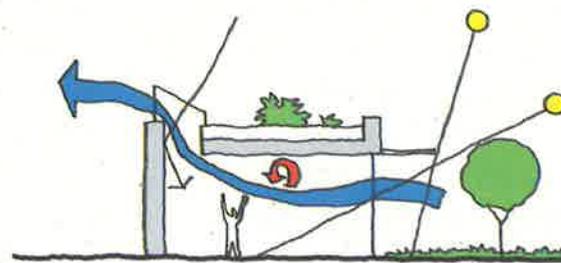


# 75 POSTOCUPACIÓN

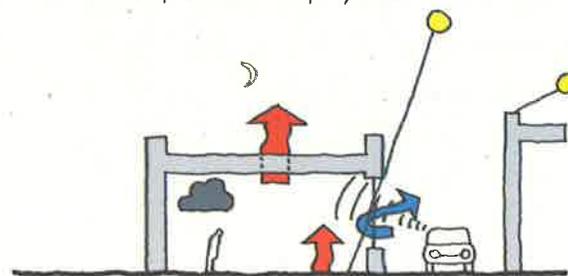
Cada vez es más frecuente que los clientes privados e institucionales soliciten evaluaciones de postocupación (EPO). Tradicionalmente, los equipos de proyecto y construcción se disuelven una vez finalizada la obra para dedicarse a un nuevo proyecto. No suele evaluarse si el edificio acabado ha alcanzado sus objetivos, ya sea desde el punto de vista medioambiental o de la satisfacción de los ocupantes. Los edificios sostenibles deben funcionar a muchos niveles, por lo que es esencial evaluar su rendimiento y hacer los ajustes necesarios durante un período de dos o más años desde su finalización. Es necesario hacer una previsión de tiempos y presupuesto para comprobar el funcionamiento del edificio una vez ocupado y poder realizar los ajustes necesarios.



Vínculos con las reglas 1, 3, 5, 45, 67, 68, 72, 73



Rendimiento previsto en el proyecto



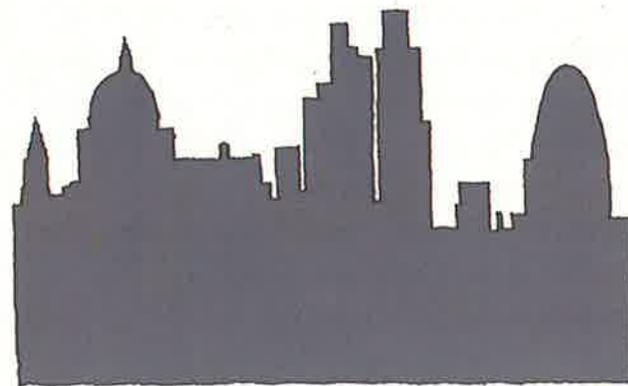
¿Cuál es el rendimiento real?

## 76 ¿PATRIMONIO O HISTORIA?

En palabras del historiador Roy Porter: “Cuando un edificio tiene prioridad respecto a las personas, estamos hablando de patrimonio, no de historia”. Una ciudad sostenible existe para los ciudadanos y une lo nuevo y lo viejo, mantiene la vitalidad y establece vínculos provechosos entre presente y futuro, y también con el pasado. El patrimonio construido de la ciudad debería formar parte de un *collage* en evolución y requiere una evaluación contemporánea de cuáles son los aspectos de la historia que deseamos hacer perdurar y cómo hacerlo.



Vínculos con las reglas 1, 2, 11, 41, 45, 54, 81, 83, 86, 100



# 77 UNA CIUDAD ACTIVA ES UNA CIUDAD SALUDABLE

Existe una relación entre la vida de la ciudad y la calidad de la salud del ser humano. En muchas ciudades modernas unicéntricas y dependientes del coche, las oportunidades de realizar una actividad física diaria son limitadas. Incluso en entornos de vivienda y trabajo compactos y densos, las ciudades deben facilitar la realización de actividades físicas a diario para toda la población. Las personas se desplazarán a pie si los espacios públicos son atractivos: es preciso prever lugares donde caminar e ir en bicicleta, hacer ejercicio y deporte, dedicarse a la jardinería o al cuidado de huertos urbanos.



Vínculos con las reglas 1, 18, 45, 46, 80, 81, 82, 83, 101



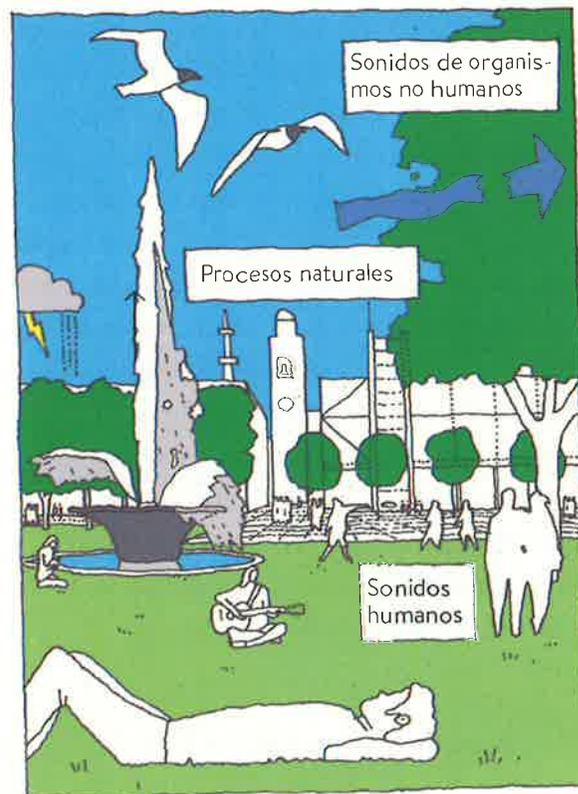
Paseo hasta al parque o el lugar de recreo	0,4 km
Paseo hasta el huerto urbano	1,6 km
Paseo al trabajo	3,2 km
Recorrido en bicicleta hasta el trabajo	16 km

# 78 LA CIUDAD AUDIBLE ES UNA CIUDAD ESTIMULANTE

En nuestras ciudades existe una gran variedad de sonidos interesantes e inspiradores, siempre que estemos dispuestos a oírlos. El tiempo, las actividades de la gente y los trinos de los pájaros proporcionan un fondo acústico poético a la vida cotidiana en la ciudad. Desde el punto de vista psicológico, el paisaje sonoro de la ciudad gratificante constituye una parte fundamental de la conexión que establecemos con el lugar. Sonidos naturales agradables —de una corriente de agua o, del viento que pasa entre los árboles— enmascaran otros sonidos desagradables. La mayor parte de la gente asocia los sonidos de la naturaleza a la tranquilidad, y los sonidos que produce el ser humano nos hacen conectar con la sociedad: fomenta las relaciones entre el paisaje urbano y el sonoro.



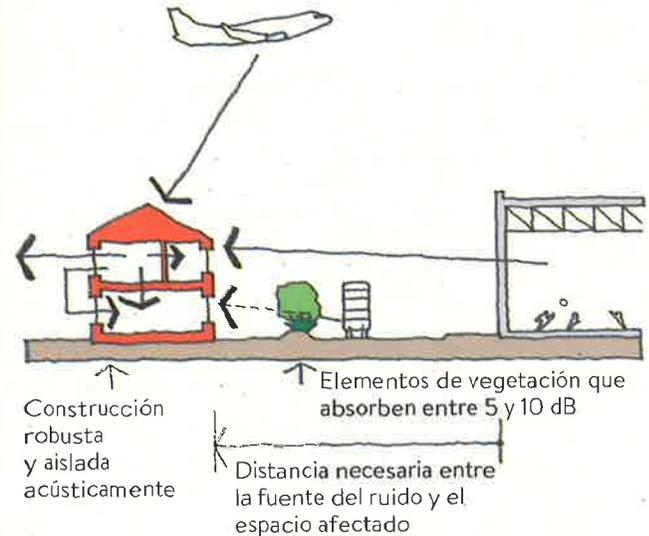
Vínculos con las reglas 1, 45, 70, 79, 80, 100



Los ruidos son los sonidos que resultan molestos; son causa de problemas sociales y de salud. Si no se planifica convenientemente, el ruido procedente del tráfico, la industria, los acontecimientos deportivos y musicales puede perturbar el desarrollo de otras actividades cotidianas, como el trabajo, el descanso o el sueño. Las calles, plazas y parques de la ciudad también sufren las molestias del ruido, pues limitan su utilidad para las personas y alejan a la fauna. Para amortiguar el ruido se pueden instalar elementos cercanos a la fuente del mismo. En espacios interiores, el ruido viaja a través de paredes y forjados, incrementando las molestias. Conviene establecer una distancia adecuada entre la emisión de ruido y las actividades que requieren silencio, y atenuar el ruido tanto dentro como fuera de los edificios.



Vínculos con las reglas 1, 45, 78, 80

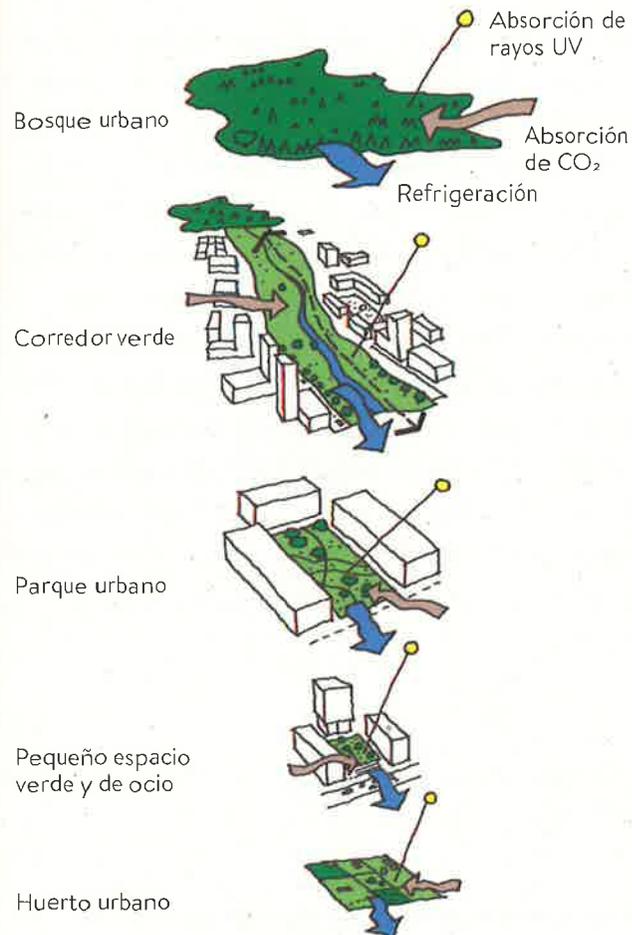


# 80 UNA CIUDAD VERDE ES UNA CIUDAD SALUDABLE

Se sabe que los espacios verdes son beneficiosos para la salud mental y el bienestar de los habitantes de una ciudad. Los espacios verdes urbanos pueden adoptar muchas formas, desde el bosque urbano a gran escala al pequeño jardín. No solo proporcionan espacios para el ocio y el deporte, sino que, al absorber CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes, reducen el efecto de isla de calor urbana y mejoran la calidad del aire. Los parques situados a lo largo de los cursos de agua pueden mejorar la calidad de estos, y la vegetación de una ciudad absorbe el 85 % de los rayos UV dañinos. La temperatura de los espacios verdes es más baja que la de su entorno, y su influencia se extiende en un radio de unos 150 m hacia el entorno urbano.



Vínculos con las reglas 1, 17, 40, 41, 45, 46, 51, 55, 56, 58, 66, 71, 73, 77-79, 82, 96, 100

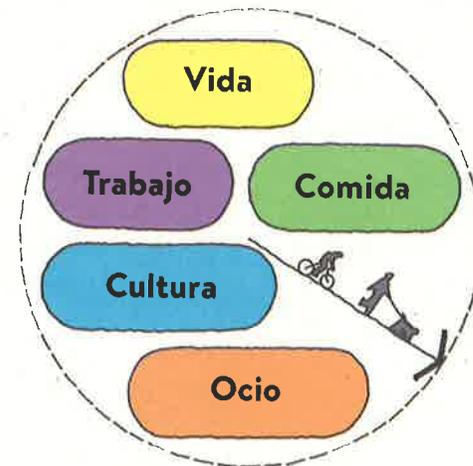


# 81 UNA CIUDAD DE USOS MIXTOS ES UNA CIUDAD VIBRANTE

Los empleados de oficinas que viven cerca de sus viviendas constituyen un mercado para el pequeño comercio, las tiendas de productos frescos y el ocio. La actividad que se genera día y noche a lo largo de todo el año crea una mezcla de actividades dinámica en barrios seguros y animados. Ese dinamismo atrae a más gente y más negocios, y hace florecer una cultura y acontecimientos locales. La superposición de usos implica desplazamientos menores, que pueden realizarse en bicicleta o a pie, con acceso al transporte público. La mezcla de tipos de viviendas atrae a gente de todas las edades y con todo tipo de necesidades, y permite que se dé un marcado sentido de pertenencia al lugar. Estos son los cimientos de una ciudad sostenible.



Vínculos con las reglas 1, 18, 45, 51, 76, 77, 83, 97, 100, 101

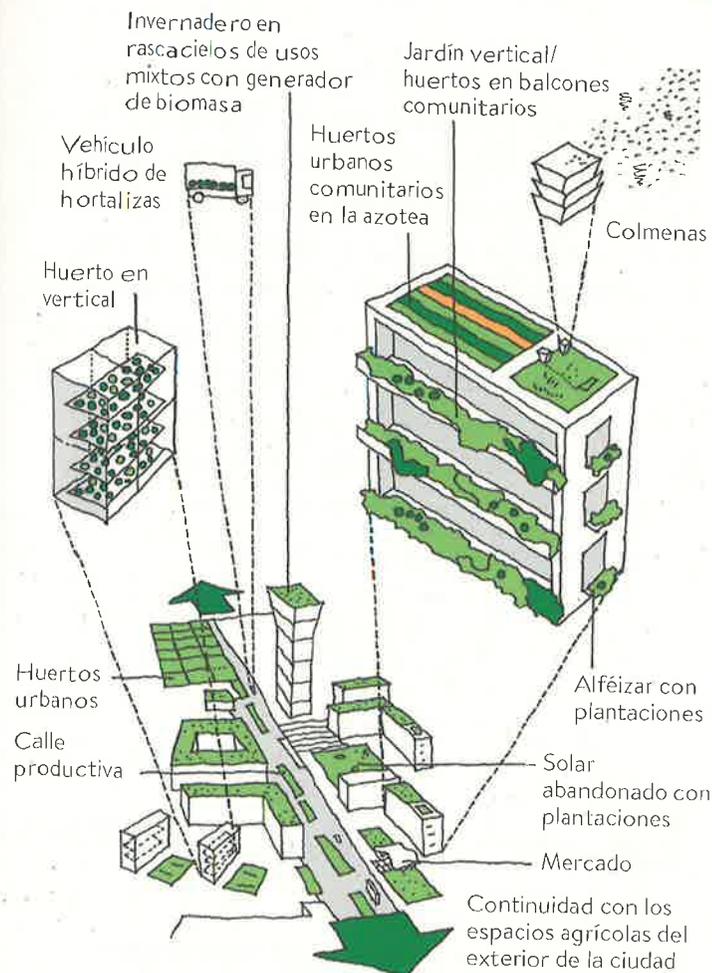


# 82 LA "CIUDAD COMESTIBLE" SE AUTOALIMENTA

Las ciudades y sus habitantes tienen cada vez mayor riesgo de sufrir problemas de suministro de alimentos, debido, entre otros factores, a las dificultades en el abastecimiento de agua, a la contaminación y a la dependencia del transporte (con las subsecuentes emisiones de CO<sub>2</sub>). Sin embargo, con enfoques innovadores respecto a la agricultura y los huertos urbanos, la ciudad puede autoabastecerse de una parte sustancial de los alimentos que necesita y reducir a la vez su huella ecológica. Lleva la agricultura a la ciudad: imaginad el futuro de la "ciudad comestible".



Vínculos con las reglas 1, 41, 45, 71, 77, 80, 98, 99

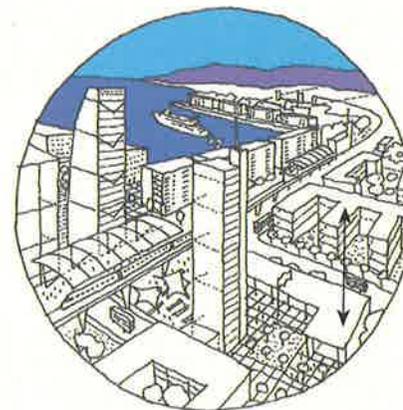


# 83 LA CIUDAD ES PARA TODOS

La equidad, uno de los tres pilares de la sostenibilidad, es un bien escaso en nuestras ciudades, que cada vez son menos igualitarias. Cada ciudadano debería poder participar plenamente en todo lo que la ciudad ofrece, bajo un liderazgo municipal que persiga la igualdad en la justicia, el acceso a los alimentos, la vivienda, la salud, la educación, el entorno y las oportunidades. Para que una urbanización sea sostenible, debe escucharse y respetarse la voz de la ciudadanía desde el primer momento. La ciudad, sus instituciones democráticas y su forma construida deben ser inclusivas y accesibles para todos.



Vínculos con las reglas 1, 3, 18, 45, 76, 77, 81, 100



- La vivienda asequible y de alta calidad transforma la vida
- La mejora del transporte público equivale a oportunidades
- Prosperidad urbana para todo el mundo



## CAPÍTULO 5

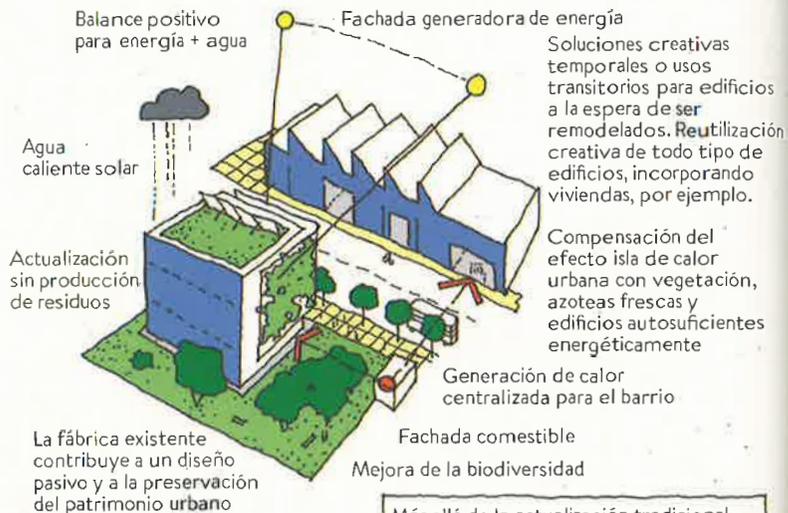
### ESTRATEGIAS PARA EDIFICIOS Y CIUDADES SOSTENIBLES

Actualización sostenible

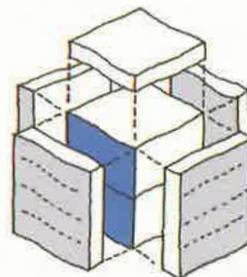
Arquitectura sostenible

Ciudades sostenibles

84. Empezar conociendo el rendimiento del edificio: este indicará lo que hay que hacer.
85. Utilizar un pensamiento integrado: reducir el consumo energético al tiempo que se mejora el confort y la salud.
86. El ingenio puede con el derroche: ser imaginativo con los edificios deshabitados o infrautilizados y con cómo eliminar prácticas de acondicionamiento ineficientes.
87. La energía incorporada se acumula: minimizar o eliminar la energía incorporada adicional asociada a cada actualización.
88. Evitar consecuencias no deseadas: la impermeabilización y el aislamiento pueden provocar daños por humedad, mala calidad del aire interior y sobrecalentamiento.
89. Rechazar el falso ecologismo: recelar de las falsas promesas relativas al rendimiento medioambiental.



Más allá de la actualización tradicional

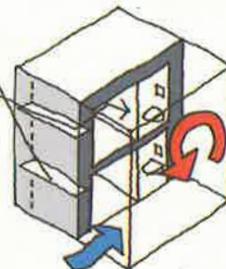


Aislamiento + vidrios de alto rendimiento = bajo consumo energético, mejora del confort (evitando consecuencias no deseadas)

Control solar para evitar sobrecalentamiento

Incremento de la iluminación natural para reducir la necesidad de recurrir a la luz artificial

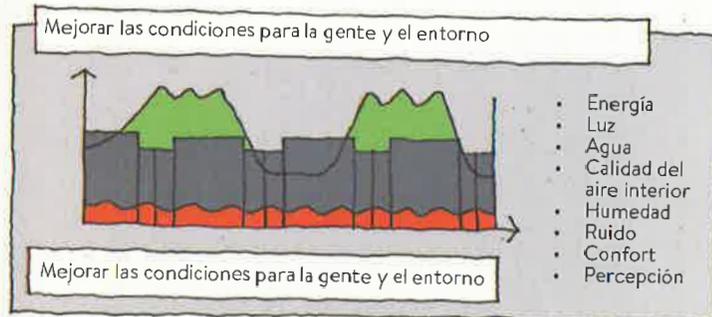
Dispositivos de control lumínico sensibles a la luz y al movimiento



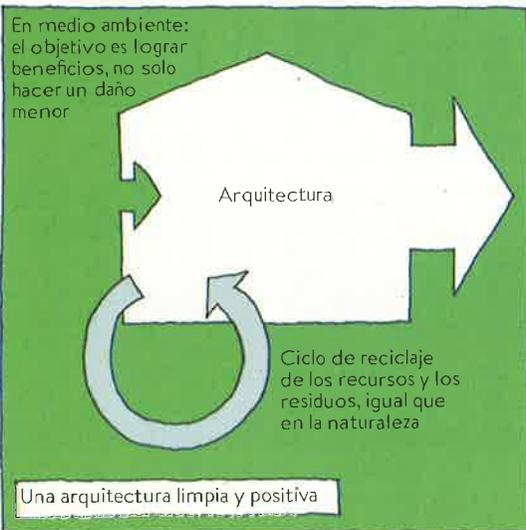
Recuperación de ventilación + calor, termostatos sectorizados

Electrodomésticos de bajo consumo de agua

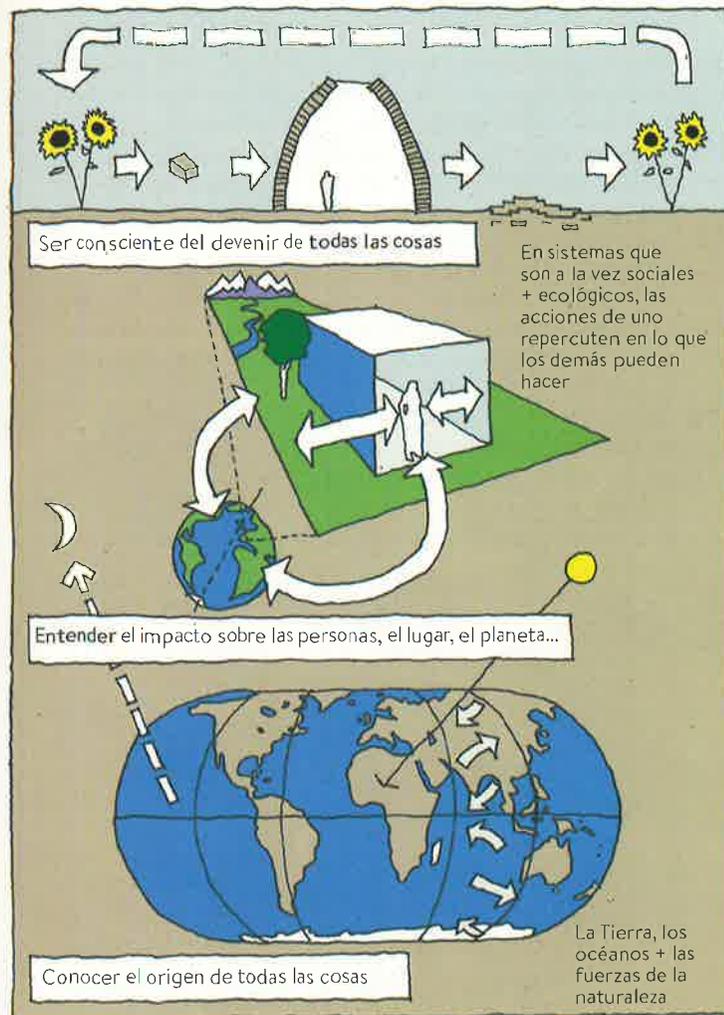
Baja emisión de compuestos orgánicos volátiles, baja energía incorporada, acondicionamiento que genere pocos residuos



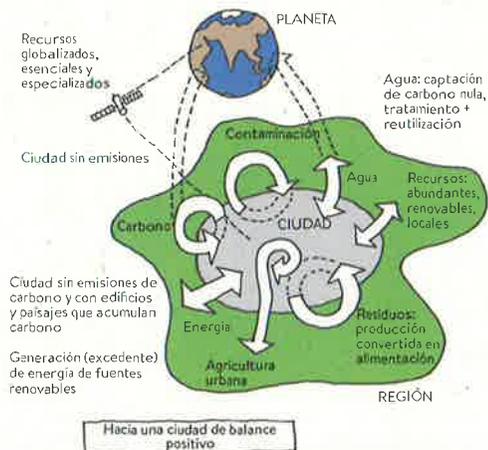
- 90. Pensar a gran escala: abordar a la vez las personas, el lugar y el planeta.
- 91. Pensar a pequeña escala: el objetivo es reducir el uso de recursos, los residuos y la huella ecológica.
- 92. Pensar en positivo: más allá de la energía, ¿podría un edificio dar más de lo que toma? Este sería un resultado con balance positivo.
- 93. Ser consciente del devenir de los edificios: conocemos edificios desmontables, reciclables y reutilizables, pero ¿y los edificios reversibles, intercambiables, móviles y comestibles?
- 94. Ser responsable: incorporar la responsabilidad ecológica, social, ética y estética.
- 95. Ser sensible: recurrir al sentido común en todo momento y no dejarse tentar por lo falsamente ecológico.



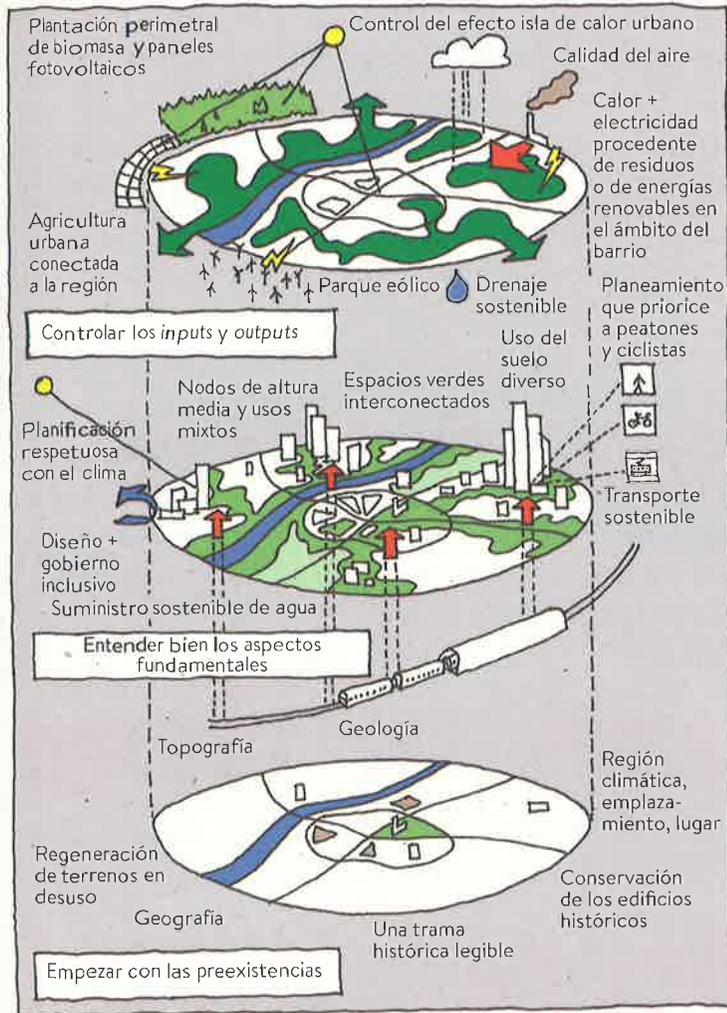
## SEIS REGLAS ESTRATÉGICAS PARA UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE



96. La naturaleza constituye el punto de partida: dejar que el lugar, el clima y las fuerzas de la naturaleza ejerzan una influencia en el modo de reutilización de la ciudad.
97. Pensar en términos de alta densidad/bajo impacto: el objetivo es una ciudad compacta, en un entorno medioambiental con una huella ecológica compacta.
98. Restablecer vínculos entre la ciudad y su región: una relación simbólica entre la ciudad y su entorno beneficia a los ciudadanos, a la ecología y al entorno.
99. ¿Podría la ciudad dar más de lo que consume con soluciones innovadoras y de balance positivo para la energía, los residuos, el carbono y el agua?
100. Reclamar belleza y diversidad en lo público: una ciudad agradable para vivir es variada, atractiva, inclusiva, limpia, segura, biodiversa, está conectada y permite realizar desplazamientos a pie.
101. En la ciudad, dar prioridad a los peatones y a los ciclistas.



## SEIS REGLAS ESTRATÉGICAS PARA CIUDADES SOSTENIBLES



## BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

Los libros, las revistas, los artículos de investigación y las páginas web citadas en esta bibliografía razonada son una pequeña selección del conjunto, extremadamente amplio, de recursos disponibles. Se han seleccionado porque son especialmente útiles a la hora de dar respuesta a las inagotables preguntas que este libro plantea acerca de la sostenibilidad, así como para explicar cosas y servir de recordatorio de aspectos que, siendo el tema tan amplio y complejo, no siempre podemos tener en mente. Algunas de las publicaciones recogen una gama muy amplia de temas y cuestiones, y deberían tenerse siempre a mano. Diez de estas referencias son las más importantes, pero también se destaca una lista que ayude al estudiante, técnico, cliente, propietario, operador o usuario a resolver cualquier duda general relacionada con la sostenibilidad.

## CAPÍTULO 1. LOS PRINCIPIOS DE LA SOSTENIBILIDAD

### 1. Solo hay un planeta Tierra

Para una población mundial en constante crecimiento, el ritmo de producción de alimentos (derivado de la disponibilidad de suelo, sol y agua), renovación del aire, extracción de recursos y procesado de residuos que el planeta puede soportar es limitado. La ONG internacional WWF estima que serían necesarios tres planetas Tierra para sustentar a la población mundial en el caso de que los comportamientos de consumo y de producción de residuos de todas las naciones se equiparasen con los que se dan actualmente en el Reino Unido. En *Bioregional Solutions For Living on One Planet*,<sup>1</sup> Pooran Desai y Sue Riddlestone estiman que, de extrapolar el consumo de Estados Unidos al resto de las naciones, serían necesarios seis planetas Tierra. Desde otro punto de vista, el Global Footprint Network afirma que en la actualidad la Tierra necesita año y medio para regenerar lo que se consume en un año. La página web de esta organización proporciona un examen minucioso y datos detallados sobre la huella ecológica de diferentes naciones, mientras que la Comisión de Población y Desarrollo de las Naciones Unidas constituye una buena fuente de proyecciones de población global.

### 2, 3 y 4. Sostenibilidad: definiciones y perspectivas, ética y valores

En la excelente introducción de Peter Jacques al tema de la sostenibilidad global del ser humano recogida en su estudio *Sustainability: The Basics*,<sup>2</sup> el autor confirma que no existe una definición única y definitiva de la sostenibilidad, pero sugiere que sostener algo no es otra cosa que mantener su funcionamiento. El autor diferencia entre una sostenibilidad “débil” (dirigida hacia la economía y que asume que los mercados encontrarán soluciones) y una “fuerte” (dirigida hacia la ecología, y que requiere cambios sustanciales de comportamiento),

1 Desai, Pooran y Riddlestone, Sue, *Bioregional Solutions For Living on One Planet* [2002], Green Books, Totnes, 2007, pág. 28.

2 Jacques, Peter, *Sustainability: The Basics*. Routledge, Abingdon, 2015, págs. 1-14 y 39-41.

y el libro incluye un glosario de términos muy útil.<sup>3</sup> Existen muchas definiciones de sostenibilidad con relación al entorno construido. En *A Manifesto for Sustainable Cities*,<sup>4</sup> Jeremy Gaines sugiere que la sostenibilidad significa actuar localmente y pensar globalmente, una expresión muy utilizada hoy en día. Con más precisión, *Sustainable Design*<sup>5</sup> nos indica que se puede alcanzar la sostenibilidad utilizando recursos locales y renovables, y su autor señala que la sostenibilidad debe formar parte del proceso de proyecto y, en el capítulo segundo, introduce las características y procesos del proyecto sostenible, con una lista de criterios muy útil y que todo proyecto debería observar.<sup>6</sup> La asociación británica Building Services Research and Information Association (BSRIA) indica que un edificio sostenible debería incluir los siguientes principios:

- Minimizar el consumo de recursos no renovables.
- Mejorar el entorno natural.
- Eliminar o minimizar el uso de toxinas.

El proyecto sostenible es un proceso multidisciplinar que debe iniciarse en el momento de concepción del proyecto y que no puede “ser añadido”. Esto es válido para obras de nueva planta, rehabilitaciones y reformas interiores. En *Designing Sustainable Residential and Commercial Interiors*,<sup>7</sup> Lisa Tucker añade, además, que todo el equipo de diseño debe involucrarse.

Muchos autores hablan del “proyecto ecológico” al referirse a la sostenibilidad e indican que deben priorizarse los aspectos ecológicos y medioambientales. Sin embargo, la sostenibilidad también se percibe como un mínimo aceptable en el que deben equilibrarse los aspectos sociales, económicos y medioambientales, cada uno en el marco de sus competencias. Por ejemplo, un edificio no será sostenible aunque siga criterios ecológicos si resulta demasiado costoso para la sociedad o si esta no tiene los conocimientos para ponerlo en

3 Ibid., págs. 41 y 205-213.

4 Gaines, Jeremy, *A Manifesto for Sustainable Cities*, Prestel, Múnich, 2009, pág. 16.

5 Williams, Daniel E., *Sustainable Design: Ecology, Architecture, and Planning*, Wiley, Hoboken, 2007, pág. 3.

6 Ibid., págs. 14 y 21.

7 Tucker, Lisa M., *Designing Sustainable Residential and Commercial Interiors: Applying Concepts and Practices*, Bloomsbury, Londres, 2015, pág. 2.

funcionamiento. En un importante debate sobre tendencias emergentes, Brian Edwards señala que la sociedad actual se equivoca al preferir ciertos materiales o productos a otros, algo que nos recuerda que la sostenibilidad es una cuestión de responsabilidad ética:<sup>8</sup> por ejemplo, proveerse de materiales obtenidos sin abusar del ecosistema ni explotar a personas es una cuestión de responsabilidad ética.

En su libro *Planning for Sustainability*,<sup>9</sup> Stephen M. Wheeler, urbanista que trata temas de sostenibilidad, aporta definiciones de urbanizaciones sostenibles y una explicación histórica de la definición del término. La definición favorita de Wheeler (de la que es autor) es la siguiente: “El desarrollo sostenible es el desarrollo que mejora la salud de los seres humanos y de los ecosistemas a largo plazo”. En *Eco-Urbanity*,<sup>10</sup> Darko Radovic sostiene que tanto la “ecosfera” como la “socioesfera” sufren una grave amenaza en la actualidad, pero su ensayo es optimista y afirma que la sostenibilidad y el urbanismo pueden convivir.

## 5. El diseño sostenible tiene seis dimensiones

Existen muchas herramientas de apoyo para un proceso proyectual sostenible, que incluyen las utilizadas en los análisis de alternativas (de orientación, forma, asoleo, viento, luz natural, consumo energético, materiales y residuos) en el programa 3D de CAD Modelado de Información para la Edificación (BIM), así como en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) que mide el impacto ambiental de los materiales. En *The Whole Building Handbook*,<sup>11</sup> Varis Bokalders y Maria Block consideran las posibilidades de aplicar diferentes métodos ACV que, usados junto con el BIM, pueden constituir la norma del proyecto

8 Véase Edwards, Brian, *Rough Guide to Sustainability: A Design Primer*, RIBA Publishing, Londres, 2014, 4ª ed., págs. 315-328 (versión castellana de la segunda edición: *Guía básica de la sostenibilidad*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008).

9 Wheeler, Stephen M., *Planning for Sustainability: Creating Livable, Equitable and Ecological Communities*, Routledge, Abingdon, 2013, 2ª ed., págs. 30-31.

10 Radovic, Darko, *Eco-Urbanity: Towards Well-mannered Built Environments*, Routledge, Nueva York, 2009, págs. 9-16.

11 Bokalders, Varis y Block, Maria, *The Whole Building Handbook. How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings*, Earthscan/RIBA Publishing, Londres, 2010, págs. 9-13 y 206-207.

sostenible, mientras que el *BRE Green Guide to Specification* recurre al ACV para la evaluación de materiales y componentes habituales.

En el Reino Unido, el gobierno obligará al uso electrónico del BIM a partir de 2016, con el objetivo de permitir que los equipos multidisciplinares reduzcan los costes y las emisiones de CO<sub>2</sub> a través del proyecto de cinco dimensiones ACV. En la publicación de referencia *Green BIM*,<sup>12</sup> Eddy Krygiel y Brad Nies proporcionan una explicación general muy accesible de todo el proceso desde el punto de vista profesional. Escrito por y para arquitectos, *BIM in Small-scale Sustainable Design*,<sup>13</sup> de François Lévy, proporciona una descripción ilustrada detallada de los procesos de proyecto y de documentación de todos los aspectos clave del diseño sostenible a través del BIM. En este caso se trata de un modelo en 6D en el que se proporciona al cliente la información final del proyecto construido y las instrucciones de funcionamiento para la gestión interactiva de las instalaciones.

## 6. ¿Cuán “ecológico” es un edificio?

En *Passive Solar Architecture Pocket Reference*,<sup>14</sup> Ken Haggard y David A. Bainbridge explican que un edificio puede tener un consumo moderado de electricidad, mientras que otro hará lo mismo y más, pero, además, será conceptualmente diferente, tendrá una aproximación de proyecto integrada y recurrirá a técnicas pasivas o renovables. En su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>15</sup> Edwards nos remite a su propio “plan de actuación para el proyecto ecológico” que aborda el proceso informativo, el diseño pasivo, la simplicidad de las actuaciones, la longevidad, las renovables y la facilidad de mantenimiento y actualización.

En el capítulo introductorio de *Green Building Handbook*<sup>16</sup> se aborda el uso del término “ecológico” y explican lo que ellos entienden por “edificio ecológico”: una aproximación no comprometida y

12 Krygiel, Eddy y Nies, Brad, *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2008.

13 Lévy, François, *BIM in Small-Scale Sustainable Design*, Wiley, Hoboken, 2012.

14 Haggard, Ken y Bainbridge, David A., *Passive Solar Architecture Pocket Reference*, Earthscan, Londres, 2009, pág. 80.

15 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 209-220.

16 Woolley, Tom y Kimming, Sam, *Green Building Handbook: A Guide to Building Products and their Impact on the Environment* (vol. 1), Spon, Londres, 1997, parte primera.

holística al proyecto y a la urbanización sostenibles, si bien reconocen que muchos de los términos habituales (verde, sostenible, ecológico, etc.) son intercambiables. Presentan un marco útil para edificios verdes, que se resume de forma ordenada en cuatro principios:

- Reducir el consumo energético operativo.
- Reducir al máximo la contaminación exterior y los daños medioambientales.
- Reducir la energía incorporada y el uso de recursos no renovables.
- Reducir al máximo la contaminación interior y los daños a la salud de los ocupantes.

En *What Colour is Your Building?*,<sup>17</sup> David Clark define un marco para el proyecto de edificios ecológicos desde la perspectiva del bajo consumo energético y de una huella global baja de CO<sub>2</sub>, también desde los materiales. Janis Birkeland aborda la actualización de edificios en *Positive Development*<sup>18</sup> con un excelente diagrama sobre los niveles de actualización sostenible, desde la actualización mínima hasta la actualización ecológica integral y regeneradora.

## 7, 8 y 9. El medio ambiente: definición, escalas, impacto local y global

La expresión ‘medio ambiente’ se atribuye a Thomas Carlyle, que a su vez la tomó del término alemán *Umgebung* de Johann Wolfgang von Goethe en 1828, en la que reconoce la influencia negativa del hombre sobre el planeta. Una definición útil en la ISO 14001 lo define como “el entorno en el que opera una estructura, incluido el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, el ser humano y sus interrelaciones”. Esta interrelación se produce a todas las escalas del medio ambiente.

Los investigadores del complejo campo de la teoría de las escalas confirman que una acción a una escala del medio ambiente tiene un impacto sobre el resto de las escalas y que esas se mueven en parámetros espaciales y temporales. Dicho de otro modo, en lo que concierne a la ecología (como ocurre con el cambio climático), las actividades locales a corto plazo tienen consecuencias globales a

17 Clark, David H., *What Colour is Your Building?*, RIBA Publishing, Londres, 2013, págs. 83-231.

18 Birkeland, Janis, *Positive Development: From Vicious Circle to Virtuous Cycles Through Built Environment Design*, Earthscan, Londres, 2008, pág. 40.

largo plazo. La teoría y la práctica indican que esas consecuencias pueden sentirse en lugares muy alejados del origen. En el estudio "How Scale Matters",<sup>19</sup> Thomas Wilbanks ahonda en el tema.

En *Bioregional Solutions For Living on One Planet*,<sup>20</sup> Desai y Riddlestone nos introducen a su idea de pensamiento global y actuación local, evidencia de una comprensión de la interconexión de las escalas del medio ambiente, y demuestran que lo que se hace a escala local puede tener un efecto positivo a escala global, al tiempo que describen sus motivaciones.

## 10 y 11. El edificio más ecológico, ¿es el que no se ha construido o el que ya existe?

Estas dos preguntas se han hecho habituales, y ambas han encontrado su lugar en el léxico de la ecología. *Green Building Handbook* es de los pocos libros que han abordado la cuestión crucial de si deben construirse nuevos edificios, transformar los existentes o no construir nada en absoluto.<sup>21</sup> En ocasiones, la única solución pasa por construir un nuevo edificio y, en otras, lo más adecuado es una solución híbrida. En *What Colour is Your Building?*,<sup>22</sup> Clark llega a la conclusión de que si un edificio puede rehabilitarse hasta reducir su coste de funcionamiento de manera significativa, entonces es probable que la rehabilitación sea la actuación que genere menos carbono. Charles Lockwood, autor de trabajos sobre estrategias empresariales ecológicas, sostiene en su artículo "Building Retro Fits"<sup>23</sup> que rehabilitar un edificio suele considerarse una acción con menos riesgos, en particular en momentos de crisis económica. Las ventajas clave de la actualización de un edificio son la satisfacción de los empleados y la productividad. En *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>24</sup> Edwards proporciona una tabla útil con las franjas temporales habituales para la mejora de los diferentes componentes e instalacio-

19 Wilbanks, Thomas J., "How Scale Matters: Some Concepts and Findings", en Reid, Walter V. et al. (eds.), *Bridging Scales and Knowledge Systems: Concepts and Applications in Ecosystem Assessment*, Island Press, Washington, 2006.

20 Desai, Pooran y Riddlestone, Sue, *op. cit.*, pág. 16.

21 Woolley, Tom y Kimming, Sam, *op. cit.*, pág. 14.

22 Clark, David H., *op. cit.*, pág. 186.

23 Lockwood, Charles, "Building Retro Fits", *Urban Land*, noviembre-diciembre de 2009, págs. 46-57.

24 Edwards, Brian, *op. cit.*, pág. 194.

nes de un edificio, al tiempo que recuerda que cada actualización proporciona una oportunidad para introducir mejoras ecológicas y medioambientales. La necesidad de centrarse en la actualización en el caso del parque de viviendas británico es abordada con detalle por Sofie Pelsmakers en *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>25</sup> en un apartado que incluye las medidas necesarias que hay que adoptar, mientras que en *Retrofit for Purpose*,<sup>26</sup> Greg Penoyre y Susan Prasad ilustran una combinación de pensamiento alternativo (como replantearse los modelos de trabajo) y soluciones prácticas de actualización. En *The Whole Building Handbook*,<sup>27</sup> Bokalders y Block aportan información sobre asesoría, aspectos funcionales, ciclos de mantenimiento y detalles sobre técnicas de reacondicionamiento de bajo consumo energético.

## 12 y 13. Longevidad y flexibilidad

En el libro de referencia *Strategies for Sustainable Architecture*,<sup>28</sup> Paola Sassi se apoya en casos de estudio para considerar el proyecto y la longevidad, y relaciona longevidad y flexibilidad. La autora muestra cómo proyectar un edificio para que sea flexible desde el punto de vista social (por ejemplo, para una familia que crece o decrece) o para que tenga en cuenta las nuevas tecnologías. En *The Whole Building Handbook*,<sup>29</sup> Bokalders y Block plantean que la flexibilidad puede suponer un derroche, y en *Environmental Design*,<sup>30</sup> Randall Thomas proporciona criterios para la longevidad de un edificio, entre los que se incluyen:

- Excelencia del proyecto, que logre el reconocimiento público y que haga que el edificio se mantenga.
- Materiales y soluciones de proyecto duraderos y de alta calidad, que reduzcan al máximo la necesidad de realizar intervenciones.

25 Pelsmakers, Sofie, *The Environmental Design Pocketbook*, RIBA Publishing, Londres, 2015, 2ª ed., capítulo octavo.

26 Penoyre, Greg y Prasad, Susan, *Retrofit for Purpose: Low Energy Renewal of Non-domestic Buildings*, RIBA Publishing, Londres, 2014.

27 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, capítulo 4.3, págs. 611-624.

28 Sassi, Paola, *Strategies for Sustainable Architecture*, Taylor & Francis, Nueva York, 2006, capítulo 4.1, págs. 154-155.

29 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, págs. 646-647.

30 Thomas, Randall, *Environmental Design, an Introduction for Architects and Engineers*, Taylor & Francis, Nueva York, 2006, pág. 72.

En la regla 19 y en el capítulo 5 de este volumen se incluyen más referencias relacionadas con este punto.

## 14, 15 y 16. CO<sub>2</sub>, combustibles fósiles y calentamiento global: la influencia de los edificios, las ciudades y las personas

La página web de la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA) recoge un resumen útil de la posición de CO<sub>2</sub> en un apartado sobre los gases de efecto invernadero. En *What Colour is Your Building?*,<sup>31</sup> Clark comenta la fuerte dependencia global de los combustibles fósiles para la producción de energía, y señala que las personas (los ocupantes) tienen una gran influencia sobre el rendimiento energético de los edificios. La estrategia más importante consiste en lograr un consumo energético reducido, y el autor hace referencia al factor humano en uno de sus diez pasos para un consumo energético reducido.<sup>32</sup> En *The Whole Building Handbook*,<sup>33</sup> Bokalders y Block explican que el consumo energético en una vivienda puede variar en  $\pm 50\%$  en función de las costumbres de sus ocupantes.

En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>34</sup> Pelsmakers proporciona una visión general clara de la relación entre la industria de la construcción, el CO<sub>2</sub>, el calentamiento global y el cambio climático. La autora recuerda que el 50 % del CO<sub>2</sub> procedente de las actividades humanas no es reabsorbido por los bosques y océanos. También aborda el principio de contracción y convergencia, un método equitativo de reducir las emisiones de carbono totales globales mediante la consideración de las emisiones per cápita por país.<sup>35</sup> Una aproximación más detallada, que tiene en cuenta el marco científico y legal, puede encontrarse en el capítulo primero de *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>36</sup> de Edwards, en una excelente explicación que incluye los retos específicos del entorno construido. La urbanización es la causa del incremento general de las emisiones de CO<sub>2</sub>,<sup>37</sup> y el autor recuerda que los hábitos de vida tienen un efecto significativo,

31 Clark, David H., *op. cit.*, pág. 12.

32 *Ibíd.*, págs. 180 y 85.

33 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, pág. 277.

34 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, sección 1.1.

35 *Ibíd.*, pág. 15.

36 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 3-27.

37 *Ibíd.*, pág. 9.

puesto que consumimos más y queremos más en nuestro impulso hacia una vida urbana.

## 17. Somos una especie urbana

En *Conservation and Sustainability in Historic Cities*,<sup>38</sup> Dennis Rodwell sostiene que el consumo y la degradación medioambientales se centran en la ciudad, y en su bien estructurado y firmemente argumentado *A Manifesto for Sustainable Cities*,<sup>39</sup> Jeremy Gaines recuerda que la sostenibilidad y el planeamiento urbanos tienen un fuerte vínculo debido a que, desde el año 2000, hay más gente que vive en las ciudades que en las zonas rurales, y esta tendencia hacia la urbanización va a mantenerse. En su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>40</sup> en un resumen conciso titulado “el problema de las ciudades”, Edwards identifica la naturaleza de las presiones a las que están sometidas las personas y el planeta en nuestras ciudades y megaciudades. En *What Colour is Your Building?*,<sup>41</sup> Clark describe el ciclo que relaciona las ciudades con el cambio climático: oscilaciones de la temperatura que provocan un incremento de calefacción y refrigeración, lo que requiere más energía y provoca un incremento del calentamiento y contribuye a un mayor cambio climático. En su completo ensayo sobre los éxitos medioambientales alcanzados en la ciudad australiana de Melbourne incluido en *Eco-Urbanity*,<sup>42</sup> Rob Adams replantea la relación entre la migración hacia la ciudad y los niveles de CO<sub>2</sub> de las ciudades haciendo referencia a la necesidad de un liderazgo urbano fuerte como herramienta clave para reducir las emisiones urbanas. También resalta como aspecto interesante los notables beneficios de soluciones relativamente sencillas: recurrir a fuentes de energía más ecológicas, optar por un alumbrado y equipos eléctricos de bajo consumo energético e introducir arbolado en las calles para crear sombra y reducir así el efecto isla de calor urbano.

## 18. Transporte: relación entre edificios, ciudades y cambio climático

La Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos afirma que el 95 % de la energía que se utiliza globalmente para el transpor-

38 Rodwell, Dennis, *Conservation and Sustainability in Historic Cities*, Blackwell, Oxford, 2007, pág. 112.

39 Gaines, Jeremy, *op. cit.*, pág. 16.

40 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 11-13.

41 Clark, David H., *op. cit.*, págs. 13-15.

42 Adams, Rob, en Radovic, Darko, *op. cit.*, págs. 33-46.

te proviene de combustibles fósiles, en su mayoría del petróleo, la gasolina o el gasóleo. Si los edificios son la fuente de casi la mitad de todos los gases de efecto invernadero causados por el hombre (GEI), Edwards recuerda, en su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>43</sup> que la mitad de las emisiones restantes proviene del transporte de personas y productos entre edificios. En *Sustainable Energy*,<sup>44</sup> David MacKay indica que, desde el punto de vista energético, el transporte público es entre cinco y diez veces más eficiente que el transporte privado en coche. En *Sustainable Urban Design*,<sup>45</sup> Adam Ritchie y Randall Thomas dedican un capítulo exhaustivo a problemas y soluciones, y concluyen que el objetivo debe consistir en reducir la necesidad de desplazarse mediante el uso de transporte público de bajas emisiones en ciudades de alta densidad y usos mixtos. En la introducción a este libro,<sup>46</sup> Ritchie afirma que la densidad, el transporte (o la manera en que nos movemos por la ciudad) y la energía están relacionados, y la energía per cápita disminuye con la densidad urbana. En *What Colour is Your Building?*,<sup>47</sup> Clark aborda un análisis más amplio de la energía del transporte, y por tanto, del carbono del transporte. A partir del caso práctico de una oficina fuera de la ciudad, el autor concluye que el carbono generado por el transporte puede ser superior al generado por el funcionamiento del edificio. En el capítulo noveno de su libro, Clark facilita soluciones prácticas para reducir la energía del transporte y aborda la reducción de emisiones que supone trabajar desde casa. Desde un punto de vista más amplio, en *Bioregional Solutions For Living on One Planet*,<sup>48</sup> Desai y Riddlstone llegan a la conclusión de que la edificación de viviendas eficientes desde el punto de vista energético tiene un valor limitado si se mantienen los desplazamientos en coche de la vivienda al trabajo. Ken Yeang y Lillian Woo definen el vehículo trihíbrido en *Dictionary of Ecodesign*.<sup>49</sup>

43 Edwards, Brian, *op. cit.*, pág. 7.

44 MacKay, David J. C., *Sustainable Energy: Without the Hot Air*, UIT, Cambridge, 2009, pág. 121.

45 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *Sustainable Urban Design: An Environmental Approach*, Taylor & Francis, Nueva York, 2009, págs. 21-30.

46 *Ibid.*, págs. 3-11.

47 Clark, David H., *op. cit.*, págs. 70-71.

48 Desai, Pooran y Riddlstone, Sue, *op. cit.*, pág. 23.

49 Yeang, Ken y Woo, Lillian, *Dictionary of Ecodesign: An Illustrated Reference*, Routledge, Abingdon, 2010, pág. 243.

La Agencia Europea del Medio Ambiente facilita datos sobre la energía y el carbono en *Energy Efficiency and Energy Consumption in the Transport Sector* de 2012.

## 19 y 20. Diseño adaptable y resiliente

La adaptabilidad es un atributo clave de la arquitectura sostenible, pero rara vez se observa en las obras construidas. Si la flexibilidad, el "ajuste holgado" de la regla 13, se refiere a la capacidad de realizar cambios a corto plazo en la envolvente y en las instalaciones, la adaptabilidad es la facilidad de acomodar cambios de mayor envergadura a largo plazo, como cambios de uso significativos o, incluso, de localización. Los dos términos se utilizan a menudo indistintamente en la arquitectura. Hoy en día, se habla más de adaptabilidad con relación al cambio climático, aunque existen otros factores.

La resiliencia al cambio climático de las ciudades y de sus infraestructuras (sistemas viarios, ferroviario y aeroportuario) es una cuestión que preocupa cada vez más a los gobiernos y a los operadores del sector privado, en particular el aumento del nivel del mar y las catástrofes meteorológicas. En el libro *City Design*,<sup>50</sup> además de un resumen claro de la historia del diseño urbano, Jonathan Barnett facilita una representación útil de los mecanismos y los impactos del cambio climático en las ciudades, en particular en las situadas en la costa.

Existe una relación entre adaptabilidad y resiliencia debido a que la resiliencia puede verse aunque no instrumentarse inicialmente, puesto que requiere una adaptabilidad en el futuro. En *Design for Climate Change*,<sup>51</sup> Bill Gething y Katie Puckett identifican en los siguientes apartados los problemas que rodean la construcción en entornos de cambio climático:

- Estabilidad estructural (y la vulnerabilidad propia de los edificios existentes).
- Impermeabilización, detalles y materiales.
- Obras.

50 Barnett, Jonathan, *City Design: Modernist, Traditional, Green and Systems Perspectives*, Routledge, Abingdon, 2011, capítulo 3.

51 Gething, Bill y Puckett, Katie, *Design for Climate Change*, RIBA Publishing, Londres, 2013, pág. 115.

En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>52</sup> Pelsmakers dedica un capítulo a las estrategias de proyecto para el cambio climático con listas de verificación útiles y una exposición sobre la importancia de las garantías de futuro de los edificios. Bjorn Berge aborda cuestiones relativas a problemas de durabilidad con relación al cambio climático en *The Ecology of Building Materials*,<sup>53</sup> y recuerda que en climas húmedos el deterioro se acelerará, mientras que en regiones más cálidas y secas se producirán tensiones térmicas y problemas de insectos. Por ello, la elección de los materiales de construcción tiene que adecuarse al clima y a la región. El foro global anual Ciudad Resilientes publica en las actas de sus congresos información sobre incidentes relacionados con el cambio climático, así como actuaciones logradas, además de los resultados de su foro sobre edificación y construcción.

## 21. ¿Desconectarse de la red de suministros?

Un capítulo de *A Country of Cities*,<sup>54</sup> de Vishaan Chakrabarti, se titula "Si amas la naturaleza, no la habites", y el autor afirma que la vida en la ciudad es más ecológica y sostenible que el estilo de vida suburbano. Vivir en la naturaleza no es una solución sostenible: requiere más recursos, consume más suelo y produce una huella de carbono mayor.<sup>55</sup> En *Bioregional Solutions For Living on One Planet*,<sup>56</sup> Desai y Riddlestone comentan que la autosuficiencia es un impedimento a la creación de especializaciones (como artesanos, artistas y científicos) en la sociedad. La noción de un estilo de vida desconectado de la red es, por consiguiente, controvertida. En la exploración sugerente y entretenida de su libro *How to Live Off-grid*,<sup>57</sup> Nick Rosen define una versión de la vida desconectada de la red y caracterizada por una desvinculación de la sociedad que va más allá de las cuestiones energéticas. El autor señala con razón que existen muchas otras motivaciones para un estilo de vida desconectado de la red, más allá de

la preocupación medioambiental, y se pregunta con perspicacia si una vida desconectada de la red no es más ética que lo contrario. El autor se esfuerza en encontrar personas desconectadas de la red en entornos urbanos. El Banco Mundial estimó en 2015 que el 20 % de la población mundial —es decir 1.100 millones de personas— vive sin electricidad en lugares que carecen de ella, principalmente en regiones en desarrollo.<sup>58</sup> En esos lugares cada vez hay más pruebas del uso creciente de energías renovables de pequeña escala. Es improbable que existan edificios desconectados de la red en entornos urbanos densos, puesto que no hay suficiente espacio disponible para la instalación de sistemas de energía solar o de producción de calor, ni de sistemas eólicos. Para más detalles y referencias relativas al estatus de las energías renovables en entornos urbanos, véanse las notas a pie de página de las reglas 26 a 32.

52 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 45-57.

53 Berge, Bjorn, *The Ecology of Building Materials*, Elsevier, Oxford, 1009, 2ª ed., capítulo 1.1.2, págs. 12-13.

54 Chakrabarti, Vishaan, *A Country of Cities: A Manifesto for Urban America*, Metropolis Books, Nueva York, 2013, pág. 78.

55 *Ibid.*, pág. 81.

56 Desai, Pooran y Riddlestone, Sue, *op. cit.*, pág. 75.

57 Rosen, Nick, *How to Live Off-grid*, Transworld Publishers, Londres, 2007, pág. 35.

58 Informe sobre energía del Banco Mundial, 16 de septiembre de 2015. [www.worldbank.org/en/topic/energy/overview#1](http://www.worldbank.org/en/topic/energy/overview#1).

## CAPÍTULO 2. RESPETAR LOS RECURSOS GLOBALES

### 22. La tierra es la fuente de todos los materiales de construcción

En su estudio *Green Architecture: Design for a Sustainable Future*,<sup>59</sup> Brenda y Robert Vale describen la relación entre los procesos de proyecto y de construcción, y la naturaleza finita de los recursos de la tierra, y recuerdan que "no existe un solo material de construcción que no proceda de la tierra". En *The Ecology of Building Materials*,<sup>60</sup> Berge indica las reservas en años de un gran número de recursos no renovables de la tierra; también recuerda que la industria de la construcción es el segundo gran consumidor de recursos después de la industria alimentaria. En un repaso de lo referido a la geología (y, sin duda, la geografía y la biología), el autor menciona el valioso volumen *Dorling Kindersley Visual Encyclopedia*.<sup>61</sup> Para aquellos que quieran ahondar en los aspectos geológicos de este tema, cabe señalar el instructivo texto *Engineering Morphology*,<sup>62</sup> que incluye excelentes ilustraciones y descripciones de la naturaleza y localización de los materiales y estructuras procedentes del subsuelo.

### 23. Economía de recursos

Berge facilita ejemplos de áreas en las que los proyectistas pueden economizar el uso de materiales en *The Ecology of Building Materials*:<sup>63</sup>

- Optimizar el diseño de edificios, incluido el tamaño, para reducir la cantidad de materiales necesarios.
- Utilizar celosías y materiales huecos antes que otros macizos y de grandes proporciones.
- Utilizar materiales ligeros antes que pesados (lo que, además, reduce la excavación y la cimentación).

59 Vale, Brenda y Robert, *Green Architecture: Design for a Sustainable Future*, Thames & Hudson, Londres, 1991, págs. 31-32.

60 Berge, Bjorn, *op. cit.*, primera parte.

61 *Dorling Kindersley Visual Encyclopedia*, Dorling Kindersley, Londres, 1996.

62 Fookes, P. G.; Lee, E. M. y Griffiths, J. S., *Engineering Morphology: Theory and Practice*, Whittles Publishing, Dunbeath, 2007, págs. 30-38.

63 Berge, Bjorn, *op. cit.*, págs. 8-10.

En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>64</sup> Pelsmakers señala que los elementos estructurales de un edificio son los más costosos y los que más carbono emiten, por lo que merecen una atención particular en la fase de proyecto. En *The Whole Building Handbook*,<sup>65</sup> Bokalders y Block señalan opciones para vigas ligeras, siendo la prefabricación y los elementos modulares dos métodos habituales para la optimización de recursos y la reducción de residuos. La página de internet de Waste & Resources Action Programme (WRAP) contiene mucha información útil y un plan de acción para la eficiencia de recursos en la industria de la construcción. En la regla 44 se recogen más comentarios sobre esta cuestión.

### 24 y 25. Energía incorporada

La energía incorporada describe la cantidad de energía consumida en la producción y el transporte de materiales. La energía y el carbón incorporados son dos términos que suelen utilizarse de forma habitual. La diferencia reside en que un material puede haber sido obtenido y producido mediante el uso de energías renovables (no basadas en el carbono), de modo que tiene la misma energía incorporada que el mismo material creado con energía derivada del carbón, pero una cantidad de carbono incorporado mucho menor. En *What Colour is Your Building?*,<sup>66</sup> Clark facilita una visión general excelente de lo que un proyectista necesita saber sobre el carbono incorporado y sobre la relación entre energía incorporada y carbono operacional. El autor afirma que en un edificio de oficinas más de la mitad del carbono incorporado está contenido en la estructura por encima y por debajo de la rasante. En *Green Architecture*,<sup>67</sup> Brenda y Robert Vale tratan de resolver las dificultades de calcular el contenido de energía de los materiales de construcción, algo problemático a día de hoy debido a la dificultad de definir qué hay que incluir. En *The Ecology of Building Materials*,<sup>68</sup> Berge proporciona una buena visión general de las cuestiones más pertinentes.

En uno de los manuales técnicos de la excelente serie que publica el gobierno australiano, *Yourhome*,<sup>69</sup> se indica que la cuantificación

64 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 196.

65 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, pág. 35.

66 Clark, David H., *op. cit.*, capítulo 3.

67 Vale, Brenda y Robert, *op. cit.*, pág. 41.

68 Berge, Bjorn, *op. cit.*, capítulo 1.2.

69 *Yourhome* (5.2. *Embodied Energy*), [www.yourhome.gov.au](http://www.yourhome.gov.au).

de energía incorporada es menos importante que la adopción de criterios de proyecto como la longevidad, durabilidad y adaptabilidad. El grupo asesor Greenspec sobre industria ecológica del Reino Unido ha desarrollado una tabla de la energía incorporada de los materiales de construcción más comunes; sin embargo, para el proyectista, la intensidad de la energía de todos los ensamblajes necesarios es, seguramente, una indicación más útil y, en el manual técnico de *Yourhome* pueden encontrarse algunos ejemplos australianos. En *Environmental Design*,<sup>70</sup> Thomas ofrece un gráfico del contenido aproximado de energía incorporada de los elementos de una vivienda unifamiliar aislada, siendo los valores del hormigón más elevados.

El gobierno australiano afirma que, en 100 años, la energía incorporada de una vivienda habitual representará el 10 % de la energía operacional.<sup>71</sup> Según el Departamento de Energía de Estados Unidos, este porcentaje es el 15 %. Puesto que los edificios tienen un aislamiento cada vez mayor y están mejor contruidos, siguiendo los principios del diseño pasivo, seguramente habrá que desviar la atención de la energía operacional a la energía incorporada.

La energía incorporada de los materiales de elevada masa térmica, como el hormigón o el ladrillo, es un tema que la bibliografía especializada aborda con frecuencia. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>72</sup> Pelsmakers estima que serían necesarios 25 años para que un edificio compense su energía incorporada en materiales de alta capacidad térmica a partir del ahorro energético relativo al funcionamiento del edificio. Sin embargo, la mayoría de los autores que han abordado esta temática señalan que existen ventajas en recurrir a materiales con masa térmica, incluido el confort térmico (derivado de la estabilización de la temperatura) y el ahorro de energía que las aportaciones solares facilitan. El ahorro de energía de funcionamiento que permite la reducción de pérdidas caloríficas será muy superior al de la energía incorporada de los materiales de aislamiento. En su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>73</sup> Edwards aborda la "energía residual", la energía que permanece en el material al final de la vida útil del edificio, que debería extraerse.

El Waste & Resources Action Programme facilita un documento informativo con datos comparativos de las emisiones de carbono de

diferentes medios de transporte, que demuestra que el transporte por carretera produce emisiones mucho mayores que el ferroviario, y que las de este último son superiores a las del transporte marítimo.

La energía incorporada recurrente es también un tema de estudio, en particular en las publicaciones relacionadas con las actualizaciones sostenibles de edificios. En *Sustainable Preservation*,<sup>74</sup> Jean Carroon y Richard Moe mencionan la elección de materiales duraderos como factor clave para la reducción del riesgo de tener que sustituir materiales, algo que supone un nuevo aporte de energía incorporada.

## 26 y 27. Arquitectura de bajo consumo energético y energías renovables

Existe abundante información sobre el diseño y funcionamiento de edificios de bajo consumo energético, incluido en *101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético*.<sup>75</sup> En *Sun, Wind and Light*,<sup>76</sup> de G. Z. Brown y Mark DeKay, pueden encontrarse estrategias de diseño detalladas, con excelentes ilustraciones. Como guía práctica adicional que incluye casos de estudio, cabe destacar la publicación de Alison Kwok y Walter Grondzik *The Green Studio Handbook*.<sup>77</sup> En *Passive Solar Architecture Pocket Reference*,<sup>78</sup> una edición con copiosas ilustraciones, Haggard y Bainbridge se centran en la arquitectura solar pasiva.

La energía procedente de fuentes renovables o de recursos con bajas emisiones de carbono se utiliza para la producción de calor y electricidad. En *The Whole Building Handbook*,<sup>79</sup> Bokalders y Block abordan la cuestión de la producción de electricidad en una sociedad sostenible, y señalan que su almacenaje en instalaciones de autoabastecimiento eléctrico constituye un impedimento para su

74 Carroon, Jean y Moe, Richard, *Sustainable Preservation: Greening Existing Buildings*, Wiley, Hoboken, 2010, pág. 8.

75 Heywood, Huw, *101 Rules of Thumb for Low Energy Architecture*, RIBA Publishing, Londres, 2012 (versión castellana: *101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2015).

76 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *Sun, Wind and Light: Architectural Design Strategies*, Wiley, Nueva York, 2001.

77 Kwok, Alison y Grondzik, Walter, *The Green Studio Handbook. Environmental Strategies for Schematic Design*, Architectural Press, Oxford, 2007.

78 Haggard, Ken y Bainbridge, David A., *op. cit.*

79 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 3.2.

70 Thomas, Randall, *op. cit.*, pág. 73.

71 *Yourhome*, *op. cit.*

72 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 174.

73 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 163-164.

normalización, si bien es cierto que, en algunos países, existen diferentes incentivos para la microproducción de electricidad, como puede ser los sistemas de balance cero. Pelsmakers facilita información detallada para la toma de decisiones y el proyecto en el ámbito de las energías renovables en *The Environmental Design Pocketbook*.<sup>80</sup> El Energy Saving Trust británico es un recurso excelente de internet, mientras que *Green Building Bible*,<sup>81</sup> de Keith Hall y Richard Nicholls, contiene una amplia sección dedicada a las energías renovables, útil como visión general técnica de las diferentes opciones.

## 28. Fuentes de energía renovables: el agua

La energía hidroeléctrica genera controversias debido a su impacto medioambiental, si bien permite la generación de grandes cantidades de electricidad. La energía undimotriz todavía se encuentra en sus primeros pasos, pero puede llegar a alcanzar una producción, desde el punto de vista global, similar a la de la energía hidráulica a gran escala. Las pequeñas instalaciones de energía hidroeléctrica suelen combinarse con otras de energía solar en muchos lugares donde no existe una red de distribución: entornos rurales y enclaves de montaña en invierno, donde el caudal de agua es elevado pero hay pocos días de sol. En *The Whole Building Handbook*,<sup>82</sup> Bokalders y Block abordan la temática en dos secciones diferentes, una dedicada a la energía hidroeléctrica (embalses y ríos) y una a la undimotriz. En la primera se consideran microcentrales hidroeléctricas tanto grandes como pequeñas. En *The Environmental Design Pocketbook* se puede encontrar información adicional más detallada, de utilidad para el proyectista, con esquemas sobre los requisitos de carga hidráulica y de espacio necesario para albergar turbinas (de 9 a 18 m<sup>2</sup>).<sup>83</sup> En *Going with the Flow*,<sup>84</sup> Billy Langley y Dan Curtis facilitan abundantes detalles prácticos y datos extraídos de casos de estudio como apoyo al proyecto, además de una fascinante historia de las microcentrales hidroeléctricas y un útil glosario de términos.

80 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, capítulo 12.

81 Hall, Keith y Nicholls, Richard, *The Green Building Bible* (vol. 2), Green Building Press, Llandysul, 2006, capítulo 2.

82 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 3.2.

83 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 392-394.

84 Langley, Billy y Curtis, Dan, *Going with the Flow: Small Scale Water Power*, CAT Publications, Machynlleth, 2004.

## 29. Fuentes de energía renovables: el viento

La costa, los lagos y las montañas son los lugares habituales donde instalar plantas para la producción de energía eólica que a menudo acarrearán muchas controversias. La guía *Small-scale Wind Energy*<sup>85</sup> contiene buenas ilustraciones e identifica las mejores condiciones y localizaciones para la instalación de turbinas eólicas, tanto sobre edificios como en el territorio. El Energy Saving Trust recomienda efectuar mediciones de la velocidad del viento real a lo largo de un año como paso previo a la decisión de instalar una planta de microgeneración, y la asociación de comercio Renewable UK, en su guía para consumidores *Generating Your Own Power*, facilita datos de producción que indican que una microturbina de 1,5 kW puede producir 1.000 kWh/año. En el informe *Energy Consumption in the UK*<sup>86</sup> se afirma que el consumo habitual por vivienda en el Reino Unido es de 4.200 kWh. En la página de internet World Energy Council pueden encontrarse indicadores comparados de consumo global.<sup>87</sup> Existen numerosas opiniones contrarias al uso de la energía eólica a pequeña escala, pues esta solo es rentable en grandes parques eólicos y programas de inversión comunitarios. Al ser necesario un gran despliegue de turbinas, que requiere extensas superficies de terreno, el uso de energía eólica no suele recomendarse para entornos urbanos.

## 30. Fuentes de energía renovables: el sol

En *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>88</sup> Edwards facilita una visión ponderada de las últimas tecnologías fotovoltaicas y recomienda el uso comunitario de colectores solares para calentar grandes volúmenes de agua que permiten satisfacer las necesidades de calefacción en invierno. Recuerda que, hoy en día, el coste de la electricidad solar es superior al derivado de combustibles fósiles y que existen dudas respecto a la durabilidad de los paneles solares. La electricidad de origen solar, al igual que la del viento, puede ser intermitente. En *The*

85 Carbon Trust Guide, *Small-scale Wind Energy: Policy Insights and Practical Guidance*, 2008. [www.carbontrust.com/media/772481/ctc738\\_small-scale\\_wind\\_energy.pdf](http://www.carbontrust.com/media/772481/ctc738_small-scale_wind_energy.pdf), pág. 23.

86 Departamento de Energía y Cambio Climático británico, *Energy Consumption in the UK*, 2014. [data.gov.uk/dataset/energy\\_consumption\\_in\\_the\\_uk](http://data.gov.uk/dataset/energy_consumption_in_the_uk).

87 World Energy Council, *Energy Efficiency Indicators Database*, abril de 2015. [www.wec-indicators.enerdata.eu](http://www.wec-indicators.enerdata.eu).

88 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 122-131.

*Whole Building Handbook*,<sup>89</sup> Bokalders y Block facilitan información general sobre aspectos científicos y prácticos de diferentes tipos de células solares (también conocidas como fotovoltaicas). En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>90</sup> Pelsmakers introduce los colectores híbridos (solares y fotovoltaicos), relativamente recientes, que generan tanto calor como electricidad.

En un artículo incluido en el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas *Towards Sustainable Production and Use of Resources*,<sup>91</sup> varios autores confirman que el aumento de la población conduce a un crecimiento significativo del consumo de suelo para el desarrollo de cultivos, y que cualquier cultivo destinado a biocombustibles supondría un nuevo incremento. El informe también habla del agua, y comenta que la agricultura global es responsable, en estos momentos, del 70 % del consumo de agua potable, y que el desarrollo de cultivos destinados a biocombustible incrementaría esta cifra. Es clave entender que las cuestiones relativas al ecologismo y el consumo de suelo deben abordarse desde una valoración del ciclo de vida.

### 31 y 32. Ciudades y fuentes de energía eficientes de bajo consumo de carbono

En *The Green Building Bible*,<sup>92</sup> Hall y Nicholls describen las energías renovables disponibles en un informe eficaz con datos básicos relativos al dimensionado de instalaciones. En *What Colour is Your Building?*,<sup>93</sup> Clark facilita una excelente valoración de las opciones disponibles para energías renovables y de bajo consumo de carbono (calefacción y electricidad). A pesar de que Clark se centra en fuentes de energía para edificios no residenciales, los principios y las temáticas que plantea pueden resultar interesantes para otras áreas. Para cada fuente energética se facilitan datos de dimensionado de instalaciones. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>94</sup> Pelsmakers aborda la relación entre el coste y el rendimiento de diferentes fuentes energéticas, y proporciona herramientas de cálculo y listas

89 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 3.2.4.

90 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 408-409.

91 Stefan Bringezu et al., en AA VV, *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*, ONU, Nairobi, 2009, pág. 13.

92 Hall, Keith y Nicholls, Richard, *op. cit.*, capítulo 2.

93 Clark, David H., *op. cit.*, capítulo 7.

94 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, apartado 11.4.

de verificaciones de utilidad para el proyectista a la hora de decidir la viabilidad de las diferentes opciones.<sup>95</sup>

El calor generado por las centrales eléctricas no suele tomarse en cuenta, pero puede aprovecharse. En la ciudad de Oslo existe una planta de generación de energía a partir de residuos que incinera los residuos de la ciudad y calienta los edificios públicos con el agua sobrecalentada resultante. La demanda supera la producción, por lo que la capital noruega, irónicamente, importa residuos de otros países. Una alternativa consiste en obtener energía de terrenos de relleno, si bien existe un debate en torno a las ventajas e inconvenientes medioambientales y económicos de estas alternativas. El informe del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales británico, *Energy from Waste*,<sup>96</sup> es muy esclarecedor y afirma que la generación de energía a partir de residuos es mejor opción que hacerlo a partir de los terrenos de relleno desde el punto de vista medioambiental y económico, siempre que la planta sea eficiente, que la clasificación de los residuos sea correcta y que haya suficiente disponibilidad de residuos. En *The Whole Building Handbook*,<sup>97</sup> Bokalders y Block abordan los residuos de procedencia humana, clasifican los tipos y técnicas de eliminación, y explican los principios de incineración con recuperación de energía.

Existe un amplio consenso en la bibliografía especializada sobre muchas de las cuestiones clave actuales, que pueden resumirse del siguiente modo:

- Reducir el consumo energético es una prioridad.
- Las fuentes de energía renovables son difíciles de usar en las ciudades.
- La inversión en sistemas autónomos de uso comunitario, en especial eólicos y de cogeneración, es la mejor alternativa.
- La energía eólica solo es efectiva a gran escala, no en las ciudades.
- La biomasa compite con la producción de alimentos.
- La energía solar y térmica es, en general, más rentable que las placas fotovoltaicas.

95 *Ibid.*, capítulo 12.

96 Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales británico, *Energy from Waste: A Guide to the Debate*, 2014. [www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf](http://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf), págs. 20-23.

97 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, págs. 345-351.

### 33, 34 y 35. Elegir materiales sostenibles

#### **Materiales sostenibles en general**

No existe una única metodología de fácil utilización para la elección de materiales sostenibles. En *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>98</sup> Edwards aborda los factores que afectan a la elección de materiales sostenibles, incluido el rendimiento, disponibilidad, energía incorporada y la posibilidad de reutilización. En *The Whole Building Handbook*,<sup>99</sup> Bokalders y Block dedican un apartado excelente a los criterios para la elección de materiales, incluidas tablas útiles sobre los elementos constructivos que agrupan las opciones según si son “recomendables”, “aceptables” o “no aconsejables”. Los autores tienen en cuenta dos factores que consideran clave: la salud de los ocupantes (relacionada con la composición química y las emisiones) y el perfil ecológico a largo plazo de los materiales. También se aborda el etiquetado medioambiental de materiales de construcción.<sup>100</sup> En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>101</sup> Pelsmakers incluye una lista de verificación sobre especificaciones de materiales sostenibles. En *The Barefoot Architect*,<sup>102</sup> Johan Van Lengen también proporciona listas de verificación, centradas en opciones prácticas para lugares con acceso limitado a materiales y recursos humanos.

#### **Materiales renovables y abundantes**

En *The Ecology of Building Materials*,<sup>103</sup> Berge confirma que se suele aludir a materiales renovables en referencia a materiales orgánicos, incluida la madera y las fibras. Muchos minerales, aun sin ser estrictamente renovables, no tendrán problemas de suministro en el futuro, como la piedra, la tierra, algunas arcillas y la grava. En su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>104</sup> Edwards añade los agregados y las maderas blandas a esta lista, y recomienda encarecidamente el uso de estos materiales en lugar de los metales, los plásticos y las maderas duras.

98 Edwards, Brian, *op. cit.*, capítulo 6.

99 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 1.

100 *Ibíd.*, pág. 8.

101 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 196-197.

102 Van Lengen, Johan, *The Barefoot Architect*, Shelter Publications, Bolinas, 2008, págs. 296-297.

103 Berge, Bjorn, *op. cit.*, capítulo 1.1.

104 Edwards, Brian, *op. cit.*, pág. 165.

#### **Materiales bajos en carbono, recuperados, reutilizados y reciclados**

En *What Colour is Your Building?*,<sup>105</sup> Clark recuerda que los metales y el hormigón tienen una huella de carbono similar, y que deberíamos utilizar acero reutilizado y controlar la mezcla de componentes del hormigón para reducir su contenido en carbono. El libro incluye un apartado muy útil, el capítulo 8, sobre materiales de construcción, con alternativas para reducir el carbón incorporado del acero, el hormigón, la madera, el ladrillo y las ventanas, entre otros. El autor afirma que la reducción del contenido de cemento pórtland es clave para disminuir el carbono incorporado, y que la reutilización del acero reduce un 96 % el impacto medioambiental.<sup>106</sup> También se facilitan alternativas al uso del ladrillo y los bloques de hormigón, y maneras de reducir el carbono incorporado de la fábrica de ladrillo.<sup>107</sup> El Waste & Resources Action Programme contiene un artículo muy claro y ameno sobre materiales alternativos de bajo carbono y que clientes y proyectistas de la Europa continental deberían solicitar una Declaración Ambiental Certificada para fomentar la reducción de carbono por parte de los suministradores. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>108</sup> Pelsmakers detalla las decisiones y requisitos de los materiales de construcción reutilizados y reciclados, y facilita dónde encontrarlos en el Reino Unido.

### 36. Materiales locales y globales

En *The Ecology of Building Materials*,<sup>109</sup> Berge refiere que el transporte marítimo de bloques de hormigón de Noruega a Corea del Sur requiere una energía tres veces superior a su energía incorporada inicial, lo que confirma la conveniencia del suministro local de materiales pesados. Edwards recomienda que la distancia de suministro de materiales pesados (como piedra, agregados y ladrillos) no supere los 10 km, y según él, una combinación de materiales y componentes de procedencia internacional, especializados y ligeros, y materiales pesados de origen local constituye la base de una nueva arquitectura.<sup>110</sup> En

105 Clark, David H., *op. cit.*, pág. 210.

106 *Ibíd.*, págs. 187 y 194.

107 *Ibíd.*, págs. 197 y 198.

108 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 205-207.

109 Berge, Bjorn, *op. cit.*, pág. 20.

110 Edwards, Brian, *op. cit.*, pág. 162.

*Eco-minimalism*,<sup>111</sup> Howard Liddell pone en duda cuestiones que suelen darse por sentadas relativas a los materiales locales, y recuerda que cada material, así como su aplicación, debe considerarse en función de sus méritos propios, pues podrían prevalecer otras opciones alternativas sobre las consideraciones relativas al transporte y el carbono. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>112</sup> Pelsmakers comenta convenientemente que se puede justificar el suministro de materiales para reutilizar y materias primas ligeras desde cierta distancia, siempre que esta no supere los 100 km. La autora recuerda que deben comprobarse las credenciales medioambientales, incluso para materiales locales, y facilita una excelente lista de verificaciones.<sup>113</sup>

### 37. Materiales adecuados y duraderos

En una visión general muy acertada sobre cuestiones de durabilidad, en *The Ecology of Building Materials*,<sup>114</sup> Berge aborda la durabilidad con relación a la calidad de los materiales, y recalca la importancia de utilizar la calidad de materiales adecuada en el lugar adecuado. *The Whole Building Handbook*,<sup>115</sup> de Bokalders y Block, se organiza de manera que el asesoramiento sobre materiales permita al proyectista encontrar los materiales adecuados para elementos particulares del proyecto. Se aborda con detalle la humedad, con indicación de las causas y las soluciones, y los autores afirman que el 90 % de estos problemas, que afectan a la salud de las personas y los edificios, se deben a defectos de la construcción. También se ocupan del comportamiento frente a la humedad de los materiales y de la filtración de humedad.<sup>116</sup>

En *Materials for Architectural Design 2*,<sup>117</sup> de Victoria Ballard Bell y Patrick Rand, puede encontrarse una visión general de las propiedades básicas, incluido el comportamiento ante a la intemperie, de algunos de los materiales más corrientes en la construcción. El libro

111 Liddell, Howard, *Eco-minimalism: The Antidote to Eco-bling*, RIBA, Londres, 2013, 2ª ed., pág. 91.

112 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 204.

113 *Ibid.*, págs. 196-197.

114 Berge, Bjorn, *op. cit.*, págs. 10-13.

115 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 1.1.3.

116 *Ibid.*, págs. 174-177 y 104-106.

117 Ballard Bell, Victoria y Rand, Patrick, *Materials for Architectural Design 2*, Laurence King, Londres, 2014.

está muy bien ilustrado con casos de estudio globales, y los autores introducen la sección dedicada a cada material con los diferentes factores que tener en cuenta. En *Positive Development*,<sup>118</sup> Birkeland recuerda que los materiales duraderos no renovables e inorgánicos pueden asociarse con energías incorporadas altas y con la generación de residuos, y que, tras su extracción, la tierra tarda en recuperarse.

### 38 y 39. Consumo y conservación del agua, reciclaje de aguas grises y recuperación de aguas de lluvia

#### *Conservación del agua y aguas grises*

En *Strategies for Sustainable Architecture*,<sup>119</sup> Sassi proporciona una excelente visión general de la presión creciente sobre las reservas globales de agua, así como de las estrategias prácticas para su conservación y reutilización. El objetivo clave es la reducción de la demanda. Según Sassi, un sistema de reciclaje doméstico de aguas grises con un depósito de acumulación de 120 l podría ahorrar entre un 25 y un 30 % del agua que utiliza una familia de cuatro miembros. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>120</sup> de Pelsmakers, se pueden encontrar detalles para el dimensionado de instalaciones de reciclaje de aguas grises, y la autora insiste en que el reciclaje de aguas grises podría producir un aumento de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> y en que los electrodomésticos eficaces en el ahorro de agua pueden tener fuerte repercusión en la eficiencia energética global. La elección de los electrodomésticos y el cambio de hábitos pueden traducirse en un ahorro energético significativo. Es necesario que los proyectistas y los responsables de las certificaciones sean conscientes de que algunos electrodomésticos que gozan de una alta certificación energética no son eficientes en el consumo de agua, por lo hay que tener en cuenta ambas cuestiones y dimensionar los electrodomésticos según las necesidades del usuario. En la página de internet Waterwise se pueden encontrar consejos prácticos para la reducción del consumo de agua doméstico. En *The Whole Building Handbook*,<sup>121</sup> Bokalders y Block describen la recuperación de energía a partir de

118 Birkeland, Janis, *op. cit.*, pág. 104.

119 Sassi, Paola, *op. cit.*, capítulo 6.

120 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 133-138.

121 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, pág. 21.

aguas residuales mediante el uso de un sencillo intercambiador de calor, y abordan también la conservación del agua.<sup>122</sup>

La Agencia Medioambiental británica indica que el consumo doméstico medio de agua es de 163 l por persona y día. En la página de internet Data 360 pueden encontrarse datos basados en las cifras de Naciones Unidas de consumo de agua de diferentes países. El consumo en Estados Unidos es de 575 l por persona y día, en Australia 500 y en China 86. Entre el 50 y el 70 % del consumo de Estados Unidos y Australia se destina al exterior de la vivienda, mientras que en el Reino Unido, según indica Sassi en *Strategies for Sustainable Architecture*,<sup>123</sup> casi toda el agua se consume en el interior de la vivienda. En la página web Wateraid pueden encontrarse datos y cifras relativos a la crisis global del agua.

#### **Agua incorporada**

En *Eco-minimalism*,<sup>124</sup> Liddell aborda el "agua incorporada", y toma como ejemplo la gran cantidad de agua incorporada del papel (100 veces superior a la cantidad de agua necesaria para la producción maderera y 50 veces la del acero).

#### **Recogida de agua de lluvia**

En *Passive Solar Architecture Pocket Reference*,<sup>125</sup> Haggard y Bainbridge facilitan una guía práctica de la recuperación de agua de lluvia de tormentas, gestión de sequías y recogida de agua. Los autores proporcionan la siguiente ecuación relativa a la recolección de agua de lluvia:

Recuperación de agua (m<sup>3</sup>) = Superficie de recogida (m<sup>2</sup>) × precipitaciones anuales (mm) × coeficiente de escorrentía (0,8)

En *Sustainable Urban Design*,<sup>126</sup> Ritchie y Thomas consideran las ventajas de un sistema vecinal de recogida de agua y recuerdan que debe tenerse en cuenta la contaminación del agua de lluvia, ya sea esta atmosférica o de otro tipo. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>127</sup> Pelsmakers facilita información detallada sobre ins-

talaciones de recogida de agua así como los datos necesarios para su dimensionado. En *The Green Studio Handbook*,<sup>128</sup> Kwok y Grondzik proporcionan un gráfico que permite estimar la cuenca de captación de recogida de agua con un caso práctico. El uso de agua de lluvia podría ser más apropiado en edificios comerciales, que requieren más agua para inodoros que los usos domésticos, y que disponen de una superficie de azotea mayor para la recogida de agua. Es necesario el estudio del tiempo de amortización en cada uno de los sistemas.

#### **40. Drenaje sostenible**

En las instalaciones urbanas de drenaje sostenible, a menudo se integra una combinación de elementos de recogida de agua de lluvia del paisaje (como paulares, canales, estanques, depósitos de retención, cañaverales, azoteas vegetales y jardines de lluvia). Uno de los objetivos clave de este tipo de sistemas de drenaje es ralentizar la escorrentía del agua para permitir que esta se reincorpore al ciclo hidrológico y aligere la presión de los colectores del alcantarillado que suelen utilizarse para el transporte de agua en superficie. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>129</sup> Pelsmakers describe e ilustra este tipo de sistemas. En *The Whole Building Handbook*,<sup>130</sup> Bolkalders y Block facilitan información adicional muy bien ilustrada sobre hidrología, propuestas de diseño detalladas para superficies de drenaje y consejos para la gestión de la nieve.

#### **41. Utilizar solares en desuso, no terrenos sin urbanizar**

En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>131</sup> Pelsmakers señala la siguiente paradoja: en un terreno en desuso puede haberse desarrollado una gran biodiversidad, a pesar de estar desocupado y de haber albergado un uso en el pasado. Uno de los criterios que sostiene Williams en *Sustainable Design*<sup>132</sup> es que los lugares en los que se debe edificar son aquellos que están en desuso en entornos urbanos, a la vez que reconoce que ese tipo de solares debe ser objeto de lim-

122 Ibid., pág. 227.

123 Sassi, Paola, op. cit., pág. 258.

124 Liddell, Howard, op. cit., pág. 53.

125 Haggard, Ken y Bainbridge, David A., op. cit.

126 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), op. cit., págs. 80-85.

127 Pelsmakers, Sofie, op. cit., apartado 5.6.

128 Kwok, Alison y Grondzik, Walter, op. cit., págs. 245-246.

129 Pelsmakers, Sofie, op. cit., págs. 124-126.

130 Bolkalders, Varis y Block, Maria, op. cit., apartado 4.1.2.

131 Pelsmakers, Sofie, op. cit., pág. 62.

132 Williams, Daniel E., op. cit., pág. 20.

pieza. En su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>133</sup> Edwards añade que, para volver a poner en uso el 20 % de los espacios urbanos abandonados, es necesario un esfuerzo plural de los sectores privados y públicos. Las ventajas del uso de solares abandonados se recogen en el libro de Sassi, *Strategies for Sustainable Architecture*,<sup>134</sup> junto a una llamada de atención sobre la importancia de la gestión de la limpieza. En *The Whole Building Handbook*,<sup>135</sup> Bokalders y Block facilitan una descripción de los complejos y costosos métodos utilizados en la recuperación de solares abandonados, y recuerdan que existen tres aproximaciones básicas relativas a los suelos contaminados:

- Extraerlos y llevarlos a un vertedero.
- Limpiarlos in situ.
- Extraerlos, eliminar la contaminación y volverlos a colocar.

En *Continuous Productive Urban Landscapes*,<sup>136</sup> André Viljoen afirma que los solares abandonados son adecuados para la agricultura.

## 42. Eliminar los residuos de la construcción

En *Sustainable Urban Design*,<sup>137</sup> Ritchie y Thomas definen el problema: nos hemos acostumbrado a una cadena de actividades casi invisible, pero el proceso sostenible sería cíclico, con recursos que se devuelven a las diferentes fases de construcción de otros proyectos. Edwards considera el modo de proyectar pensando en la reducción de residuos en su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>138</sup> e insiste en que hay que asegurarse de que los residuos se eliminan en la fase de proyecto, que se incluye en las especificaciones el mayor porcentaje posible de contenido reciclable en materiales y componentes, así como de materiales reutilizados siempre que sea posible, y que se proyecta para un desmontaje posterior fácil. En una comunicación publicada en *Strategies for Reducing Construction Waste to Landfill*

133 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 179-181.

134 Sassi, Paola, *op. cit.*, apartado 1.1, tabla 1.1.3, pág. 17.

135 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, pág. 517.

136 Viljoen, André (ed.), *Continuous Productive Urban Landscapes: Designing Urban Agriculture for Sustainable Cities*, Architectural Press, Oxford, 2005, pág. xix.

137 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, capítulo 9.

138 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 172-174.

in the UK,<sup>139</sup> el Instituto Real Británico de Proveedores Certificados recoge dos hallazgos clave:

- Un tercio de los residuos de construcción que van a vertederos se origina en decisiones de los arquitectos.
- La mayor fuente de residuos producida por los constructores sigue proviniendo de almacenaje y manipulación de materiales deficientes.

La página de internet de Waste & Resources Action Programme (WRAP) está bien organizada y contiene secciones útiles sobre prevención y reducción de residuos. En *The Whole Building Handbook*,<sup>140</sup> Bokalders y Block urgen a que se compruebe que los distribuidores recuperan el empaquetado de los materiales a lo largo de la etapa de transporte de los materiales, y en *Positive Development*<sup>141</sup> Birkeland lanza un reto al enfoque tradicional sobre los residuos, desde un punto de vista holístico y ecologista.

## 43. Pensar “de atrás adelante”

Michael Braungart y William McDonough fueron los primeros en proponer una nueva manera de pensar sobre los procesos de proyecto en su influyente libro *Cradle to cradle (de la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas*.<sup>142</sup> Su idea, referida al proyecto; la construcción y el derribo de edificios, consiste en que los edificios (y todo producto manufacturado), al final de su vida útil, deberían ser capaces de separarse en elementos útiles y recursos, sin pérdidas ni generación de residuos, gracias a un buen proyecto. Edwards explica con cierto detalle los procesos de lo que, a menudo, se denomina Gestión de Ciclo de Vida (ACV) en su *Guía básica de la sostenibilidad*.<sup>143</sup> Teniendo en cuenta todos los flujos en la vida útil de materiales, energía y residuos, podemos determinar y mitigar el

139 Instituto Real Británico de Proveedores Certificados (RICS), *Strategies for Reducing Construction Waste to Landfill in the UK*, 2012.

140 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, pág. 6.

141 Birkeland, Janis, *op. cit.*, capítulo 4.

142 Braungart, Michael y McDonough, William, *Cradle to Cradle: Remaking the Way we Make Things*, Vintage, Londres, 2009 (versión castellana: *Cradle to cradle (de la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas*, McGraw-Hill, Madrid, 2005).

143 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 65-70.

impacto medioambiental desde el primer momento. El futuro del diseño sostenible está vinculado a las técnicas BIM, gracias a las cuales se pueden analizar fácilmente las complejidades del establecimiento conjunto, ensamblaje y desmontaje de los componentes y sus materiales, y un buen proyecto puede anticipar una deconstrucción y reutilización planificadas.

#### 44. Las cuatro “erres”

En *Eco-minimalism*,<sup>144</sup> Liddell afirma, pura y simplemente, que el reciclaje es el último recurso. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>145</sup> Pelsmakers facilita un resumen conciso con recomendaciones sobre los materiales de construcción y su idoneidad para la recuperación y el reciclaje, e incluye, en la misma sección, una lista de verificaciones sobre “proyectar para deconstruir”. La idea de la deconstrucción va ganando terreno, en cuanto que es un tema en estrecha relación con una aproximación al proyecto, construcción, desmontaje y reutilización de edificios y componentes basada en la idea del ciclo de vida. La reutilización (más que el reciclaje) de ladrillos y otros materiales de construcción es el tema que aborda *Green Building Handbook*,<sup>146</sup> de Woolley y Kimming, donde se nos recuerda que la energía almacenada en un ladrillo queda retenida si este se reutiliza, pero se pierde si se machaca para utilizarse como base de cascotes.

En *The Ecology of Building Materials*,<sup>147</sup> Berge aborda la reducción del uso de recursos y el reciclaje de residuos de la construcción. El autor escribe sobre las ventajas de componentes estándares, realizados a partir de un único material, a la hora de reutilizarlos y de reducir la producción de residuos, así como de las posibilidades de desmontar los elementos en las diferentes “capas” de instalaciones, estructura y piel, que requieren ser renovadas en diferentes momentos de la vida útil de un edificio. En *Planning for Sustainability*,<sup>148</sup> el urbanista Stephen Wheeler propone aún más “erres”: readaptar, repensar, resistir, redistribuir, además de investigar.

144 Liddell, Howard, *op. cit.*, págs. 39-40.

145 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 204-209.

146 Woolley, Tom y Kimming, Sam, *op. cit.*, pág. 59.

147 Berge, Bjorn, *op. cit.*, sección 1.1, págs. 16-17.

148 Wheeler, Stephen M., *op. cit.*, pág. 121.

### CAPÍTULO 3. TRABAJAR EN ARMONÍA CON LA NATURALEZA

#### 45 y 46. Ecosistemas y biodiversidad

La Asamblea General de la ONU declaró la década de 2010-2020 como la Década de la Biodiversidad, invocando una era de esfuerzos internacionales para enfrentarse a la desaparición de especies y el deterioro del medio ambiente. Recientemente, el secretariado del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) lamentó el desconocimiento general del significado de la biodiversidad, en parte debido a que el lenguaje que se utiliza para su descripción (incluso por parte del propio CDB) resulta ininteligible. Esta temática, vasta y compleja, se está haciendo más transparente. En *Biodiversity: a Beginner's Guide*,<sup>149</sup> el biólogo John Spicer destila con claridad la miríada de definiciones del término diversidad cuando se refiere a “la variedad de la vida”. La biodiversidad (diversidad biológica) también se describe como un reflejo del número y variedad de organismos vivos en un ecosistema. EL CDB recoge en su página web amplísimos recursos de información sobre biodiversidad y ecosistemas. La pérdida de biodiversidad está bien explicada en un folleto publicado por el CDB bajo el título *Sustaining Life on Earth*.<sup>150</sup> Queda clara la importancia del conocimiento y las prácticas tradicionales, sigue siendo cierto que las poblaciones indígenas comprenden la biodiversidad y dependen en gran medida de ella. Los “bienes y servicios” que proporcionan los ecosistemas se recogen en la ficha técnica *Living in Harmony with Nature*,<sup>151</sup> e incluyen: proporcionar alimento, combustible y fibras, y suministro de materiales para protegerse y construir.

149 Spicer, John I., *Biodiversity: A Beginner's Guide*, Oneworld Publications, Oxford, 2006, pág. 2.

150 Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de Naciones Unidas, *Sustaining Life on Earth*, 2000. [www.cbd.int/doc/publications/cbd-sustain-en.pdf](http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-sustain-en.pdf), págs. 5-6 y 15.

151 Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de Naciones Unidas, Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020 y las metas de Aichi: ‘Living in Harmony with Nature’, 2010. [www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-EN.pdf](http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-EN.pdf), pág. 2.

Los ecosistemas de la Tierra existen en el seno de la ecosfera y, según los geocientíficos, los campos que se pueden identificar mejor son:

- La atmósfera, la capa gaseosa.
- La biosfera, toda la vida sobre la Tierra.
- La hidrosfera, toda el agua.
- La geosfera, la materia sólida de la Tierra.

Biodiversidad significa especies, ecosistemas y diversidad genética, y no hay duda de que los ecosistemas de los que dependemos se sustentan en la biodiversidad. En "The Functions of Biological Diversity in an Age of Extinction",<sup>152</sup> se examina el estado de la cuestión en su complejo campo, que intenta entender las relaciones entre biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema. En *Sustainable Urban Design*,<sup>153</sup> Christina von Borcke aborda la importancia de la diversidad de las especies vegetales, que atraen la fauna, y recuerda que deberíamos aspirar a crear hábitats variados en edificios y ciudades, tanto en su interior como entre ellos. A menudo, las especies locales nativas atraen con mayor éxito la fauna y son más resilientes a las condiciones del clima locales. Muchos autores abordan la importancia de la conectividad entre hábitats, como el estudio de Anne Beer y Catherine Higgins, *Environmental Site Planning for Site Development*,<sup>154</sup> en el que consideran el uso de elementos existentes como corredores fluviales. Las autoras explican que a través de mejoras en espacios verdes de recreo puede realizarse la biodiversidad. Los corredores biológicos se describen en el excelente manual técnico *Designing for Biodiversity*,<sup>155</sup> que, además, incluye un útil glosario. En el trabajo pionero de Richard Forman, *Urban Ecology*,<sup>156</sup>

152 Naeem, S.; Duffy, J. E. y Zavaleta, E., "The Functions of Biological Diversity in an Age of Extinction", *Science*, vol. 336, núm. 6087, 15 de junio de 2012, págs. 1401-1406. [www.sciencemag.org/content/336/6087/1401.short](http://www.sciencemag.org/content/336/6087/1401.short).

153 Von Borcke, Christina, en Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, págs. 34-36.

154 Beer, Anne R. y Higgins, Catherine, *Environmental Site Planning for Site Development: A Manual for Sustainable Local Planning and Design*, Spon, Londres, 2000, pág. 297.

155 Gunnell, K.; Murphy, B. y Williams, C., *Designing for Biodiversity: A Technical Guide for New and Existing Buildings*, RIBA Publishing, Londres, 2013, 2ª ed., pág. 28.

156 Forman, Richard T. T., *Urban Ecology: Science of Cities*, Cambridge University Press, Cambridge, 2014, capítulo 3.

puede encontrarse una consideración detallada de los movimientos de los animales y plantas en áreas urbanas desde el punto de vista de la ecología.

#### 47. La naturaleza no produce residuos

En el capítulo cuarto de la obra de referencia *Cradle to Cradle*,<sup>157</sup> Braungart y McDonough proponen que el concepto mismo de residuo se piense a partir de los procesos industriales, considerándose los productos derivados de una industria como materias primas de otra, de manera mimética a la naturaleza. Este tipo de pensamiento, que a menudo se denomina soluciones *cradle to cradle*, constituye el mensaje principal de Desai y Riddlestone en *Bioregional Solutions For Living on One Planet*,<sup>158</sup> en cuyo capítulo primero plantean la temática e introducen algunas innovaciones que resultan estimulantes y que se detallan más adelante en el libro. La idea de residuo como recurso suele describirse como un principio de la biomimética (véase la regla 52).

#### 48. Los ecosistemas regulan el clima mundial

Los ecosistemas regulan el clima de la Tierra de forma física. El Biodiversity Information System for Europe (BISE) afirma que la regulación del clima es uno de los servicios relativos al ecosistema más importantes, ya que los ecosistemas terrestres —incluidos los bosques caducifolios, la taiga (bosque de coníferas), las praderas, el desierto y las zonas de turberas— proporcionan un sumidero de carbono que puede absorber hasta un 12 % de las emisiones antropogénicas de Europa. El artículo "The Carbon Cycle",<sup>159</sup> de Holli Riebeek, explica con claridad la relación entre el carbono y el control de la temperatura global. La página de internet de la NASA constituye un repositorio de numerosos artículos muy útiles, incluido el de Michael Carlowicz y Robert Simmon titulado "Seeing Forests for the Trees and the Carbon",<sup>160</sup> en el que los autores confirman que los bosques almacenan globalmente alrededor del 45 % del carbono superfi-

157 Braungart, Michael y McDonough, William, *op. cit.*,

158 Desai, Pooran y Riddlestone, Sue, *op. cit.*, págs. 15-23.

159 Riebeek, Holli, "The Carbon Cycle", en [earthobservatory.nasa.gov](http://earthobservatory.nasa.gov), 2011.

160 Carlowicz, Michael y Simmon, Robert, "Seeing Forests for the Trees and the Carbon", en [earthobservatory.nasa.gov](http://earthobservatory.nasa.gov), 2012.

cial. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>161</sup> Pelsmakers explica de forma sucinta los mecanismos que vinculan el carbono natural y antropogénico con el cambio climático. Los océanos también almacenan CO<sub>2</sub>, y en el artículo “How Much CO<sub>2</sub> Can The Oceans Take Up?”,<sup>162</sup> Robert Monroe, al referirse a la página de internet Scripps Institution of Oceanography, investiga la absorción mundial de carbono de los océanos.

#### 49. Construir edificios climáticamente neutros, maximizar el almacenaje de carbono

La mitad de la masa de la madera es carbono, creado por la fotosíntesis y almacenado en el interior del árbol. En *The Ecology of Building Materials*,<sup>163</sup> Berge insta a maximizar la cantidad de materiales de construcción de procedencia vegetal como manera de recurrir a la captación natural de carbono. Además de elementos de madera maciza, se abordan con detalle también otros materiales y métodos basados en el uso de las plantas, incluidos:<sup>164</sup>

- productos derivados de la madera, como aislantes de virutas de madera
- musgos y hierba
- balas de paja
- turba
- celulosa.

El capítulo contiene amplia información sobre las características y los usos de materiales, así como opciones para productos tales como retardantes del fuego o aditivos repelentes al agua. En Europa son cada vez más habituales sistemas constructivos como Brettstapel, que utiliza madera de baja calidad para la producción de paneles estructurales sin colas ni clavos.

Otras innovaciones prometedoras de este campo se describen en el artículo “Carbon Capture Pilot Turns CO<sub>2</sub> into Green Building

161 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 9-11.

162 Monroe, Robert, “How Much CO<sub>2</sub> Can The Oceans Take Up?”, 2013. scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/2013/07/03/how-much-co2-can-the-oceans-take-up.

163 Berge, Bjorn, *op. cit.*, pág. 35.

164 *Ibíd.*, págs. 272-297.

Materials”,<sup>165</sup> En este caso, se aborda la captura de carbono mediante ladrillos y losas de pavimentación. ClimateTechWiki, en un artículo sobre materiales que absorben carbono, aborda, además de la madera:

- ladrillos de bajo carbono, que utilizan un 40 % de cenizas volátiles
- hormigón “ecológico”, que sustituye el cemento y los agregados por residuos y materiales reciclados
- las tejas “ecológicas”, fabricadas a partir de residuos de vidrio
- materiales reciclados
- bambú.

#### 50. Especies que dependen de los edificios

En *Designing for Biodiversity*<sup>166</sup> se facilita una visión general del papel de los edificios en la biodiversidad y comentarios detallados sobre necesidades y peligros de las especies que dependen de los árboles. En esta publicación pueden encontrarse soluciones técnicas actuales, así como numerosísimas referencias bibliográficas. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>167</sup> Pelsmakers facilita una detallada lista de recomendaciones de proyecto para los anfibios, pájaros e insectos que constituyen una prioridad en el Reino Unido. En Bat Conservation International puede encontrarse mucha información sobre murciélagos.<sup>168</sup>

#### 51. Densidad y naturaleza

Cuando en 2012 el Banco Mundial auspició un foro basado en la idea de las “ciudades inteligentes” (Ciudades Inteligentes para Todos), al comparar la ciudad estadounidense de Atlanta (extensa y dispersa) con Barcelona (compacta y densa), se pronunció a favor de ciudades de alta densidad y poca extensión, con una red eficaz de transporte público. El mensaje central de la propuesta, firmemente argumen-

165 “Carbon Capture Pilot Turns CO<sub>2</sub> into Green Building Materials”, *Environmental Leader*, agosto de 2013. [www.environmentalleader.com/2013/08/26/carbon-capture-pilot-turns-co2-into-green-building-materials](http://www.environmentalleader.com/2013/08/26/carbon-capture-pilot-turns-co2-into-green-building-materials).

166 Gunnell, K.; Murphy, B. y Williams, C., *op. cit.*

167 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 100-103.

168 Bat Conservation International. [www.batcon.org](http://www.batcon.org).

tada y bien ilustrada, de Vishaan Chakrabarti, *A Country of Cities*,<sup>169</sup> es la necesidad de crear ciudades densas. En su fundamental recopilación de artículos recogidos en *Planning for Sustainability*,<sup>170</sup> otro urbanista, Stephen Wheeler, además de abogar por la densidad urbana, plantea las ventajas y retos tanto de ciudades con una densidad muy alta como de las dispersas, así como de las actuaciones en entornos consolidados. Wheeler afirma que un objetivo de futuro esencial en lo que se refiere a la sostenibilidad será la preservación de los espacios verdes.<sup>171</sup> En *Bioregional Solutions For Living on One Planet*,<sup>172</sup> Desai y Riddlestone advierten de los riesgos potenciales de la densidad urbana, en adecuada referencia a los amplios recursos necesarios en las ciudades, a las cuestiones relativas al transporte y a la gestión de residuos y contaminación. En *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>173</sup> Baruch Givoni reconoce los conflictos de los efectos de la densidad urbana: a los beneficios que aportan el transporte y las infraestructuras se contraponen dificultades relativas a la ventilación y el asoleo. En *Eco-minimalism*, Liddell hace referencia a Berlín, donde la mitad del suelo que se urbanice debe destinarse a espacios verdes con biodiversidad.<sup>174</sup> Las ventajas sociales, económicas y medioambientales de la introducción de espacios naturales en las ciudades se resumen con claridad en *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>175</sup> de Pelsmakers. En *Eco-Urbanity*,<sup>176</sup> se proporciona un útil resumen de las razones por las que la densidad es esencial, entre otras:

- Reducción de pérdidas de terrenos destinados a la agricultura.
- Reducción de las distancias de desplazamiento y promoción del transporte público.
- Optimización de infraestructuras costosas (carreteras, servicios).
- Reducción del consumo energético.

169 Chakrabarti, Vishaan, *op. cit.*

170 Wheeler, Stephen M., *op. cit.*, págs. 137-143.

171 *Ibíd.*, pág. 140.

172 Desai, Pooran y Riddlestone, Sue, *op. cit.*, pág. 75.

173 Givoni, Baruch, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Wiley, Nueva York, 1998.

174 Liddell, Howard, *op. cit.*, pág. 88.

175 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 87.

176 Radovic, Darko, *op. cit.*, págs. 40-42.

## 52. Aprender de la naturaleza y biomimética

En su cautivante y detallada publicación *Biomimetics in Architecture*,<sup>177</sup> Petra Gruber define este tema y facilita un conjunto útil de explicaciones de los términos habituales en la ciencia y el arte de buscar inspiración en la naturaleza y aplicarla a la arquitectura. La autora explica la relación entre la naturaleza y la tecnología a través de la teoría y práctica de la biomimética. Michael Pawlyn aporta su opinión al respecto en *Biomimicry in Architecture*,<sup>178</sup> donde examina numerosos ejemplos de procesos, estructuras y formas de la naturaleza que pueden servir de inspiración. En un excelente ensayo recogido en su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>179</sup> Edwards aborda el distanciamiento del hombre respecto de la naturaleza y de las enseñanzas que el estudio de sus exitosos modelos podría suponer como base de un buen diseño.

## 53. Las zonas climáticas del mundo

En *The Rough Guide to Weather*,<sup>180</sup> Robert Henson ofrece una visión de conjunto de la historia de la definición de las zonas climáticas y una explicación fácil de entender sobre la mecánica del clima. En su libro *Environment, Technology and Sustainability*,<sup>181</sup> Hocine Bougdah y Stephen Sharples facilitan una descripción sucinta de las condiciones que se dan en las que suelen describirse como regiones climáticas. En el exhaustivo estudio científico *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>182</sup> Givoni añade un quinto tipo de clima (inviernos fríos y veranos calurosos) a los cuatro habituales, y describe las respuestas adecuadas a cada uno de ellos. En la espléndida publicación ilustrada de Brown y DeKay, *Sun, Wind and Light*,<sup>183</sup> pueden encontrarse estrategias detalladas vinculadas a los factores climáticos. Existen muchos paquetes de *software* que permiten es-

177 Gruber, Petra, *Biomimetics in Architecture: Architecture of Life and Buildings*, Springer, Viena, 2011, págs. 13-17.

178 Pawlyn, Michael, *Biomimicry in Architecture*, RIBA Publishing, Londres, 2011.

179 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 185-191.

180 Henson, Robert, *The Rough Guide to Weather*, Rough Guides, Londres, 2007, págs. 43-47.

181 Bougdah, Hocine y Sharples, Stephen, *Environment, Technology and Sustainability*, Taylor & Francis, Abingdon, 2010, págs. 14-15.

182 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 333-441.

183 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *op. cit.*

tudiar la respuesta al clima; entre ellos Climate Consultant 5, desarrollado por la University of California en Los Ángeles (UCLA),<sup>184</sup> una herramienta intuitiva en la que se pueden introducir datos globales relativos al clima y obtener respuestas gráficas arquitectónicas.

En un estudio preliminar del clima de una región, como mínimo deben considerarse los siguientes factores:

- asoleo
- oscilación de temperaturas diurnas y estacionales
- precipitaciones (lluvia y nieve)
- humedad
- vientos (dirección y velocidad, diurna y estacional)
- vegetación provechosa

#### 54. Aprender de soluciones vernáculas

En *Sustainable Design*,<sup>185</sup> Williams recuerda que las comunidades históricas respondían de forma natural a su entorno local para crear las condiciones en las que poder desarrollarse, y hace referencia a numerosos precedentes vernáculos, al tiempo que explica un método extremadamente útil para el análisis del emplazamiento y la respuesta climática al mismo. En *Planning for Sustainability*,<sup>186</sup> Wheeler también está a favor de aproximaciones basadas en el conocimiento de las poblaciones autóctonas y señala que hay quien percibe este tipo de enfoques como algo meramente romántico. Sin embargo, en *Lessons from Vernacular Architecture*,<sup>187</sup> los editores Willi Weber y Simos Yannas reúnen una serie de casos prácticos recientes que pretenden demostrar que las respuestas vernáculas pueden, todavía hoy, ser fuente de inspiración a la innovación.

En *The Whole Building Handbook*,<sup>188</sup> Bokalders y Block abordan la historia de las respuestas tradicionales y regionales, en particular en climas fríos. Los autores hacen referencia a *Arquitectura sin*

184 Milne, M. Climate Consultant 5, University of California en Los Ángeles (UCLA). [www.energy-design-tools.aud.ucla.edu](http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu).

185 Williams, Daniel E., *op. cit.*, capítulo 5.

186 Wheeler, Stephen M., *op. cit.*, pág. 32.

187 Weber, Willi y Yannas, Simos (eds.), *Lessons from Vernacular Architecture: Achieving Climatic Buildings by Studying the Past*, Routledge, Abingdon, 2014.

188 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, págs. 665-668.

*arquitectos*,<sup>189</sup> de Bernard Rudofsky, que sigue siendo un clásico del tema. El estudio magníficamente ilustrado *The Barefoot Architect*,<sup>190</sup> de Van Lengen, dedicado al hemisferio sur, contiene muchos ejemplos de técnicas y aplicaciones tradicionales.

#### 55. La atmósfera y la capa climática

El Jet Propulsion Laboratory de la NASA en el California Institute of Technology indica que la exosfera, la capa exterior de la atmósfera terrestre, alcanza los 100.000 km, pero la línea de Kármán, a 100 km de la superficie de la Tierra, suele utilizarse para señalar el límite entre la atmósfera y el espacio.<sup>191</sup> Casi todos los fenómenos meteorológicos de la Tierra se producen en el interior de la troposfera, que alcanza una altura de 7 km en los polos y 17-18 km en el ecuador. La capa de ozono se encuentra en el interior de la estratosfera, cuyo límite superior es la estratopausa, a unos 50 km de altura. La publicación *The Rough Guide to Weather*,<sup>192</sup> de Henson, contiene información adicional sobre la naturaleza de la atmósfera y su relación con los fenómenos meteorológicos, y aborda los daños antropogénicos de la capa de ozono. También describe de forma breve la relación entre la atmósfera y el cambio climático, y explica el impacto de los clorofluorocarbonos (CFC) sobre la capa de ozono.<sup>193</sup> En *Designing for Climate Change*,<sup>194</sup> Gething y Puckett introducen de forma concisa la relación entre el CO<sub>2</sub> y el cambio climático, la situación hipotética del clima en el futuro y, a continuación, a través de una serie de casos de estudio actuales, identifican varios enfoques de proyecto para mitigar estas situaciones.

#### 56, 57 y 58. Climatología urbana e isla de calor urbana

En regiones calurosas, la salud y el bienestar pueden verse particularmente afectados por las altas temperaturas nocturnas (debidas

189 Rudofsky, Bernard, *Architecture Without Architects* [1964], Academy Editions, Londres, 1981 (versión castellana: *Arquitectura sin arquitectos*, Editorial Universitaria, Buenos Aires, 1973).

190 Van Lengen, Johan, *op. cit.*

191 NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology (CalTec). [www.jpl.nasa.gov](http://www.jpl.nasa.gov).

192 Henson, Robert, *op. cit.*

193 *Ibíd.*, págs. 150-168.

194 Gething, Bill y Puckett, Katie, *op. cit.*

a la energía solar acumulada y al calor generado por las personas) y su efecto nocivo sobre el sueño. A la inversa, el efecto isla de calor urbana es beneficioso en invierno en climas fríos; este efecto puede ser provechoso perjudicial en función de la región climática y la estación del año. En *The Whole Building Handbook*,<sup>195</sup> al referirse a ciudades de clima frío, Bokalders y Block afirman que la temperatura en invierno en la ciudad puede ser de 5 a 10 °C superior a la de las zonas rurales circundantes. Haggard y Bainbridge también facilitan datos y cifras en *Passive Solar Architecture Pocket Reference*: según ellos, la urbanización conduce a la reducción de cargas térmicas, al incremento de las temperaturas en invierno (en torno a 1 o 2 °C), de las precipitaciones (5 a 10 %) y de la nubosidad (5 a 10 %).<sup>196</sup> Estos autores y otros suelen hacer referencia a las instalaciones de aire acondicionado (para la refrigeración en ciudades calurosas) como causa importante del efecto isla de calor urbana, un efecto que incrementa la necesidad de recurrir al aire acondicionado que, a su vez, amplifica el propio efecto. Givoni explica muy bien la climatología urbana y el efecto isla de calor urbana en *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>197</sup> y recuerda que el efecto isla de calor urbana es, sobre todo, un efecto nocturno que tiene especial repercusión en noches de cielos claros y serenos. Givoni identifica las contribuciones clave al efecto isla de calor urbana:

- Un índice de radiación nocturna bajo comparado al de las áreas rurales circundantes.
- Liberación nocturna de la energía solar almacenada en masa en la ciudad y sus edificios durante el día.
- Una evaporación menor en la ciudad (que reduce los efectos refrigerantes de la evaporación).
- Generación de calor antropogénico en las ciudades (transporte, industria).
- Fuentes de calor estacionales, como la calefacción o el aire acondicionado, que liberan energía en la bóveda de aire urbana.

195 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, pág. 544.

196 Haggard, Ken y Bainbridge, David A., *op. cit.*, pág. 18.

197 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 241-244.

En *Sustainable Urban Design*,<sup>198</sup> Ritchie y Thomas abordan los efectos a mayor escala del cambio climático y del efecto isla de calor urbana, y aluden al incremento de la contaminación atmosférica, la presión sobre la red de saneamiento y las dificultades de lograr una refrigeración natural en las noches calurosas de verano. En el capítulo 4 de esa misma publicación, Von Borcke aborda la influencia positiva de los espacios verdes urbanos sobre el microclima de la ciudad.<sup>199</sup> En su *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>200</sup> Edwards aborda con más detalle la relación entre las ciudades y el cambio climático, y afirma que el incremento en la producción de CO<sub>2</sub> es resultado directo de la urbanización. A pesar de que gran parte de la investigación se ha centrado en las regiones climáticas templadas y en ciudades situadas en áreas de cultivo del interior y, por tanto, se trata de un conocimiento limitado, en *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>201</sup> Givoni plantea aspectos relacionados con incrementos de temperatura que el hombre puede controlar:

- Color (el efecto albedo, véase la regla 66).
- Vegetación, que puede reducir las temperaturas urbanas.
- La energía utilizada para la calefacción y el aire acondicionado.
- Las pérdidas de calor de la envolvente de los edificios, que se ve afectada en gran medida por el rendimiento térmico.
- La densidad del tejido urbano, que afecta a la radiación solar que llega al suelo.
- La orientación de las calles con relación al viento, que afecta a su velocidad.

## 59. Pistas que ofrece el clima para la planificación urbana

En *The Whole Building Handbook*,<sup>202</sup> Bokalders y Block afirman que la topografía, la proximidad de la costa y la densidad de los edificios afectan a la temperatura, y que una gran masa de agua modera la temperatura en unos pocos grados.<sup>203</sup> Los autores proponen también

198 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, pág. 6.

199 *Ibid.*, págs. 31-33.

200 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 9-13.

201 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 245-246.

202 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 4.1.4.

203 *Ibid.*, pág. 543.

situar los edificios en los emplazamientos más cálidos de regiones climáticas frías, por ejemplo en los primeros lugares donde la nieve empieza a fundirse en primavera. En *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>204</sup> Givoni da más detalles y analiza los efectos de la topografía sobre el viento y la lluvia, afirmando que el efecto moderador de la temperatura de grandes masas de agua, como océanos y lagos de gran tamaño, se adentra hasta 20 km hacia el interior. Givoni afirma que el control de las condiciones del viento es el factor que ofrece mayor potencial a la hora de modificar el clima urbano e influir tanto en el confort humano como en el consumo energético.<sup>205</sup>

En *Environmental Site Planning for Site Development*,<sup>206</sup> Beer y Higgins facilitan una excelente sinopsis de los factores relativos al microclima y al clima del planeamiento sostenible, e incluyen información necesaria para los proyectistas.

Volviendo a la escala global, en el ameno volumen *EcoCities*,<sup>207</sup> Richard Register plantea un punto de vista utópico, ilustrado con imágenes de ciudades imaginarias en tres regiones climáticas globales, que dan respuesta al sol, al viento y a la luz natural.

## 60. Separar los edificios por temas de asoleo y energéticos

Las reglas básicas para la separación de los edificios son las más difíciles de determinar, pues dependen de la latitud. Además, tampoco existe una definición universal de los límites de las latitudes altas, medias y bajas. Paul Littlefair, autor de *Passive Solar Urban Design*,<sup>208</sup> es uno de los pocos investigadores que ha intentado definir esta separación por la altura del sol (arco desde el horizonte medido en grados), a partir de franjas de latitud alta, media y baja. En su libro, las franjas se explican por medio de las siguientes definiciones habitualmente aceptadas:

204 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 267-280.

205 *Ibid.*, págs. 256-266.

206 Beer, Anne R. y Higgins, Cathy, *op. cit.*, págs. 66-91.

207 Register, Richard, *EcoCities: Rebuilding Cities in Balance with Nature*, New Society Publishers, Vancouver, 2006, capítulo 11.

208 Littlefair, Paul, "Passive Solar Urban Design: Ensuring the Penetration of Solar Energy into the City", en *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2, Watford, Hertfordshire, 1998.

- Latitud alta = 60° de latitud magnética o superior.
- Latitud media = entre 50 y 60° de latitud.
- Latitud baja = menos de 50°.

Otros autores la definen a partir de la relación entre la altura de los edificios y la distancia que los separa. Ambos métodos pueden resultar útiles como punto de partida para proyectistas, por lo que el autor facilita reglas básicas tanto en grados como en distancias. El proyectista debería utilizar el método más ventajoso en las primeras fases de proyecto, y no pasar por alto ni el modo en que se sitúan los edificios en el entorno urbano ni otros aspectos medioambientales (como la protección frente al viento).

En *Sun, Wind and Light*,<sup>209</sup> Brown y DeKay facilitan una tabla que ayuda al proyectista a deducir las distancias adecuadas entre bloques de edificios paralelos para permitir el asoleo y la captación solar en diferentes latitudes, y presentan diagramas que muestran las sombras proyectadas según diferentes configuraciones espaciales y orientaciones de las calles. Givoni explica el impacto global según la amplitud de las calles y su orientación en diferentes regiones climáticas en *Climate Considerations in Building and Urban Design*.<sup>210</sup> En *The Whole Building Handbook*,<sup>211</sup> Bokalders y Block proporcionan una propuesta útil para un conjunto residencial en Escandinavia, e indican el asoleo que necesitan diferentes espacios en diferentes momentos. En función de los equinoccios, se debería exigir que el proyectista asegure:

- 4 horas de asoleo en cocinas y salas de estar.
- 4 horas después de las 12:00 del mediodía en balcones exteriores.
- 5 horas entre las 9.00 y las 17.00 en espacios de ocio al aire libre, en un área de 50 m desde el acceso.

## 61. Discontinuidades en el tejido urbano para el asoleo

En algunos casos, es imposible garantizar el espacio entre edificios que se aborda en la regla 60, pero existen soluciones a los efectos de la densidad urbana. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>212</sup>

209 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *op. cit.*, pág. 119.

210 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 286-290.

211 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 4.1.4., pág. 538.

212 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 79.

Pelsmakers facilita un conjunto de recomendaciones para el diseño de discontinuidades urbanas. La autora señala también que las formas complejas generan más superficie, algo que debe contrarrestarse con un mayor aislamiento de la envolvente. En *Sustainable Urban Design*,<sup>213</sup> Ritchie y Thomas plantean la densidad, la separación y la forma en función del consumo energético, y recuerdan que con la simple colocación de los edificios más altos en el lado norte del emplazamiento (o sur en el hemisferio sur) se preserva el asoleo.

## 62. La envolvente del edificio modifica el clima

En *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>214</sup> Givoni facilita una valoración en profundidad de las condiciones de cada una de las cinco regiones climáticas y de los requisitos generales relativos al rendimiento de la envolvente del edificio. El trabajo de Givoni ha tenido una gran influencia en el capítulo quinto de mi anterior libro,<sup>215</sup> que explica e ilustra aspectos climáticos de la envolvente, incluidos los tipos de vidrio que deben tenerse en cuenta, en qué lugares convendrá una masa térmica elevada y los tipos y usos de las aberturas y elementos integrados, como elementos para proporcionar sombra y captadores de viento. En *The Barefoot Architect*,<sup>216</sup> Van Lengen aborda métodos constructivos sencillos y prácticos para regiones húmedas, templadas y calurosas y secas del hemisferio sur. Facilita numerosos detalles muy bien ilustrados de materiales, estructuras envolventes y aberturas.

## 63. La sección

En *Técnicas de representación*,<sup>217</sup> Lorraine Farrelly describe la sección como una de las herramientas de dibujo más útiles de la arquitectura. Es clave y, sin ella, el proyectista no podrá explorar en toda su amplitud las posibilidades espaciales. Además de ser el dibujo que relaciona los planos bidimensionales con los volúmenes tridimensionales y el exterior con el interior, la sección es el tipo de dibujo que

213 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, págs. 46-49.

214 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 10-13.

215 Heywood, Huw, *op. cit.*

216 Van Lengen, Johan, *op. cit.*

217 Farrelly, Lorraine, *Representational Techniques*, AVA, Lausana, 2008 (versión castellana: *Técnicas de representación*, Promopress, Barcelona, 2008, págs. 78-81).

más se utiliza para explicar los aspectos de diseño medioambiental y sostenible de un proyecto. En su *Manual de dibujo arquitectónico*,<sup>218</sup> Francis D. K. Ching distingue entre la sección de proyecto y la constructiva, y describe también la sección del emplazamiento: el dibujo que ilustra la conexión del edificio con su entorno.

## 64 y 65. El viento

En *The Whole Building Handbook*,<sup>219</sup> Bokalders y Block facilitan una buena explicación de los efectos del viento y las soluciones a los problemas que pueda causar tanto en entornos urbanos como rurales. En *Sun, Wind and Light*,<sup>220</sup> Brown y DeKay abordan los efectos relativos al viento generados por edificios altos y proporcionan estrategias detalladas para el control del viento en ciudades, basadas en alteraciones de la configuración de bloques y calles, y de la altura de los edificios. El artículo "Innovative Design Methods for Tall Buildings"<sup>221</sup> sostiene que las formas aerodinámicas (no rectilíneas) reducen la formación de vórtices alrededor de los edificios. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>222</sup> Pelsmakers aborda también los aspectos estructurales relacionados con el viento en el proyecto de edificios altos. Bert Blocken y Jan Carmeliet presentan un estudio detallado de los aspectos físicos y del impacto del viento alrededor de los edificios en el artículo "Pedestrian Wind Environment around Buildings".<sup>223</sup> Los autores llegan a conclusiones relevantes para el proyectista, como, por ejemplo, que:

218 Ching, Francis D. K., *Architectural Graphics*, Wiley, Hoboken, 2009 (versión castellana: *Manual de dibujo arquitectónico*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2016, págs. 63-73).

219 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, págs. 539-542.

220 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *op. cit.*, págs. 99-101 y 102-109.

221 Alaghamandan, M.; Abdolhossein-Pour, F. y Mohammadi, J., "Innovative Design Methods for Tall Buildings: A Computational-based Approach in Optimizing the Wind Effects on Tall Buildings", en *Cutting Edge: 47th International Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA)*, Australia, MA Schnabel, 2013, págs. 525-534. [anzasca.net/wp-content/uploads/2014/08/27.pdf](http://anzasca.net/wp-content/uploads/2014/08/27.pdf).

222 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 72-75.

223 Blocken, Bert y Carmeliet, Jan, "Pedestrian Wind Environment Around Buildings", *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, núm. 28(2), 2004, págs. 107-159. [jen.sagepub.com/content/28/2/107.abstract](http://jen.sagepub.com/content/28/2/107.abstract).

- Un entorno con problemas de viento puede comprometer el éxito de urbanizaciones y resultar peligroso.
- Es necesario tener en cuenta el viento desde el primer momento del proyecto, ya que sus efectos son muy difíciles de mitigar cuando se han completado los edificios.

## 66. ¿Cubierta verde, azul o blanca?

### Cubierta "verde"

En *The Green Studio Handbook*,<sup>224</sup> Kwok y Grondzik abordan las cubiertas verdes y aportan dimensiones y datos relativos a materiales. Los autores distinguen entre dos tipos de cubiertas verdes:

- Cubiertas verdes "extensivas", de poca profundidad (elementos de un crecimiento de 15 cm) con una variedad de plantas limitada y, en general, no transitables.
- Cubiertas verdes "intensivas", más profundas.

La tabla 4.1 proporciona profundidades de cubiertas en función del tipo de las plantas que se desea instalar;<sup>225</sup> para árboles pequeños se necesitará un metro de tierra, y para árboles de mayor tamaño, alrededor de 1,8 m de profundidad de tierra en una cubierta "extensiva". Será necesario disponer de aislamiento, un sistema de drenaje y una membrana impermeable. También se describen las ventajas de una cubierta verde, como el incremento de la masa térmica y del aislamiento, la reducción del efecto isla de calor urbana, la retención de agua de lluvia, su utilización como espacio de ocio y biodiversidad, y la atenuación del riesgo de inundaciones.

### Cubierta inundada o "azul"

Una cubierta inundada (también denominada azul), con una profundidad habitual de 15-30 cm, puede utilizarse como fuente gratuita de calefacción o refrigeración. Para que se produzca una acumulación térmica, debe protegerse con aislamiento y prevenir así las pérdidas de calor. En regiones con noches frescas, la cubierta inundada puede utilizarse para refrigerar. En este caso, debe protegerse del sol y aislarse durante el día para evitar que el agua se caliente. Durante la noche, el calor del edificio será transmitido a la superficie de agua a través de la estructura, radiándose al exterior. Brown y DeKay proporcionan

224 Kwok, Alison y Grondzik, Walter, *op. cit.*, págs. 49-54.

225 *Ibid.*, pág. 52.

información para el proyecto y dimensiones en *Sun, Wind and Light*.<sup>226</sup> En *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*,<sup>227</sup> Givoni facilita datos científicos sobre pruebas llevadas a cabo con cubiertas inundadas en diferentes emplazamientos. En cubiertas verdes y azules, hay que tener en cuenta la sobrecarga de peso y las necesidades estructurales.

### Cubierta "blanca" o fresca

En *Climate Considerations in Building and Urban Design*,<sup>228</sup> Givoni afirma que el albedo, o reflectancia, de la cubierta es el factor de más peso en la absorción de la radiación solar, en particular en regiones calurosas y secas. A pesar de que una alta densidad ralentiza el enfriamiento nocturno cerca de la cota del suelo en las ciudades, unas cubiertas frescas harán que el aire frío inunde la ciudad e incremente el frescor. Brown y DeKay facilitan valores de reflectancia solar de diversos materiales habituales en cubiertas en *Sun, Wind and Light*.<sup>229</sup> El secreto consiste en utilizar materiales que reflejen el calor que incide del sol y que no lo transmitan al interior del edificio durante el día, siendo clave un alto índice de reflectancia solar y una alta emisividad infrarroja. El dilema al que se enfrenta el proyectista para lograr una cubierta fresca es que los lugares con veranos calurosos e inviernos frescos o templados requerirían una cubierta reflectante y fresca en verano y, al contrario, una cubierta absorbente de calor en invierno.

226 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *op. cit.*, págs. 176-177.

227 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 152-163.

228 *Ibid.*, pág. 370.

229 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *op. cit.*, pág. 221.

## CAPÍTULO 4. PROYECTAR PARA EL BIENESTAR DE LAS PERSONAS

### 67 y 68. Confort, control y satisfacción

#### Confort de las personas

Según la página de internet que colabora con la industria de la construcción, Designing Buildings Wiki,<sup>230</sup> puede considerarse que un entorno es razonablemente confortable si el 80 % de sus ocupantes se sienten a gusto desde el punto de vista térmico. Givoni aborda los aspectos fisiológicos que permiten que las personas se adapten al entorno en *Climate Considerations in Building and Urban Design*.<sup>231</sup> El autor también aborda los graves efectos sobre la salud del efecto isla de calor urbana. En *The Whole Building Handbook*,<sup>232</sup> Bokalders y Block facilitan una visión de conjunto sucinta de los factores que afectan al clima interno. Estos incluyen la temperatura radiante media (MRT) de las superficies, un factor significativo que afecta al confort térmico. Además de los factores habituales que afectan al confort, los autores abordan también los campos electromagnéticos y la electricidad estática. Proporcionan una lista de tareas útil para lograr un entorno interior adecuado y, a su vez, conservar los recursos. Bokalders y Block también confirman que bajar un grado la temperatura interna produce un ahorro del 4 o 5 % en el consumo global de energía. Los autores están a favor de los sistemas de control ambiental informatizados, y los describen con claridad.

#### Control por parte de los ocupantes y satisfacción

En *Controls for End Users*,<sup>233</sup> y en línea con numerosas investigaciones, se confirma que los ocupantes se sienten más satisfechos cuando pueden controlar su entorno interior. Los autores explican cinco

230 Designing Buildings Wiki, "Thermal Comfort in Buildings", 11 de marzo de 2015. [www.designingbuildings.co.uk/wiki/Thermal\\_comfort\\_in\\_buildings](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Thermal_comfort_in_buildings).

231 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 3-36 y 256.

232 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, págs. 112-116.

233 Bordass, W., Leaman, A. y Bunn, R., *Controls for End Users: A guide for Good Design and Implementation*, Building Controls Industry Association (BCIA), 2007. [www.bsria.co.uk/information-membership/information-centre/library/item/controls-for-end-users-a-guide-for-good-design-and-implementation-may-2007](http://www.bsria.co.uk/information-membership/information-centre/library/item/controls-for-end-users-a-guide-for-good-design-and-implementation-may-2007).

maneras de que el control por parte de los ocupantes mejore su confort y satisfacción, como los sistemas con un tiempo de respuesta rápido, y facilitan una lista de verificaciones para el proyectista.<sup>234</sup> En *Sustainable Urban Design*,<sup>235</sup> Ritchie y Thomas confirman que el control por parte del ocupante sobre el ambiente interior es relevante para el éxito del edificio y, en *Green Buildings Pay*,<sup>236</sup> Brian Edwards y Emanuele Naboni añaden que, si bien es deseable el control del ambiente interior por parte del ocupante, no debería comprometerse el rendimiento del edificio. Recientemente, en una comunicación presentada en un congreso titulada "The Relationship Between Peoples' Satisfaction and LEED Building Rating in Jordanian Office Buildings",<sup>237</sup> se recomendaba no centrarse exclusivamente en el aspecto energético e ignorar otras cuestiones del confort y la satisfacción de los ocupantes como son la iluminación y la acústica. Aunque centrados en el programa estadounidense Leadership in Energy & Environmental Design (LEED), sus enseñanzas pueden extrapolarse a otros entornos. Stuart Barlow y Dusan Fiala resumen medidas de control activo por parte de los ocupantes en "Occupant Comfort in UK Offices".<sup>238</sup> En "Adaptive Thermal Comfort Models",<sup>239</sup> Nigel Oseland examina los efectos de la temperatura en entornos de trabajo, e incluye también las variaciones en la vestimenta.

### 69. Mantenimiento y sostenibilidad

En *Eco-minimalism*, Liddell afirma que "para que algo sea sostenible, también tiene que poderse mantener",<sup>240</sup> lo que implica una relación

234 *Ibid.*, pág. 24.

235 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, págs. 48-55.

236 Edwards, Brian y Naboni, Emanuele, *Green Buildings Pay: Design, Productivity and Ecology*, Routledge, Abingdon, 2013, 3ª ed., pág. 177.

237 Montazami, A.; Ahmed, A. y Al-Eisawi, A. D., "The Relationship Between Peoples' Satisfaction and LEED Building Rating in Jordanian Office Buildings", 2013. [www.coventry.ac.uk/Global/Faculty%20events/SB13/SB13-37-Relationship-between-peoples-satisfaction-and-leed-building-rating.pdf](http://www.coventry.ac.uk/Global/Faculty%20events/SB13/SB13-37-Relationship-between-peoples-satisfaction-and-leed-building-rating.pdf).

238 Barlow, Stuart y Fiala, Dusan, "Occupant Comfort in UK Offices: How Adaptive Comfort Theories Might Influence Future Low Energy Office Refurbishment Strategies", *Energy and Buildings*, núm. 39, 2007, págs. 837-846. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807000394](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807000394).

239 Oseland, Nigel, "Adaptive Thermal Comfort Models", *Building Services Journal*, diciembre de 1998, págs. 41-42.

240 Liddell, Howard, *op. cit.*, pág. 95.

con la durabilidad y la utilidad. En *The Whole Building Handbook*,<sup>241</sup> Bokalders y Block consideran el cuidado y el mantenimiento de edificios como una función de un proyecto y una construcción de calidad, abordan la facilidad de la limpieza y las garantías medioambientales de los productos de limpieza, y recuerdan que debe poderse acceder con seguridad a las diferentes partes del edificio. Pelsmakers relaciona la eficiencia energética, la satisfacción del ocupante y la facilidad de mantenimiento y de gestión en *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>242</sup> donde además aporta una lista de verificaciones excelente y aborda el mantenimiento de materiales.<sup>243</sup> En *The Barefoot Architect*,<sup>244</sup> Van Lengen afronta las regiones tropicales húmedas y, en el apartado dedicado a la elección de materiales, lo primero en lo que se detiene es en su mantenimiento. En *Sustainable Construction*,<sup>245</sup> Sandy Halliday nos previene contra los edificios que se proclaman libres de mantenimiento, pues esto es imposible de garantizar.

## 70 y 71. Las ventajas del contacto con la naturaleza

En su ameno y sugerente tratado *Integral Sustainable Design*,<sup>246</sup> Mark DeKay entiende que relacionamos la naturaleza con un sentido de lugar y que los ciclos de la naturaleza dan sentido a nuestras vidas. También recuerda que, en un mundo preindustrial, hubiéramos buscado las condiciones medioambientales adecuadas que se daban en un momento concreto del día o estación, en un lugar particular de los edificios. En *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>247</sup> Edwards reflexiona sobre las ventajas de incorporar al proyecto una lectura particular de la naturaleza, con ejemplos de cómo se ha recurrido a la naturaleza como fuente de inspiración para conformar un proyecto desde aspectos prácticos, materiales, táctiles, visuales u otros menos tangibles. En *Sustainable Urban Design*,<sup>248</sup> Von Borcke nos atrae con su

241 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, apartado 1.3.

242 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 349.

243 *Ibid.*, págs. 30-31 y 210.

244 Van Lengen, Johan, *op. cit.*, apartado 2 y pág. 296.

245 Halliday, Sandy, *Sustainable Construction*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2008, pág. 132.

246 DeKay, Mark, *Integral Sustainable Design: Transformative Perspectives*, Earthscan, Londres, 2011, págs. 354-424.

247 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 185-191.

248 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, págs. 31-41.

discurso sobre la naturaleza de la ciudad, y explica cómo se relaciona el color verde con la biología y la fisiología del hombre. Se abordan los espacios verdes urbanos y sus beneficios con relación a la regla 80. En *Strategies for Sustainable Architecture*,<sup>249</sup> de Sassi, pueden encontrarse casos prácticos muy bien descritos de aproximaciones a la naturaleza.

## 72. Edificios saludables (y enfermos)

En *The Whole Building Handbook*,<sup>250</sup> Bokalders y Block empiezan con una descripción de la naturaleza de los edificios sanos y de las causas de los edificios enfermos. En *Green Buildings Pay*,<sup>251</sup> Edwards y Naboni abordan la satisfacción de los ocupantes y la relación entre salud y productividad, tanto en entornos con ventilación natural como artificial. Los autores confirman que en un edificio de oficinas el coste de personal es muy superior al coste energético, por lo que los edificios enfermos, a menudo asociados con muchas características del diseño no sostenible, tienen un funcionamiento muy costoso.<sup>252</sup> La Alliance for Sustainable Building Products (ASBP)<sup>253</sup> informó en enero de 2014 que la empresa Google exigía una “declaración del contenido” de todos los productos empleados en sus nuevas oficinas de Londres, y recordaban que la toxicidad puede generar responsabilidades legales. En *Positive Development*,<sup>254</sup> Birkeland facilita ejemplos de edificios y adecuaciones de edificios que ilustran las ventajas de los edificios saludables.

## 73. Calidad del aire interior

Los Centers for Disease Control and Prevention estadounidenses tienen una excelente página de internet donde puede encontrarse el documento *Factors Affecting Indoor Air Quality*.<sup>255</sup> En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>256</sup> Pelsmakers proporciona una lista

249 Sassi, Paola, *op. cit.*, págs. 32-43.

250 Bokalders, Varis y Block, Maria, *op. cit.*, págs. 1-4.

251 Edwards, Brian y Naboni, Emanuele, *op. cit.*, págs. 71-75.

252 *Ibid.*, pág. 69.

253 Alliance for Sustainable Building Products. [www.asbp.org.uk](http://www.asbp.org.uk).

254 Birkeland, Janis, *op. cit.*, págs. 28-29.

255 Centers for Disease Control and Prevention de Estados Unidos, *Factors Affecting Indoor Air Quality*. [www.cdc.gov/niosh/pdfs/sec\\_2.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/sec_2.pdf).

256 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 152-153.

de verificaciones práctica sobre el ambiente interior en la que figura la calidad del aire interior. Una buena ventilación y materiales que no emitan gases nocivos se citan como remedios sencillos. En *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>257</sup> Edwards aborda los peligros de los compuestos orgánicos volátiles (COV) que pueden ser diez veces superiores en el interior de los edificios que en el exterior. En su página web, la Environmental Protection Agency confirma que existen miles de fuentes de compuestos orgánicos volátiles en entornos interiores. En *The Ecology of Building Materials*,<sup>258</sup> Berge facilita un repaso sobre la contaminación y los contaminantes en la industria de la construcción. Algunos compuestos orgánicos volátiles son muy tóxicos y cancerígenos, y en *UK Indoor Air Quality*<sup>259</sup> del gobierno británico puede encontrarse una tabla de los contaminantes más comunes, así como su procedencia e impacto sobre la salud, con recomendaciones. Las consecuencias no deseadas de la readecuación de edificios de bajo consumo se abordan con relación a la calidad del aire en el capítulo 5 de esta bibliografía razonada.

#### 74. Trastorno Afectivo Estacional (TAE)

A pesar de que existen pruebas de que también puede darse en verano, el TAE –conocido también como depresión invernal– es una condición médica que suele ser debida a la falta de luz natural. En "A Literature Review of the Effects of Light on Building Occupants",<sup>260</sup> L. Edwards y P. Torcellini abordan las condiciones médicas asociadas al TAE, que pueden incluir depresiones clínicas de varios meses de duración. El excelente libro de Peter Tregenza y Michael Wilson, *Daylighting: Architecture and Design*,<sup>261</sup> facilita más información sobre la respuesta fisiológica de las personas a la luz, y también se aborda el TAE con relación a los niveles lumínicos en interiores. A pesar de que en las latitudes más al norte este fenómeno es más común (y de que gran parte de las investigaciones se han llevado a cabo en

esas regiones), existen pruebas de que las variaciones estacionales y las horas de luz natural tienen consecuencias con independencia de la latitud; la investigación llevada a cabo por Shrikant Srivastava y Mukul Sharma, "Seasonal Affective Disorder: Report from India",<sup>262</sup> se basó en estudios sobre pacientes de latitudes de 26° 45' norte, y halló pruebas de que también se daba el TAE allí.

#### 75. Evaluaciones de postocupación (EPO)

Los clientes deberían tener en cuenta la importancia de la evaluación del rendimiento de un edificio, conocida como evaluación de postocupación (EPO). En *A Guide to Feedback and Post-occupancy Evaluation*<sup>263</sup> se incluyen numerosos consejos prácticos y menciones a una aproximación "suave" en la que el equipo de proyecto proporciona asistencia desde la entrega del edificio a su puesta en funcionamiento. El documento del Gabinete del Gobierno británico *Government Soft Landings* (2013) detalla este proceso y su relación con el BIM. El proceso debe tener en cuenta:

- La funcionalidad y la efectividad.
- Los factores medioambientales.
- Los costes.

Estos puntos están en estrecha relación con los tres pilares de la sostenibilidad (véase la regla 3). Los objetivos y metodología de un EPO están muy bien descritos en Roderic Bunn, "From Post-mortem to Life Support",<sup>264</sup> en el que el autor afirma, con razón, que el EPO constituye un proceso que afecta a todo el equipo de proyecto, incluido el cliente.

#### 76. Conservar el patrimonio cultural

En su *Manifiesto for Sustainable Cities*,<sup>265</sup> Jeremy Gaines resalta que cuando se planifica el futuro de ciudades existentes debe tenerse en

257 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 232-233.

258 Berge, Bjorn, *op. cit.*, parte primera, apartado 2.

259 Gobierno británico, *UK Indoor Air Quality*, noviembre de 2010. [www.parliament.uk/documents/post/postpn366\\_indoor\\_air\\_quality.pdf](http://www.parliament.uk/documents/post/postpn366_indoor_air_quality.pdf).

260 Edwards, L. y Torcellini, P., "A Literature Review of the Effects of Light on Building Occupants", National Renewable Energy Laboratory, Colorado, 2002. [www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf), págs. 8-9.

261 Tregenza, Peter y Wilson, Michael, *Daylighting: Architecture and Design*, Routledge, Abingdon, 2011, págs. 6-9.

262 Srivastava, Shrikant y Sharma, Mukul, "Seasonal Affective Disorder: Report from India (latitude 26° 45'N)", *Journal of Affective Disorders*, núm. 49, 1998, págs. 145-150. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9609679](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9609679).

263 Bordass, W., Leaman, A. y Bunn, R., *op. cit.*

264 Bunn, Roderic, "From Post-mortem to Life Support", en Penoyre, Greg y Prasad, Susan, *op. cit.*, págs. 39-53.

265 Gaines, Jeremy, *op. cit.*, pág. 20.

cuenta el pasado, y Ritchie, en la introducción a *Sustainable Urban Design*,<sup>266</sup> elogia los “felices accidentes” que se producen en las ciudades cuando la superposición de lo viejo y lo nuevo da lugar a una riqueza no planificada, que vincula el presente al pasado y contribuye a la sostenibilidad social. La visión de Ritchie coincide con las ideas que plantearon Colin Rowe y Fred Koetter en su libro de referencia crítico con el urbanismo *Ciudad collage*.<sup>267</sup> En *Ciudades para un pequeño planeta*,<sup>268</sup> Richard Rogers afirma que la conservación del patrimonio no tiene sentido para la sociedad si con ello se pierde innovación. Un artículo conciso y excelente de S. Mutal para el proyecto Hábitat de la ONU, “A World Overview on Conservation, Rehabilitation, Development and Management of Historic Cities/Centres”,<sup>269</sup> describe cómo el patrimonio puede formar parte de la vida cotidiana de las personas en las ciudades, y afirma que lo nuevo y lo viejo pueden y deben coexistir. Como recuerda el autor, la historia es global e incluye factores sociales y económicos, rituales urbanos y paisajes físicos. Este artículo (así como el estudio de Rogers, *Ciudades para un pequeño planeta*) cita al historiador Roy Porter: “Cuando los edificios tienen prioridad respecto de las personas, estamos hablando de patrimonio, no de historia”. En *Conservation and Sustainability in Historic Cities*, Rodwell escribe muy bien sobre la riqueza del tejido de la ciudad existente, y aborda el patrimonio cultural, con numerosos casos prácticos.<sup>270</sup>

## 77. Una ciudad activa es una ciudad saludable

En *A Country of Cities*,<sup>271</sup> Chakrabarti proporciona pruebas convincentes de la necesidad de movilidad y de las oportunidades que pueden procurar las ciudades densas. Aspectos relativos a la salud y a la

actividad son primordiales para el arquitecto y urbanista danés Jan Gehl, en su trabajo influyente, muy ameno y bien ilustrado, *Ciudades para la gente*.<sup>272</sup> Muchas de las ideas de Gehl se confirman en un artículo de investigación de Johan Faskunger, titulado “Promoting Active Living in Healthy Cities of Europe”,<sup>273</sup> basado en un estudio sobre la ciudad financiado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el que expone con claridad los problemas de nuestros estilos de vida sedentarios. La falta de un esfuerzo coordinado en los diferentes estratos del gobierno de la ciudad suele señalarse como barrera a la promoción de una vida activa en la ciudad. En su artículo “A Review of the Progress of the European Healthy Cities Programme”,<sup>274</sup> Hugh Barton y Marcus Grant aportan su opinión sobre lo que determina una ciudad saludable, como antídoto a la ciudad dependiente del coche y las vidas poco saludables que fomentan muchas ciudades en la actualidad. Aportan los 12 objetivos de Healthy Urban Planning (Planeamiento Urbano Saludable, HUP) tal y como los define la OMS, que constituyen una lectura interesante, en particular cuando abordan los aspectos sociales, organizativos y aquellos relativos a la edificación y el medio ambiente. En *Future Cities*,<sup>275</sup> Camilla Ween propone una aproximación “con los pies por delante” al transporte público: los ciudadanos se desplazan a pie si existe esa posibilidad y si el espacio público es agradable. C. J. Lim, en *Food City*,<sup>276</sup> afirma que la jardinería es un régimen recomendado para combatir la obesidad en las ciudades. El proyecto de la OMS, Ciudades Saludables, un movimiento global para la salud urbana, facilita enlaces a noticias, acontecimientos y fichas temáticas en el marco de la iniciativa de la OMS.

266 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), op. cit., págs. 4-5.

267 Rowe, Colin y Koetter, Fred, *Collage City*, The MIT Press, Cambridge (Mass.), 1978 (versión castellana: *Ciudad collage*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1998).

268 Rogers, Richard, *Cities for a Small Planet*, Faber & Faber, Londres, 1997 (versión castellana: *Ciudades para un pequeño planeta*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2000, pág. 82).

269 Mutal, S., “A World Overview on Conservation, Rehabilitation, Development and Management of Historic Cities/Centres. A Retrospective”, en [www.heritageanddevelopment.org/files/article04.pdf](http://www.heritageanddevelopment.org/files/article04.pdf).

270 Rodwell, Dennis, op. cit., pág. 114 y capítulo 9.

271 Chakrabarti, Vishan, op. cit., págs. 75-123

272 Gehl, Jan, *Cities for People*, Island Press, Washington, 2010 (versión castellana: *Ciudades para la gente*, Infinito, Buenos Aires, 2014).

273 Faskunger, Johan, “Promoting Active Living in Healthy Cities of Europe”, *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, vol. 90, núm. 1, suplemento, octubre de 2013, págs. 142-153. [link.springer.com/article/10.1007%2Fs11524-011-9645-7](http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11524-011-9645-7).

274 Barton, Hugh y Grant, Marcus, “A Review of the Progress of the European Healthy Cities Programme”, *Journal of Urban Health*, boletín de la Academy of Medicine de Nueva York, 2011. [www.healthycities.org.uk/uploads/files/bartongrant\\_juh\\_2012.pdf](http://www.healthycities.org.uk/uploads/files/bartongrant_juh_2012.pdf).

275 Ween, Camilla, *Future Cities: All That Matters*, John Murray, Londres, 2014, pág. 60.

276 Lim, C. J., *Food City*, Routledge, Abingdon, 2014, pág. 135.

## 78 y 79. Sonido y ruido

En el artículo "Green Space, Soundscape and Urban Sustainability",<sup>277</sup> los autores se refieren a la casi total falta de sonidos naturales en los parques habituales de los centros urbanos, así como el aumento del ruido en las ciudades. Una conclusión interesante es que el paisaje sonoro (la experiencia acústica en su conjunto) de los parques depende directamente de la variedad de especies de pájaros. En el artículo "Anthropogenic Noise Decreases Urban Songbird Diversity and May Contribute to Homogenization",<sup>278</sup> los investigadores canadienses Darren Proppe, Christopher Sturdy y Colleen Cassady St. Clair apuntaron a que los pájaros cantores estaban desapareciendo de los parques urbanos ruidosos. La conclusión más evidente es que la ecología necesita ser reforzada para realzar los elementos naturales del paisaje sonoro urbano. El fascinante estudio "Perception of Soundscapes"<sup>279</sup> distingue los sonidos de origen animal, humano y mecánico, y confirma que el paisaje sonoro relaciona a las personas con el lugar y con la sociedad. Los sonidos y su papel en la definición de la ecología de un paisaje son la materia que aborda un artículo de Cheryl Dybas titulado "Soundscape Ecology",<sup>280</sup> donde se definen los componentes del paisaje sonoro:

- **Biofonía:** música creada por organismos como ranas y pájaros.
- **Geofonía:** composición de sonidos de origen no biológico como el viento y los truenos.
- **Antrofonía:** conglomerado de ruido de origen humano.

277 Irvine, Katherine et al., "Green Space, Soundscape and Urban Sustainability: An Interdisciplinary, Empirical Study", *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 2009. [dx.doi.org/10.1080/13549830802522061](https://doi.org/10.1080/13549830802522061).

278 Proppe, Darren; Sturdy, Christopher y Cassady St. Clair, Colleen, "Anthropogenic Noise Decreases Urban Songbird Diversity and May Contribute to Homogenization", *Global Change Biology*, núm. 19, 2013, págs. 1075-1084. [10.1111/gcb.12098](https://doi.org/10.1111/gcb.12098).

279 Davies, William J., "Perception of Soundscapes: An Interdisciplinary Approach", *Applied Acoustics*, vol. 74, núm. 2, febrero de 2013, págs. 224-231.

280 Dybas, Cheryl, "Soundscape Ecology: Studying Nature's Rhythms", National Science Foundation/Ecology Global Network, 2012. [www.ecology.com/2012/08/24/soundscape-ecology](http://www.ecology.com/2012/08/24/soundscape-ecology).

En "A Review of the Progress of the European Healthy Cities Programme",<sup>281</sup> Barton y Grant determinan que deben tenerse en cuenta unos niveles aceptables de ruido en el Planeamiento Urbano Saludable (HUP). En *Sustainable Urban Design*,<sup>282</sup> Ritchie y Thomas abordan dos aspectos clave de la acústica: el ruido generado por fuentes externas y la transmisión del ruido en el interior de los edificios. Puede encontrarse más información, así como detalles para la atenuación del ruido, en *Environmental Design*,<sup>283</sup> cuyo autor plantea la dificultad de atenuar niveles de ruido elevados. En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>284</sup> Pelsmakers facilita detalles sobre los medios para reducir el ruido del tráfico con amortiguadores vegetales, pero la autora previene de la imposibilidad de eliminar el ruido únicamente con estos elementos. En *Environmental Site Planning for Site Development*,<sup>285</sup> Beer y Higgins comentan que, aparentemente, el ruido procedente de fuentes no identificadas molesta menos a las personas, por lo que la vegetación puede tener ventajas psicológicas. Los autores también señalan las ventajas acústicas del rumor de los árboles por el viento y del sonido del agua en movimiento en la ciudad, ya que enmascaran sonidos menos agradables.

## 80. La vegetación en las ciudades

En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>286</sup> Pelsmakers aborda con detalle los beneficios de la vegetación en las ciudades, con una útil lista de verificaciones, donde se explica el efecto "isla de frescor verde", que reduce las temperaturas en 2 o 3 °C respecto al entorno. Los espacios verdes urbanos proporcionan una refrigeración provechosa que penetra en el tejido urbano a una distancia considerable: 150 m o más, según recoge Givoni en *Climate Considerations in Building and Urban Design*.<sup>287</sup> Brown y DeKay describen con detalle el potencial refrigerante de los espacios urbanos en *Sun, Wind*

281 Barton, Hugh y Grant, Marcus, *op. cit.*

282 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, págs. 50-51.

283 Thomas, Randall, *op. cit.*, págs. 46-49.

284 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, pág. 95.

285 Beer, Anne R. y Higgins, Cathy, *op. cit.*, pág. 115.

286 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, capítulo 4.

287 Givoni, Baruch, *op. cit.*, págs. 308-310.

and Light.<sup>288</sup> En *Sustainable Urban Design*,<sup>289</sup> Von Borcke identifica el modo en que la naturaleza y el paisaje de las ciudades mejoran la calidad de vida de los habitantes: aportan beneficios desde el punto de vista ecológico y social, y, por tanto, económico, e incluso los espacios más pequeños pueden resultar provechosos. En el artículo "Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas",<sup>290</sup> se confirma que el traslado de las personas a áreas urbanas más verdes tiene un efecto beneficioso perdurable sobre su salud mental. Cliff Moughtin y Peter Shirley facilitan, en *Urban Design: Green Dimensions*,<sup>291</sup> una útil tipología de espacios verdes de diferentes escalas.

## 81. Ciudades de usos mixtos

En el libro de conocimientos básicos de Wheeler, *Planning for Sustainability*,<sup>292</sup> puede encontrarse una descripción excelente de las ventajas de lo que el autor denomina "forma urbana diversa". La diversidad lograda a través de la combinación de usos es un aspecto de la sostenibilidad que conduce a una superposición dinámica y saludable de diferentes grupos de la sociedad, con reducido uso del coche, menos contaminación y un abanico de formas y funciones atractivo y popular. La metrópolis moderna dispersa es lo contrario. En *Muerte y vida de las grandes ciudades*,<sup>293</sup> la influyente autora y activista Jane Jacobs aboga por los usos mixtos como medio para lograr diversidad vital, diversidad que también constituye un tema decisivo en el texto de Richard Rogers *Ciudades para un pequeño planeta*,<sup>294</sup> donde el autor argumenta con pasión en contra de la separación y a favor de la humanidad manifiesta de "los barrios vivos". En *Conservation and*

288 Brown, G. Z. y DeKay, Mark, *op. cit.*, págs. 121-124.

289 Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *op. cit.*, págs. 31-34.

290 Alcock, Ian et al., "Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas", *Journal of Environmental Science and Technology*, 2013. [pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es403688w](https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es403688w).

291 Moughtin, J. Cliff y Shirley, Peter, *Urban Design: Green Dimensions*, Architectural Press, Oxford, 2005, 2ª ed., pág. 81.

292 Wheeler, Stephen M., *op. cit.*, pág. 142.

293 Jacobs, Jane, *The Death and Life of Great American Cities* [1961], Modern Library, Nueva York, 1993 (versión castellana: *Muerte y vida de las grandes ciudades*, Capitán Swing Libros, Madrid, 2011).

294 Rogers, Richard, *op. cit.*, pág. 15.

*Sustainability in Historic Cities*,<sup>295</sup> Rodwell describe el concepto de "pueblo urbano" de los desarrollos de usos mixtos. Un documento de gran claridad que explica las ventajas de las ciudades de usos mixtos es el que facilita Paul Beyer en *Livable New York*.<sup>296</sup>

## 82. Ciudad comestible

En *Food and the City*,<sup>297</sup> Jennifer Cockrall-King considera la oportuna idea de planificar las ciudades teniendo en cuenta el suministro de alimentos. Casos prácticos de pequeña y gran escala ilustran las posibilidades (como la de la "política del paisaje comestible" en la ciudad de Vancouver) así como sus retos. Un informe global excelente y muy bien escrito sobre el suministro de alimentos y el estatus de la agricultura urbana sostenible (y la cultura de la comida), con muchos ejemplos de innovación e invención, puede encontrarse en *Food City*,<sup>298</sup> de Lim. Ween escribe sobre la "ciudad comestible" y aporta una relación optimista de la agricultura urbana, que incluye una descripción de las granjas verticales en *Future Cities*.<sup>299</sup> Según la autora, las ciudades son capaces de cultivar una proporción significativa de su consumo dentro de sus límites urbanos. En *Positive Development*,<sup>300</sup> Birkeland describe las múltiples ventajas de la introducción de "andamos verdes" en las operaciones de actualización de edificios. Las estrategias relativas a huertos en pueblos y ciudades británicas como Oxford, Darlington y Canterbury suponen un recurso muy útil, y aportan datos relativos a la historia de los huertos y distancias de desplazamiento que pueden encontrarse en las nutridas páginas web de estos municipios. En *Continuous Productive Urban Landscapes*<sup>301</sup> se facilita una propuesta fascinante y muy bien ilustrada de las relaciones entre espacios verdes productivos del interior y del exterior de la ciudad, llamados COUL. Un trabajo que no puede

295 Rodwell, Dennis, *op. cit.*, págs. 117-119.

296 Beyer, Paul, *Livable New York: Sustainable Communities for all Ages*, 2012, apartado II.2.g. [www.aging.ny.gov/LivableNY/ResourceManual/TableOfContents.pdf](http://www.aging.ny.gov/LivableNY/ResourceManual/TableOfContents.pdf).

297 Cockrall-King, Jennifer, *Food and the City: Urban Agriculture and the New Food Revolution*, Prometheus Books, Amherst, 2012, págs. 78-80.

298 Lim, C. J., *op. cit.*

299 Ween, Camilla, *op. cit.*, capítulo 6, pág. 71.

300 Birkeland, Janis, *op. cit.*, págs. 281-282.

301 Viljoen, André (ed.), *op. cit.*

ignorarse, muy bien escrito, es *Hungry City*,<sup>302</sup> de Carolyn Steel, que proporciona un estado de la cuestión fascinante e inspirador, de la historia y del futuro, de la manera en que se alimentan las ciudades. En *Urban Ecology*,<sup>303</sup> Forman comenta que, en las ciudades estadounidenses, en el año 2000 la distancia media de desplazamiento de un alimento hasta llegar al destinatario final era de 2.400 km. También recoge una excelente descripción de la ecología de la agricultura y de la relación entre agricultura y ciudad.

### 83. La ciudad es para todos

En *Leading the Inclusive City*,<sup>304</sup> Robin Hambleton afirma que las ciudades son cada vez menos igualitarias, y que esto amenaza a todos los ciudadanos. Se define la ciudad inclusiva —resultado de la colaboración entre los ciudadanos, un liderazgo local y cívico y el entorno— y el autor confirma que las mejoras del transporte público son clave para la inclusión, ya que tienen una influencia transformadora del estilo de vida y de las oportunidades.<sup>305</sup> El autor subraya que ha llegado el momento de que el liderazgo urbano prime la equidad sobre el crecimiento económico. El trabajo recurre a casos de estudio (“historias de innovación”) que ilustran los temas clave para ciudades de éxito, inclusivas y sostenibles.

En *Planning for Sustainability*,<sup>306</sup> Wheeler plantea en qué medida la industria participa de la noción de equidad y explica que la distribución de riqueza según áreas urbanas conduce al “aislamiento social” o a la exclusión, a medida que se incrementa la separación entre ricos y pobres. La equidad urbana está relacionada con viviendas sociales asequibles. Haciendo referencia a Kevin Lynch, Wheeler interpreta la importancia de ciudades “asequibles”. A partir de esta idea, Birkeland afirma, en su texto optimista y maravillosamente desafiante *Positive Development*,<sup>307</sup> que la sociedad solo puede ser sostenible si todos prosperan. En el texto académico y a la vez práctico

302 Steel, Carolyn, *Hungry City*, Vintage, Londres, 2013.

303 Forman, Richard T. T., *op. cit.*, págs. 344-349.

304 Hambleton, Robin, *Leading the Inclusive City: Place-based Innovation for a Bounded Planet*, Policy Press, Bristol, 2015, pág. 6.

305 *Ibid.*, pág. 314.

306 Wheeler, Stephen M., *op. cit.*, capítulo 4.

307 Birkeland, Janis, *op. cit.*, capítulo 13.

de Susan Fainstein, *The Just City*,<sup>308</sup> se aborda la inclusión con relación a la diversidad. Sin embargo, hay que ser prudentes con la falta de autenticidad a la que conduciría una planificación que forzase la convivencia de diferentes comunidades.

308 Fainstein, Susan S., *The Just City*, Cornell University Press, Ithaca, 2010, capítulo 2.

## CAPÍTULO 5. ESTRATEGIAS PARA EDIFICIOS Y CIUDADES SOSTENIBLES

### 84 a 89. Estrategias para actualizaciones sostenibles

#### **Actualización sostenible y reutilización creativa**

En *Positive Development*,<sup>309</sup> Birkeland define las actualizaciones sostenibles, que se plantean como un imperativo del desarrollo sostenible y son un punto clave de este tratado ameno e informativo. También se abordan las actualizaciones integradas. En *Future Cities*,<sup>310</sup> Ween aboga por edificios multifunción como manera de incrementar la ocupación; muchas escuelas, edificios de oficinas y edificios públicos solo se ocupan el 30 o 50 % del tiempo. El autor también plantea la posibilidad de usos “temporales” o “transitorios” para edificios no ocupados que están afectados por una eventual remodelación. En *Conservation and Sustainability in Historic Cities*,<sup>311</sup> Rodwell cita a sir Bernard Feilden y afirma que la sostenibilidad consiste en prolongar la vida útil de un edificio, lo que supone un ahorro de recursos y económico. Se aborda también el problema de la gran cantidad de propiedades vacías en nuestras ciudades y la necesidad de usos inventivos.<sup>312</sup> En *Sustainable Preservation*,<sup>313</sup> Carroon y Moe tratan la extensión de la vida útil de los edificios y su reutilización creativa, a partir de casos prácticos bien presentados y dispuestos en un formato que permite comparaciones. Al plantear qué hace que los edificios existentes sean “verdes”, los autores se refieren a la “supervivencia pasiva”,<sup>314</sup> la habilidad de un edificio de proporcionar un entorno adecuado aun cuando fallen sus instalaciones, e indica que se puede aprender de los principios de diseño pasivo adoptados en muchos edificios históricos. El diseño regenerativo se define no como el que hace que la sociedad sea menos nociva para el medio ambiente por medio de crear las condiciones para que la

309 Birkeland, Janis, *op. cit.*, capítulo 2.

310 Ween, Camilla, *op. cit.*, págs. 109-110.

311 Rodwell, Dennis, *op. cit.*, pág. 57.

312 *Ibíd.*, págs. 127-128.

313 Carroon, Jean y Moe, Richard, *op. cit.*, apartado 7.4.

314 *Ibíd.*, pág. 10.

sociedad genere un medio ambiente verdaderamente restablecido y sostenible.<sup>315</sup>

En *Sostenibilidad en interiorismo*,<sup>316</sup> Siân Moxon aporta un trabajo completo, equilibrado y muy bien ilustrado con casos prácticos creativos; incluye un apartado sobre elección de materiales e impactos que resulta de especial interés para diseñadores de interiores, arquitectos y todos aquellos implicados en especificaciones de interiores (tanto de edificios de nueva planta como de actualizaciones). También aborda los peligros del lavado de cara ecológico de los fabricantes, e información sobre especificaciones y certificaciones de materiales verdes.<sup>317</sup> Este autor se suma a los que abogan por aprender del pasado. Tucker describe concisamente los beneficios asociados a la reutilización, e incluye la relación entre los costes del ciclo de vida y la reutilización en *Designing Sustainable Residential and Commercial Interiors*,<sup>318</sup> así como una guía “paso a paso” del proceso que debe seguir el equipo de proyecto. En el capítulo primero del libro, la autora da una visión general de los procesos de proyecto. La reutilización mediante adaptación también se aborda en el foro de internet de Sustainable Cities Collective.

#### **Actualización de bajo consumo energético**

En *Retrofit for Purpose*,<sup>319</sup> Penoyre y Prasad describen las “actualizaciones de alto control energético” y la necesidad de que la envolvente y las instalaciones se evalúen de manera integrada. También proporcionan una lista práctica de “claves para el éxito” de proyectos de actualización.<sup>320</sup> Mediante casos de estudio se ilustran diferentes soluciones que incluyen los estándares de Passivhaus para edificios de uso no doméstico en el Reino Unido,<sup>321</sup> en el que son necesarias medidas de envergadura para lograr un consumo energético muy bajo sin comprometer el confort del usuario y la integridad de la

315 *Ibíd.*, pág. 14.

316 Moxon, Siân, *Sustainability in Interior Design*, Laurence King, Londres, 2012 (versión castellana: *Sostenibilidad en interiorismo*, Blume, Barcelona, 2012, págs. 84-106).

317 *Ibíd.*, págs. 100-101.

318 Tucker, Lisa M., *op. cit.*, capítulo 7.

319 Penoyre, Greg y Prasad, Susan, *op. cit.*, págs. 6-7.

320 *Ibíd.*, pág. 11.

321 *Ibíd.*, caso práctico 8, págs. 163-173.

envolvente. En todos los ensayos y casos prácticos, se enfatiza la necesidad de contar con asesoramiento técnico relativo al rendimiento del edificio, así como la diferencia entre el rendimiento previsto en el proyecto y el consumo energético real.

### **Consecuencias no intencionadas**

En *The Environmental Design Pocketbook*,<sup>322</sup> Pelsmakers facilita una excelente lista de verificaciones de medidas de actualización y una estimación de especial interés de las consecuencias no intencionadas pero comunes de algunas decisiones relativas a la actualización, como, por ejemplo, un empeoramiento de la calidad del aire en una envolvente estanca. Este aspecto suele solucionarse con la introducción de sistemas de ventilación mecánica y recuperación de calor.<sup>323</sup> El sobrecalentamiento es otra de las consecuencias de la actualización de bajo consumo que suelen abordar los autores. Del artículo “The Unintended Consequences of Energy Efficient Retrofit on Indoor Air Pollution and Overheating Risk in a Typical Edwardian Mid-terraced House”<sup>324</sup> se desprende que el sobrecalentamiento y la calidad del aire interior son fenómenos vinculados en operaciones de actualización.

Una sección de la página web de Responsible Retrofit facilita una herramienta de diseño para explorar problemas y soluciones en actualizaciones.<sup>325</sup> El Institute for Sustainability británico ha publicado una serie de guías sobre la actualización del parque de viviendas del Reino Unido, y el *Whole Building Design Guide* del National Institute of Building Sciences de Estados Unidos plantea directrices para edificios existentes centradas en una aproximación integrada y secuencial que tiene en cuenta aspectos de asesoría, actuaciones y mantenimiento.<sup>326</sup>

322 Pelsmakers, Sofie, *op. cit.*, págs. 282-287.

323 Penoyre, Greg y Prasad, Susan, *op. cit.*, caso práctico 8.

324 Mavrogianni, Anna et al., “The Unintended Consequences of Energy Efficient Retrofit on Indoor Air Pollution and Overheating Risk in a Typical Edwardian Mid-terraced House”, 2013. [www.academia.edu/8524127/The\\_unintended\\_consequences\\_of\\_energy\\_efficient\\_retrofit\\_on\\_indoor\\_air\\_pollution\\_condensation\\_and\\_overheating\\_risk\\_in\\_a\\_typical\\_Georgian\\_mid-terrace\\_house](http://www.academia.edu/8524127/The_unintended_consequences_of_energy_efficient_retrofit_on_indoor_air_pollution_condensation_and_overheating_risk_in_a_typical_Georgian_mid-terrace_house).

325 Responsible Retrofit Guidance Wheel, *Sustainable Traditional Buildings Alliance* (STBA). [www.responsible-retrofit.org/wheel](http://www.responsible-retrofit.org/wheel).

326 National Institute of Building Sciences de Estados Unidos, *Whole Building Design Guide (Retrofit)*. [www.wbdg.org/references/fhpsb\\_existing.php](http://www.wbdg.org/references/fhpsb_existing.php).

## **90 a 101. Estrategias para edificios y ciudades sostenibles**

### **Pensamiento estratégico positivo**

Bajo un formato atractivo y refrescante, en *Positive Development* Birkeland pone en duda gran parte del pensamiento habitual relativo al modo en que se suelen concebir los edificios y ciudades sostenibles.<sup>327</sup> La autora arroja el guante en contra de las estrategias de “diseño positivo en red”, según el cual edificios y ciudades aportan más a la ecología y el medio ambiente de lo que consumen, y en el que los residuos se transforman en recursos. La autora recuerda también que si bien la reducción del consumo energético ha sido la principal preocupación de los últimos años, se hace ahora necesaria una aproximación al proyecto desde el usuario y el entorno.<sup>328</sup> Birkeland también se cuestiona si la durabilidad debería ser una virtud constante de la arquitectura: la mejor manera de lograr un alto grado de adaptabilidad podría ser por medio de estructuras y materiales “reversibles”, fáciles de alterar y ecológicos.

En *Eco-urbanity*,<sup>329</sup> Kodama Yuichiro describe su visión sobre la “espiral positiva” de ventajas para el usuario y el entorno que una aproximación ecológica al urbanismo podría suponer. El editor Darko Radovic recuerda que la sostenibilidad no es intrínsecamente idílica, y puede florecer en las condiciones más duras y en las culturas menos democráticas.<sup>330</sup> *Strategies for Sustainable Architecture*,<sup>331</sup> de Sassi, constituye una recopilación de artículos esencial sobre estrategias arquitectónicas. Se trata de un trabajo práctico, completo y muy bien presentado, en el que cada tema está introducido y se apoya en un amplio conjunto de casos prácticos.

La arquitectura biodegradable se ha abordado recientemente en la página de internet Technology4Change, y en las páginas web de The Climate Group y Forum for the Future pueden encontrarse más reflexiones sobre el pensamiento “positivo en red”.

327 Birkeland, Janis, *op. cit.*, págs. 71 y 341.

328 *Ibíd.*, pág. 110.

329 Yuichiro, Kodama, en Radovic, Darko, *op. cit.*, págs. 78-81.

330 *Ibíd.*, págs. 9-17.

331 Sassi, Paola, *op. cit.*

### Ciudad, región y planeta: flujos de energía y recursos

La relación entre el consumo de energía y la eliminación de residuos se aborda en numerosas publicaciones contemporáneas. En *Sustainability: The Basics*,<sup>332</sup> Peter Jacques describe el "metabolismo de las sociedades", en las que el consumo de materia y energía y la eliminación de residuos dependen, de forma crítica, del entorno de un individuo o una comunidad, como, por ejemplo, en el caso de una ciudad o región. Jacques facilita sus propios principios de sostenibilidad, que, para un desarrollo sostenible (en referencia al economista ecológico Herman Daly),<sup>333</sup> requerían que:

- Las fuentes de energía renovables no deberían sobreexplotarse más allá de su capacidad de regeneración.
- Las fuentes de energía no renovables no deberían consumirse a una velocidad que supere la de su producción.
- Los vertederos no deberían utilizarse más allá de su capacidad de asimilación.

Los flujos de ecosistemas —así como los movimientos relacionados de animales y plantas, microbios y personas en nuestras ciudades y en sus entornos— están muy bien descritos por Forman en *Urban Ecology* donde, además, proporciona diagramas de patrones óptimos de espacios verdes para hábitats interconectados.<sup>334</sup>

En su *Manifiesto for Sustainable Cities*,<sup>335</sup> Gaines describe un "sistema holístico global" mediante el cual una ciudad transforma parte de sus residuos en energía, produciendo calor, y reciclando y recuperando el resto. Con una perspectiva regional, en *Positive Development*,<sup>336</sup> Birkeland considera que la ciudad regional es "una fuente y un vertedero", y explica cómo incrementar las características positivas ("flujos") medioambientales a través de un diseño adecuado.

En *The Future of Sustainable Cities*,<sup>337</sup> Mark Whitehead muestra que la ciudad sostenible es, casi inevitablemente, una ciudad glo-

bal. En la actualidad, la huella socioeconómica de la ciudad está relacionada con la de las ciudades más distantes, y también con los ecosistemas de la Tierra. Otros temas (comunes a las publicaciones de esta área) que aborda esta fascinante recopilación de ensayos son la interconectividad de las ciudades globalmente, la naturaleza del mundo "pospolítico", los inciertos impactos de las crisis financieras globales de principios del siglo XXI y la relación entre neoliberalismo y teoría del planeamiento urbano. En un excelente ensayo de Jody Milder recogido en *Sustainable Urban Environments*,<sup>338</sup> se abordan las diferentes tipologías de formas urbanas y se plantean con acierto los temas en conflicto de las ciudades compactas. El consumo de agua en las ciudades se menciona como el "flujo material" más importante. En el artículo se propone empezar con la ciudad tal como es para más tarde introducir aspectos sostenibles sin perder su identidad o carácter esencial. Un excelente diagrama del "modelo de la evidencia ecológica" para la relación entre ciudad y región indica las diferentes escalas y flujos, y se ha utilizado como modelo para las reglas 96 a 101 de este libro, lo que conduce a la siguiente escala: la del planeta Tierra.<sup>339</sup> Los así llamados flujos ecológicos de entrada y salida se plantean con relación a la morfología de la ciudad en el excelente libro de texto de Forman, *Urban Ecology*.<sup>340</sup>

En el capítulo final de *City Design*,<sup>341</sup> Barnett concluye con un manifiesto de seis puntos para el futuro del proyecto urbano, que incluye centros de negocios compactos peatonales y barrios a los que se puede llegar a pie. Según se nos indica, los nuevos sistemas económicos relacionan las ciudades regionales con su contexto suprarregional, en una geografía que habrá cambiado desde el punto de vista social, y podemos esperar un crecimiento de la especialización de centros en el seno de una ciudad multirregional.

332 Jacques, Peter, *op. cit.*, pág. 38.

333 *Ibíd.*, capítulo 2, pág. 41.

334 Forman, Richard T. T., *op. cit.*, págs. 68-76.

335 Gaines, Jeremy, *op. cit.*, pág. 24.

336 Birkeland, Janis, *op. cit.*, pág. 44.

337 Whitehead, Mark, en Flint, John y Raco, Mike (eds.), *The Future of Sustainable Cities: Critical Reflections*, The Policy Press, Bristol, 2012, pág. 33.

338 Milder, Jody, en Van Bueren, Ellen et al., *Sustainable Urban Environments: An Ecosystems Approach*, Springer, Viena, 2012, págs. 263-284.

339 *Ibíd.*, pág. 228.

340 Forman, Richard T. T., *op. cit.*, capítulo 3.

341 Barnett, Jonathan, *op. cit.*, págs. 203-211.

### **Empezar con lo preexistente para crear un espacio público de gran calidad**

En *Conservation and Sustainability in Historic Cities*,<sup>342</sup> Rodwell afirma que el punto de partida de las ciudades y sus barrios debería ser la proximidad y la accesibilidad. La huella medioambiental de Londres es, según nos dicen, 125 veces mayor de su superficie actual, un hecho que lleva al autor a afirmar que las cuestiones medioambientales clave son: el uso del suelo, el agua, las materias primas no renovables y los recursos energéticos, la contaminación atmosférica y la salud, los residuos y la calidad de los entornos físicos y socioeconómicos. Rodwell describe el modelo histórico de ciudad (que algunos autores denominan "la ciudad previa a la era del automóvil"), que mantenía una relación sostenible con su entorno,<sup>343</sup> una condición que la ciudad del futuro tiene que recuperar, un tema, a su vez, muy presente en gran parte del pensamiento contemporáneo. En *Environmental Site Planning for Site Development*,<sup>344</sup> Beer y Higgins facilitan los factores clave que hay que asimilar antes de tomar decisiones sobre desarrollos como: agua, residuos, transporte y biodiversidad.

La sostenibilidad va pareja de la calidad del medio ambiente urbano, y la calidad es una temática recurrente en la mayoría de los textos, si no en todos, que se citan en este volumen. Los trabajos sobre planeamiento urbano y proyecto, y sobre cómo crear un entorno físico de alta calidad van más allá del alcance de este libro; sin embargo, la importancia de un espacio público de alta calidad y la titularidad pública de este espacio se describe bien en el texto de Hambleton, *Leading the Inclusive City*.<sup>345</sup> Rogers capta con maestría las cualidades necesarias de un entorno urbano atractivo en *Ciudades para un pequeño planeta*,<sup>346</sup> y Ween resume las cualidades de la ciudad del futuro de forma sucinta en la conclusión de *Future Cities*.<sup>347</sup>

342 Rodwell, Dennis, *op. cit.*, capítulo 6.

343 *Ibid.*, págs. 112 y 114.

344 Beer, Anne R. y Higgins, Cathy, *op. cit.*, pág. 260.

345 Hambleton, Robin, *op. cit.*, págs. 102-107.

346 Rogers, Richard, *op. cit.*

347 Ween, Camilla, *op. cit.*

### **Responsabilidad y ética**

Mientras que solo hace unas pocas generaciones el hombre era una especie rural que vivía al aire libre, ahora pasamos el 90 % de nuestro tiempo en espacios interiores, según recoge la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos en un artículo titulado "Buildings and Their Impact on the Environment".<sup>348</sup> Son más difíciles de obtener cifras fiables y comparables del número de profesionales del entorno construido capacitados que proyectan estos edificios en todo el mundo. Sin embargo, si consideramos únicamente al Reino Unido, alrededor de un 0,05 % de la población (una de cada 2.000 personas) es arquitecto colegiado (la cifra ronda el 0,03 % en Estados Unidos). La responsabilidad de proyectar el entorno construido está, por tanto, en manos de unos pocos. La sostenibilidad es un asunto ético, y la ética es el núcleo de gran parte de la literatura especializada. En *Positive Development*,<sup>349</sup> Birkeland plantea que abordar cuestiones de ética es fundamental para la sostenibilidad, y en *Guía básica de la sostenibilidad*,<sup>350</sup> Edwards se centra en la ética, en un ensayo con visión de futuro sobre la educación sostenible.

348 Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos, "Buildings and Their Impact on the Environment: A Statistical Summary", 22 de abril de 2009. [archive.epa.gov/greenbuilding/web/pdf/gbstats.pdf](http://archive.epa.gov/greenbuilding/web/pdf/gbstats.pdf), pág. 4.

349 Birkeland, Janis, *op. cit.*, pág. 220.

350 Edwards, Brian, *op. cit.*, págs. 327-328.

## BIBLIOGRAFÍA

De entre todas las referencias utilizadas en las notas del texto anterior, cabría destacar los siguientes títulos:

### 10 libros fundamentales

Edwards, Brian, *Rough Guide to Sustainability: A Design Primer*, RIBA Publishing, Londres, 2014, 4ª ed. (versión castellana de la segunda edición: *Guía básica de la sostenibilidad*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008).

Pelsmakers, Sofie, *The Environmental Design Pocketbook*, RIBA Publishing, Londres, 2015, 2ª ed.

Berge, Bjorn, *The Ecology of Building Materials*, Elsevier, Oxford, 2009, 2ª ed.

Bokalders, Varis y Block, Maria, *The Whole Building Handbook. How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings*, Earthscan/RIBA, Londres, 2010.

Jacques, Peter, *Sustainability: The Basics*, Routledge, Abingdon, 2015.

Sassi, Paola, *Strategies for Sustainable Architecture*, Taylor & Francis, Nueva York, 2006.

Liddell, Howard, *Eco-minimalism: The Antidote to Eco-bling*, RIBA Publishing, Londres, 2013, 2ª ed.

Birkeland, Janis, *Positive Development: From Vicious Circle to Virtuous Cycles Through Built Environment Design*, Earthscan, Londres, 2008.

Kwok, Alison G. y Grondzik, Walter T., *The Green Studio Handbook. Environmental Strategies for Schematic Design*, Architectural Press, Oxford, 2007.

Ritchie, Adam y Thomas, Randall (eds.), *Sustainable Urban Design: An Environmental Approach*, Taylor & Francis, Nueva York, 2009.

### Dos clásicos

Rudofsky, Bernard, *Architecture Without Architects* [1964], Academy Editions, Londres, 1981 (versión castellana: *Arquitectura sin arquitectos*, Editorial Universitaria, Buenos Aires, 1973).

Givoni, Baruch, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Wiley, Nueva York, 1998.

### **Dos publicaciones breves imprescindibles**

Ween, Camilla, *Future Cities: All That Matters*, John Murray, Londres, 2014.

Ford, Adam, *Mindfulness and the Art of Urban Living*, Leaping Hare Press, Lewes, 2013.

## **OTROS RECURSOS DE INTERNET**

Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos. [www.epa.gov](http://www.epa.gov).

Agencia Europea de la Energía, *Energy Efficiency and Energy Consumption in the Transport Sector*, 2012. [www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-4/assessment](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-4/assessment).

Agencia Mundial de la Energía. [www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org).

Banco Mundial. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org).

Biodiversity Information System for Europe (BIDE). [www.biodiversity.europa.eu/topics/ecosystem-services](http://www.biodiversity.europa.eu/topics/ecosystem-services).

Building Research Establishment (BRE group), *Green Guide to Specification*. [www.bre.co.uk/greenguide](http://www.bre.co.uk/greenguide).

Building Services Research and Information Association (BSRIA). [www.bsria.co.uk](http://www.bsria.co.uk).

Carbon Trust Guide, *Small-scale Wind Energy: Policy Insights and Practical Guidance*, 2008. [www.carbontrust.com/media/77248/ctc738\\_small-scale\\_wind\\_energy.pdf](http://www.carbontrust.com/media/77248/ctc738_small-scale_wind_energy.pdf).

Chi-Nguyen Cam, W., *Carbon Sink and Low-carbon Building Materials*, Climatetechwiki.

Clifford, M., "Organic building 'is almost 100% compostable'", *Technology 4 Change*, 18 de febrero de 2014.

Convenio para la Diversidad Biológica de Naciones Unidas. [www.cbd.int](http://www.cbd.int).

Data 360. [www.data360.org/dsg.aspx?Data\\_Set\\_Group\\_Id=757](http://www.data360.org/dsg.aspx?Data_Set_Group_Id=757).

Departamento de Energía y Cambio Climático británico. [www.gov.uk/government/organisations/environment-agency](http://www.gov.uk/government/organisations/environment-agency).

División de Población de Naciones Unidas. [www.un.org/en/development/desa/population](http://www.un.org/en/development/desa/population).

Ecological Society of America (ESA). [www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/090015](http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/090015).

Ecology Global Network. [www.ecology.com](http://www.ecology.com).

Energy Saving Trust. [www.energysavingtrust.org.uk](http://www.energysavingtrust.org.uk).

Environmental Product Declaration (EPD) International. [www.environdec.com](http://www.environdec.com).

Forum for the Future, The Net Positive Group. [www.forumforthefuture.org/project/net-positive-group/overview](http://www.forumforthefuture.org/project/net-positive-group/overview).

Forum for the Future. [www.forumforhtefuture.org](http://www.forumforhtefuture.org).

Global Footprint Network. [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org).

GreenSpec. [www.greenspec.co.uk/embodied-energy.php](http://www.greenspec.co.uk/embodied-energy.php).

Huertos: [www.canterbury.gov.uk/media/85346/canterbury-city-council-allotment-strategy.pdf](http://www.canterbury.gov.uk/media/85346/canterbury-city-council-allotment-strategy.pdf); [www.darlington.gov.uk/media/154909/ApprovedAllotmentStrategy.pdf](http://www.darlington.gov.uk/media/154909/ApprovedAllotmentStrategy.pdf); [www.oxford.gov.uk/Library/Documents/Policies%20and%20Plans/Green%20Spaces%20Strategy%202013-27.pdf](http://www.oxford.gov.uk/Library/Documents/Policies%20and%20Plans/Green%20Spaces%20Strategy%202013-27.pdf).

Institute for Sustainability, *Low Carbon Domestic Retrofit Guides*. [www.instituteforsustainability.co.uk/retrofitguides](http://www.instituteforsustainability.co.uk/retrofitguides).

International Organization for Standardization (ISO). [www.iso.org](http://www.iso.org).

Naciones Unidas. [www.un.org](http://www.un.org).

NASA. [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov).

Organización Mundial de la Salud (OMS). Ciudades saludables. [www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/urban-health/activities/healthy-cities](http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/urban-health/activities/healthy-cities).

RenewableUK. [www.renewableuk.com](http://www.renewableuk.com).

Resilient Cities. [www.resilient-cities.iclei.org](http://www.resilient-cities.iclei.org).

Sustainable Cities Collective. [www.sustainablecitiescollective.com](http://www.sustainablecitiescollective.com).

Technology4Change. [www.technology4change.com](http://www.technology4change.com).

The Climate Group. [www.theclimategroup.org](http://www.theclimategroup.org).

The Climate Group. [www.theclimategroup.org/what-we-do/publications/net-positive-a-new-way-of-doing-business](http://www.theclimategroup.org/what-we-do/publications/net-positive-a-new-way-of-doing-business).

Waste & Resources Action Programme (WRAP). [www.wrap.org.uk](http://www.wrap.org.uk).

Water Aid UK. [www.wateraid.org](http://www.wateraid.org).

Waterwise. [www.waterwise.org.uk](http://www.waterwise.org.uk).

World Wide Fund for Nature. [www.wwf.org](http://www.wwf.org).

[www.climatechwiki.org/technology/carbon-sink-and-low-carbon-building-materials](http://www.climatechwiki.org/technology/carbon-sink-and-low-carbon-building-materials).

[www.technology4change.com/article.jsp?id=384#.VhzS9PIViko](http://www.technology4change.com/article.jsp?id=384#.VhzS9PIViko).

*Your Home: Australia's Guide to Environmentally Sustainable Homes.*

[www.yourhome.gov.au](http://www.yourhome.gov.au).

## ÍNDICE

### A

actividad física 168  
actuación 183, 194-195, 249-252  
  de bajas emisiones de carbono 250-252  
  ecológica 249-251  
adaptabilidad 46, 201, 206, 255  
agricultura urbana 7, 188-189, 249  
agua incorporada 216  
aguas grises recicladas 88  
ambiente interior 239, 242  
arquitectura sostenible 34, 62, 183, 187, 201  
atmósfera 36, 102, 110, 122, 222, 229

### B

bajo mantenimiento 152  
bienestar  
  contacto con la naturaleza 154, 174  
  iluminación natural 162  
biocombustibles 70  
biodiversidad 92, 104, 217, 221-222, 225-226, 236, 258  
biomimética 116, 223, 227  
bombas de calor 74

### C

calentamiento global, véase cambio climático  
calidad del aire interior (CAI) 160, 241-242, 254  
cambio climático 36, 38, 49, 122, 195, 198-199, 201-202, 224, 229, 231 (véase también efecto isla de calor urbana)  
canales de drenaje 90  
ciudades de usos mixtos 248-249  
clima local 222

clorofluorocarbonos (CFC) 122, 229  
combustibles fósiles 36, 38, 70, 80, 198, 200, 209  
compuestos orgánicos volátiles (COV) 160, 242  
confort térmico 144, 206, 238  
conservación 30, 244  
conservación del agua 215-216  
consumo de agua 20, 86, 210, 215-216, 257  
contaminantes 160, 242  
corredores ecológicos 104, 212  
cubiertas  
  azules 145, 236  
  blancas 145, 236  
  verdes 145, 236-237

### D

deflexión 142  
densidad urbana 200, 226, 233  
discontinuidades urbanas 234

### E

ecosistemas 5-7, 12, 14, 70, 102, 104, 108, 112, 193, 221-223, 256-257  
edificios  
  altos 235  
  climáticamente neutros 110, 224  
  de usos mixtos 248  
  existentes, actualización y reutilización 30, 184, 194-195, 249-251  
  saludables 158, 241  
efecto albedo 128, 144, 231  
efecto isla de calor urbana 126, 128, 144, 199, 230-231, 236, 238  
efectos del viento 235  
de recursos 205

emisiones de carbono 64, 74, 80,  
144, 206-207

## energía

eólica 72, 209, 211  
hidroeléctrica 66, 208  
renovable 66, 68, 70, 72, 74,  
208-209, 211, 256  
solar 72, 203, 208, 211, 230  
undimotriz 208  
carbono incorporado 58, 60,  
205, 213  
envolvente 20, 34, 64, 136, 201,  
231, 234, 253  
estancia 112, 254  
equidad 180, 250  
espacios verdes 156, 174, 222, 226,  
231, 241, 247-249, 256  
evaluación de postocupación (EPO)  
243

## F

falsamente ecológico 16, 186  
flexibilidad 34, 197, 201  
forma del edificio 62  
fuentes de calor subterráneo 74  
fuentes de energía de bajas  
emisiones de carbono 74,  
210  
funcionamiento del edificio 32, 164,  
200, 206

## G

garantías de futuro 202  
gases de efecto invernadero 42,  
44, 82, 108, 198, 200  
generación de energía a partir de  
residuos 72, 211

## H

hàbitats naturals 104, 256  
huertos 92, 168, 178, 249

## I

instalaciones de cogeneración 72

## M

mantenimiento 152, 194, 197,  
239-240, 254  
masa térmica 136, 206, 234, 236  
materiales de construcción 7, 80,  
102, 212  
adecuado y duradero 84  
de bajas emisiones de CO<sub>2</sub> 80,  
224  
de origen local 82  
energía/carbono incorporado  
60, 25, 206, 213  
minimización de residuos 94  
neutros al clima 110, 202  
recuperados, reutilizados,  
reciclados 76, 82, 98, 213, 220  
recursos de la Tierra 54  
transporte 82  
medio ambiente 6, 14, 22, 24, 26,  
138, 152, 195-196  
microgeneración 209  
movimiento 223, 245, 247, 256

## P

paisaje sonoro 7, 170, 246  
parques 172, 174, 209, 246  
patrimonio 166, 243-244  
placas fotovoltaicas 70, 211  
planeamiento urbano 199, 257, 258  
producción de alimentos 191, 211  
proyectar para el mantenimiento  
152  
proyectar para una futura  
deconstrucción 96, 220

## R

reciclaje  
de agua 88  
de aguas grises 88, 215  
de residuos 56, 98, 106, 220

recogida de agua de lluvia 88, 90,  
216-217

recuperación de calor 150, 254

## recursos

frente a consumo 192  
recursos hídricos 50  
recursos naturales 54, 56, 195,  
204

refrigeración gratuita 145

rendimiento previsto y real 165,  
254

residuos de la construcción 94,  
218, 220

resiliencia 48, 201

reutilización creativa 252

reutilización de edificios 30,  
220

ruido 156, 172, 246-247

## S

síndrome del edificio enfermo 158,  
160

sistemas comunitarios de  
producción de energía 70, 72,  
74

sistemas de drenaje urbano  
sostenible 90

solares en desuso 72, 92, 217

suministro de materiales locales 82,  
212-214, 221

superficies de agua 90

## T

topografía 130, 231-232

transformación de edificios 30, 196

transporte 42, 44, 82, 168, 176,  
199-200, 205, 207

sostenible 44, 198, 200

trastorno afectivo estacional (TAE)  
162, 242

turbinas de gas de ciclo combinado  
(TGCC) 74

## U

uso de energía 38, 40, 58, 60  
usos con bajas emisiones de  
carbono 64, 74, 80, 207

## V

ventilación mecánica y  
recuperación de calor 254

## Z

zonas climáticas 118, 140, 227

*Otros títulos de interés:*

**101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético**

Huw Heywood

12 x 18 cm, 240 páginas

ISBN: 9788425228452

**Arquitectura ecológica. Un manual ilustrado**

Francis D. K. Ching e Ian M. Shapiro

21 x 30 cm, 280 páginas

ISBN: 9788425227431

**Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**

Victor Olgyay

27 x 21 cm, 216 páginas

ISBN: 9788425214882

**Ciudades para un pequeño planeta**

Richard Rogers y Philip Gumuchdjan

17 x 18 cm, 196 páginas

ISBN: 9788425217647

**De la casa pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos**

Micheel Wassouf

17 x 24 cm, 144 páginas

ISBN: 9788425224522

**Pequeño manual del proyecto sostenible**

Françoise-Hélène Jourda

12 x 18 cm, 96 páginas

ISBN: 9788425224492

**Urbanismo bioclimático**

Ester Higuera

17 x 24 cm, 242 páginas

ISBN: 9788425220715