

21 kg
de CO₂

Ésta es la cantidad de CO₂ que hemos emitido para hacer cada ejemplar de este libro. Si 400 g de papel emiten más de 21 kg de CO₂, ¿cuánto emite mi coche? ¿Y mi casa? ¿Cómo podemos construir y habitar de manera más sostenible?

Toni Solanas | Dani Calatayud | Coque Claret



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge

21 kg de CO₂

Cómo se ha calculado la huella ecológica de este libro

La cifra de 21 kg de CO₂ emitidos al producir el ejemplar que tiene en sus manos se ha calculado siguiendo el criterio de Rees y Wackernagel. Se han tenido en cuenta tanto las emisiones directas que ha ocasionado la impresión y la encuadernación, como las emisiones indirectas relacionadas con el papel o el funcionamiento de la imprenta y las derivadas de las tareas de creación de contenidos y realización del libro. Conviene destacar las emisiones derivadas de la tala de los árboles que proporcionan la celulosa para el papel, pues se prevé que el bosque dejará de absorber CO₂ durante setenta años, y la energía consumida en el proceso de fabricación del papel, incluida la climatización del local y la fabricación de la maquinaria. También se ha considerado la energía necesaria para mover el camión tráiler que transporta la madera hasta la fábrica de papel y de allí hasta la imprenta; asimismo, se ha tenido en cuenta la

energía necesaria para fabricar el acero con el que se ha hecho el camión, así como la derivada de la construcción de la carretera por la que éste se desplaza. Además, se ha añadido la energía consumida por las personas que hemos trabajado en el libro: alimentación, vivienda, desplazamientos, local de trabajo y climatización; incluso el tiempo de vacaciones, porque si las hemos podido tomar, es gracias a que hemos trabajado.

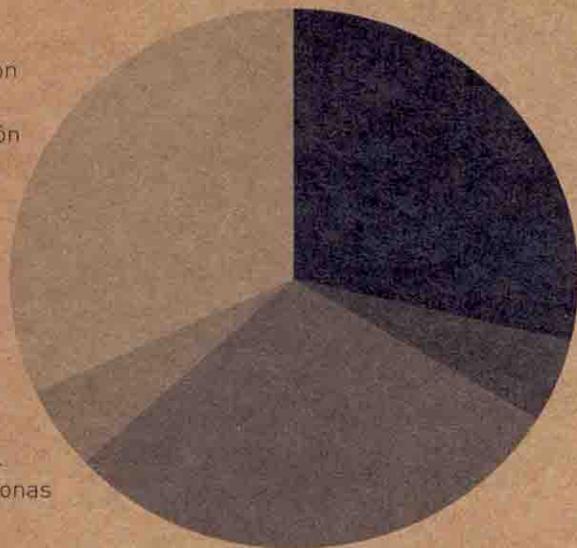
En cambio, no se han sumado las emisiones que corresponderían a la distribución posterior del libro. Esta cifra puede variar mucho según el punto al que se desplace cada ejemplar. Veamos algunos ejemplos: si el libro viajara hasta Lérida, habría que añadir 0,01 kg de CO₂; si lo enviáramos a Sevilla, habría que sumar 0,46 kg; y si se mandara a Nueva York, habría que contar 12,78 kg más.

31,7%

impresión (2): impresión + encuadernación (incluida la amortización de la maquinaria)

5%

impresión (1): el local + ordenadores + personas



28,7%

extracción de madera y producción de papel

5%

transporte del papel hasta la imprenta

29,6%

creación y realización del libro



21 kg
de CO₂

Solanas, Toni

21 kg de CO2

I. Calatayud, Daniel II. Claret, Coque III. Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge IV. Títol V. Títol: Veintíun kg de CO2

1. Desenvolupament sostenible 2. Arquitectura sostenible 3.

Arquitectura – Aspectes ambientals

504.03

21 kg de CO2

© Generalitat de Catalunya

Departament de Medi Ambient i Habitatge

<http://mediambient.gencat.cat>

Edición a cargo de Toni Solanas

Autores: Toni Solanas, Coque Claret y Dani Calatayud

Realización editorial: líniazero edicions

Diseño gráfico: Pau de Riba y Guillem Cardona

Documentación fotográfica: Servei d'Educació

Ambiental, Direcció General de Medi Natural i Servei

d'Estudis i Documentació d'Habitatge, Departament

de Medi Ambient i Habitatge

Corrección lingüística: Secció de Suport Idiomàtic,

Departament de Medi Ambient i Habitatge

Primera edición: abril de 2009

Tiraje: 250 ejemplares

Producción: SYL S.A.

DLB: 15.345-09

Este libro se ha impreso sobre papel de 115 g
procedente de bosques gestionados con criterios de
sostenibilidad y las cubiertas son de cartulina kraft
reciclada de 400 g.

21 kg de CO₂

Toni Solanas | Dani Calatayud | Coque Claret



Generalitat de Catalunya
**Departament de Medi Ambient
i Habitatge**

008	Presentación Núria Pedrals
009	Presentación Frederic Ximeno
010	Introducción Toni Solanas Dani Calatayud Coque Claret
012	La cooperación como motor de la evolución biológica Mercè Piqueras
014	Breve historia de la ocupación del territorio Clara García Moro
016	El factor medioambiental Daniel Gómez
018	Sin las personas no cambiaremos Joan Subirats
020	Economía y ecología Vicent Alcántara
022	Tres eco-patas malditas Cristina Fallarás
024	Análisis del ciclo de vida Joan Rieradevall
027	Sostenibilidad y huella ecológica Ivan Muñiz
030	El cierre de los ciclos naturales en la arquitectura y el urbanismo Bettina Schaefer
032	El ritmo de consumo de los recursos Pau Morera Font
034	¿Qué energía para qué arquitectura? Joaquim Corominas
036	El papel del agua Elena Domene
038	Los residuos que producimos Josep Esquerrà
040	¿Cómo reducir los gases de efecto invernadero en el sector de la edificación? Anna Pagès
042	Metabolismo urbano y territorio Carles Saura Carulla
044	El territorio como recurso Anna Zahonero Xifré
046	Políticas de mitigación del cambio climático: de la teoría a la práctica Marta Torres Gunfaus
050	Vivienda y salud Mariano Bueno
052	La contaminación física, química y biológica Enric Autí
054	Radiaciones naturales y artificiales: la higiene energética en la vivienda Elisabet Silvestre
056	Habitabilidad Albert Cuchí
060	Arquitectura: un nuevo paradigma Joan Sabaté
066	Nuevas formas de medir Christoph Peters
068	Sobre el uso y la gestión de los edificios en torno a la sostenibilidad Fabián López Plazas
070	Rehabilitar: una oportunidad urgente Mariano Vázquez Espí
072	La rehabilitación de vivienda pública en Cataluña Josep Linares Anna Mestre

- 074 Cuando la participación se convierte en diálogo:
hacia las administraciones interactivas **Pere Subirana Samitier**
- 076 Normativas: el yin y el yang de un cambio necesario **Pilar Martorell**
- 078 El planeamiento: base de la ciudad construida **Clara Jiménez**
- 082 Bioconstrucción y bioarquitectura: ¿vanguardia marginal?,
¿reacción revolucionaria? **Valentina Maini**
- 084 La arquitectura bioclimática **Fidela Frutos | Josep Maria Sanmartín**
- 088 La industrialización y su aproximación hacia la sostenibilidad
Teresa Batlle | Felipe Pich-Aguilera
- 090 Industrialización y sostenibilidad **Sandra Bestraten | Emilio Hormías | Anna Manyes**
- 092 Acciones para superar las barreras **Horacio Espeche**

Núria Pedrals Pugès

Directora general de Calidad de la Edificación y Rehabilitación de la Vivienda, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda, Generalitat de Catalunya

De vez en cuando, tomamos decisiones en la vida sin sospechar que el camino que acabarán desencadenando superará las previsiones que habíamos imaginado. Y así vemos como aquellas decisiones, desligándose del motivo original, adquieren vida propia y abren caminos insospechados que las reconvierten, como si fuesen las responsables o las incentivadoras de las nuevas perspectivas que van tomando las cosas.

Cuando en la edición de 2007 la feria Construmat presentamos un pabellón cuyo nombre era «El primer paso...», no éramos suficientemente conscientes del simbolismo de este título, ni del hecho de que verdaderamente se produciría un segundo paso –que seguro que no será el último– en la línea del estudio, de la difusión y de la implantación de los criterios de sostenibilidad en la construcción.

Finalizado Construmat 2007, consideramos que merecía la pena recoger la información contenida en el pabellón y editarla para el uso posterior de aquellas personas que pudiesen estar interesadas en conocerla.

Fue a partir de aquel momento que las cosas empezaron a adquirir vida propia. El tiempo transcurrido y las circunstancias permanentemente cambiantes hacen que esta publicación ya no se limite a ser una recopilación de la información presentada en Construmat 2007, sino que incorpore información y conocimientos que van mucho más allá de los contenidos estrictos del pabellón.

Se amplían los temas, siempre dentro de la misma línea, y se multiplica el número de colaboradores, porque sería una lástima prescindir de las reflexiones y las investigaciones de tantos especialistas. Así, además, pretendemos llegar a un público más amplio del que participa habitualmente en una feria de la construcción. Creemos, por lo tanto, que podemos decir sin equivocarnos que este libro cons-

tituye un «segundo paso...» hacia la implantación de la sostenibilidad.

El libro es una demostración de la voluntad del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de avanzar en todo lo que supone la aplicación progresiva y constante de criterios de sostenibilidad en el ámbito de la construcción, entendida de forma amplia y global, partiendo de la utilización y el consumo del territorio, de los recursos naturales o primarios, de la calidad de los materiales, de la huella ecológica que tienen las distintas configuraciones urbanas, de las soluciones constructivas, de las nuevas tecnologías y las energías renovables y, como punto final pero no por ello menos importante, del uso del edificio, que recae directamente en el propio usuario.

Son temas tratados en el libro. El objetivo quizás no es tan ambicioso en la extensión –es imposible recoger en un solo volumen el exhaustivo conocimiento existente–, pero sí en el alcance y pretende llamar la atención de un público interesado y no especializado, y abrirle una puerta para obtener más información esmerada sobre estos temas.

Quiero expresar mi agradecimiento a todos los colaboradores que han hecho posible este «segundo paso». Estoy convencida de que, como buena decisión, también acabará adquiriendo vida propia y dará lugar a futuros proyectos que enriquecerán los conocimientos y nos ayudarán a todos a hacer mejor las cosas.

Frederic Ximeno Roca

Director general de Políticas Ambientales y Sostenibilidad
Departamento de Medio Ambiente y Vivienda, Generalitat
de Catalunya

El origen etimológico de la palabra *ecología* es el mismo que el de la palabra *economía* (*oikos*=casa). La ecología es la ciencia que estudia la casa (*logis*=estudio) y la economía, la que estudia la administración (*nomos*=administración). Ambas disciplinas son tan antiguas como la humanidad, pero han sido formalizadas en tiempos distintos. La economía, como disciplina de las ciencias sociales, quizás tiene unos 300 años de historia. La ecología, como disciplina de las ciencias de la vida, tiene 150, lo que quizás sorprenderá a más de uno. La primera cátedra de economía en España fue creada en 1784 en Zaragoza. La primera cátedra de ecología fue para el Dr. Ramón Margalef, en Barcelona, en 1968.

Si conviniéramos en que el tratado de Vitruvio – del siglo I d. de C. – es la primera formalización de la arquitectura, nos daremos cuenta de un gran contrasentido por lo que se refiere a cómo la humanidad ha afrontado su casa. Primero formalizó cómo hacerla: la arquitectura. Mucho más tarde, formalizó cómo administrarla: la economía. Y hace poco, ha empezado a entenderla: la ecología.

El sentido común nos diría que primero sería necesario entender para poder construir y administrar correctamente. Sin embargo, el conocimiento ha llegado después. Un contrasentido. Un contrasentido que nos ha llevado a un callejón sin salida. Por eso hoy merecen nuestra atención y nuestra preocupación las disfunciones ambientales generadas durante un siglo y medio de un modelo constructivo y económico que ha descuidado sus efectos, primero por desconocimiento y después por... ¿inercia?, ¿incapacidad de innovación?, ¿desidia?...

De todos modos, estamos en el siglo XXI con todos los instrumentos necesarios: sabemos qué tenemos que hacer, por qué lo tenemos que hacer y cómo hay que hacerlo. Y éste es un libro del siglo XXI. No descubre la sopa de ajo, sencillamente aborda estos

tres conocimientos, los integra y ofrece soluciones a la vista de todo ello. Soluciones con los medios existentes. Como tiene que ser. Hoy ya no se puede hacer de otra forma. Además, está escrito por excelentes profesionales en sus ámbitos que nos ofrecen criterios, no sólo opiniones.

Integrar el factor ambiental en la concepción del espacio público, del espacio construido y del edificio como artefacto – artificio hecho con arte – necesario para la articulación del territorio y la vida de las personas urge. Yo soy de los que piensan que todavía estamos a tiempo, pero no nos queda demasiado margen. La constatación científica de que el cambio climático de origen antrópico es un hecho y tenemos que combatirlo no nos permite más dilaciones. Nos hace falta un cambio copernicano del modelo territorial, urbanístico y energético que nos permita desarrollar una economía baja en carbono. Este cambio pasa por una nueva perspectiva en relación con la eficiencia y el ahorro de energía y materiales. Y también del análisis del ciclo de vida de los edificios que minimice las emisiones y los residuos, a la vez que buena parte de la energía necesaria para su uso se genere de fuentes renovables.

Además de una necesidad perentoria, dada la situación del planeta, también es una oportunidad económica de primer orden y un hecho nada menor en tiempo de crisis. Probablemente la única oportunidad posible. El Decreto de Ecoeficiencia, el Plan de Mitigación del Cambio Climático o el Programa de Residuos de la Construcción son pasos hacia la dirección correcta. Pero insuficientes.

Cataluña no puede mirar de lejos cómo otros avanzan decididamente hacia esta dirección. Llegó la hora de pasar a la acción. Tenemos las capacidades y el conocimiento. Este libro es una muestra de ello. Espero que sea inspirador a la vez que práctico.

Toni Solanas
Dani Calatayud
Coque Claret
 Arquitectos

Un curioso proceso de gestación

A principios del año 2007, Núria Pedrals, directora general de Calidad de la Edificación y Rehabilitación de la Vivienda, del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya, encargó a la Plataforma de Arquitectura y Sostenibilidad (PAuS) el pabellón que el departamento iba a presentar en Construmat. PAuS està formada por tres entidades: la Escola d'Arquitectura del Vallès (ETSAV) con los profesores Coque Claret y Dani Calatayud y un numeroso grupo de alumnos; la Escola d'Arquitectura de La Salle (URL) con Joan Sabaté, Núria Miralles y Jordina Vidal; y la agrupación Arquitectura i Sostenibilitat (AuS) del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña (CoAC), a través de Toni Solanas y Horacio Espeche.

El pabellón constituyó un gran éxito no sólo por las numerosas personas que lo visitaron, sino porque el paso del tiempo ha ido validando la oportunidad tanto del continente como del contenido. Fue concebido y construido pensando en una reutilización posterior, como así ha sido. Terminada la feria, se desmontó pieza a pieza (se produjeron 53 kg de residuos) y hoy, situado en el campus de la ETSAV, es el esqueleto del futuro centro de investigación de la escuela. El pabellón de 2009 constituye un segundo paso con la misma finalidad, y las placas de aislamiento que conforman los espacios pasarán a formar parte del centro de investigación de la escuela.

En cuanto al contenido, se analizaba la situación de la construcción en España, enmarcada en un proceso productivo insostenible, como se ha visto recientemente. También ha sido reutilizado para un libro en el que se recoge toda la información, adaptada a fin de llegar a un público no especializado. Se suprimieron las partes más técnicas y se ampliaron contenidos en aspectos como la salud, que no se tra-

taban en el pabellón. El resultado es el libro *34 Kg de CO₂*, que se presenta en versión catalana en la feria Construmat 2009 y tiene entidad propia. La estructura interna del libro es doble; consta por una parte de un texto escrito con un registro más divulgativo, acompañado de numerosos gráficos e ilustraciones, y, por otra, de una serie de colaboraciones, firmadas por 46 expertos –más de la mitad de los cuales no son arquitectos– que profundizan en diversos aspectos tratados en la obra.

El libro ha ido ganando en contenidos y, en consecuencia, en volumen y peso y ello ha motivado que, por segunda vez, una de sus partes adquiera vida propia y se independice. La calidad de los textos escritos por los expertos ha propiciado una edición especial, que es la que el lector tiene en las manos.

Los artículos siguen un hilo conductor temporal: queremos saber de dónde venimos, dónde nos encontramos y dar algunas pistas sobre la dirección en la que podemos ir. Los ecólogos nos enseñan que los ecosistemas de nuestro planeta son los *procesos productivos* más eficientes que conocemos: con el mínimo de recursos y energía obtienen los mejores resultados y los residuos de un proceso son productos para otro; los ciclos de la materia son cerrados. Mercè Piqueras nos habla de la cooperación como motor de la evolución biológica que ha propiciado estos ecosistemas y Clara García Moro hace un repaso de la ocupación del territorio por el ser humano.

Nos encontramos en una sociedad con modelos de desarrollo claramente insostenibles. Para comprenderlo mejor debemos tener en cuenta las cuatro patas que sustentan la sostenibilidad: el ambiental (del que nos habla Daniel Gómez), el social (analizado por Joan Subirats), el económico (presentado por Vicent Alcántara) y el cultural (que trata Cristina Fallaràs).

Para poder medir el grado de insostenibilidad de nuestro modelo productivo, necesitamos nuevos instrumentos y maneras de medir. Son fundamentales el análisis del ciclo de vida (ACV), desarrollado aquí por Joan Rieradevall, y la huella ecológica, sobre la que escribe Ivan Muñiz.

Entrando en el tema de la construcción, la arquitectura y el urbanismo, Bettina Schaefer nos plantea que deberíamos imitar la eficiencia de la naturaleza cerrando los sistemas constructivos al edificar u ocupar territorio. Pau Morera pone en la palestra la rapidez con la que consumimos los recursos, y, a continuación, Joaquim Corominas aborda detalladamente uno de los más esenciales (la energía) y Elena Domene concreta sobre otro recurso fundamental (el agua). Josep Esquerrà abunda después en todo lo referente a residuos, mientras Anna Pagés investiga la manera de reducir los gases de efecto invernadero en la construcción; Carles Saura se refiere al metabolismo urbano y Anna Zahonero trata del territorio como recurso.

El crecimiento acelerado de nuestra sociedad en los últimos dos siglos ha impedido que nos hayamos preocupado suficientemente de los efectos secundarios de este modelo de desarrollo. Entre ellos destacan el cambio climático, que centra el artículo de Marta Torres, o los riesgos sobre la salud de las personas, analizados por Mariano Bueno, Enric Aulí y Elisabet Silvestre.

Se trata por lo tanto de buscar nuevas vías, y adquiere de nuevo importancia el concepto de *habitabilidad*, al que se refiere Albert Cuchí, mientras Joan Sabaté propone en su escrito un nuevo paradigma. Necesitaremos para ello, pues, nuevas maneras de medir, analizadas por Christoph Peters, y nuevas formas de gestionar, tratadas por Fabián López. Hoy, el camino más claro hacia una edificación lo menos insostenible posible pasa por la rehabi-

litación, de carácter urgente, como subraya Mariano Vázquez Espí. Josep Linares y Anna Mestre explican su experiencia concreta en Adigsa, empresa pública de la Generalitat de Catalunya responsable de rehabilitar el parque público de viviendas.

Este nuevo paradigma tiene como eje central las personas. Pere Subirana destaca la necesidad de una mayor incidencia de los procesos participativos, y Pilar Martorell se refiere a la incidencia de la Administración. Diversos equipos de arquitectos muestran algunos aspectos de sostenibilidad: el primer elemento que conviene tener en cuenta es la gran escala: el planeamiento, el urbanismo, el paisajismo, del que Clara Jiménez presenta un caso concreto. Valentina Maini reflexiona sobre la bioconstrucción; Fidela Frutos y Josep M. Sanmartín proponen ejemplos de arquitectura bioclimática. Por su parte, Felipe Pich-Aguilera y Teresa Batlle nos acercan a los procesos de industrialización y Sandra Bestraten, Emilio Hormías y Anna Manyes escriben también de industrialización, pero a partir de materiales naturales.

La historia que narramos, la aventura de PAuS, sigue su curso y estos días inicia un nuevo capítulo, «El segundo paso», con el pabellón en Construmat 2009, esta vez dedicado a la rehabilitación y con particular atención sobre la rehabilitación energética de barrios, tanto en España como en Europa. Esperamos que la emocionante y enriquecedora singladura del pabellón y sus autores contribuya a una sociedad más sostenible, más equitativa, más solidaria y, en consecuencia, más feliz.

La cooperación como motor de la evolución biológica

El Premio Nobel de Economía 2005 distinguió a Robert Aumann y Thomas Schelling por su contribución a la comprensión de los conflictos y la cooperación mediante el análisis de la teoría de juegos. Los modelos matemáticos de Aumann demuestran que cuando hay una interacción continuada entre dos partes durante un largo periodo de tiempo, la cooperación pacífica suele ser una medida equilibrada para evitar los conflictos. La cooperación consiste en dirigir los esfuerzos de las diversas partes hacia unos objetivos comunes, normalmente trabajando también en común, en vez de hacerlo de manera separada y compitiendo los unos contra los otros.

Como afirman Lynn Margulis y Dorion Sagan en el libro *Microcosmos*: «[La] Humanidad y su lugar en la historia sólo pueden entenderse en la medida en que exploremos y demos sentido a nuestro pasado celular». Los seres vivos que forman el macrocosmos están formados por agregaciones de células. En los animales y las plantas, los componentes más sencillos son células con núcleo diferenciado, aislado del resto de la célula por una membrana y en cuyo interior están los cromosomas, portadores del material genético. Son las células llamadas *eucariotas*, surgidas hace unos 1.800 millones de años. Todos los animales (también los humanos), las plantas y muchos microorganismos (protozoos, hongos y algas unicelulares) están formados por células eucariotas.

Desde el origen de la vida, hace unos 3.800 millones de años, hasta los mencionados 1.800 millones de años, los únicos organismos que había en la Tierra eran bacterias, células muy sencillas, sin núcleo diferenciado (las denominadas *procariotas*). En la historia de la vida, la transición de la célula procariota a la eucariota no puede explicarse por cambios graduales a lo largo del



Mercè Piqueras

Bióloga

tiempo causados por mutaciones. Las nuevas células eran mayores y más complejas. Además de la membrana que rodeaba el núcleo, tenían unos circuitos formados por canales membranosos. Y en su interior –en el citoplasma– flotaban unos orgánulos que usaban el oxígeno que encontraban en aquel ambiente y que tenían un mecanismo de reproducción, independiente del de la célula; eran los mitocondrios. En el citoplasma de algunas de aquellas células eucariotas primitivas, había también unos orgánulos con clorofila que efectuaban la fotosíntesis y que, como los mitocondrios, con los que coexistían, se autorreproducían; eran los plastidios. Las células con núcleo, mitocondrios y cloroplastos, son el resultado de la cooperación de células con funciones diferentes que establecieron uniones permanentes y se convirtieron en organismos estables, los denominados *protistos* (organismos eucariotas unicelulares), quimeras de la biología.

El crecimiento, la reproducción y la innovación son estrategias mediante las que la vida se defiende de amenazas, heridas y pérdidas de todo tipo. El primer gran desastre ambiental de la Tierra fue la acumulación de oxígeno en una atmósfera donde este elemento casi no estaba presente. El oxígeno, tóxico para los organismos que vivían en la Tierra primitiva, promovió la aparición de otros organismos que lo utilizaban para obtener energía de una forma mucho más eficaz que cualquiera de los sistemas metabólicos que había habido antes. Estos primeros respiradores de oxígeno eran bacterias y sus descendientes son hoy los mitocondrios de la célula eucariota.

A lo largo de la evolución y en los diferentes niveles de la estructura biológica, la cooperación ha demostrado ser una estrategia muy eficaz. Las bacterias que

colonizan superficies lo hacen de manera cooperativa y se envían señales químicas para saber cuándo hay un número suficiente de individuos que asegure el éxito de la empresa. Algunos hongos viven unidos a las raíces de plantas y han establecido relaciones simbióticas específicas muy íntimas (las llamadas *micorrizas*), hasta el punto de que no pueden vivir los unos sin los otros. Otros han establecido uniones con algas y forman los líquenes, organismos de los que es posible separar los componentes. Animales de grupos muy distantes, como las termitas o los mamíferos rumiantes, pueden digerir la celulosa porque esa tarea la realizan microorganismos que se alojan en su aparato digestivo.

Las relaciones de cooperación suelen estudiarse desde las ciencias sociales, teniendo como objeto de estudio la especie humana y las relaciones entre grupos. Sin embargo, la cooperación, esencial en la mayoría de los sistemas biológicos, ha tenido un papel fundamental en la evolución de los seres vivos. El concepto de evolución en que predomina la lucha y la destrucción está siendo sustituido por otro en que predominan la cooperación y la simbiosis entre organismos para hacer frente a la hostilidad del ambiente.

Killingback, T., Doebeli, M., Knowlton, N. (1999) «Variable investment, the continuous prisoner's dilemma, and the origin of cooperation.» *Proc. R. Soc. Lond B*, 266:1723-1728.

Margulis, L. (2002), *Planeta simbiótico*. Debate, Barcelona.
Margulis, L., Sagan D. (1995), *Microcosmos*. Ed. Tusquets, Barcelona.

Guerrero, R., Bertanga, M. (2007), «The hidden side of the prokaryotic cell: rediscovering the microbial world.» *Int Microbiol* 10:157-168.

Guerrero, R., Piqueras, M., Bertanga, M. (2002). «Microbial mats and the search for minimal ecosystems.» *Int Microbiol* 5: 177-188.

Breve historia de la ocupación del territorio

Cuando no existen limitaciones ambientales, el potencial de crecimiento de las poblaciones humanas puede ser muy elevado. Y, sin embargo, en un espacio que se utiliza de acuerdo con ciertos principios regulares de interacción entre poblaciones y recursos, como ha sucedido hasta época reciente en la historia de nuestra especie, el incremento demográfico tampoco ha sido un problema. La diversidad de recursos del ecosistema no es agotada por sus consumidores y, cuando localmente eso ocurre, es posible la ocupación de nuevos territorios.

Durante más del 99% del tiempo transcurrido desde la aparición del hombre, el ser humano ha vivido como cazador-recolector, en lo que supone la adaptación más exitosa del hombre hasta el momento. Su supervivencia dependía de la abundancia de recursos naturales que pudiera encontrar dentro de un área dada, accesible desde un campamento base en general en un viaje de un día a la redonda. Esto condicionaba una estructura espacial jerarquizada en territorios, que cada grupo utilizaba a su antojo según los patrones temporales de migración y de relación entre los individuos, desplazando el campamento según las necesidades estacionales.

Cuanto mayor sea el tamaño del grupo local, mayores serán los requerimientos de comida; de modo que, en este sentido, se podría considerar al territorio como un regulador de la población. El tamaño óptimo de estos agregados poblacionales es el efectivo mínimo con el cual es posible mantener indefinidamente las alianzas matrimoniales con todos los grupos circundantes.

Una indiscutible revolución en la relación del hombre con su entorno se produjo hace 10.000 años, cuando esta inicial economía de caza y recolección dejó paso



Clara García Moro

Profesora titular de antropología
Facultad de Biología
Universidad de Barcelona

a una agricultura de subsistencia, mediante la cual el hombre fue capaz de modificar el medio en el que vivía al ejercer un control sobre los recursos. Este hecho supuso un incremento enorme, al menos en teoría, del número de individuos que podían habitar la Tierra. El ser humano, por primera vez sedentario, comenzó a producir su propio alimento forjando una pujante economía que le permitió, gracias a la disponibilidad de alimento, reproducirse en mayor medida que en el pasado y ocupar los primeros asentamientos estables, que constituyeron el germen de la civilización.

El surgir de la agricultura de mercado, que implica intensas transformaciones de los ecosistemas, ha corrido paralelo al nacimiento y expansión de las primeras urbanizaciones y de las sociedades complejas. El papel jugado por la gestión de los recursos a la hora de controlar la productividad es altamente significativo cuando se trata de interpretar los cambios producidos en la población durante y después del inicio del sedentarismo. La civilización es transformadora. Según diversos modelos arqueológicos, la arquitectura monumental, inherente a las grandes civilizaciones, debió darse en momentos en los que las condiciones ambientales permitían la existencia de excedentes alimentarios.

Al mismo tiempo que el hombre sedentario ocupaba todas las regiones del planeta, adquirió adaptaciones biológicas y culturales complejas que le permitieron transformar su relación con numerosos componentes del hábitat. Pero, más allá de las reglas culturales comunes, establecidas en la búsqueda constante de ventajas ecológicas para el establecimiento de campos de cultivo, de infraestructuras y viviendas, se han dado también dife-

rencias de percepción en las sociedades, que se expresan en la diferente organización y utilización del territorio.

La residencia pasó pronto a tener un papel social, muchas veces totalmente opuesto a los intereses ecológicos. Se observa con frecuencia que los modelos urbanísticos de determinadas culturas se han trasladado a otras sin valorar su eficacia en los nuevos ambientes, a menudo con desastrosos resultados a corto plazo. También hoy el ímpetu modernizador, implícito en la idea de *progreso*, que proviene de las ciudades, ha introducido estas aspiraciones en las áreas rurales como factores del cambio modificando la visión que estas sociedades tienen de sus relaciones con el entorno.

El factor medioambiental

La vida en el planeta Tierra es posible para los humanos y otras especies gracias a un afortunado cúmulo de circunstancias. El tamaño, la composición química y la situación de la Tierra dentro del sistema solar permiten la existencia de agua en estado líquido, prerrequisito para la existencia de vida compleja. Incluso debemos agradecer al gigantesco y lejano vecino Júpiter que atraiga asteroides y cometas que podrían haber impactado en nuestro planeta, poniendo el contador de la vida de nuevo a cero.

El viaje de la vida hacia lo complejo ha desembocado, de momento, en la predominancia de una especie, la humana, que ya tiene capacidad para actuar como una fuerza geológica, capaz de modificar el balance que hace que la Tierra sea capaz de soportar una forma de vida como la nuestra. Algunos científicos han bautizado esta época como el Antropoceno. Ya en el siglo XX se advirtió de que esta fuerza transformadora del medio en un ámbito planetario podría haber ido demasiado lejos: en su afán transformador, la especie humana podría estar socavando los sistemas medioambientales que hasta ahora le habían permitido expandir sus números y su influencia.

Dos de los indicadores más importantes de esa transformación, que podrían volverse contra nuestros propios intereses como especie, son el cambio climático y la crisis energética. Sin embargo, ambos fenómenos son en realidad uno solo: el modelo energético exosomático de nuestras sociedades industrializadas y tecnificadas. Más del 80% de las fuentes energéticas que sostienen nuestro modelo actual provienen de los combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas natural. Estos recursos energéticos, en realidad energía solar fosilizada en las cadenas de hidrocarburos que los componen, además de



Daniel Gómez

Presidente de AEREN-ASPO Spain

ser finitos y estar sometidos a un agotamiento constante, producen en su combustión gases de efecto invernadero que contribuyen a la desestabilización del clima, y, por lo tanto, ponen en peligro la continuidad del equilibrio medioambiental que permite la vida a la mayoría de las especies en el planeta.

Hay más indicadores del desequilibrio medioambiental causado por las transformaciones realizadas por las sociedades humanas industrializadas, como puede ser la desertización por un cambio de usos de la tierra, el agotamiento de los acuíferos, la contaminación por xenobióticos, la pérdida de biodiversidad o la acidificación de los océanos, entre otros. Cualquier acción paliativa o de corrección de estos efectos indeseables pasa por nuevas transformaciones, en definitiva, por la realización de un trabajo. Y atendiendo a una de las definiciones más universales de la energía, ésta es precisamente la capacidad para realizar trabajo.

Es por esta razón que la energía podría presentarse, en un ejercicio de reduccionismo con visos prácticos, como el factor medioambiental más importante, por englobar y afectar a tantos otros. Sin un modelo energético sostenible no solamente no habrá energía suficiente para continuar por la senda de la insostenibilidad, aunque sea por pocas décadas, sino que tampoco habrá posibilidad de enmienda: la transición hacia una sociedad industrializada menos agresiva con el entorno, y que «viva» de los flujos energéticos solares y no de sus acumulaciones fósiles, necesitará energía. Por ello, la perspectiva de cambio medioambiental hacia la sostenibilidad sólo puede empezar desde la consideración del modelo energético que la vaya a alimentar.

Este modelo debería partir del propósito de la eficiencia, y, para ello, debería ser lo más descentralizado

posible, evitar el transporte, el almacenamiento y los vectores innecesarios, así como aquellas fuentes energéticas más contaminantes y peligrosas. Sin embargo, además de las características técnicas del futuro suministro energético lo más importante será establecer qué calidad de vida queremos universalizar (la pobreza energética aún campa a sus anchas en el mundo). Establecer unos mínimos desde postulados austeros será la mejor forma de asegurar el éxito en el empeño: la presión que una demografía, incluso estabilizada, y el deterioro en el medio ambiente ejercerán sobre los ecosistemas invita a plantear esta transición desde el principio de precaución.

Sin las personas no cambiaremos

Las ciudades concentran recursos de todo tipo que necesitan para funcionar, y esta concentración de personas y recursos genera un volumen muy significativo de impactos ambientales que hay que afrontar y gestionar. En estas notas queremos destacar la importancia de los elementos de implicación y participación social para avanzar en la búsqueda de modelos arquitectónicos y urbanos más coherentes con los retos que plantea la sostenibilidad. No podemos olvidar que todo el mundo parece estar de acuerdo en que, al margen de encontrar mejores alternativas técnicas, sin las personas será imposible avanzar hacia sociedades en las que hacemos realidad el ambicioso y, hasta cierto punto ambiguo, objetivo del desarrollo sostenible. Las dinámicas que se plantearon en las agendas locales 21¹ ponían claramente en relieve este hecho e indicaban las dificultades de ir más deprisa de lo que avanza la ciudadanía, y la importancia de los mecanismos participativos y de consenso.

Estamos en un país que, a pesar de una aparente sensibilidad ambiental más grande, tiene al imaginario colectivo todavía centrado en las preocupaciones tradicionales de superar la escasez y favorecer un desarrollo sin límites demasiado claros. No hace muchos años² que las familias del área metropolitana de Barcelona seguían acumulando ciertos alimentos básicos (harina, azúcar, aceite,...), práctica arraigada en razones históricas de carencia periódica y en rutinas muy interiorizadas de previsión. Esto ha cambiado hacia una lógica de consumo instantáneo y en muchos casos sin sensibilidad sobre sus efectos e impactos externos. En otros trabajos se ha observado que la preocupación ambiental siempre está condicionada por el mantenimiento de las capacidades de consumo (solamente 1 de cada 10 españoles prioriza la protección ambiental ante el crecimiento



Joan Subirats

Catedrático de ciencia política y director del Instituto Universitario de Gobierno y Políticas Públicas de la Universidad Autónoma de Barcelona

económico)³. Es importante considerar estos factores a la hora de argumentar que si la gente no cambia la forma de ver las cosas y acercarse al consumo, no podremos avanzar efectivamente en una visión más sostenible de la ciudad y de la arquitectura, por mucho que las alternativas técnicas mejoren de forma clara.

Por otra parte, nuestra propia historia nos dice que se va mucho más rápido para cambiar unas reglas de juego políticas o para conseguir unirnos a los países más avanzados de Europa que para acostumbrarnos a entender los espacios públicos como una responsabilidad colectiva. En estos casi treinta años que llevamos de democracia nos hemos dado cuenta de la importancia de las dependencias históricas. Los largos decenios de autoritarismo generaron un distanciamiento significativo entre estructuras institucionales, sociedad política y sociedad civil. La gente tiene tendencia a desconfiar de lo que es público, no lo siente suyo. Y por esta (sin duda justificada) desconfianza se tiende a entender que lo que pasa fuera de casa, en este espacio público o civil, o bien es responsabilidad de los poderes públicos o no lo es de nadie. El binomio entre desresponsabilización social e impotencia institucional es particularmente peligroso en temas como los medioambientales, donde se juega con criterios de bienes colectivos, o con expectativas de generaciones no presentes.

Finalmente, a la hora de analizar el contexto en el que hay que situar las estrategias de concienciación e implicación ciudadana en los temas de sostenibilidad y ecología urbana, conviene también tener en cuenta la forma como se han construido y llevado a cabo las políticas ambientales en España y Cataluña en estos últimos años. El enfoque que ha predominado en las políticas medioambientales en el Estado español (con la comple-

jididad propiciada por los múltiples niveles de gobierno actuando simultáneamente) ha sido el regulativo y correctivo o reactivo. Como ya sabemos, la perspectiva regulativa implica casi siempre una visión jerárquica, vertical, de imposición de arriba abajo. Por otra parte, en la construcción de este tipo de políticas se ha tendido a «blindar» su proceso de elaboración, aduciendo que las peculiaridades de la política imponían perspectivas muy técnicas. No es, pues, extraño que, cuando se trata de abordar temas de arquitectura sostenible, las exigencias planteadas por la implicación ciudadana en las políticas más consistentes nos obliguen a buscar formas abiertas y participativas que no son precisamente habituales en el estilo que hasta ahora predomina.

Todo ello nos lleva a afirmar que cualquier estrategia de cambio hacia la sostenibilidad en temas de arquitectura (como en muchos otros) será mucho más difícil de llevar a cabo si se basa solamente en recursos –sobre todo si son de carácter estrictamente técnico o regulativo– y no busca las complicidades sociales. Sin la gente no avanzaremos.

1 Para un análisis y balance de las agendas locales 21 en España ver Núria Font-Joan Subirats (eds.), *Local y Sostenible*, Icaria, Barcelona, 2000

2 *Enquesta de la Regio Metropolitana de Barcelona*, Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona, Barcelona, 1998

3 Ver resumen y datos de la misma en Alex Casademont, 1999, «Modernización ecológica y pautas de comportamiento público y privado», a Subirats, J. (ed.), *¿Existe Sociedad Civil en España? . Responsabilidades colectivas y valores públicos*, Fundación Encuentro, Madrid, pp.256-294

Economía y ecología

Tanto la economía como la ecología tienen su origen *eco* en la palabra griega *oikos*, que significa *casa*. La economía constituye, grosso modo, el estudio de la gestión de las sociedades referida a la producción, distribución y consumo de bienes destinados a la satisfacción de los humanos, tanto desde una perspectiva micro como macro. Entretanto, la ecología atiende a las relaciones entre plantas y animales en el marco de un ambiente tanto orgánico como inorgánico. Aunque la naturaleza o, si se prefiere, la biosfera constituye la base material de la actividad económica, con frecuencia, los economistas hemos olvidado las relaciones ocultas entre economía y ecología, de modo que las actividades económicas, tanto productivas como de consumo, y nuestro ambiente natural, desde una perspectiva analítica, han ido cada uno por su lado. Existen, cuando menos, dos explicaciones para este desencuentro.

Por una parte, a finales del siglo XIX, las ciencias tienden a un alto grado de especialización. El reduccionismo de las ciencias, tal y como hoy lo conocemos, no es ni más ni menos que esto. Se entiende en ese momento que todo aquello que se puede separar y estudiar desde una perspectiva particular debe hacerse y, más tarde, ya se reunirán las diferentes partes para tener una visión conjunta. Sin embargo, esto no ha sido así. La economía y la ecología no han sido ajenas a este proceso de atomización científica.

Por otra parte, hasta finales de los años sesenta, las distorsiones en el medio natural producidas por la actividad económica no fueron percibidas por los humanos como algo que les afectaba. Al contrario, se predicaba un crecimiento material indefinido en el marco de un mundo físico finito que se asociaba falsamente a un crecimiento del bienestar de las sociedades.



Vicent Alcántara

Profesor titular de economía aplicada, investigador adscrito al Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales Universidad Autónoma de Barcelona

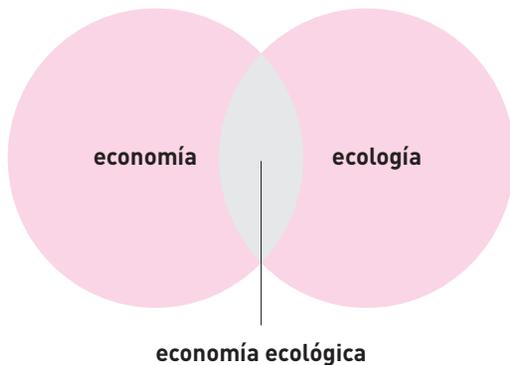
Aunque los economistas no eran ajenos a estos problemas, en particular, a partir de esos años, su interés por los problemas ambientales se centra principalmente en la extensión de la teoría de las externalidades de la economía estándar, con el objetivo de mostrar el papel que los instrumentos de política económica podrían jugar en su solución. Aunque la economía ecológica contempla estos aspectos, su contenido, tal y como hoy se entiende, va más allá del estrecho corsé de las externalidades. Como señala Constanza: «La economía ecológica difiere de la economía convencional por la importancia que da a los humanos como especie, y por el acento que pone sobre la importancia mutua de la evolución cultural y biológica».

La economía ecológica centra su interés en las interdependencias entre el mundo socioeconómico y el mundo natural en el que se desarrolla, poniendo de manifiesto sus influencias y dependencias mutuas. Ello supone un conocimiento interdisciplinario de cara al conocimiento de la reproducción material de los humanos; la economía no es otra cosa que la organización

compleja y no determinista de la que, como especie ciertamente muy distinta del resto, se dotan las sociedades para su reproducción duradera.

Aunque pueden existir, y de hecho existen, campos concretos del mundo económico que pueden ser analizados desde una perspectiva reduccionista, la economía ecológica centra su interés en aquellos aspectos de la vida que solamente pueden ser explicados, si queremos que ésta sea sostenible, volviendo a poner en contacto la economía y la ecología, tal y como muestra el siguiente gráfico, alejándonos del paradigma reduccionista del siglo XIX, al que nos hemos referido.

Si se atiende a la coevolución, más que a la simple interdependencia entre el sistema socioeconómico y el ecológico, pudiendo los efectos de la actividad económica sobre los ecosistemas soporte de la vida volverse contra ella misma, a modo de retroalimentación más o menos violenta, la economía ecológica puede entenderse como un nuevo paradigma que pretende repensar la ciencia económica desde un marco integrador de lo económico con su último soporte material. A lo largo de la historia de la economía, lo económico se ha explicado desde muy distintos paradigmas en función de las distintas circunstancias del momento; no es de extrañar que se quieran abordar las cuestiones económicas en un nuevo marco, a la vez que, en estos momentos, asistimos a impactos cuya transgresión de las leyes naturales es tal, por ejemplo, en el cambio climático, que necesariamente retroalimentan impactos sustanciales en el mundo económico.



Tres eco-patas malditas

Para que un concepto cuaje con visos de permanencia necesita su tiempo de trasgresión, su polémica. La criatura que nos ocupa –llamémosle lo *eco*– nació e inmediatamente se tuvo que enfrentar a todo lo contrario. El *establishment* lo adoptó con regocijo e hizo de ello bandera. Así las cosas, su éxito era improbable, su credibilidad mínima y su asunción por parte de los delinquentes de la cultura, un sueño. En fin, como si el *punk* hubiera crecido tarareado por la reina de Inglaterra o el *heavy metal* hubiera arrancado en las misas de doce. Un desastre.

Lo *eco* aparece en un momento de crisis severa de ideas e ideales. La izquierda tradicional sufría el principio de una sequía que ha resultado de larga duración. Los últimos coletazos de lo *alternativo* no convencían ya a nadie y los hábitos de consumo duro estaban sustituyendo a cualquier otro método de autorreconocimiento juvenil. En una situación semejante, todo nos llevaría a pensar que lo *eco* como valor –como bandera rebelde, como arma de trasgresión– aparecía en un momento inmejorable. ¿El problema? Que lo mismo pasó por las cabezas pensantes de los dictadores de moda y tendencias. Ávidos de encontrar nuevos «valores de la juventud», hartos de rastrear un mercado en crisis y agotadas las tribus urbanas, los cantantes suicidas y los actores adolescentes, cazaron la idea de lo *eco* al vuelo. Y lo que es peor, se dieron cuenta de que no sólo les venía bien para vendérsela a la juventud como valor de cambio, sino también al amplísimo abanico de la izquierda dispersa y culta, perpleja tras los últimos acontecimientos de los años ochenta. Así que salió al mercado un ejército de productos presuntamente *eco* que incluían desde zapatos infantiles a desodorantes, de sartenes a gomina, de coches a pintalabios, pasando por un barrido intensivo del sector de la alimentación.



Cristina Fallarès

Periodista

Consecuencia: el valor que podría haber constituido lo *eco* se convirtió nada más nacer en todo lo contrario, y para colmo, en una sola temporada –comercialmente hablando una temporada son tres meses– sufrió un desgaste inmediato y devastador. Si lo *eco* era territorio de El Corte Inglés o Revlon, ¿qué audaz o luchador o comprometido humano iba a querer hacerlo suyo?

Por otro lado, no eran sólo los vendedores de moda los que andaban a la caza del concepto nuevo y vendible. Los partidos políticos, por las mismas razones –crisis de ideales, caída de la izquierda tradicional, descrédito del comunismo y similares—, estaban sedientos de ideas y vieron la luz en nuestro pobre y ya algo vapuleado concepto *eco* (no olvidemos que los partidos políticos van varios pasos por detrás de las iniciativas comerciales). Así que detrás de las lavadoras ecológicas llegaron los ecosocialistas, los ecocomunistas, los verdes integrados, los verdes sin integrar, los verdes integristas, los ecocentros y no llegó la eco-Conferencia Episcopal, pero le fue de un pelo. Si al electorado había que venderle un concepto fácil de entender y más fácil de aplicar, por barato y por su incidencia en las futuras generaciones, esto es, en sus hijos, ése era lo *eco*. Pero lo cierto es que eran tantos los charlatanes, tan enfrentados además, y tan poco el auditorio que lo único que consiguieron fue matar el resto –mínimo, por otra parte— de crédito que le quedaba a la idea.

Y ya para colmo, nuestro pobre *eco* apareció en el «mercado de valores» a la vez que otras respuestas, éstas de aires espirituales, que intentaban seducir y captar a los desorientados ciudadanos antaño creyentes en la izquierda como luz de bondad y ahora carne de perplejidad. Coincidió lo *eco* con el *new age*, todos los grados del concepto *integral*, todas las variantes de las terapias paraclínicas –de la aromaterapia o la risoterapia a las

flores de Bach–, sectas más o menos apocalípticas y esoterismos varios.

Total, que lo *eco* se apoyó nada más nacer en tres patas malditas, las tres patas que lo consagraron y lo hundieron en un mismo apoyo: el consumismo, los partidos políticos y el espiritualismo de fin de siglo.

Por eso, lo más normal es que, en semejante situación, nuestra idea, lo *eco*, despertara todas las suspicacias. En realidad, sólo ahora, treinta años después de su irrupción en el ámbito popular, empieza a tener visos de cuajar una cultura de lo *eco* que no provoque entre su público sonrojo o disimulo.

Análisis del ciclo de vida

La metodología de análisis del ciclo de vida (ACV) es una herramienta ambiental que permite el análisis, la diagnosis y las propuestas de mejora globales de productos, procesos y servicios.

Sus objetivos son múltiples, como la obtención de información ambiental de calidad, el suministro de un cuadro lo más completo posible de las interrelaciones de los procesos, productos y actividades con el medio ambiente o la identificación de las mejoras ambientales aplicables a productos, procesos y servicios.

Según la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), «el ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental». El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final.

Para la International Standards Organization (ISO), «el ACV consiste en la recopilación y evaluación de entradas, resultados e impactos ambientales potenciales de un sistema o producto durante su ciclo de vida». Es decir, el ACV evalúa de manera sistemática los aspectos e impactos ambientales de los sistemas de producto, desde la adquisición de la materia prima hasta la disposición final, de acuerdo con lo establecido en el objetivo y el alcance (ISO 14040: 2006 Gestión medioambiental: Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia).



Joan Rieradevall

Profesor del Departamento de Ingeniería Química e investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona

Antecedentes, aplicación y desarrollo del ACV a nivel mundial

Los estudios en esta área se iniciaron en los años setenta en el sector energético y de envases, como los realizados por Coca Cola para seleccionar envases de menor impacto ambiental. En la década de los ochenta las primeras mejoras metodológicas fueron aportadas por el Programa de Inventario de Descargas de Tóxicos aplicado en Estados Unidos y por los trabajos de la SETAC, relativos a los métodos internacionales de mejora de los efectos ambientales y el desarrollo de la metodología del ACV. En los noventa destacan las nuevas orientaciones de la SETAC, que en 1993 publica la guía de ayuda ACV, y las de la ISO, que en el año 1994 inicia acciones para normalizar el ACV.

En la década actual el ACV está siendo aplicado de forma sistematizada por instituciones privadas y públicas

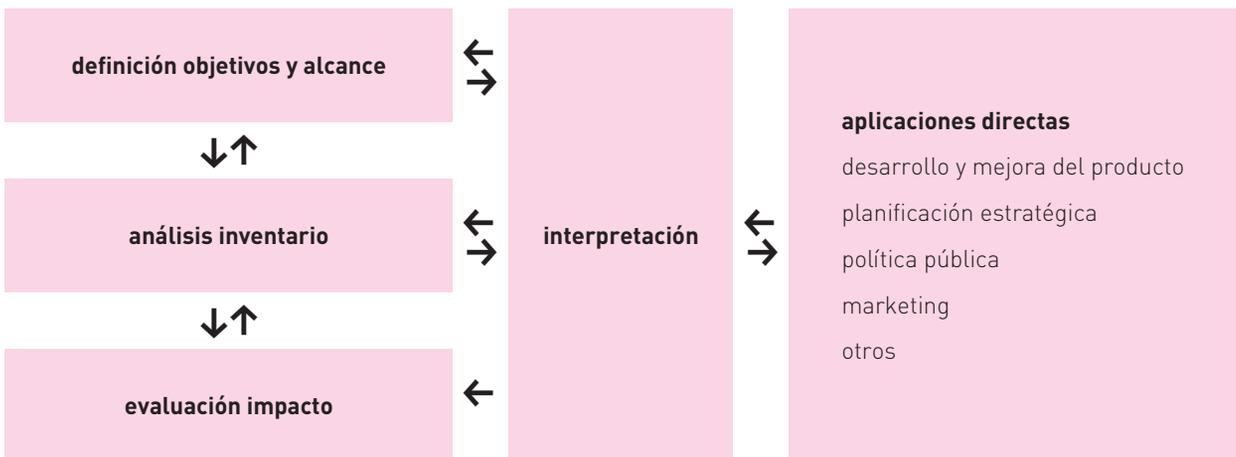
en la mejora de productos, procesos y servicios. Ejemplos de esta madurez son el programa Life Cycle Initiative de UNEP-SETAC, el desarrollo por parte de la UE de una plataforma de datos ELCD (European Reference Life Cycle Data System) o las normas revisadas ISO 14040:2006 (Gestión medioambiental. Análisis de Ciclo de vida. Principios y marco de referencia) e ISO 14044:2006 (Gestión medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Guías y requerimientos).

Puntos fuertes y débiles del ACV

Uno de los aspectos más remarcables del ACV es el hecho de que permite considerar todas las etapas de la vida de un producto y visualizar de forma global el sistema con una gran transparencia de datos. En un edificio, reflejaría el impacto de los materiales, su construcción, usos y deconstrucción. Pero tiene también

Etapas de un ACV

fuelle: UNE - EN ISO 14040



aspectos negativos desde el punto de vista científico; por ejemplo, el hecho de considerar los impactos potenciales y no los reales, y la falta de consideración del espacio y el tiempo o de aspectos económicos, lo que se traduce en un elevado ACV en sistemas complejos como un edificio, la alta inversión en tiempo o la poca disponibilidad de bases de datos españoles.

Marco legal. Bases de datos y software

El ACV está presente en la Unión Europea en varias directivas asociadas a envases y sus residuos, en el sector de la automoción, eléctrico y electrónico o en la política integrada de producto.

Para facilitar la implantación del ACV existen bases de datos ambientales y herramientas informáticas que facilitan su aplicación y reducen costes y tiempo. Entre éstos destacaríamos los programas SimaPro 7, de Pré Consultants (Holanda), una aplicación profesional y universitaria que contiene diferentes métodos de evaluación de impactos y distintas bases de datos; permite analizar y comparar productos complejos¹. Otro programa es GaBi 4, de PE Europe GmbH e IKP Universidad de Stuttgart (Alemania), que permite evaluar el perfil ambiental, social y económico de productos, procesos y tecnologías².

ACV y arquitectura

El uso sistemático del ACV por ambientólogos, ingenieros o arquitectos en el ecodiseño de edificios, barrios o ciudades es todavía muy incipiente. Existen algunas bases de datos ambientales de materiales de la construcción, como The Environmental Impact Estimator del Instituto de Materiales Sostenibles ATHENA (Canadá)³ o Ecoinvent, de The Ecoinvent Centre (Suiza)⁴. También se dispone de software ACV aplicado a la arqui-

tectura, como BEES 3.0, del National Institute for Standards and Technology, NIST (Estados Unidos)⁵.

Aplicaciones y perspectiva de futuro

En España el desarrollo de proyectos en el campo del ACV ha aumentado en los últimos años. Dos iniciativas clave han sido la creación de las redes española y catalana de ACV⁶. Un ejemplo de esta vitalidad fue la organización del congreso mundial sobre la gestión del ciclo de vida en Barcelona organizado en 2005 con el título «LCM2005 Innovation by Life Cycle Management». El ACV es una herramienta ambiental clave para el sector industrial, pues permite obtener información ambiental de calidad y evaluar alternativas y escenarios en el ecodiseño y ecoinnovación de productos. Para las administraciones, la aplicación del ACV facilita el desarrollo de políticas ambientales con una visión más global y objetiva, así como la definición de requerimientos en las ecoetiquetas (en productos de construcción) o la de criterios ambientales en compra de productos (mobiliario urbano, equipos, materiales, etc.) o en la planificación de ciudades sostenibles (evaluación de infraestructuras, edificios, etc.).

¹ www.pre.nl/simapro/default.htm

² www.gabi-software.com

³ www.athenasmi.ca/tools/software/index.html

⁴ www.ecoinvent.com

⁵ www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees.html

⁶ www.acv.cat

Sostenibilidad y huella ecológica

La capacidad de carga de un territorio es la población máxima de una determinada especie, animal o vegetal, que puede soportar su ecosistema durante un tiempo indefinido sin que se reduzca su productividad. El indicador de capacidad de carga se expresa en individuos por unidad de superficie (población por hectárea). Este concepto, ampliamente utilizado en biología, presenta evidentes similitudes con el de desarrollo sostenible tal y como fue definido por la Comisión Brundtland («Desarrollo sostenible es aquel capaz de dar respuesta a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las generaciones futuras». WCED, 1987), de aquí el interés en encontrar un indicador de sostenibilidad de características similares. El problema es que el concepto de capacidad de carga no es aplicable al mundo de los humanos debido al comercio. En la actualidad consumimos productos que provienen de todo el mundo, por lo que resulta prácticamente imposible imputarles un impacto localizado. Como solución, los profesores de la Universidad de British Columbia Mathis Wackernagel y William Rees han propuesto un indicador especialmente diseñado que incorpora la complejidad del comercio, dando literalmente la vuelta al concepto de capacidad de carga. Su propuesta consiste en estimar el área total necesaria para satisfacer de forma sostenible el consumo de una persona/ciudad/país durante un año, cualquiera que sea la región del planeta de donde se extraigan los recursos y hacia donde se dirijan los residuos. A este indicador se le llama *huella ecológica* y se expresa en superficie por habitante (hectáreas per cápita). Es la superficie de suelo que sería necesaria para obtener los recursos que necesitamos y absorber los residuos que generamos durante un año de forma sostenible, es decir, continuada en el tiempo (Rees y Wackernagel, 1996).



Ivan Muñiz

Doctor en economía, profesor titular de economía aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona

El cálculo de huellas ecológicas implica por un lado: a) convertir todos los consumos no sostenibles en sostenibles, es decir, suponer que es posible cambiar recursos no renovables por renovables y estimar la superficie necesaria para obtenerlos, y b) suponer una explotación de los recursos renovables a un ritmo que permita su recapitalización. La cuestión de fondo que inspiró el cálculo era contrastar si la huella estimada bajo estos supuestos es mayor o menor que la capacidad ecológica del planeta. Si la huella total estimada supera el suelo ecológico productivo global, nuestra pauta de desarrollo no es sostenible y las generaciones futuras dispondrán de un planeta con una capacidad ecológica inferior para satisfacer sus necesidades. Recapitulando, de entre todos los indicadores de sostenibilidad, la huella ecológica es posiblemente aquel que recoge de forma más precisa la idea de desarrollo sostenible. Es un indicador sintético, adaptable a diferentes escalas, fácil de entender y, lamentablemente, difícil de calcular, debido al uso de numerosos factores de conversión, la mayoría de ellos discutibles y mejorables.

Según las últimas estimaciones, la población mundial es de 6.301 millones de habitantes, el suelo ecológico productivo mundial, de 11.342 millones de hectáreas y la huella ecológica mundial total, de 14.114 millones de hectáreas (WWF, 2006). Esto implica que mientras que el suelo ecológico mundial disponible es 1,8 hectáreas por habitante, la huella per cápita es 2,2 hectáreas. En otras palabras, existe un déficit ecológico promedio a escala planetaria de 0,4 hectáreas per cápita o, lo que es lo mismo, para llevar a cabo nuestro modelo de vida de forma sostenible requeriríamos de un planeta... y cuarto. ¿Qué significa esto? Pues que consumimos los recursos a un ritmo superior a su capacidad de reposición; que consumimos recursos no sostenibles y que, para sustituirlos por otros sostenibles, sería necesario

explotar un espacio del que no disponemos; y que como resultado de lo anterior estamos cambiando las condiciones del planeta que heredarán las generaciones futuras (esto se traduce en cambio climático, contaminación, etc.). Los datos por países ofrecen resultados muy esclarecedores sobre a quién cabe asignar la responsabilidad de esta situación. Mientras que en países como Marruecos, Yemen, India, Liberia, Pakistán o Somalia la huella ecológica per cápita no llega a la hectárea, en los Emiratos Árabes, EE.UU., Finlandia o Canadá, supera las 7 hectáreas (WWF, 2006).

Adaptar la metodología utilizada para el cálculo de huellas a escala urbana e intentar extraer conclusiones sobre qué forma urbana resulta más sostenible no es una cuestión sencilla; sin embargo, durante los últimos años varios trabajos han intentado comparar la huella ecológica de diferentes ciudades –así como de tejidos urbanos pertenecientes a una misma ciudad– y explicar las diferencias obtenidas en función de la densidad (Walker y Rees, 1997; Høyer y Holden, 2003; Muñiz y Galindo, 2005; Moos et al, 2006). La cuestión «¿son las ciudades densas y compactas más sostenibles que las dispersas?» es reformulada del siguiente modo: ¿es la huella ecológica per cápita de las ciudades densas menor que la de las ciudades dispersas?. De entre todos los consumos que vienen afectados por la forma urbana, el transporte y la vivienda son los más importantes, de aquí el hecho de concentrar la investigación en estos dos sectores. Además, pueden representar hasta el 40% de la huella ecológica de un país (Rees y Wakernagel, 1996).

La evidencia empírica disponible parece indicar que, a mayor densidad, menor huella, lo cual validaría la equiparación ciudad compacta = ciudad sostenible. Sin embargo, aún hay algunos aspectos que sólo muy recientemente están siendo abordados y que cuestionan, o al menos matizan, la afirmación anterior. En primer

lugar, la tendencia a utilizar exclusivamente los datos de movilidad obligada para aproximar la huella de la movilidad está siendo crecientemente discutida. El problema es que, si bien las ciudades compactas presentan una menor huella en este tipo de desplazamientos, es posible que un exceso de densidad se compense durante los fines de semana y el periodo vacacional con una movilidad mayor, por lo que el saldo neto no está tan claro (Holden y Norland, 2005; Naess, 2005). En segundo lugar, y para el caso de la vivienda, suelen tomarse unos valores de huella estándares por tipología de edificio que recogen de forma sólo muy aproximada la realidad. Las técnicas de construcción, materiales, fuentes de energía utilizadas para su funcionamiento, orientación solar, año de construcción, entre otras dimensiones, pueden generar una variabilidad en la huella de los edificios que no conviene olvidar. En última instancia, responder al reto de la sostenibilidad mediante cambios en los modelos de vivienda y transporte exigirá buscar soluciones diferentes para tejidos urbanos y tipologías de vivienda diferentes.

Holden, E. y I.T. Norland (2005)
«Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the Greater Oslo Region» *Urban Studies*, vol42, nº12, pp2145-2166

Høyer, K.G. y Holden, E. (2003)
«Household consumption and ecological footprints in Norway- Does

urban form matter?» *Journal of Consumer Policy*, nº26, pp327-349

Moos, M., Whitfield, J., Johnson, L.C. y Andrey, J. (2006)
«Does design matter? The ecological footprint as planning tool at the local level» *Journal of Urban Design*, vol11, nº2, pp195-224

Muñiz, I. y A. Galindo (2005)
«Urban Form and the Ecological Footprint of Commuting. The Case

of Barcelona» *Ecological Economics* 55, pp499-514

Naess, P. (2005) «residential location effects travel behaviour –but how and why? The case of Copenhagen metropolitan area» *Progress in Planning* nº63, pp167-257

Rees, W. y M. Wackernagel (1996)
Our Ecological Footprint, the New Catalyst Bioregional Series, Canada

Walker, L. y Rees, W. (1997)
«Urban Design and Ecological Footprints: An Analysis of Canadian Households» en Roseland, M. (ed) *Eco-city Dimensions*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers, pp96-112

World Commission On Environment And Development (1987)
Our Common Future, Oxford University Press.

El cierre de los ciclos naturales en la arquitectura y el urbanismo

La construcción de un edificio, un barrio o una nueva infraestructura siempre implica una alteración de las condiciones naturales del lugar donde se construye, y, todavía peor, la mayoría de las veces tiene un efecto negativo sobre el medio ambiente en el ámbito local o global.

Esto es así porque pensamos y actuamos en forma de flujos lineales de energía, agua y materiales: si hiciésemos un balance *input-output* de un edificio construido de forma convencional, todo el material de construcción que utilizásemos y todo el material consumible se convertirían en la misma cantidad de residuos. Lo mismo ocurre con la energía y el agua: toda el agua potable que utilizamos, más las aguas pluviales que caen sobre el edificio se convierten en aguas residuales y acaban en el alcantarillado; toda la energía que necesitamos para la producción de materiales de construcción y de bienes de

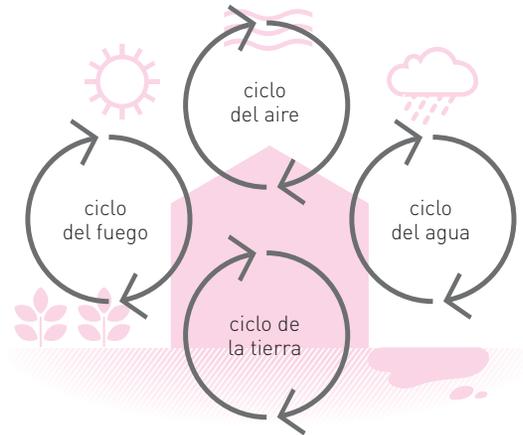
El edificio convencional

Consumo recursos naturales no renovables.
Produce gran cantidad de residuos y contaminantes.
No aprovecha las energías y los recursos renovables.



El edificio sostenible

Se integra en los ciclos naturales y los utiliza.
Minimiza el consumo y el impacto sobre la naturaleza.



Bettina Schaefer
Arquitecta

consumo para hacer funcionar nuestros aparatos electrodomésticos y para nuestra movilidad se convierte en emisiones de CO₂ y otros gases con efecto invernadero. Por lo tanto, todos estos recursos naturales los hemos extraído de la naturaleza y los devolvemos a ella en forma de residuos –sólidos, líquidos o gaseosos.

De la misma forma el hecho constructivo significa una destrucción del suelo como elemento vivo: eliminamos de él las funciones de infiltración de agua, de crecimiento de la vegetación y de conector verde para la fauna, lo hemos impermeabilizado y hemos eliminado su rol en el ciclo natural.

Para reducir el impacto de la actividad edificatoria sobre la naturaleza, es necesario volver a pensar en el significado de los ciclos naturales y en su cierre. De la misma forma que las generaciones anteriores utilizaban restos de comida para alimentar a los animales y el estiércol para abonar los campos en un ciclo cerrado en el ámbito local, en la arquitectura y el urbanismo sostenible el principio más importante y generalizable en todos los ámbitos –energía, agua, materiales– es el cierre de los ciclos naturales.

El cierre de los ciclos naturales no significa ni más ni menos que la reducción del *input*, la recirculación y la reducción del *output*. Significa, en palabras más coloquiales, consumir y utilizar menos, reutilizar y reciclar. Y quiere decir respetar las condiciones locales: la disponibilidad local de agua potable, los materiales de construcción, las fuentes de energía renovable que tenemos a mano allí donde construimos.

Si pensamos, por ejemplo, en el cierre del ciclo del agua en el caso de un edificio en un entorno urbano en Cataluña, la reducción del *input* de agua potable significaría instalar grifos y duchas con limitación de caudal, urinarios sin agua en edificios públicos y lavaplatos y lavadoras de bajo consumo de agua, y también utili-

zar aguas freáticas o aguas depuradas para inodoros, estableciendo un doble circuito. La reutilización y la recirculación del agua en este ciclo interno del edificio se podrían hacer depurando in situ las aguas grises y reutilizándolas en los inodoros. Las aguas pluviales se deberían retener y reutilizar para regar o para otros usos que no necesitan una calidad de agua potable. Con estas medidas podemos disminuir la utilización de agua potable en un 70%.

Podemos obtener resultados parecidos en los ciclos de la energía y de los materiales. En el primer caso, con la aplicación de medidas técnicas podemos llegar a construir edificios que produzcan más energía de la que consuman durante su funcionamiento: con la mejora del aislamiento de los cierres, la ventilación controlada, los elementos de sombra, la utilización de electrodomésticos eficientes, un comportamiento consciente de los usuarios y la utilización in situ de energías renovables para la producción de agua caliente y electricidad.

En el caso del suelo y del verde, las medidas siempre serán compensatorias, como pueden ser la aplicación de pavimentos permeables en el espacio urbano, las cubiertas y fachadas verdes o la creación de conectores verdes. Obviamente, allí donde hemos construido no podemos devolver a la naturaleza las mismas condiciones que ella nos ha ofrecido, pero sí que lo podemos hacer –a través de medidas compensatorias– en otros lugares del mismo municipio, aumentando la calidad biológica y ecológica de espacios naturales existentes e intentando reequilibrar al máximo nuestra intervención.

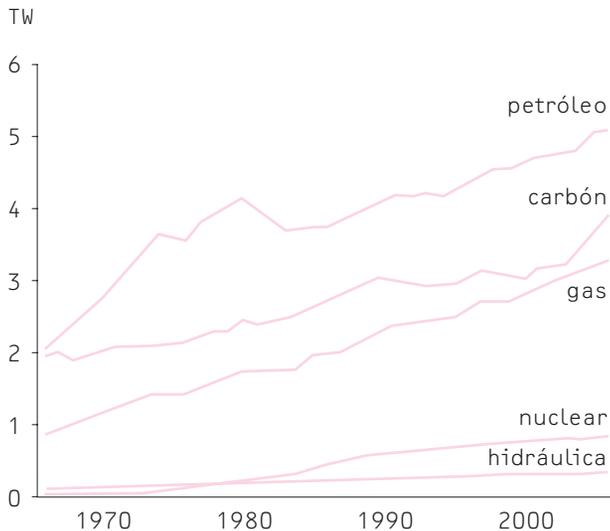
Internalizar este principio del cierre de los ciclos naturales al ámbito personal, local y regional debería ser el compromiso social inherente al ejercicio de la profesión del arquitecto en el siglo XXI.

El ritmo de consumo de los recursos

«La naturaleza puede satisfacer todas las necesidades de los humanos, pero no todas sus ambiciones.»

Mahatma Gandhi

Consumo de energía en el mundo en teravatios (TW), 1965-2006



Vivimos en una sociedad que denominamos acertadamente *sociedad de consumo*. El consumo de servicios y recursos, naturales o manufacturados, es el elemento esencial del sistema de economía capitalista, imperante en la práctica totalidad de las sociedades actuales. Consumir se ha convertido en el motor de la vida económica, la dinámica central de nuestra sociedad. Las mejoras tecnológicas han permitido el abaratamiento de los costes de producción, la multiplicidad de oferta de los productos y su distribución más eficiente y ágil. Estas mejoras, entre otras, añadidas al fenómeno de la globalización cultural y de la información características de nuestra época, no han hecho más que aumentar esta dinámica: crece el número de consumidores, crece el consumo de materias primas, crece el consumo de bienes y de servicios y crece el nivel de gasto buscando la mejora continua de nuestra calidad de vida.

Todo eso no es nuevo; numerosos estudios han dejado clara la realidad de estos incrementos, principalmente en el campo de los bienes, y más específicamente en los recursos naturales necesarios para obtenerlos. Día tras día aumenta el ritmo con que consumimos los recursos de que disponemos, de una forma u otra: los países ricos diversifican los productos y servicios, los que se encuentran en vías de desarrollo aumentan sus «necesidades», y los pobres aumentan la población desenfundadamente. Las sociedades tienden a crecer y crecer sin fin... pero vivimos en un mundo finito. ¿Hasta cuándo podremos mantener el estilo de vida al que estamos acostumbrados los que tenemos la suerte de vivir en países del mal denominado Primer Mundo? ¿Hasta dónde pueden llegar a crecer las naciones ya superpobladas? ¿Qué consecuencias tendrán las acciones presentes sobre el medio ambiente y sobre el estilo de vida de generaciones futuras? Son incógnitas difíciles de responder, probablemente el mayor reto al que la sociedad actual se enfrenta, y a las que no se puede dar la espalda.



Pau Morera Font

Licenciado en ciencias ambientales

Según el informe *Planeta Vivo 2008* del World Wildlife Fund (WWF), el consumo humano de recursos en el mundo se ha triplicado entre los años 1961 y 2005, y en los últimos 35 años hemos perdido casi un tercio de la vida silvestre del planeta. A este ritmo, que no parece detenerse, hacia la mitad de la década de 2030 necesitaremos dos planetas para satisfacer la demanda de recursos. En palabras de la misma fundación, «la gente está convirtiendo los recursos en desperdicios más rápidamente de lo que la naturaleza puede convertir los desperdicios otra vez en recursos». Esta degradación de la naturaleza, sin precedentes en la Historia que nos puedan aportar experiencia, es más que preocupante. Los países que están contribuyendo en mayor medida a esa degradación, según este informe, son: Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos de América, Finlandia, Canadá, Kuwait, Australia, Estonia, Suecia, Nueva Zelanda y Noruega. Son los países que consumen más energía y recursos per cápita del planeta. Países que, o bien presentan altos consumos de energía –por su estilo de vida, como Estados Unidos o por su climatología, como los países nórdicos–, o bien son grandes productores de petróleo (EAU, Kuwait). ¿Casualidad?

El consumo energético de un territorio está íntimamente ligado a su nivel de desarrollo, y al tamaño de su población. Con una breve ojeada al gráfico de la izquierda, vemos que muestra de manera clara lo que estamos exponiendo.

En el año 1965, el consumo total de energía en el mundo –incluyendo petróleo, carbón, gas, energía nuclear e hidroeléctrica– llegaba a duras penas a los 5 teravatios (1 teravatio equivale a 10^{12} vatios); en el año 2006, ya se doblaba ese consumo. El mayor exponente de este incremento es el consumo de petróleo, que representa cerca de la mitad del consumo total, y tiene la característica y al mismo tiempo el inconveniente de

ser un recurso no renovable. El petróleo sólo se puede obtener por extracción. Tarde o temprano se agotarán las reservas de los yacimientos, y, como hemos visto, los países que dependen del petróleo (sean productores o consumidores) son al mismo tiempo los que presentan mayores tasas de degradación de los recursos del planeta, y de su consumo.

Estos datos tienen un aspecto esperanzador, por lo menos. La sociedad de consumo se ha basado en la economía del petróleo –principalmente–, y aquellos países que sean capaces de liberarse antes de esa dependencia serán los menos afectados cuando escasee. Las opciones son diversas, desde las diversas fuentes de energía renovable a la energía nuclear. Dejando aparte el eterno debate sobre las instalaciones nucleares, altamente eficientes pero que generan residuos radiactivos y tienen un componente de riesgo, parece que de momento esta energía está ganando terreno, sobre todo en países en vías de desarrollo como China. Las energías renovables, a pesar de ser las más «limpias» y de fuentes ilimitadas, todavía no son lo suficientemente competitivas en el mercado económico.

La presente depresión económica mundial es un toque de atención sobre las consecuencias de gastar más recursos de los que tenemos, pensando solamente en crecer, crecer y crecer sin mirar más allá. Cuando hablamos de sostenibilidad –palabra tan de moda que parece que está perdiendo parte de su significado–, hacemos referencia precisamente a la solución más viable para el crecimiento de nuestras sociedades, que es el objetivo final de toda economía, pero a largo plazo. Tenemos que cuidar de nuestro entorno y de nuestras acciones individuales y colectivas, porque si no protegemos nuestros recursos estaremos afectando no sólo a nuestro nivel de vida, sino a la vida misma.

- *World Energy Outlook 2008*, OECD/IEA.
- *Informe Planeta Vivo 2008*, WWF.
- www.justiciaipau.org
- www.sostenible.es

¿Qué energía para qué arquitectura?

Durante mucho tiempo hemos dado por hecho que necesitamos una determinada forma de energía y unos determinados equipos para conseguir unas determinadas funciones energéticas (luz, agua caliente, calefacción, transporte). Era una época de determinismo científico-tecnológico, del bienestar ligado al equipamiento de nuestras vidas y el consumo de los recursos. Si se acababa una fuente de energía, la ciencia y la tecnología de las empresas ya lo solucionarían encontrando otras fuentes; era una de sus funciones, alimentada por eslóganes como el de «Llámanos y nos ocupamos de todo». Desgraciadamente no se ocupaban de todo, solamente de lo que podía molestar a sus clientes y, si alguna de sus actuaciones legales podía molestar a alguien más, ya no era de su incumbencia, sino un tema de las administraciones públicas, patrocinadas con nuestros impuestos y elegidas con nuestros votos.

Hay que tener muy en cuenta que la tecnología no es determinista, que no hay una solución única u óptima, y que los materiales, los equipos y la gestión no son fruto solamente de unos parámetros científico-técnicos, sino también de criterios económicos (inversión, mantenimiento, vida útil, externalidades), socioculturales y políticos.

Citaré unas afirmaciones hechas en conferencias sobre energía hace años en Suiza y en Bonn, referentes a la arquitectura:

- Título de un póster de un país árabe: «¿Energía renovable en la arquitectura? ¡Hace 1.000 años que lo venimos realizando!»
- Conferencia en Bonn: «Hoy, el reto no es hacer edificios de consumo 0 de energía sino exportadores de energía».



Joaquim Corominas

Doctor ingeniero, director de Ecoserveis

La pregunta lógica a partir del mensaje aportado por estas dos citas es: habiendo tecnología y recursos energéticos, ¿cómo es que no se hace hoy?

A finales de los años sesenta en Barcelona, un conjunto de viviendas unifamiliares tenían hogar convencional (de diseño), pero no tenían caldera de agua caliente ni de calefacción. La respuesta del arquitecto a la pregunta de por qué no había caldera fue que utilizásemos electricidad, que era más barato (y, además, no era necesario prever espacio ni salida de humos).

El consumo de energía se ha asociado a riqueza, a nivel de vida y confort: los ingleses se bañan y los norteamericanos se duchan, ¿son más ricos los ingleses? Ámsterdam está lleno de bicicletas y Barcelona de motos, ¿el nivel de vida de Barcelona es mejor que el de Ámsterdam?

Los países nórdicos están orgullosos de mostrar sus casas mantenidas a temperatura confortable durante el largo invierno con bombas de calor de 1 kW eléctrico, mientras que en latitudes mediterráneas en los pequeños pisos se inutilizan paredes con radiadores de calor. Austria mostró cómo introducir la energía solar de forma rápida y económica (y creando una industria que la exporta incluso a España), con actuaciones de autoconstrucción colectiva y mecanismos de formación previa adecuados. En nuestro país cuesta encontrar un instalador suficientemente preparado para hacer una buena instalación de agua caliente solar.

El sistema energético actual es fruto de la acumulación de acciones de tiempos pasados y tiene una gran inercia; los cambios tardan tiempo en notarse y por esto hay que iniciarlos pronto, recordando el dicho atribuido a Einstein: «la solución de los problemas no se puede hacer con los mismos criterios que los han creado». Por lo tanto, hay que introducir nuevos criterios antes que

aplicar recetas, y por ello se necesita información, formación, persuasión (y también suerte. ¡Estar en el lugar adecuado en el momento oportuno!).

Existe la creencia generalizada de que un nuevo «producto» solamente se puede introducir si es más barato que sus competidores. Un ejemplo muestra que esto no es cierto en el ámbito de la energía. Las bombillas fluorescentes compactas proporcionan un ahorro económico (y energético) considerable a las (hasta ahora) convencionales de filamento. ¿Por qué no se generalizan los fluorescentes?

Los costes tampoco lo son todo en las grandes inversiones. Los diversos riesgos, la valoración de la diferencia entre los costes de ahora y los futuros, de los efectos sobre la economía local y la competitividad son factores importantes a la hora de tomar decisiones económicas. Algunos productores eléctricos afirman que el kilovatio nuclear es muy barato, pero no se deciden a iniciar la construcción de una central nuclear. La economía afirma que los precios son indicadores de los costes reales, pero en España hay un «déficit de tarifa» que mantiene los precios de la electricidad por debajo de sus costes, hay facturas energéticas iguales a lo largo del año (¿podemos relacionarlo con el coste de la climatización?), en los territorios extrapeninsulares de España la electricidad es más barata que en la península, a pesar de que los costes son muy superiores. Se mantiene la producción de carbón nacional por una supuesta cuestión de *seguridad nacional*.

Conclusión: si no tenemos un sistema energético sostenible, es porque no lo creemos posible, no queremos, no nos atrevemos, o por otras razones similares. Pregunta: ¿qué debe pasar para que iniciemos la necesaria transformación del sistema energético?

El papel del agua

El agua es esencial para el desarrollo humano y está intrínsecamente ligada a la aparición de asentamientos urbanos y a su crecimiento. En la historia, la expansión urbana ha ido acompañada de la búsqueda y explotación de nuevos recursos hídricos, con el fin de satisfacer las necesidades de los distintos usos (agrícolas, industriales, públicos, domésticos, y, recientemente, ecológicos), que han ido cambiando a lo largo de los siglos. Las fuentes de agua locales utilizadas originariamente se han complementado, e incluso sustituido, por fuentes cada vez más lejanas, con repercusiones socioambientales que han traspasado los límites territoriales de la ciudad. El aumento de la oferta y de la mejora de la calidad del agua disponible en pueblos y ciudades han favorecido el crecimiento económico y de la población, a la vez que este bien básico ha sido fuente de conflictos sociales y territoriales, especialmente en aquellas zonas donde el agua ha sido tradicionalmente un recurso escaso.

En un momento en el que más del 50% de la población mundial vive en ciudades y en un contexto de aumento futuro de la escasez del agua en determinadas zonas como consecuencia del cambio climático, el suministro y la gestión del agua para usos domésticos es un tema de especial relevancia para políticos, técnicos e investigadores. Además de los estudios surgidos en los campos de la ingeniería, centrados sobre todo en la búsqueda y distribución de nuevas fuentes de abastecimiento, en la mejora de la calidad (potabilización y depuración) y de la eficiencia en el aprovechamiento, existe una producción científico-técnica que trata de abordar el estudio del ciclo hidrológico desde otras perspectivas. Por ejemplo, desde una vertiente político-institucional, se ha puesto interés en quién ha tenido la titularidad del agua y el poder sobre su gestión, y qué usos han sido priorizados respecto a otros. El enfoque socioambiental ha intentado profundizar en los diver-



Elena Domene

Doctora en ciencias ambientales, jefa de proyectos del Instituto de Estudios Regionales y Metropolitanos de Barcelona

Los condicionantes urbanos del consumo de agua y sobre los impactos que el aumento de su consumo en zonas urbanas está provocando en el medio ambiente y en la sociedad. Los factores determinantes del consumo de agua urbana (principalmente de uso doméstico) también ha sido objeto de análisis de múltiples estudios econométricos¹.

Según distintos estudios² estos factores son los más relevantes que condicionan el consumo de agua doméstica:

- Económicos: precio del agua, nivel de ingresos.
- Sociales: dimensiones y composición familiar, grado de conciencia ambiental.
- Técnicos: contadores individuales, tecnología utilizada (sistemas de ahorro).
- Institucionales: normativa, educación, información.
- Ambientales: clima y tipo de vegetación de las zonas ajardinadas.
- Urbanísticos: modelo residencial, densidad edificatoria, tipología de la vivienda, superficie de la vivienda, número de puntos de consumo.

Así, el consumo doméstico de agua aumenta con el nivel de ingresos, aunque con matices: el consumo de agua dentro de la vivienda (higiene personal y doméstica, agua de boca, preparación de alimentos) es relativamente estable para distintos niveles de renta, mientras que las variaciones son más notables cuando existen usos exteriores (riego de jardines, mantenimiento de la piscina). De la misma manera, el consumo de agua para usos básicos es menos susceptible si se producen cambios en el precio que el relacionado con usos exteriores.

Entre los factores sociales, el consumo doméstico per cápita suele ser mayor cuando disminuye el número de miembros en el hogar y también en familias con niños. Los hábitos de consumo responsable llevan a consumos

menores. Otros factores como la instalación de contadores individuales y la tarificación del agua, muchas veces acompañados de información y reparación de fugas, disminuye igualmente el consumo per cápita. Relacionado con esto, las campañas y la instalación de sistemas de ahorro en los hogares y una normativa que fomente el ahorro puede contribuir a consumos menores.

Entre los factores urbanísticos, las viviendas más grandes y con más puntos de consumo conllevan consumos domésticos de agua más elevados, si bien la variable que juega el papel más importante es la tipología edificatoria. En las viviendas unifamiliares, dado que hay consumos exteriores para el riego de jardines o el mantenimiento de la piscina, se suelen hacer consumos más elevados que en las viviendas plurifamiliares o bloques de pisos.

A una escala mayor, el modelo residencial es una de las variables que explica mejor el consumo de agua. Las zonas urbanas basadas en un modelo de baja densidad de población, donde predominan las viviendas unifamiliares con jardines y piscinas, presentan unas demandas de agua per cápita muy superiores a las zonas urbanas compactas y con tipologías edificatorias de altas densidades. En este sentido, una planificación urbanística que tienda hacia un modelo urbano menos consumidor de agua ha de ser la clave para afrontar el reto de la gestión sostenible del agua.

¹ Ver, por ejemplo: **Arbués-García, F., García-Valiñas, M.A., y Martínez-Espiñeira, R., 2003.** Estimation of Residential Water Demand. A State of the Art Review, *Journal of Socio-Economics*, Vol. 32 (1), 81-102.

² Para una revisión más detallada de los factores condicionantes del consumo de agua doméstico en áreas metropolitanas: **Domene, E. and Saurí, D. 2006.** Urbanization and Water Consumption: Influencing Factors in the Metropolitan Region of Barcelona. *Urban Studies*, Vol. 43 (9), 1605-1623.

Los residuos que producimos

Las constantes campañas institucionales sobre el tema de los residuos y para fomentar su recogida selectiva nos recuerdan permanentemente que éste es un tema ambiental importante y todavía no bien resuelto.

A diferencia de otras cuestiones ambientales no menos importantes, como el consumo de agua o de energía, en el caso de los residuos no disponemos de información personalizada directa: en casa no tenemos un contador que nos permita saber cuántos producimos. Así que, para saberlo, hemos de remitirnos a las estadísticas.

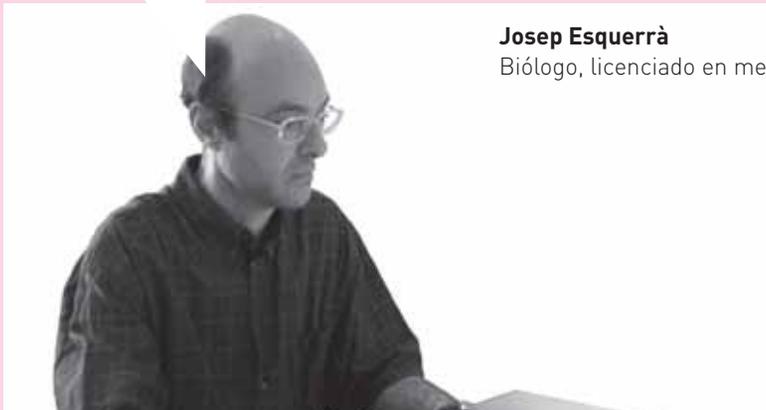
El Programa de Gestión de Residuos Municipales de Cataluña 2007-2012 (Progremic 2007-2012) sitúa la producción de residuos municipales en Cataluña en el año 2006 en 4.280.476 t, lo que supone una producción de 1,64 kg por persona y día.

¿Esto es mucho o es poco? Si miramos cómo evoluciona la producción real respecto a la evolución prevista constataremos dos cosas: la mala es que la producción real siempre supera la prevista; la buena es que la diferencia entre éstas tiende a reducirse.

¿Pero cuántos residuos producimos nosotros realmente? Si «contamos» los residuos en casa nos parecerá que nuestra producción doméstica se sitúa significativamente por debajo de este valor. Sin embargo, esta conclusión es precipitada y engañosa.

La cantidad de residuos municipales se obtiene sumando las recogidas municipales de las diferentes fracciones: papel, vidrio, envases ligeros, fracción orgánica, contenedor gris, aportaciones a puntos de recogida, objetos voluminosos y otras recogidas de fracciones específicas como ropa, etc. Una operación simple de dividir esta cantidad por la población del municipio o, en este caso, de Cataluña, nos da la ratio de producción per cápita.

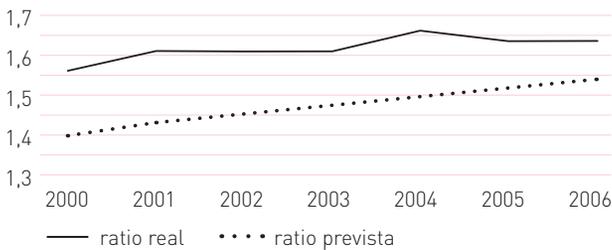
Por lo tanto, la primera corrección que deberíamos hacer es añadir a los residuos corrientes la cantidad de voluminosos que bajamos a la calle el día que toca, de lo



Josep Esquerrà

Biólogo, licenciado en medio ambiente

Ratio de producción de residuos municipales en Cataluña [kg/persona y día]



que hemos llevado a puntos de recogida, de la ropa que cada cambio de temporada ponemos en el contenedor, etc. Con esto nuestra producción ya habrá aumentado y se habrá acercado más a la media.

Un segundo aspecto que hay que entender es el hecho de que al contenedor de recogida urbana no solamente va a parar nuestra basura doméstica. ¿O es que quizás mientras estamos en el trabajo y tenemos a los hijos en la escuela no generamos residuos? Pues sí que generamos y en muchos casos irán al mismo contenedor que los residuos domésticos. Y esta cantidad puede ser significativa: muestras puntuales tomadas en edificios administrativos y oficinas dan una producción de residuos de 0,2 kg como mínimo, pero que puede llegar hasta 1 kg por persona y día laborable. Así que, si sumamos la cantidad que generamos en el trabajo a la que generamos en casa, quizás ya no nos queda mucho margen para la autocomplacencia.

Progremic 2007-2012 mantiene firme el objetivo de reducción del 10% de la producción de residuos y propone toda una serie de medidas correctivas respecto al programa anterior. Pero, a mi entender, el esfuerzo no hemos de hacerlo solamente en casa. Es necesario que también las empresas de servicios y todo el sector terciario hagan un esfuerzo para con-

trolar la generación de los residuos, que engordan los datos de producción municipal.

La otra cuestión es saber cómo vamos en reciclaje. La tabla siguiente recoge los objetivos previstos por el programa anterior (Progremic 2001-2006), los resultados alcanzados, según el estudio de revisión del programa (2004) y los objetivos de Progremic 2007-2012. Si observamos los resultados y los comparamos con el objetivo del 2006 podemos decir que aprobamos en papel y vidrio, pero suspendemos en orgánica

	fracción orgánica	papel/cartón	vidrio	envases ligeros
Progremic 2001-2006	55%	75%	75%	25%
Resultados 2004	12,3%	38,9%	43%	6,3%
Progremic 2007-2012	55%	75%	75%	25%

y envases ligeros. Con todo, el nuevo programa no rebaja los objetivos. Si, además, tenemos en cuenta que según Progremic 2007-2012 la fracción orgánica representa la fracción mayoritaria con un 36%, queda bastante claro por donde hemos de empezar a hacer los deberes.

Pero pensemos en los envases ligeros (plásticos, latas, briks, etc.), para los que de entrada ya se plantea el objetivo menos ambicioso (25%) y donde la pobreza de resultados es evidente (6,3%). Quizás ya sería hora de preguntarnos si los resultados justifican el esfuerzo, las facilidades y los recursos destinados al contenedor amarillo o si realmente no saldría más a cuenta penalizarlo, tanto desde la Administración como desde los consumidores, a favor de otros materiales de envase y de embalaje como el vidrio y el papel que en la práctica nos permiten «aprobar» con un esfuerzo yo diría que sensiblemente menor.

¿Cómo reducir los gases de efecto invernadero en el sector de la edificación?

Para evitar un aumento sustancial del riesgo a las peores consecuencias del cambio climático, en el año 2050 las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados deberían haberse reducido entre el 40% y el 95% respecto a las de 1990. Reducir tal cantidad de emisiones implica que todos los sectores de la sociedad deberán asumir reducciones importantes. El sector de la edificación no es una excepción y, a diferencia de otros sectores, debe conseguir las reducciones con la máxima urgencia dado que la mayoría de los edificios que se construyen hoy seguirán en uso en el 2050.

Las emisiones de CO₂ –como consecuencia de las limitaciones impuestas por el Protocolo de Kioto– empiezan a considerarse un factor de competitividad del sistema económico. Así, cualquier actividad del sistema productivo deberá conseguir satisfacer necesidades generando cada vez menos emisiones. La necesidad que el sector de la edificación satisface es la habitabilidad y, por lo tanto, la forma de reducir las emisiones asociadas al sector es actuando sobre todas aquellas actividades que intervienen en la creación y el mantenimiento de esta habitabilidad.

Las principales emisiones que conforman el ámbito del sector son, por un lado, las asociadas a la fabricación de los materiales de construcción, con valores próximos a los 500 kg de CO₂ por m² construido en España; y, por el otro, las asociadas al acondicionamiento y los servicios de que disponen los edificios durante su uso (iluminación, climatización, agua caliente, cocción, aparatos eléctricos, etc.). En este último caso las emisiones dependen del tipo de edificio; se constata que las viviendas en España emiten anualmente alrededor de 30 kg de CO₂ por m² y que los edificios de uso terciario pueden emitir hasta 170 kg de CO₂ por m² en un año.



Anna Pagès

Arquitecta, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la Universidad Politécnica de Cataluña

En relación con las emisiones asociadas al sector de la edificación español cabe destacar dos aspectos. En primer lugar, que equivalen a más de un tercio de las emisiones imputables a España (en 2005 significaron el 33% del total). Y, en segundo lugar, que durante el periodo 1990-2005 el ritmo de crecimiento de las emisiones del sector fue muy superior al de las emisiones nacionales. Concretamente, en este periodo las del sector aumentaron en un 112%, mientras que las nacionales lo hicieron en un 52%, valor muy alejado del aumento máximo del 15% permitido por el Protocolo de Kioto.

En 1990, el sector de la edificación fue responsable de la emisión de 69 millones de toneladas de CO₂; el 67% de esta cantidad correspondió al uso de los edificios existentes y el 33% restante a la construcción de nuevos edificios. Durante los 15 años siguientes, las emisiones de estos dos subsectores se incrementaron en un 101% y un 133% respectivamente, lo que comportó un aumento de la proporción de emisiones asociadas a la construcción de edificios dentro del total del sector.

El incremento de las emisiones asociadas a la construcción de los edificios estuvo directamente relacionado con la cantidad de superficie nueva construida y, por lo tanto, al *boom* de la construcción vivido en España en los últimos años. En 15 años aumentó la superficie construida en un 51%, mientras que la población sólo creció en un 11%. Por otro lado, las causas principales del incremento de las emisiones asociadas al uso de los edificios estuvieron vinculadas a la necesidad de dotar de acondicionamiento y servicios a la gran cantidad de parque nuevo edificado y también a la intensificación energética –sobre todo eléctrica– por unidad de superficie de los edificios del sector terciario.

Para poder reducir las emisiones en el sector y conseguir los objetivos de emisiones para el año 2050 se proponen tres estrategias. La primera de ellas consiste en la rehabilitación del parque edificado, puesto que sólo es posible reducir las emisiones asociadas al uso de los edificios si se actúa sobre los edificios existentes y se mejora continuamente su eficiencia. La segunda estrategia pretende que los edificios nuevos tiendan a cero emisiones, tanto en la construcción como en el uso, para contrarrestar la tendencia actual de que los edificios de nueva construcción –aunque se proyecten para que sean eficientes– añaden emisiones al sector. Por último, es necesario redefinir el concepto de habitabilidad, entendiéndola como el principal objetivo del sector y relacionándola con las emisiones necesarias para conseguirla.

Metabolismo urbano y territorio

Basándose en los avances de la teoría ecológica, se han evidenciado ciertos paralelismos entre los ecosistemas naturales y las ciudades. Estas dos realidades comparten el hecho de tratarse de sistemas dinámicos conformados por un número importante de elementos en interacción de diferente naturaleza y que van cambiando en el tiempo. Según esta perspectiva se concibe la ciudad también como un sistema abierto muy heterotrófico inserto en un territorio amplio del cual depende. Su estructura interna es muy compleja, ya que presenta una gran variedad de artefactos como son sus edificios, los viales, las redes de transporte o las infraestructuras destinadas a la distribución de la materia y de la energía, así como para el tratamiento y exportación de residuos y productos derivados de sus actividades o procesos internos¹.

Desde esta perspectiva se puede afirmar que la ciudad presenta un metabolismo similar al de un ser vivo o también una organización parecida a la que presentan los ecosistemas naturales. En este sentido, la ciudad importa materia y energía en forma de alimentos, materiales de construcción, energía de distintos tipos, agua e información, los transforma parcialmente al utilizarlos en sus procesos internos y exporta residuos sólidos, aguas residuales, productos o información. Como resultado de los procesos de importación, transformación y exportación, de los flujos materiales, energéticos y de información, el sistema urbano crece en complejidad estructural y en el contenido total de información².

Al igual que otros tipos de sistemas, la ciudad presenta una serie de propiedades de carácter general que se deducen del sistema en su conjunto denominadas *propiedades emergentes*. Informan sobre el carácter y la intensidad de los procesos internos de los sistemas. Para la ciudad y otros sistemas dichas propiedades se consideran características como son su complejidad,



Carlos Saura Carulla

Biólogo y profesor

su mayor o menor estabilidad, su eficiencia, la compatibilidad que presentan en relación con el territorio considerando la entropía que exporta y la incertidumbre asociada que produce, el contenido total de información del sistema, la diversidad de sus elementos en el espacio o la propia sucesión o evolución en el tiempo del ecosistema urbano³.

La forma como se manifiesta la realidad urbana en el territorio tiene consecuencias ecológicas, como también sociales. Cabe reconocer la existencia de una dialéctica del sistema urbano-entorno que se esquematiza en la forma como los impactos ambientales afectan al territorio local y global.

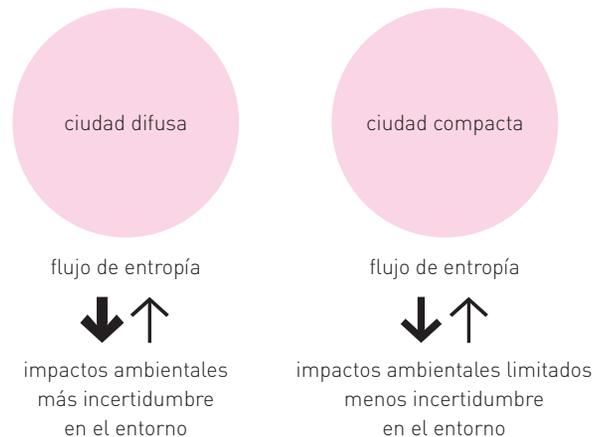
Se sabe que los sistemas naturales complejos, cerrados, que minimizan los intercambios con el entorno, que presentan un alto contenido de información, una alta diversidad de elementos que se encuentran muy bien interconectados en circuitos o redes estables, presentan una estabilidad dinámica y exportan poca entropía o desorden al entorno por lo que producen menos incertidumbre en éste. Por el contrario los sistemas menos organizados presentan amplias fluctuaciones en sus estados internos debido a una limitada capacidad de anticipación y de adaptación a los cambios generados por cambios de su entorno.

Podemos diferenciar la ciudad compacta y la ciudad difusa como manifestaciones equivalentes en el contexto urbano. La ciudad compacta es más sostenible, ya que reduce la importación de materia y energía, contiene el metabolismo urbano, el consumo energético y la exportación de residuos al entorno al reducir el flujo de materiales. Esto es posible si se aplican políticas ambientales dirigidas a la sostenibilidad y que se traducen en una gestión ambiental urbana que procura cerrar, aunque sea parcialmente, los ciclos materiales y reducir el flujo energético a través de la ciudad.

La reducción, la reutilización y el reciclaje aumentan la eficiencia del sistema minimizando así la exportación de desorden al entorno⁴.

Por el contrario la ciudad difusa se manifiesta por un uso del espacio con pocas restricciones extendiéndose sobre el territorio a modo de mancha de aceite. Está apoyada en un urbanismo que produce segregación de funciones, que dificulta el intercambio porque aleja los usos, y que es insostenible por el modelo de transporte de personas y de materiales que potencia, transporte que obliga a salvar grandes distancias, lo que a su vez genera contaminación y estrés en los sistemas del territorio y en los habitantes de la ciudad y del espacio periurbano. En el modelo actual de crecimiento globalizado de la economía la ciudad difusa sigue imponiéndose mayoritariamente como modelo en los países en desarrollo aunque se están proponiendo alternativas favorables a un cambio de modelo más sostenibilista⁵.

Ciudad compacta versus ciudad difusa



1 Barracó, H., Parés, M., Prat, A., Terradas, J.: Barcelona 1985-1999. *Ecología d'una ciutat*. Ed. Ayuntamiento de Barcelona, 1999. Ver también Terradas, J. *Ecología urbana*, 2001, Ed. Rubes,
2 Pares, M., Pou, G. y Terradas, J.: Barcelona 1985. *Descobrir el Medi Urbà. 2 Ecología d'una ciutat*. Barcelona. Ayuntamiento de Barcelona.

3 Rueda, S. (1995) *Ecología Urbana: Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents*. Beta Editorial. Barcelona.
Rueda, S. (2002) *Barcelona ciutat mediterrània, compacta i complexa. Una visió de futur més sostenible*. Barcelona. Ayuntamiento de Barcelona y Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.

4 Saura, C. (2003). *Arquitectura y medio ambiente*. Col. Arquitectònics. Barcelona. UPC.

5 Ver experiencias en esta dirección disponibles en el ICLEI Local Governments for Sustainability (www.iclei.org)

El territorio como recurso

Probablemente uno de los problemas en la gestión sostenible del territorio es que éste no se considera un recurso más. Con frecuencia, el territorio se ha interpretado como un simple soporte donde los individuos de la especie humana desarrollamos nuestras actividades sociales. A menudo proyectamos sobre este soporte una visión antropocéntrica y todo aquello que forma parte de este escenario está ahí porque nosotros existimos. Le reconocemos sus usos (forestal, agrícola, urbano, etc.), pero los leemos como si fueran elementos de un escenario; con frecuencia le negamos su propia dinámica funcional y es justamente esta funcionalidad lo que lo convierte en recurso: el entramado de usos y sistemas diversos que configuran el territorio y sobre todo las relaciones que establecen entre ellos nos proporcionan los *servicios ecológicos* básicos relacionados con la producción de materias primas, alimentos, energía (dendrocombustibles, hidroeléctricas, etc.), e incluso su propia materialidad como soporte físico de los artefactos humanos (ciudades, infraestructuras de comunicación, etc.), todo ello fundamental para el sustento de nuestra especie en el planeta.

Desde hace tiempo distintas disciplinas relacionadas con el estudio de las ciencias naturales anuncian la necesidad de que la gestión del territorio incorpore lecturas sistémicas que permitan definir los fenómenos fundamentales de organización y que a su vez puedan aportar nuevos argumentos que ayuden a afrontar los problemas reales de la sociedad actual, como por ejemplo el equilibrio entre la rentabilidad del suelo rústico y su papel ecológico, la ubicación de determinadas infraestructuras relacionadas con la producción de energías renovables, nuevos crecimientos urbanos o la aparición de nuevos usos lúdicos en el suelo no urbanizado.



Anna Zahonero Xifré

Bióloga, profesora del Departamento de Urbanismo de la Universidad Politécnica de Cataluña, jefa de estudios del máster universitario en paisajismo

En esta línea, en los últimos años se ha iniciado la incorporación al planeamiento territorial de determinadas referencias a la funcionalidad, considerando las relaciones entre los elementos del territorio a través del análisis de las funciones ecológicas de los sistemas, por ejemplo en relación con la fauna atendiendo a su movilidad (delimitación de conectores ecológicos), a su alimentación (delimitación de áreas tróficas) o bien a las necesidades reproductivas (definición de áreas de recuperación para determinadas especies, o bien de reservorios). Se incorporan también a la gestión del territorio conceptos relacionados con las perturbaciones naturales, como por ejemplo las inundaciones –procesos recurrentes y característicos en los regímenes climatológicos mediterráneos– o la pérdida de suelo –erosión–, situaciones relacionadas con la dinámica propia de los sistemas o derivada de intervenciones antrópicas. En todos estos casos, su consiguiente expresión en el espacio, es decir, la representación cartográfica de determinados procesos, es una importante aportación a la ordenación, puesto que representa el reconocimiento legal de las funciones ecológicas que se derivan de la matriz territorial de usos.

En un orden de cosas paralelo a lo dicho hasta ahora, es necesaria una reflexión, aunque sea breve, respecto al modelo de gestión territorial que se deriva de estas premisas. La planificación del territorio propone modelos para desarrollarlos en periodos temporales determinados, y es conveniente que estos modelos tomen las bases ecológicas adecuadas, superando aquellas tendencias del conservacionismo idealista que se basan en la apreciación de que cualquier cambio que modifique la dirección de un ecosistema hacia su estadio climácico, es una degradación de dicho ecosistema. El conocimiento

profundo de los elementos del sistema, de su dinámica funcional y, lo que es muy importante, de su historia –incorporando así la información referente a su capacidad de reacción y adaptación a posibles situaciones distintas– nos sitúa en la base de una gestión sostenible de los recursos territoriales.

La gestión sostenibilista del territorio debe tener la flexibilidad necesaria para adaptarse a situaciones cambiantes que se derivan de la funcionalidad de los sistemas y elementos que lo componen –esto incluye el sistema urbano– y, con profesionalidad e imaginación, generar propuestas de ordenación que identifiquen capacidades admisibles de transformación del medio; que atiendan más a la tipología de relaciones entre los elementos o usos que a las características individuales del elemento, y que sean capaces de suscitar visiones generales que permitan una distribución coherente de actividades que garanticen la productividad económica necesaria y su compatibilidad con los servicios ecológicos, es decir, con el territorio-recurso.

Políticas de mitigación del cambio climático: de la teoría a la práctica

La amenaza del cambio climático ha sido globalmente reconocida y los objetivos generales para combatirla están sobre las mesas de los responsables gubernamentales de todo el mundo. Las políticas que hay que implementar para alcanzar esos compromisos, en cambio, parecen estar más verdes.

El actual conocimiento sobre la ciencia del cambio climático y sus impactos en la sociedad requiere disponer de una eficiente estrategia de mitigación y adaptación a corto, medio y largo plazo a diferentes niveles de la geografía mundial. Este breve artículo intenta exponer primeramente adónde se pretende llegar y, en segundo lugar, los progresos hechos hasta ahora, las barreras identificadas y los puntos de mira para las nuevas políticas del clima.

¿A qué nos comprometemos?

Río de Janeiro, Protocolo de Kioto, Acuerdo final de Marrakech, Plan de Acción de Bali, Poznan... y quizás el Protocolo de Copenhague forman la historia de hitos políticos para establecer objetivos que estabilicen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEH) y eviten un incremento en la temperatura global media de 2 °C¹, lo que provocaría impactos perjudiciales irreversibles para las personas y el medio ambiente. Eso significa que como máximo tenemos 13 años para cambiar la tendencia global de crecimiento de emisiones de GEH.

Actualmente, nos encontramos en plena negociación de los objetivos de reducción de emisiones a partir del año 2012. En juego está establecer un objetivo global de reducción de emisiones y plazos, repartir responsabilidades a nivel de estados o de sectores industriales y determinar las reglas del juego para contabilizar los esfuerzos en reducciones. Por ahora, Europa mantiene una



Marta Torres Gunfaus

Consultora en estrategia energética y cambio climático, Ecofys

posición de liderazgo, comprometida a una reducción mínima del 20% para el año 2020, y entre el 60-80% para el año 2050. Estados Unidos, Australia y Rusia que pusieron en riesgo, en su momento, la entrada en la operación del Protocolo de Kioto, actualmente no tienen un posicionamiento claro, igual que Japón. Se unen al clamor generalizado de los países industrializados que aceptan la responsabilidad y la necesidad de actuación inmediata por su parte, pero exigen la participación de los mayores países en vías de desarrollo con objetivos vinculantes de reducción de emisiones para que tenga sentido la lucha contra el cambio global del clima. El continente asiático quiere emprender acciones, pero no quiere aceptar compromisos numéricos que puedan afectar a su crecimiento económico. La mayoría de los países de América Latina no creen que les haya llegado ya el momento de tomar responsabilidades en la mitigación del cambio climático. El Pacífico y África piden ayuda y compensaciones económicas para afrontar los peores impactos de un fenómeno ajeno a sus actividades. Los pactos sobre financiación y transferencia en tecnología tienen el poder de hacer suficientemente atractiva la participación de países de la periferia en el acuerdo internacional.

Por su parte, el Gobierno español apoya el compromiso asumido por la Unión Europea. Manifiesta la gran importancia de conseguir la equidad en el reparto de esfuerzos entre los diferentes estados miembros, con criterios como las emisiones per cápita en los sectores difusos (edificación, transporte, residuos, agricultura, industria no intensiva en energía) y las emisiones por unidad de producto en los sectores industriales. Criterios similares a los que fueron utilizados para repartir el objetivo del Protocolo de Kioto entre estados europeos²,

y que dejan actualmente a España en una situación complicada para cumplir, a pesar de los notables esfuerzos económicos realizados. Cataluña, por iniciativa propia, se ha comprometido hasta ahora a alcanzar reducciones proporcionales a las establecidas en España para Kioto. Este esfuerzo autonómico, como el de otras comunidades autónomas, no sólo es necesario sino imprescindible para rebajar las emisiones nacionales, visto el marco competencial del Estado y la efectividad demostrada de las buenas políticas locales.

¿Cómo se pasa de los objetivos a las reducciones reales de emisiones?

Una vez fijados los objetivos, hay que diseñar la manera de alcanzarlos de la manera más eficaz y económica posible. El trabajo de los gobiernos nacionales, regionales y locales pasa a ser clave para convertir objetivos en reducciones reales.

Existe un potencial económico sustancial para la mitigación de emisiones de GEH en las próximas décadas, que podría compensar el crecimiento esperado de las emisiones globales, o reducirlas por debajo de los niveles actuales³. Los estudios recientes indican que el potencial global a coste cero o negativo asciende a una reducción de emisiones anual de entre el 7 y el 10% en el año 2030, sin tener en cuenta un posible coste de la tonelada de CO₂.

La eficiencia energética es requisito central para políticas de mitigación, de acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía. Para el sector eléctrico e industrial, la captura y almacenaje de carbono se convierte en la tecnología individual más importante a medio plazo. Es un imperativo avanzar en sistemas de transporte libre de CO₂. Un aumento de las inversiones en I+D reduciría el

¹ (IPCC, 2007, Graßl et al. 2003, Hare 2003)

² Tryptich Approach

³ Fuente: *IPCC Fourth Assessment Report* (AR4).

Más información:

- Ecofys: www.ecofys.com
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020: http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/estrategia_cc/index.htm
- European Commission – Climate Change: http://ec.europa.eu/environment/climat/emission/index_en.htm

- Pla marc de mitigació del canvi climàtic 2008-2012: http://mediambient.gencat.net/cat/eL_medi/C_climatic/nov/aprovat_pla_marc_mitigacio_cc.jsp?ComponentID=158882&SourcePageID=112595#1
- IPCC: <http://www.ipcc.ch/>

coste de cumplir los objetivos de mitigación gracias a las mejoras tecnológicas.

Básicamente, tenemos hoy en día tres tipos de instrumentos: reguladores, fiscales y de mercado, y los tres acostumbran a formar parte de las políticas ambientales. Recientemente, los instrumentos basados en el mercado han incrementado su importancia con la entrada del Protocolo de Kioto. Estos mecanismos buscan hacer accesibles, para las partes comprometidas a reducir las emisiones, las oportunidades de mitigación más económicas, partiendo del principio que evitar una tonelada de CO_{2eq} en cualquier rincón del mundo contribuirá equivalentemente a combatir el efecto invernadero. El comercio de derechos de emisión, por ejemplo, establece un tope máximo de volumen de emisiones y asigna a cada participante (sea Estado o empresa) una cierta cantidad máxima. Éste tiene que decidir cómo cumplir su máximo de emisiones: reducir emisiones hasta cumplirlo (o pasando por debajo del objetivo, para poder llegar a vender derechos de emisión excedentes), o bien comprar créditos en el mercado que compensan su emisión gracias al hecho de que un segundo participante habrá dejado de utilizar aquel derecho de emitir. Estos mecanismos optimizan el coste de cumplir ciertos objetivos de reducción. Por su naturaleza y complejidad potencial, son instrumentos que funcionan bien con un número limitado de participantes, que comprendan el máximo volumen de emisiones. Incluir el transporte privado, por ejemplo, sería excesivamente costoso para el efecto que produciría. Estos mecanismos tienen otros inconvenientes, que no se discuten en este artículo.

Estudios recientes sobre políticas climáticas indican que un paquete óptimo de medidas produce reducciones de emisiones a un coste significativamente menor que

cualquier medida individual. Las sinergias y contradicciones entre cambio climático y otras áreas de la política son también importantes, ambas por su efecto sobre el coste de las políticas y su efectividad. Por ejemplo, cambio climático *versus* seguridad del suministro energético en el sector de generación eléctrica o soberanía alimentaria, u ocupación o política agraria por bioenergía. En cualquier caso, la mitigación, y, especialmente, la adaptación al cambio climático son políticas interdisciplinarias y sólo una buena coordinación entre departamentos del Gobierno puede garantizar su éxito.

En España, con un número de políticas por sector, integradas en una estrategia de cambio climático, destacan los planes marco de energías renovables, de eficiencia energética y de infraestructuras, los nuevos requisitos del Código Técnico de la Edificación (y el Decreto de Ecoeficiencia en Cataluña), y, por otra parte, la participación activa del mercado de carbono. Esto último representa la adquisición de créditos de carbono en lugar de reducir las emisiones domésticas de GEH, instrumento facilitado en el marco del Protocolo de Kioto. Habría que esperar que estos planes marco se convirtieran en acciones eficaces que se puedan aplicar directamente por los órganos competentes en su caso, sea el municipio, la comunidad autónoma o el Estado, dirigidos a un público específico y con un presupuesto proporcionado. España tendría que identificar los potenciales y costes asociados para cambiar de forma importante la tendencia de sus emisiones, especialmente para los sectores difusos y a partir del año 2012. Conocer el potencial implica generalmente tener la información sobre proyecciones de crecimiento y sobre la efectividad real de las medidas de reducción de emisiones ya implementadas. También habría que

evitar la dependencia del mercado de carbono, o, dicho de otra forma, que no sea necesario tener que recurrir a los derechos de emisión excedentarios para otros estados o generados en países en vías de desarrollo, hecho que representa un coste importante para el Estado y no genera cambios estructurales que nos posicionen estratégicamente para convertirnos en una moderna y competitiva sociedad baja en carbono.

Resumiendo, la gran mayoría de los países de todo el mundo y la ciudadanía que los habita tienen claro que hay que combatir el cambio climático. De aquí a 13 años, las emisiones de GEH globales tienen que empezar a decrecer. Las políticas de mitigación tienen que desarrollarse a una velocidad proporcional, y, hasta ahora, no siempre ha sido así. Decidir cuáles son las políticas más apropiadas para cada municipio, región o país es complejo y requiere un conocimiento más profundo sobre potenciales, costes y cobeneficios, voluntad política y acercamiento entre diferentes áreas del Gobierno. Es el momento de asumir responsabilidades y trabajar para alcanzar los objetivos establecidos.

Vivienda y salud

La vivienda, nuestra tercera piel, actualmente conforma el medio ambiente más cotidiano de la gran mayoría de la población, ya que pasamos diariamente entre el 80 y el 90% del tiempo en el interior de edificios. De ahí la importancia de los factores de riesgo para la salud –biológicos, químicos y físicos– presentes en los ambientes interiores. La creación y gestión de viviendas saludables es una responsabilidad no sólo de los profesionales de la edificación, sino también de las instituciones públicas y de las personas como individuos.

Desde hace años se reconoce que los edificios pueden constituir un riesgo para la salud de sus ocupantes; de hecho, desde 1982, la Organización Mundial de la Salud denomina el problema como *síndrome del edificio enfermo* (SEE), que engloba el conjunto de síntomas y enfermedades que padecen los ocupantes de los edificios, especialmente en los más modernos y tecnificados y sobre todo en los llamados *edificios inteligentes*. Cerca del 30% de los edificios modernos presentan problemas de salud asociados al SEE, y se constata una estrecha relación entre el tiempo de ocupación del edificio y la aparición en muchos casos de patologías específicas como trastornos alérgicos y respiratorios, irritaciones oculares, dolores de cabeza persistentes, náuseas o estrés y nerviosismo acentuado. Asimismo, se observa la remisión de los trastornos al cabo de un tiempo de no estar expuesto al lugar que los provocaba.

La problemática se agrava en los espacios de permanencia prolongada (lugar de trabajo, centros educativos, dormitorios e, incluso, centros de salud) si están repletos de materiales sintéticos, se utilizan productos químicos agresivos en la limpieza, se renueva poco o mal el aire interno, o persiste la exposición a una gran carga de campos eléctricos artificiales y ondas elec-



Mariano Bueno

Experto en geobiología y bioconstrucción

tromagnéticas de baja y alta frecuencia generados por las instalaciones eléctricas del exterior del edificio, el equipamiento informático o las redes de telefonía móvil, Wi-Fi y sistemas de comunicación inalámbrica que tanto se están extendiendo.

Los conocimientos actuales, aportados por la investigación geobiológica y la bioconstrucción, constatan las incidencias sobre la salud de factores vinculados a la construcción como el lugar de ubicación del edificio, las estructuras y el sistema constructivo, los materiales empleados, los aislamientos o los materiales de acabado y de decoración, así como los sistemas de iluminación artificial, los campos eléctricos o magnéticos generados por las instalaciones eléctricas o los equipos informáticos y los electrodomésticos. A ello cabe añadir los problemas generados por el ruido o las deficiencias del aire respirado, empobrecido por los sistemas de climatización e impregnado de las sustancias tóxicas que emanan del mobiliario, las pinturas o los materiales empleados en la construcción del edificio.

Tal vez la mayor paradoja sea que la limpieza de los espacios interiores se realiza a costa de ensuciar el ambiente interior y exterior con sustancias químicas; lo que, en espacios cerrados, suele ser un problema para las personas más sensibles.

Ante un panorama tan poco favorable para la salud de las personas y para el entorno, provocado por las viviendas y los sistemas constructivos actuales, se plantea la búsqueda de alternativas más saludables y respetuosas con el medio.

De hecho, en la década de los setenta en Alemania, nació una corriente constructiva denominada *Baubio-logie* –biología de la construcción– o bioconstrucción centrada en la investigación y la aplicación práctica de

alternativas constructivas que minimizan el impacto ambiental negativo de la construcción, optan por técnicas, sistemas constructivos y materiales más saludables, respetuosos y sostenibles, y priorizan la salud de los ocupantes de los edificios y de la del planeta en su conjunto global.

Posiblemente, al igual que en su día aprendimos a tener en cuenta las opciones de higiene biológica, hay que empezar a priorizar la higiene química y energética en los ambientes interiores.

Con las nuevas propuestas del Código Técnico de la Edificación, ya se está en camino de ir introduciendo opciones constructivas y energéticas más respetuosas con el medio ambiente, pero es preciso seguir avanzando en esa toma de conciencia, a fin de implementar también las opciones que posibiliten una vida en ambientes más saludables.

La contaminación física, química y biológica

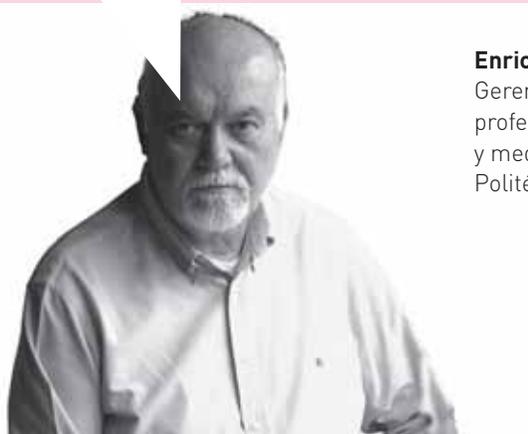
Las personas interactuamos con el medio ambiente: respiramos, comemos, bebemos, tocamos las cosas, olemos, oímos, etc. Cuando el medio ambiente está contaminado, la contaminación penetra en nosotros a través de esas acciones.

El problema es especialmente grave en el interior de los edificios, donde la mayoría de nosotros pasamos más del 90% de nuestro tiempo. Tenemos la sensación equivocada de que dentro de nuestra casa estamos seguros, y, sin embargo, se constata que la contaminación interior de las viviendas es hoy día el principal problema de salud ambiental para la mayoría de la población. La tendencia actual de construir edificios sostenibles mejorará la situación, pero estos edificios no sólo deben ser respetuosos con el medio ambiente, sino que también deben serlo con la salud de sus moradores. Posiblemente la casa del futuro será mucho más ecológica y sana que la actual, pero de momento no es así. Los principales problemas de contaminación en nuestras viviendas son hoy día los que se detallan en los puntos siguientes.

Contaminación física

El ruido provoca irritación, insomnio y, en exposiciones prolongadas, sordera. La principal causa del ruido es una construcción deficiente que permite la entrada de sonidos del exterior, así como su transmisión a través de la estructura del edificio. La entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación mejorará considerablemente este aspecto.

La contaminación térmica provoca problemas de insomnio y fatiga. La causa principal es el sobrecalentamiento causado por exceso de exposición solar de muros y tejados que no están diseñados ni aislados adecuadamente.



Enric Aulí

Gerente de Projectes Naturals, SL, y profesor de construcción sostenible y medio ambiente de la Universidad Politécnica de Cataluña

En la última década ha cobrado importancia la contaminación por olores. La principal causa en el interior de las viviendas es el deficiente sistema de evacuación de aguas residuales, que provoca el vaciado de los sifones por efecto Venturi: al bajar el agua de los pisos superiores a través de las conducciones, «aspira» el agua de los sifones de los inodoros, vaciándolos. A consecuencia de ello, los gases malolientes del alcantarillado penetran en la vivienda. Esos olores son generalmente fecales, pero también pueden proceder de productos industriales olorosos vertidos en el alcantarillado.

Contaminación química

Gracias a los avances en construcción sostenible, los materiales empleados desprenden cada vez menos contaminantes; especialmente significativa es la reducción de compuestos orgánicos volátiles procedentes de aglomerados y pinturas.

El principal foco de contaminación química es la combustión en cocinas y calefacciones. El contaminante más peligroso es el monóxido de carbono que se produce en las combustiones defectuosas de los sistemas de calefacción; este gas agrava las dolencias cardiovasculares y, a dosis elevadas, es mortal. Otros contaminantes de interés procedentes de las combustiones son los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y las partículas; todos ellos afectan en mayor o menor medida a nuestra salud.

Por otro lado, el uso inapropiado de productos químicos también contamina nuestros hogares. Destacan los plaguicidas domésticos, en general con base de piretrinas, y los productos de limpieza y bricolaje que desprenden compuestos orgánicos volátiles y compuestos irritantes.

Contaminación biológica

El 25% de la población es alérgica en mayor o menor grado, y buena parte de dichas alergias se origina en la contaminación biológica de las viviendas. La principal causa de contaminación biológica son las humedades, que pueden proceder de infiltraciones a partir de escapes, pero también de la condensación –a causa de una deficiente construcción– en marcos de ventanas y en la zona de unión entre muros y techos. Además, la humedad de nuestro propio cuerpo favorece el desarrollo en las sábanas de los ácaros, un arácnido responsable de muchas alergias. Un caso especial es el de la *legionella*, causante de la legionelosis, que puede prosperar en aparatos de aire acondicionado mal mantenidos. La reciente proliferación de *tejados verdes* es una buena medida ecológica, pero debe evitarse el plantar especies que puedan provocar alergias a la población.

En conclusión, debe reconocerse que la deficiente calidad de nuestras viviendas crea un problema tanto para el medio ambiente como para nuestra salud. El desarrollo de la construcción sostenible ha de ser la solución a ambos casos.

Radiaciones naturales y artificiales: la higiene energética en la vivienda

Las radiaciones, tan presentes en la vida cotidiana, forman parte de un grupo de factores físicos que pueden comprometer la salud de las personas; así, considerando que en el estilo de vida actual gran parte de la jornada transcurre en el interior de edificios, la vivienda adquiere un papel relevante y conviene implementar las medidas necesarias que eviten la sobreexposición a las radiaciones en dicho medio.

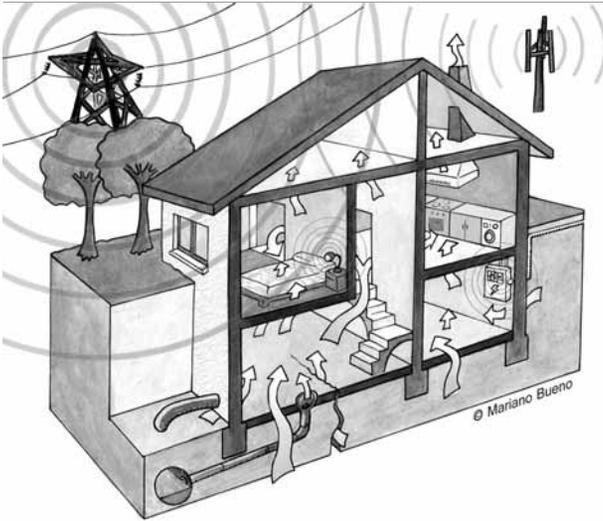
En los edificios modernos, altamente tecnificados, la calidad de los espacios interiores a menudo se ve mermada por factores como las alteraciones del campo eléctrico-atmosférico, los niveles de humedad relativa inadecuados y superficies sintéticas electroestáticas, los desequilibrios del campo geomagnético asociado a la presencia de elementos ferromagnéticos en las estructuras, o la presencia de zonas de intensa radiación terrestre. En la ubicación y distribución de las viviendas, principalmente en las zonas de máxima permanencia de las personas, hay que considerar las radiaciones de origen natural procedentes del subsuelo, que pueden provocar con el tiempo problemas de salud. En este contexto, las fisuras o diaclasas en el subsuelo son vías preferentes de salida de radón, un gas radiactivo reconocido científicamente como causa de cáncer de pulmón por inhalación¹; el radón, al ser más denso que el aire, se concentra en garajes, plantas inferiores y espacios con nula o deficiente ventilación. En determinadas zonas geográficas, ese gas es un problema de salud pública; en Galicia, por ejemplo, recientemente se ha incluido en las normas del hábitat gallego la evaluación de los niveles de radón en las viviendas².

Por otro lado, los materiales utilizados en la construcción pueden contener componentes radiactivos como los residuos de fosfatos usados en cementos, hormigón o yesos; o el uranio, torio o circonio presentes en



Elisabet Silvestre

Doctora en biología, experta en hábitat saludable y biohabitabilidad



Radiaciones naturales y artificiales en relación con el hábitat:

1 de origen natural como la radiactividad, el campo eléctrico-atmosférico, el magnetismo terrestre y las radiaciones cósmicas y telúricas;

2 de origen artificial como los campos eléctricos y electromagnéticos procedentes de instalaciones eléctricas, equipos eléctricos, iluminación, líneas de alta tensión, transformadores, sistemas de comunicación sin cable o estaciones base de telefonía móvil.

los esmaltes cerámicos. El nivel de exposición a estos agentes radiactivos se incrementa en el interior de los edificios herméticamente cerrados, y una eficiente ventilación es la primera medida a tener en cuenta, además de optar por materiales de construcción de baja emisividad radiactiva.

Actualmente, de las radiaciones de origen artificial, la electricidad estática, unida a campos eléctricos alternos y a la humedad relativa ambiental, está siendo objeto de estudio científico como causa de los casi ochocientos casos de lipoatrofia semicircular diagnosticados en Cataluña, principalmente en trabajadoras de edificios de oficinas modernas³. Dada la naturaleza electromagnética del ser humano, la exposición habitual a campos electromagnéticos (CEM) incide principalmente en la actividad de la glándula pineal, el principal reloj biológico, y se la relaciona con trastornos en el sistema nervioso, el sistema endocrino y el inmunológico⁴.

Como opciones para evitar la exposición continuada a los CEM, hay que considerar alejar a las personas de la proximidad de fuentes de emisión de ondas electromagnéticas, así como optar por instalaciones eléctricas biocompatibles, derivaciones a tierra de estructuras metálicas, tomas de tierra eficientes, cableado eléctrico protegido o sistemas de desconexión eléctrica automática en los dormitorios, y, también, evitar los sistemas de comunicación por microondas y radiofrecuencias.

La biohabitabilidad, con la incorporación de criterios de higiene energética, propone opciones para evitar la sobreexposición diaria a las radiaciones naturales y artificiales, y apuesta por viviendas que fomenten la salud y el bienestar de las personas⁵.

1 López-Abente, G., et al. *Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España*. Instituto de Salud Carlos III: Centro Nacional de Epidemiología. ISCIII, año 2007.

2 Consellería de Vivienda y Suelo. *Normas del hábitat gallego*. Diario Oficial de Galicia 2008, n.º 12.

3 Pañella, H., et al. *Lipoatrofia semicircular: un nuevo trastorno de salud relacionado con el trabajo*. Gac. Sanit. 2008; 22:73-75.

4 Bardasano, J. L. *Campos electromagnéticos, salud pública y laboral*. Jornadas sobre Contaminación Electromagnética y Salud Pública. Madrid, 2002.

5 Silvestre, E. *Salut i hàbitat*. CBCAT, 2007; 18-23.

Habitabilidad

Desde enero de 2008, y, por primera vez, hay limitaciones a las emisiones de gases de efecto invernadero en algunos lugares del mundo, establecidas en el Protocolo de Kioto. Coartar progresivamente las posibilidades de emitir residuos es la estrategia social para dirigir nuestro sistema técnico hacia la sostenibilidad. Un sistema técnico basado en el bombeo sistemático de materiales desde la litosfera que, de una forma u otra, se convierten en residuos vertidos al aire, al agua y al suelo. Vertidos generadores de unas transformaciones del ambiente que son ya incompatibles con la pervivencia de muchos de los sistemas naturales sobre los que se sostiene nuestra sociedad.

Las restricciones a las emisiones de gases de efecto invernadero, en concreto de CO₂, son enormemente significativas, dado que el 80% de la energía primaria que usa la humanidad se basa en los combustibles fósiles, en la obtención de energía térmica mediante la oxidación del carbono reducido con la generación de dióxido de carbono. La emisión de gases de efecto invernadero de la humanidad es la causa del cambio climático y de la alteración de la matriz biofísica en todo el planeta, con unos efectos insoportables cuando se superan aumentos de temperatura media de la superficie de la Tierra superiores a 3 o 4 grados centígrados respecto de los valores medios de las últimas centurias.

Detener el aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra implica detener el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (particularmente de CO₂) en la atmósfera. Y estabilizar ese contenido de CO₂ implica no sólo dejar de aumentar cada año la cantidad emitida de ese gas, tal y como ha venido sucediendo en los últimos 200 años, sino ir reduciéndola hasta hacerla equivalente a la capacidad de los sumideros naturales para absorberla: una cantidad



Albert Cuchí

Doctor arquitecto, profesor titular de la Universidad Politécnica de Cataluña

casi equivalente a un 20% de las emisiones mundiales en el año 2000.

Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un 20% de las emisiones del 2000, generadas entonces por una población de 6.000 millones de personas, básicamente, 1.200 millones de ellas pertenecientes a los países desarrollados, es un reto de una magnitud enorme. Pero ineludible. Todo ello, considerando para el futuro una población que se estabilizará sobre los 10 o 12 mil millones y que deberá tener un modelo de desarrollo abierto a todos. Cuanto más tarde se llegue a ese objetivo, mayor será la concentración de gases de efecto invernadero y mayores los efectos permanentes sobre el clima y nuestra sociedad.

El uso de energía para fabricar los materiales, construir los edificios y usarlos supone una cantidad muy significativa de emisiones de CO₂ que, en el caso de la edificación española, en 2005 implicó unas emisiones equivalentes al 30% de la cantidad de las emisiones imputables a España con la contabilidad establecida en el Protocolo de Kioto. La edificación constituye, pues, un sector determinante en la lucha contra el cambio climático. Aunque, por otro lado, puede ser visto como un sector que va a resultar fuertemente presionado por las políticas de lucha frente al cambio climático, un sector que resultará extremadamente transformado por ese proceso y que, en consecuencia, debe tener una estrategia que le permita adecuarse a él con el máximo de eficiencia en el uso de los recursos invertidos para hacerlo.

Una estrategia que debe maximizar la utilidad que produce el sector, el factor sobre el que debe medirse la eficiencia de los recursos invertidos y, en especial, de las emisiones de CO₂ que le sean imputables. Una utilidad que no puede ser otra que la habitabilidad, entendida como la generación de los espacios necesarios para aco-

ger las actividades sociales. Unos espacios determinados a través de unas características socialmente establecidas como, por ejemplo, las exigencias contenidas en el Código Técnico de la Edificación, pero que se extienden a variables mucho más amplias establecidas en normas y usos muy diversos.

Si obtener y mantener habitabilidad, esto es, construir y mantener habitables las edificaciones, precisa de la generación de emisiones de CO₂, la limitación progresiva de esas emisiones va a suponer también el establecimiento de limitaciones progresivas a la creación y el mantenimiento de la habitabilidad (un bien social de primera necesidad), si no se varía la emisividad del sector. Una emisividad marcada por los edificios existentes, dado el largo período de vida de la edificación como producto. Empezar a hacer hoy edificios de baja emisividad en sus materiales y en su uso no va a suponer una reducción de la emisividad del sector, excepto en el caso de «edificios sumidero» teóricos o «cero emisiones», sino que sucederá a medida que sustituyan los edificios del parque existente.

La única forma de reducir la emisividad del sector de la edificación, entendido como las actividades dirigidas a la generación y el mantenimiento de la habitabilidad socialmente necesaria, es intervenir sobre el parque existente, rehabilitándolo con criterios de eficiencia en emisiones. La nueva edificación debe ser entendida como un caso extremo de intervención sustitutiva sobre la edificación existente para dotar de baja emisividad a la habitabilidad que albergaba.

En ese sentido, una promoción de edificación en un futuro deberá ser planteada como la intervención sobre una habitabilidad ya existente para aumentar su eficiencia en emisiones, o para proveer mayor habitabilidad con ellas o ambas cosas a la vez. Si ello supone

un mayor o menor grado de intervención sobre los edificios existentes, incluida su deconstrucción y su sustitución por una nueva edificación, sólo podrá derivarse de la optimización del balance entre la reducción de emisiones obtenida, debida al uso de los edificios, y las emisiones que generaría la fabricación de los materiales precisos para la intervención.

Naturalmente, se necesita una reconsideración del mismo concepto de habitabilidad. Hoy en día, ese concepto se expresa desde una serie de tipologías edificatorias habituales (el caso de la vivienda es ejemplar) en las que predomina una gran homogeneidad determinada más bien por criterios ligados al valor de cambio de los edificios que por su valor de uso, lo que determinaría una mayor oferta de tipos para adecuarse, con mayor eficiencia, a las demandas de habitabilidad que generan los distintos modos de vida urbana actuales.

Por ello, es necesario definir un nuevo concepto de habitabilidad directamente basado en la definición de las condiciones de acceso a los servicios que la edificación procura, los reconocidos de seguridad, higiene y confort, y a los otros servicios que ofrece la vivienda habitualmente desde la consideración de los recursos precisos para hacerlo. Un concepto que permita no tan sólo reconocer modos de vida distintos del modelo familiar estándar, que, por ejemplo, nutre las tipologías edificatorias habituales, sino que permita reinterpretar el parque ya construido como soporte de esas nuevas formas de vida. Por su parte, el concepto de habitabilidad debe permitir incluir el acceso a los servicios urbanos considerados como necesarios para una calidad de vida urbana digna. Un concepto de habitabilidad que extendería su ámbito de aplicación a lo urbano, al barrio y a la ciudad, asumiendo así el rescate de emisiones provocadas por la gran ineficiencia de nuestro modelo

de movilidad urbano como una fuente de recursos para proveer más habitabilidad.

En conclusión, el reto del cambio climático es un reto transformador para el sector de la edificación. Un reto que debe abordarse desde la limitación que supondrá la restricción de emisiones de CO₂ a la creación y el mantenimiento de la habitabilidad socialmente necesaria. Una habitabilidad que debe ser redefinida sobre patrones diferentes que permitan la máxima eficiencia en las emisiones generadas; que suponga una reinterpretación que revalorice el patrimonio construido como soporte de una habitabilidad eficiente; que entienda que el sector debe transformarse desde un sector basado eminentemente en la nueva construcción hacia el sector de la rehabilitación; una rehabilitación que debe ser abordada desde el barrio y la ciudad, incluyendo la consideración de la habitabilidad como el acceso a los servicios de un modelo que puede asumir el modo de vida urbano.

Arquitectura: un nuevo paradigma

De la ecología a la sostenibilidad,
lo que hoy sabemos...

«No puedo imaginar ninguna otra perspectiva deseable en el futuro que una forma de vida ecológica, en la que la arquitectura retornaría a la idea inicial del funcionalismo, derivado de la biología, y arraigaría nuevamente en su sustrato cultural y regional. Esta arquitectura, que podría denominarse funcionalismo ecológico (...) implicaría una tarea paradójica: hacerla contemporáneamente más primitiva y más refinada... La arquitectura ecológica significa que el edificio es más un proceso que un producto.»¹

Juhani Pallasmaa

Conseguir los objetivos propuestos en el informe *Our Common Future*² de «satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas» implica ser capaces de mantener intacto el capital natural del planeta, y consumir sólo los intereses que produce, es decir, los materiales y la energía renovables. Sabemos que nuestro modelo económico y tecnológico no funciona de esa manera. El progreso material conseguido en el último siglo y medio por la sociedad occidental se ha basado en la degradación, a gran escala, de los recursos naturales; en la extracción de materias primas y su transformación en productos manufacturados, mediante el uso de combustibles fósiles. Una vez finalizado su uso, estos productos se convertirán en residuos que habrá que eliminar, con nuevas aportaciones de energía y más emanaciones de contaminantes, entre los que figuran las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. La otra cara de esta demanda creciente de recursos han sido las políticas colonialistas llevadas a cabo primero por las grandes potencias europeas, y más tarde por algunas de sus ex colonias, como los Estados Unidos. Apostar por la sostenibilidad implica desvincular al progreso de la dependencia energética de los com-



Joan Sabaté

Director del Área de Construcción de la Escuela de Arquitectura de la Salle, Universidad Ramon Llull, y de SaAS, Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat, www.saas.cat

bustibles fósiles y nucleares, y avanzar hacia otro modelo en el que los recursos se obtengan mayoritariamente a partir de la reutilización de los residuos; en el que la energía provenga de fuentes renovables, y en el que el consumo de agua se mantenga dentro de los límites de regeneración del sistema climático³. Sin una política consensuada a escala mundial que persiga estos objetivos, pero que incluya también otros aspectos, como las políticas para estabilizar la población, la reducción de la carga tóxica del planeta, la mejora de la salud y el bienestar de las personas y un reparto más justo de los recursos económicos y naturales, estaremos condenando definitivamente el presente y el futuro de toda la humanidad a una decadencia lenta, pero inexorable⁴.

El objetivo principal de la arquitectura en estos momentos debe ser limitar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Según el último informe del IPCC de 2007, para lograr que el aumento de las temperaturas se mantenga entre los 2,4 °C y 2,8 °C (por encima de los valores anteriores al desarrollo industrial), se deberían mantener las concentraciones de gases de efecto de invernadero por debajo del valor de 535 ppm, cosa que equivaldría a parar el aumento de emisiones hacia el año 2020 y reducirlas entre el 30% y el 60% al llegar a 2050. Este objetivo no es posible sin una reducción importante de la demanda energética, y es precisamente en este campo donde la arquitectura dispone de un amplio espacio de mejora.

Pero el nuevo modelo de desarrollo no se debe limitar a la reducción de las emisiones de CO₂ equivalente, sino que es necesario que incida de manera simultánea en la mejora de los ciclos de la materia, la energía y el agua, y desarrolle al mismo tiempo los aspectos relacionados con la biohabitabilidad. Es necesario adoptar medidas para reducir el uso de materiales no renovables y evitar la degradación de los espacios donde se sitúan las

extracciones; controlar los procesos de transformación, con frecuencia responsables de una carga tóxica creciente; limitar la generación de residuos, y proteger adecuadamente los ecosistemas más sensibles, tanto de las nuevas urbanizaciones como de la explotación indiscriminada de los bienes naturales. Muchas zonas del planeta, entre ellas la cuenca mediterránea, traducirán el aumento de temperaturas en una reducción del régimen de lluvias, lo que implicará el peligro creciente de desertificación y de incendios forestales de grandes dimensiones, así como la reducción del agua disponible para el consumo humano y la disminución de la productividad de los cultivos. Es necesario, también, revisar la relación entre la arquitectura y la salud. Vivimos cada vez más rodeados de materiales emisores de sustancias químicas, de ondas de alta y baja frecuencia, de campos eléctricos y electromagnéticos, y casi no hemos elaborado estudios a largo plazo sobre las influencias que pueden tener en nuestra salud y bienestar. La confianza en el progreso ha sido tan grande que hemos abandonado la capacidad innata de duda ante las cosas desconocidas. Aceptamos someternos directamente a la acción de nuevos fenómenos de los que desconocemos los posibles efectos sobre nuestro cuerpo. Sin embargo, casos como las fibras de amianto, el uso del plomo en pinturas y barnices, los compuestos del cloro, los formaldehídos, o más recientemente enfermedades como la lipoatrofia, deberían hacernos recapacitar sobre la importancia de este ámbito en la arquitectura.

¿Cuál es la responsabilidad de la edificación y el modelo urbano en la generación de GEH?

Si nos ceñimos a los datos oficiales, el Plan Nacional de Asignaciones de Derechos de Emisión 2008-2012 atribuye el 25% del total de emisiones de CO₂ equivalente al sector de la edificación. Este porcentaje sólo tiene en

1 Juhani Pallasmaa, «From metaphorical to ecological functionalism», *Architectural Review*, 1993
2 Our Common Future, informe de la comisión presidida por Harlem Brundland, 1987.

3 William Mc Donough y Michael Braungart defienden este modelo de ciclos cerrados, que sigue un proceso similar al que se genera en la biosfera, en su conocido libro *Cradle to Cradle*, North Point Press, 2002.

4 El informe encargado en el año 2006 por el Gobierno británico a Sir Nicholas Stern, exdirector económico del Banco Mundial (*La verdad sobre el cambio climático*, ed. Paidós, Barcelona, 2007) alerta sobre caídas del PIB mundial superiores al 20% anual si se sobrepasa la cifra de 500 ppm en la concentración de CO₂ en la atmósfera.

cuenta las emisiones producidas por el uso de los edificios, pero no las derivadas de su producción o demolición, ni las indirectas asociadas a su uso, como pueden ser los desplazamientos obligados. Muchas de estas emisiones, como las derivadas de la producción del acero, el cemento, el cristal, la cerámica o el transporte, están hoy incluidas en otros epígrafes del Plan de Asignaciones. En Cataluña, el Decreto 21/2006 de Ecoeficiencia (DEE) atribuye a la edificación el 40% de las emisiones de CO₂ equivalente, sin especificar qué conceptos incluye y cuáles no. Las dos cifras resultan poco concretas y esconden probablemente cantidades mayores. Aun así, cuando se plantea la necesidad de reducir las emisiones, las acciones que se emprenden están más relacionadas con el aumento de la producción de energías renovables que con la disminución de la demanda por causa de la edificación. Es cierto que la generación de electricidad a partir de fuentes renovables ha tenido un incremento espectacular⁵, y que también ha sido notable la incorporación de energías renovables en la edificación, especialmente la captación solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS) y, más recientemente, la generación fotoeléctrica. Sin embargo, estas acciones son en cierta medida externas a la arquitectura; hoy por hoy, la arquitectura forma parte del problema, pero aún no es parte de la solución.

Por otro lado, para reducir la demanda del sector de la edificación, no es suficiente con mejorar la eficiencia de las nuevas promociones, sino que hay que actuar sobre el parque existente. Cada nuevo edificio construido, por muy eficiente que sea, supone un incremento en la suma total de las emisiones, de manera que las únicas formas de reducir el consumo son reducir la superficie construida y mejorar la eficiencia de los edificios existentes. El cumplimiento de la directiva impulsada por la UE con el objetivo de reducir en un 20% la demanda energética en el año 2020 implicaría la rehabi-

litación del 33% del parque construido actual, con una reducción media del consumo del 65%. En concreto, sólo en Cataluña, representaría la rehabilitación de más de 70.000 viviendas al año, además de la parte proporcional de equipamientos y edificios de oficinas. Un auténtico reto financiero, tecnológico y de gestión, que implica la creación de nuevos modelos constructivos y de instalaciones, pero también un gran incentivo para superar la crisis y recuperar el ritmo de la actividad económica, que puede ser financiado con la reducción de consumos que implica.

La contribución en la elaboración de estos nuevos modelos, creada dentro del *stand* del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda en Construmat 2007, consistía en estudiar las emisiones de CO₂ equivalente, a lo largo de todo el ciclo de vida, de un edificio resuelto con diversos sistemas constructivos y de instalaciones. Estos sistemas evolucionaban desde el más convencional hasta el más eficiente en el uso de los recursos, con cinco ejemplos de obra nueva y uno dedicado a la rehabilitación. Se trataba de visualizar diversas opciones tecnológicas y constructivas aplicadas a un mismo edificio, de forma que se pudieran apreciar con claridad los resultados obtenidos en la mejora de la eficiencia y el coste necesario para su implantación. El edificio escogido correspondía a un proyecto real: la construcción de 60 viviendas de Can Vergonyós en Tossa de Mar, promovido por el Instituto Catalán del Suelo (Incasòl) y redactado por Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat (SaAS).

Dicho proyecto ya había sido analizado profundamente en un estudio encargado por el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda sobre las posibilidades de reducir las emisiones de CO₂ equivalente en vivienda pública⁶. Dichas posibilidades incluían las relacionadas con la construcción del edificio, como las producidas por la fabricación, el transporte y la puesta en obra de

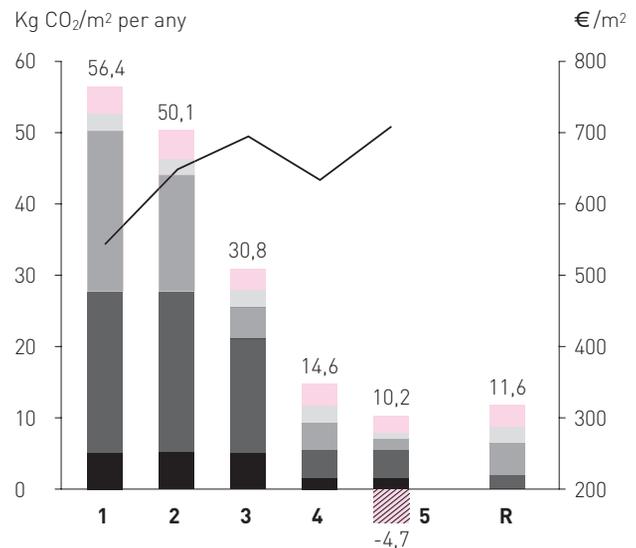
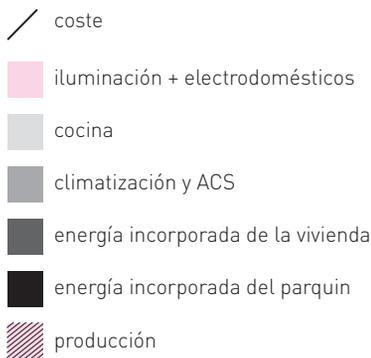
los materiales; el mantenimiento y la reposición durante su uso, y la demolición y el reciclaje al finalizar su vida útil, y las relacionadas con el uso del edificio como las producidas por la climatización, el agua caliente sanitaria (ACS), la iluminación, el consumo de los electrodomésticos y la cocina. La suma de las emisiones (kg de CO₂ equivalente/m² al año) que resultó se comparó con la que produciría un edificio con la misma geometría y emplazamiento, pero construido con sistemas convencionales, que cumpliera estrictamente las determinaciones de la normativa. El proyecto incorporó mejoras susceptibles de ser aplicadas de forma generalizada en las promociones de vivienda pública. Se pactaron una serie de condiciones, como la utilización de sistemas constructivos convencionales, incorporando sólo pequeñas mejoras, el mantenimiento de las tipologías de las viviendas y un incremento máximo del coste de la construcción. A pesar de la limitación inicial, los éxitos

fueron notables: las emisiones de CO₂ equivalente. A causa de la climatización y el agua caliente sanitaria, se redujeron en un 73%, mientras que las correspondientes a todo el ciclo de vida llegaron al 42%. La utilización de agua potable se redujo en un 65% gracias a la reutilización de aguas grises y a la captación del agua de lluvia. El conjunto de las mejoras implicaron un incremento de precio, respecto al valor inicial de referencia fijado por el Incasòl, de sólo un 4,5%.

A partir de los datos del proyecto de Can Vergonyós, se extrapolaron cuatro modelos más con diversas eficiencias para obra nueva y un quinto para rehabilitación. Los modelos propuestos representaban situaciones características respecto a la eficiencia, ya fuese porque correspondían a cambios normativos o porque marcaban caminos nuevos de mejora. Los cinco modelos eran los siguientes:

Reducciones de CO₂ eq. y costes de diferentes sistemas

Reducciones de las emisiones de CO₂ equivalente a lo largo de todo el ciclo de vida, en los distintos modelos constructivos y de instalaciones propuestos, y evolución de su coste unitario de construcción.



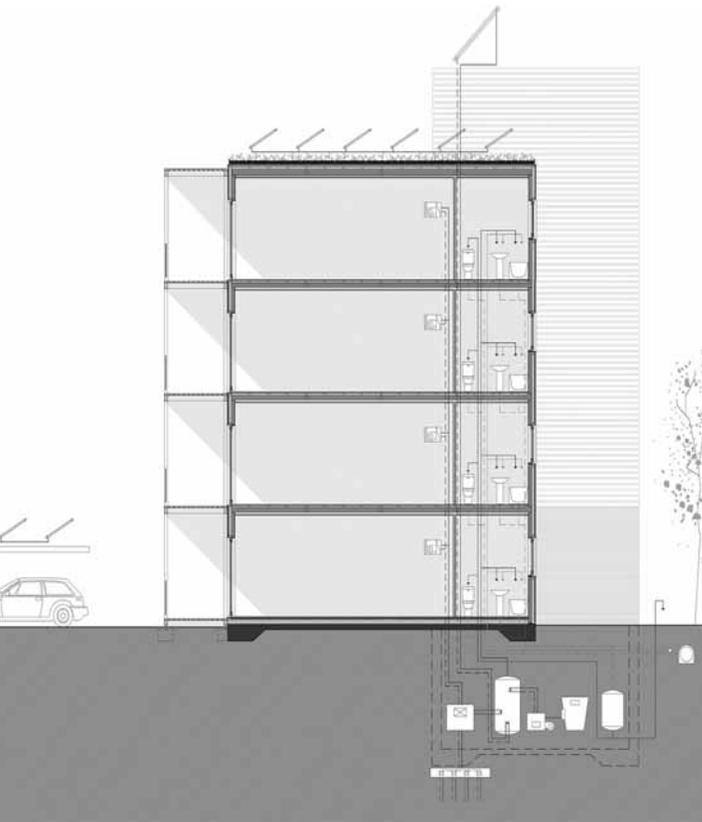
5 En el conjunto del Estado español, la producción eléctrica de origen eólico ha llegado, en momentos concretos, al 27% del total, y se sitúa como primera fuente por encima de la nuclear.

6 Estudio sobre las posibilidades de reducción de emisiones de CO₂ en vivienda social, financiado por el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda del Gobierno catalán, dirigido por J. Sabaté y A. Cuchí, y con la participación de SaAS (A. Moreno y H. Espeche), SO (A. Sagrera, G. Wadel y F. López) y el EALS (J. Vidal y S. Cantos).

7 Emisiones correspondientes al total de la energía incorporada y la energía consumida durante la vida útil, expresada en kg de CO₂/m² al año aplicado a la superficie útil de las viviendas.

Vivienda factor 10

Con alta eficiencia energética, baja energía incorporada y producción fotovoltaica. Emite 5,90 kg de CO₂/m² al año, un 10% de un edificio convencional anterior a 2008.



1. Vivienda anterior a 2007, con unas emisiones⁷ de 58,90 kg de CO₂/m² al año y las características siguientes:

- Falta de aislamiento, puentes térmicos y pocas protecciones solares.
- Baja eficiencia de los sistemas térmicos y de alumbrado.
- Falta de sistemas de ahorro de agua.

2. Vivienda, de acuerdo con las normativas actuales (CTA y DEE), con unas emisiones de 52,70 kg de CO₂/m² al año, un 11% menos que el primero, y un mínimo de 10 puntos DEE.

- Incremento del aislamiento, consideración de la inercia térmica y mejora del control solar.
- Instalaciones de climatización individuales.
- Captación solar térmica para agua caliente sanitaria.
- Mejora de la eficiencia de los sistemas de alumbrado.
- Utilización de sistemas de ahorro de agua.

3. Vivienda de alta eficiencia energética (Can Vergonyós, Tossa de Mar, 2008) con unas emisiones de 32,20 kg de CO₂/m² al año, un 45% menos que la primera, y 58 puntos DEE. La reducción de emisiones se produce sobre todo en el consumo térmico, que se reduce en un 72%, a pesar de incorporar la refrigeración. Estos resultados se obtienen por una acción combinada de reducción de la demanda y centralización y mejora de la eficiencia de los sistemas. Reducir aún más este capítulo es bastante más difícil.

- Reducción de la energía incorporada por la mejora de los sistemas convencionales (-20%).
- Reducción de la demanda sobre la CTA, mejora del aislamiento y del control solar (-30%).
- Reducción de la transmitancia térmica con valores $U < 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ para fachadas, $U < 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ para cubiertas, y $U_{H,V} < 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ para carpinterías.

- Reducción de consumo de climatización y producción de agua caliente sanitaria, con sistemas energéticos colectivos de alta eficiencia, con COP superiores a 4 (-72%).
- Aprovechamiento de agua de lluvia y/o depuración y reutilización de aguas grises.

4. Vivienda de alta eficiencia energética y baja energía incorporada, con unas emisiones de 15,30 kg CO₂/m² al año, un 74% menos que la primera, y 71 puntos DEE. Este modelo representa uno de los vectores de evolución propuestos, con una importante reducción de la energía incorporada a base de construir con materiales de la biosfera.

- Limitación de los materiales con alta energía incorporada; utilización de materiales minerales reciclados y de materiales procedentes de la biosfera⁸.
- Eliminación del aparcamiento en el sótano⁹.
- Reducción de la transmitancia térmica con valores $U < 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ para fachadas y cubiertas, y $U_{H,V} < 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ para carpinterías.
- Incorporación de sistemas de ventilación con recuperación de calor.

5. Vivienda factor 10, con alta eficiencia energética, baja energía incorporada y producción fotovoltaica. Emite 5,90 kg CO₂/m² al año, un 90% menos que el primero, y tiene 71 puntos DEE. Con unos niveles óptimos de consumo y una vez reducida al máximo la energía incorporada, incorporamos producción local para lograr una reducción global del 90% de las emisiones. Es lo que hemos denominado factor 10.

- Incremento de la aportación energética de fuentes renovables: solar fotovoltaica, solar térmica, biomasa y biogás.
- Sistemas energéticos con COP superiores a 6.

Rehabilitación de alta eficiencia energética y baja energía incorporada, con unas emisiones de 15,30 kg CO₂/m² al año, un 74% menos que el primero. En un edificio existente, una parte de la energía incorporada ya se ha amortizado, de forma que si incrementamos su eficiencia (y al mismo tiempo alargamos su vida útil) la reducción de emisiones es aún más notable. Con unos sistemas equivalentes a los de la vivienda de alta eficiencia energética (Can Vergonyós, Tossa de Mar, 2008), obtenemos una reducción de emisiones muy superior.

- Reducción de la transmitancia térmica de los cierres y eliminación de puentes térmicos; $U < 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, de las aberturas $U_{H,V} < 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Mejora de la protección solar e incorporación de espacios exteriores.
- Incorporación de energías renovables: fotovoltaica, biomasa, biogás.
- Sistemas energéticos con COP superior a 6.

Para cada uno de los sistemas presentados, se analizaron diversas alternativas en cuanto a sistemas constructivos. Cada uno se analizó con sus datos de transmitancia, peso, emisiones de CO₂ equivalente y coste de ejecución material.

El trabajo realizado demuestra que es posible reducir las emisiones de CO₂ equivalente de la edificación de forma muy importante, y que los incrementos de costes necesarios son muy limitados respecto a los beneficios obtenidos (con relaciones mucho más favorables que en las inversiones necesarias para la mejora de la producción). Las dificultades para su implantación están en la baja competitividad del sector de la edificación y en la falta de inversión en I+D+i. Este trabajo de búsqueda tendrá continuidad dentro del proyecto LIMA (Low Impact Mediterranean Architecture)¹⁰.

8 Los materiales de origen vegetal fijan el CO₂ atmosférico para constituir su estructura; al utilizarlos como material de construcción, se retiene el CO₂ que, de otra forma, por putrefacción o quema, retornaría a la atmósfera. Con una gestión sostenible de los bosques europeos, se podría satisfacer la totalidad de la demanda actual de materiales de construcción.

9 Las emisiones de CO₂/m² de los subterráneos son mucho más elevadas que las del resto de las plantas, a causa fundamentalmente de la necesidad de utilización masiva del hormigón armado. Donde sea viable, se propone sustituir los aparcamientos en el subsuelo por aparcamientos en superficie o construcciones en altura.

10 El proyecto LIMA, liderado por SaAS, está integrado por un consorcio de empresas fabricantes de productos y sistemas de alta eficiencia, con la participación de diversas universidades y centros de investigación europeos, y el apoyo del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya y del Plan Nacional de I+D+i, del Ministerio

de la Vivienda y del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalidad de Catalunya.

Nuevas formas de medir

La principal innovación en el discurso sobre el camino hacia una edificación más sostenible expuesto en Construmat 2007 consistía justamente –más que en nuevas formas de medir– en la incorporación de nuevos indicadores; en el intento de no valorar solamente parámetros convencionales como la superficie o el volumen de las diferentes unidades funcionales (m^2 , m^3) y los costes de construcción ($\text{€}/m^2$), sino el impacto ambiental global del edificio en todo su ciclo de vida.

Entre los múltiples factores ambientales a valorar en esa visión holística, como se recogen por ejemplo en calificaciones como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) o BREEM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), de creciente interés en Europa en los últimos años, escogimos el que nos pareció más relevante en el contexto actual: el impacto relacionado directamente con el calentamiento global, expresado en el denominador común de emisiones equivalentes a dióxido de carbono ($\text{CO}_{2\text{eq}}$).

Ese nuevo enfoque nos llevó a medir dos conceptos adicionales o de forma diferente: el impacto relacionado con la producción de los materiales de construcción, su puesta en obra y fase de deconstrucción después de la vida útil del edificio, así como las emisiones relacionadas con la energía usada en el edificio durante el tiempo de su existencia, aquí definido en cincuenta años. Para hacer posible la comparación entre ambos indicadores, fue necesario, además, referirlos al mismo denominador, en este caso a la superficie útil del edificio.

Los resultados de la incorporación de esos nuevos conceptos fueron sorprendentes en algunos aspectos: por ejemplo, en el edificio de viviendas de protección oficial utilizado como referencia, construido con tecnologías convencionales según exigencias del CTE (Código Técnico de Edificación), las emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ asociadas a los materiales llegaron a significar casi el 50%



Christoph Peters

Arquitecto, jefe del Departamento de R+D+i de Sabaté associats (SaAS) y profesor de construcción en la Escuela de Arquitectura de La Salle

de las emisiones totales en un ciclo de vida a cincuenta años, con un aumento de peso en la balanza global de emisiones a medida que reducimos el consumo de energía para la fase de uso del edificio.

Las maquetas a nivel 1:1 de secciones representativas de cada estándar constructivo expuestas en Construmat mostraban ese cambio de paradigma en relación con los materiales, indicando en la etiqueta descriptiva no solamente peso y coste, sino emisiones de CO_{2eq} asociadas a la energía incorporada. Para su cálculo, se utilizó la base de datos BEDEC-PR/PCT del Instituto de Tecnología de Construcción de Cataluña, que permitió obtener esa información de forma cómoda para la gran mayoría de las partidas, incluyendo embalaje y residuos de construcción. Otras fuentes, así como investigaciones propias, completaron los datos existentes.

Con el fin de determinar el consumo de energía global previsto para la fase de uso del edificio, se utilizaron diferentes programas de simulación de demanda y se determinó el consumo de energía asociada, según la tecnología y la fuente de energía utilizadas. También aquí se experimentaron cambios de peso en la balanza energética: a medida que mejoramos el envolvente de los edificios, minimizando el intercambio térmico, crece la influencia de las pérdidas o ganancias por la ventilación, hasta superar los valores debido a la conducción por la envolvente. A medida que conseguimos reducir la demanda energética por climatización, ventilación y agua caliente sanitaria –sobre los cuales los proyectistas tenemos una clara influencia–, crece el peso del consumo, principalmente determinado por el usuario: iluminación, cocina y equipos. En un edificio que haya conseguido reducir a la mitad su consumo para esas prestaciones, fácilmente nos encontraremos con un consumo para iluminación, cocina y equipos superior al 50% del consumo energético primario total.

El camino hacia la incorporación habitual de esos nuevos indicadores en los cálculos de los edificios todavía está empezando: en cuanto al impacto de las emisiones incorporadas a los materiales, todavía hay pocos estudios y detalles, en cambio, en términos de energía de consumo y emisiones asociadas, se empieza a caminar por la obligatoriedad de la calificación energética.

Sin embargo, es la introducción de la visión holística del ciclo de vida en la edificación lo que permite medir y sobre todo valorar los principales impactos ambientales y las posibilidades de mejora; su aplicación puede formar la base para un creciente uso de materiales de menor impacto, la aplicación de diseños y tecnologías innovadoras de ahorro energético y la máxima implicación de las energías renovables –con un sobrecoste asumible de inversión y un importante ahorro económico, si se supera la segregación de costos de inversión y los asociados al uso del edificio.



Sobre el uso y la gestión de los edificios en torno a la sostenibilidad

Si no hace mucho se afirmaba que el objetivo de la edificación se centraba en garantizar la obtención de habitabilidad y confort, la inaplazable y necesaria demanda actual de sostenibilidad implica introducir la consideración de los recursos que han sido utilizados para obtenerla. Por lo tanto, es necesaria la eficiencia además de la eficacia; esa eficiencia se puede definir como la relación entre la habitabilidad conseguida y el impacto ambiental causado para alcanzarla.

Considerando todo el ciclo de vida de una edificación, hay que destacar el peso que tiene la fase de uso y explotación del edificio, que, por ejemplo, en términos de energía, se sitúa en torno al 70% del consumo total.

El uso de un edificio tiene asociado el consumo de diferentes tipos de recursos (energéticos, materiales, hídricos), así como la generación de importantes cantidades de residuos asociados a cada recurso y propios de la actividad. Es decir, el uso y la gestión de un edificio inciden de forma significativa en su consumo final y en el impacto ambiental asociado.

La repercusión ambiental del acceso y la disponibilidad de los distintos recursos que se consumen en un edificio tendrían que justificar el máximo rigor en la gestión de su consumo. Todo el esfuerzo que supone generar, transportar y disponer de un vatio de potencia energética, de un litro de agua o de un kilogramo de materia tendría que conllevar la gestión más rigurosa posible de dichos recursos.

El análisis de lo que se consume respecto a lo que se necesita permite establecer que el uso y la gestión tienen la clave para que no se produzca un consumo de recursos sin finalidad, cosa frecuente. Estudios propios¹ han permitido establecer que en edificios de uso terciario, por ejemplo, el despilfarro energético asociado a una gestión deficiente puede llegar hasta el 40% del total de energía consumida a lo largo de un año, y eso puede



Fabián López Plazas

Doctor arquitecto, socio fundador de Societat Orgànica, consultoría ambiental en el ámbito de la edificación

sucedir en edificios muy sencillos y sin ningún tipo de consideración de eficiencia, o incluso en edificios *verdes, ecológicos, sostenibles*. Todos los esfuerzos del proyecto se pueden dilapidar muy rápidamente.

Sin embargo, así como la respuesta a las necesidades de confort no puede ser solamente la incorporación de un aparato de climatización muy eficiente, la gestión eficiente y cuidadosa del consumo de recursos de un edificio no depende sólo de un *software de telegestión inteligente*, es necesaria una estrategia de proyecto prevista desde el inicio que requiere el compromiso y la participación de todos los agentes involucrados.

Así como es fundamental considerar que un edificio trabaja en un entorno climático dinámico, es igualmente importante tener en cuenta que el uso del edificio también es dinámico. No es suficiente que esté planteado de forma adecuada para aprovechar las condiciones naturales del entorno, sino que tiene que prever la flexibilidad en su uso y tiene que disponer de los mecanismos o sistemas adecuados (pasivos o activos) para adaptarse; en caso contrario, es probable que no se puedan realizar las actividades previstas en las condiciones de habitabilidad adecuadas, o que se realicen con un despilfarro considerable de recursos asociados.

La contabilización de consumos, así como el seguimiento de las condiciones de operación de las instalaciones y las condiciones de confort, tienen que incorporarse en la redacción de los proyectos como calidades, ya que aportan la información necesaria para evaluar la eficiencia en el uso de los recursos de un edificio.

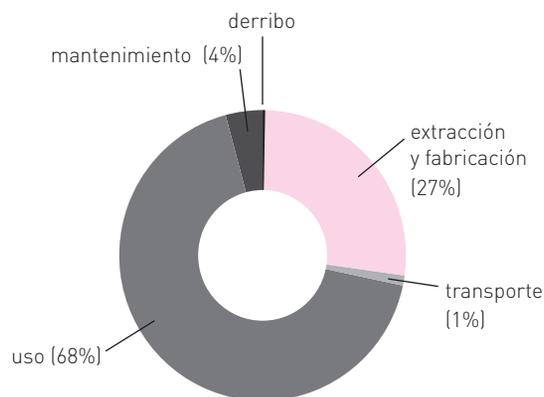
Se habla, se escribe y se investiga sobre las mejores estrategias de diseño que reduzcan la demanda de recursos, incorporen sistemas de alta eficiencia y seleccionen los materiales más adecuados, pero parece que no se pone la misma intensidad y atención en la gestión de los recursos una vez el edificio entra en uso y deja

de ser un proyecto cargado de las mejores intenciones. Mientras que en unos casos se llega a ajustar mucho en cálculos y estimaciones, hay la sensación de que por otra parte el grifo continúa abierto y sin control.

Interrogante

¿Hasta dónde un proyecto denominado *pasivo, ecológico o sostenible* garantiza realmente al usuario que el consumo de recursos y el impacto ambiental serán mínimos? ¿Es posible preverlo? ¿Es responsabilidad de quien proyecta?

Consumo de energía en un edificio terciario tipo a lo largo de su ciclo de vida



1 López Plazas, F. *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, marzo de 2006.

Bordass, W., Cohen, R., Standeven, M., And Leaman, A. (2001). «Assessing building performance in use 3: Energy performance of the Probe buildings». *Building Research and Information* 29 (2), 114-128.

Bordass, W. 1, Bromley, K. 2 and Leaman, A. *User and Occupant Controls in Office Buildings*. BRE Research Report in Building Services, April 1993.

Olofsson, T., Andersson, S. and Östín, R. «Energy load predictions for buildings based on a total demand perspective». *Energy and Buildings* 27, 1998.

Rehabilitar: una oportunidad urgente

Tras el transporte, la edificación es el segundo factor de insostenibilidad de nuestras conurbaciones, en donde vive la mayor parte de la población. Es lo que muestra el ACV de ambos sectores, algo que no se ve con la contabilidad del Protocolo de Kioto, en el que las emisiones se asignan allí donde está la *boca de chimenea*. Nótese además que son los sectores que han experimentado mayor crecimiento de emisiones en la última década, a lo largo de la cual se ha producido en paralelo un debate central, entre *desarrollo* y *regeneración*, sobre cómo disminuir la insostenibilidad de la edificación:

«El reto para los arquitectos es desarrollar nuevos edificios que incorporen tecnologías sostenibles, reduciendo así la contaminación y sus costes de mantenimiento. Se están poniendo a punto innovaciones que reducirán drásticamente los costes a largo plazo y la contaminación generada.»

Richard Rogers (1997)

«La idea de que los edificios de bajo consumo son respetuosos con el medio ambiente y de que, a través de la construcción de más edificios de este tipo, cumpliremos las promesas hechas en la Cumbre de Río es, naturalmente, una estupidez. Un nuevo edificio nunca ahorra energía, sino que genera nuevas necesidades energéticas, y la calificación de nuevo suelo para urbanizar es fundamentalmente antiecológica.»

Gunther Moewes (1997)

La situación actual en España puede resumirse con cuatro cifras. Contamos con una vivienda por cada dos personas, más que la media europea. No menos de tres millones de viviendas están vacías, ociosas, de las que del orden de dos millones son aptas para vivir y más de medio millón están por estrenar. Puesto que la mayor



Mariano Vázquez Espí

Responsable del Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Madrid, GIAU+S (UPM)

parte de nuestros edificios sirve para alojar a la gente, contamos con un *stock* más que razonable: no necesitamos seguir construyendo. Lo urgente es que la demanda de vivienda pueda encontrarse con la vivienda ociosa. Y aquí no encontraremos mucha ayuda en nuestra legislación (salvo unas pocas excepciones autonómicas), pues en general su objetivo es ordenar el crecimiento del *stock*, no su gestión.

¿Cuánta energía y emisiones son necesarias para que el *stock* actual dé *cobijo confortable* a sus habitantes? Cualitativamente la situación no deja muchas dudas: en una parte pequeña, pero significativa, la gente vive situaciones de discomfort porque conseguir la habitabilidad de su vivienda exigiría consumos que simplemente no puede pagar; en una buena parte del *stock*, el confort se alcanza con despilfarros energéticos notables. En ambos casos, se necesita una política de rehabilitación energética, política nada sencilla para la que ni siquiera contamos con un diagnóstico global claro. Pero mantener la actual situación de despilfarro o inhabitabilidad es irresponsable, incluso si mientras tanto sólo se construyeran edificios *ecológicos*. Mis estimaciones, groseras y basadas en el estudio de unos pocos casos, apuntan a que una rehabilitación sencilla, de bajo coste, poco ambiciosa energéticamente, permitiría reducciones significativas del consumo de cada edificio, que serían mayores que las que se alcanzarían mediante la pura sustitución de edificios: parar el crecimiento inmobiliario para iniciar una rehabilitación sistemática podría traducirse en la reducción como mínimo de un 15% del total de emisiones anuales del país. Sin embargo, la variabilidad es tan grande que habría que analizar edificio a edificio, o al menos por tipos, edades y barrios. En muchos casos, además, hay que contar con que el coste energético de

la propia reforma estructural y espacial no podría compensarse con los ahorros en el consumo futuro, y que habría que demoler y sustituir.

La rehabilitación energética podría dar una salida a la actual y bendita crisis del sector de la construcción, pues requeriría tanto de reformas, muy generadoras de empleo, como de nuevas construcciones, todo ello sin urbanizar ni un palmo más de suelo. Y sería necesario innovar en varios frentes: en legislación y normativa, en técnicas constructivas pensadas para la rehabilitación, en gestión y explotación de la información territorial sobre consumos para un diagnóstico eficaz, en participación social. Junto a la reforma de edificios habría que acometer la propia regeneración urbana. Y, aunque después de todo eso, nuestras ciudades seguirían consumiendo recursos agotables, al menos habríamos ganado en bienestar. Tenemos la oportunidad de parar el crecimiento urbano sin dejar de construir: habría tajo de sobra para los próximos años.

La rehabilitación de vivienda pública en Cataluña

Afortunadamente, desde hace unos años se va evidenciando la necesidad imperiosa de avanzar hacia un cambio continuo y sostenido de muchos planteamientos para no agotar los recursos de nuestro planeta y limitar los impactos ligados a nuestro sistema económico-productivo. El reto de la intervención en el *stock* del parque edificado, siguiendo parámetros de sostenibilidad, es hoy uno de los cambios significativos que es preciso realizar en la construcción¹. Asimismo, existe una conciencia conectada no tanto a la expresión *decrecimiento* como a una estrategia para *hacer más o igual con menos recursos*.

Desde 1985, en Adigsa² nos ocupamos de rehabilitar los antiguos barrios de vivienda pública. Para nosotros, un edificio de viviendas no deja de ser un monumento de convivencia social que conmemora la vida de las personas que lo habitan; por esta razón, entendemos que debe ser respetado y conservado para garantizar el mantenimiento de la población existente y las configuraciones actuales de los tejidos socioeconómicos en funcionamiento.

Un edificio tiene una vida útil rentabilizada por la acción mantenedora de sus ocupantes. Los conceptos *mantenimiento* y *rehabilitación* son sinónimos de construir sin destruir, de alargar la vida útil de los edificios mediante una acción que integra aspectos no sólo ecológicos (eficiencia, economía), sino también sociales, es decir, son el máximo garante de la sostenibilidad.

Resumiendo, podemos decir que nuestra función en los barrios ha sido adecuar las viviendas sociales a las nuevas necesidades resolviendo patologías, mejorando el confort y, en definitiva, alargando su vida útil.

Dentro del ciclo de vida de un edificio, la intervención de Adigsa se centra en uno de los aspectos que consume más recursos y, en consecuencia, genera más impactos: el uso. Aunque en las etapas de planeamiento y proyecto se toman las grandes decisiones de arquitectura bioclimática, es en la etapa de uso (con las operaciones de rehabilitación



Josep Linares

Director de la Unidad Operativa de Rehabilitación y Mejora de la Vivienda de Adigsa

Anna Mestre

Responsable de I+D+i de Adigsa

y mantenimiento) donde se puede actuar sobre la toma de conciencia social respecto a la disminución de los impactos y la utilización del edificio para que consuma menos recursos. Realizamos, además, una rehabilitación particular, podríamos decir que especialmente humana, dado que las distintas intervenciones se han llevado a cabo sin desalojar a los habitantes. Este contacto ha permitido tomar conciencia de las necesidades reales de los usuarios y facilitado algunas labores de buenas prácticas y de concienciación ambiental. La participación proactiva del usuario en todo el proceso rehabilitador contribuye a la concertación social y a la garantía de llevar a cabo una obra con un uso adaptado a las personas que habitan la vivienda. Porque no basta con hacer obras, las obras deben hacerse con y para el usuario.

Investigaciones realizadas: diagnóstico ambiental en la rehabilitación de la envolvente térmica

La conciencia ambientalista aplicada a los recursos, en concreto a materiales y energía, ya nos llevó en el 2004 a analizar el vector energético (MJ) de las intervenciones de mejora de la envolvente térmica en los barrios sociales. Se calculó el balance energético de los aislamientos y se estimó la energía ahorrada en climatización gracias a la mejora del aislamiento de fachadas y cubiertas; se tuvo en cuenta el consumo energético asociado a la instalación de los aislamientos y los años de vida útil esperados del sistema. Una de las conclusiones que se obtuvo fue que la disminución de la demanda energética de calefacción de los barrios de Adigsa obtenida con esta mejora era del 28%; expresado de otra forma, representaba un ahorro medio de 1 t de CO₂ por vivienda y año.

Estos estudios (igual que ocurre actualmente con Líder y Calener VyP³) ofrecen datos teóricos que, aunque son muy válidos y actualmente obligatorios para toda obra nueva, no son tan cercanos a la realidad como la

constatación de algunos problemas reales que percibimos al gestionar vivienda pública, como los relacionados con la precariedad y la pobreza energética. Últimamente, hemos realizado algunos trabajos de campo (encuestas en barrios) en las que se constata un fuerte peso del usuario en el resultado real del consumo energético y una adaptación importante entre renta familiar, consumo energético y, por tanto, grado de confort real.

Retos de futuro

- Primar y potenciar el planeamiento y la obra nueva con criterios bioclimáticos.
- Implementar la rehabilitación energética en cualquier actuación de rehabilitación o mejora del edificio. Promover e incentivar medidas de ahorro y eficiencia que sean aceptadas por el mercado; potenciar el consenso en comunidades de vecinos mediante convenios entre ellas y las administraciones que aseguren un asesoramiento técnico directo en todo el proceso.
- Resolver algunas lagunas como la falta de normativa específica para rehabilitación y de técnicos especializados, o la falta de conocimiento y bases de datos disponibles del *stock* edificado a disposición de los técnicos y de la Administración para otorgar ayudas a la rehabilitación.
- Promover estudios y diagnosis técnicas y sociales e invertir en I+D+i.
- Para los técnicos que actúen en rehabilitación, dar importancia a la fase de diagnosis y facilitar actuaciones responsables, con el máximo conocimiento del edificio existente y de las técnicas utilizadas y la integración del vector ambiental y social en las decisiones. El usuario es quien mejor conoce su barrio y su edificio, y es una fuente de información valiosa.

1 Por ejemplo, el Conama de 2009 dedicado a pueblos y ciudades incluye como uno de los retos el parque de edificios existentes.

2 Adigsa es una empresa pública creada en el año 1985 que gestiona y administra la vivienda pública de la Generalitat de Catalunya y depende del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda. www.adigsa.cat/wps/portal

3 www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/CalenerVYP/

Cuando la participación se convierte en diálogo: hacia las administraciones interactivas

«La función del diálogo es sacar a la luz las estructuras escondidas de pensamiento, de forma que, a medida que pasamos por encima de las creencias incuestionables, vamos creando una conciencia colectiva.»

David Bohm

¿Qué contexto es el mejor para que la ciudadanía participe en procesos de implantación de la sostenibilidad? Del concepto *gobernar a* se está pasando al *gobernar con*. Es un primer paso, pero no suficiente. Una comunidad u organización que quiere crear un verdadero contexto favorable a la participación está dispuesta a pasar al *gobernar entre*.

La participación ciudadana, si no quiere ser superficial e insuficiente, tiene que transformarse en verdadero diálogo interactivo ciudadano. Un diálogo es algo realizado de forma permanente y continuada. Va en dos o más direcciones, y es una herramienta al servicio de la reflexión colectiva. El verdadero diálogo consiste en expresar nuestras opiniones y los puntos de vista desde los que las emitimos, y tiene como objetivo claro el aprendizaje de quien participa y la comunicación. Una discusión no siempre forma parte de un diálogo constructivo.

La participación ciudadana es necesaria, pero tiene que ser considerada un punto de partida para llegar a un verdadero diálogo interactivo. Cualquier aviso, queja, sugerencia, denuncia, etc. puede ser considerado una oportunidad de interacción.

El diálogo es previo a la participación. Por lo tanto, hay que establecer los mecanismos de diálogo de la misma manera que hay que establecer los mecanismos de participación. Puede adoptar formas muy distintas, y tiene un gran poder transformador. No es lo mismo pedir la participación de las personas antes que después de haber dialogado con ellas.



Pere Subirana Samitier

Gerente de la empresa Aiguadepluja Innovacions SL

Para que la sostenibilidad pueda ser aplicada, debe ser explicada. Si explicamos el criterio que conduce a una determinada decisión, esta decisión puede ser entendida mejor, se esté o no de acuerdo. Una persona está más dispuesta a reciclar si piensa en el modelo de ciudad estimulante que quiere hacer realidad.

La propia Administración local tiene que avanzar hacia las *administraciones dialogantes* e interactivas. El modelo organizativo de las administraciones actuales es el industrial, surgido en el siglo pasado: la Administración es una máquina que produce unos determinados resultados dirigidos a una «masa» compacta. Los procesos se pueden sistematizar y no hay lugar para el aprendizaje permanente ni para las acciones diferenciadas.

Sin embargo, el modelo organizativo más adecuado a las necesidades actuales es el *modelo biológico*: la Administración es un ser vivo que está dentro de un determinado contexto e interactúa gracias a un intercambio dinámico. El organismo se adapta a los cambios y es sensible a las necesidades.

La mejor base para que la ciudadanía se corresponsabilice es un marco basado en la reflexión, la discusión y el aprendizaje. Entendemos, pues, la participación como un proceso de diálogo permanente, y bajo esa perspectiva proponemos algunos principios a partir de los cuales se pueden desarrollar líneas de acción. Cuando consideramos la participación como diálogo y pedimos a alguien que participe, podemos prever las respuestas y aplicarles un tratamiento adecuado, sabiendo que no todos acogerán la sostenibilidad de la misma forma.

Los agentes promotores de la sostenibilidad afirman: «Mirad, tengo una propuesta para vosotros. Creo que vale la pena que pensemos en cómo queremos nuestro municipio en el futuro. Creo que hay que tener presente la sostenibilidad como criterio para no generar más problemas; creo que es una oportunidad de realizar cambios

positivos. Me gustaría que participárais en este proceso». Las respuestas pueden ser diversas. Ejemplos:

Respuesta 1: Si quieres que participe en el proceso de sostenibilidad, sedúceme. Muéstrame sus beneficios, infórmame de los problemas y de los efectos negativos de la insostenibilidad... Edúcame.

Respuesta 2: No veo claro qué provecho sacaré de ello.

Respuesta 3: No me hagas perder el tiempo.

Respuesta 4: Tengo otros problemas que me impiden participar. No estoy en condiciones. Tengo problemas, así que no me marees.

Respuesta 5: No me utilices para tus objetivos, por más nobles, bonitos y sostenibles que sean.

Respuesta 6: Quiero participar, pero no quiero entrar en juegos de poder y peleas políticas. No me gusta participar en medio de un ambiente enrarecido.

Respuesta 7: Si quieres que participe, dime cómo. Dame canales de participación que sean comprensibles, fáciles y factibles.

Respuesta 8: Déjame participar a mi manera. No me pidas que asista a reuniones, pero me gusta cultivar un huerto. Ésa es mi manera de participar.

Respuesta 9: Quiero participar, siempre que constate que mi participación sirve de algo. Habla conmigo. Dialoga; si no estás de acuerdo con mi opinión, como mínimo explícame el porqué. Y sobre todo escúchame.

Respuesta 10: Me gustaría que mi participación tuviera un premio, aunque fuera simbólico. Ser reconocido gusta a todo el mundo. Todavía no estoy muy acostumbrado a ser responsable y necesito modelos.

De las respuestas surgen las líneas de acción que se pueden aplicar a cada comunidad u organización. Todo proceso participativo que no presente la sostenibilidad como un recurso, como una oportunidad, está condenado al fracaso.

Normativa: el yin y el yang de un cambio necesario

Puede resultar chocante que un texto que hable de normativas haya sido incorporado en el capítulo referente a las personas. Y, sin embargo, está donde le corresponde. Porque a menudo olvidamos que quien redacta las normas, la llamada *Administración*, no es un ente virtual al que culpar de algunos de nuestros males, sino que la forman, simplemente, personas que intentan con mayor o menor acierto mejorar nuestro entorno.

Redactar una norma es, de por sí, complicado. Como mínimo, y para empezar, provoca en los ciudadanos reacciones contradictorias, negativas al principio a causa de una cierta pereza frente al cambio de lo conocido o la sensación de excesiva normativización, suavizadas después por el aspecto positivo que supone la unificación de criterios respecto al tema normado e incluso por la percepción de haber mejorado algún aspecto que nos afecta. Y es que, según la filosofía oriental, cualquier idea tiene su lado yin (oscuro) y su lado yang (brillante) y puede ser vista como su contraria si se la mira desde otro punto de vista.

Nos puede gustar o no, pero, sobre todo en el tema que nos ocupa, la sostenibilidad, es necesario un Cambio, un cambio con mayúsculas. Porque ha nacido un nuevo paradigma, un nuevo modelo de sociedad aún incompleto en su definición, que se dibuja a medida que la experiencia nos enseña. Nadie tiene la certeza absoluta de lo que nos espera, pero es fácil intuir lo que se avecina, sobre todo si atendemos a la multitud de estudios científicos aparecidos en los últimos años.

Y la Administración parece haber iniciado el camino de ese cambio. A veces con valentía, otras tímidamente y quizás en algunas ocasiones de forma sectorial, sin una línea común que una todas sus actuaciones. O sin facilitar las herramientas para ponerlo en marcha con garantías.



Pilar Martorell

Arquitecta y miembro de AuS

La historia lo demuestra. A pesar de las reticencias con las que fue recibida, la ordenanza solar de Barcelona (1999) supuso un antes y un después. Ya Berlín lo había intentado sin éxito y, sin embargo, fue la tenacidad de un grupo de incondicionales la que llevó su aprobación a buen puerto, consiguiendo que, a partir de esa experiencia, numerosos municipios y más tarde la Administración central obligaran a aprovechar la energía gratuita del sol para calentar agua en los edificios. Un cambio importante.

Algo parecido ocurrió con la aparición en Cataluña del Decreto de Ecoeficiencia (2006), con el que se pretende disminuir tanto la producción de residuos como la demanda de recursos materiales y energéticos durante la construcción y el uso de los edificios. Su aparición sorprendió a muchos, sobre todo por su innovación, pero también por el hecho de ser una norma aislada, sin un marco referencial de política claramente sostenibilista en la que, a partir de conocimientos contrastados, se desarrollara paulatina pero firmemente un cambio coherente.

Quizás para que ese salto radical e indudablemente necesario se produzca convenga incluir dos aspectos básicos.

Por un lado, el marco normativo del país debe involucrarnos a todos: Administración, empresas, técnicos, usuarios, etc., evidenciando que ésta es una labor de equipo, la única forma de obtener resultados. A modo de ejemplo, el pequeño gran logro conseguido en los últimos tiempos en la disminución de la demanda de agua doméstica no debería dejar satisfecho a nadie. Porque, no nos engañemos, si bien es cierto que el usuario es una parte de la solución, también es innegable que el punto débil está tanto en la gestión de los recursos hídricos como en las deficiencias de las redes de suministro.

Muchas situaciones críticas no son más que el resultado de desidias aceptadas por la costumbre. Y esto hay que cambiarlo.

Por otro, es imprescindible facilitar el cumplimiento de las normativas proporcionando las herramientas necesarias para su aplicación. No se trata únicamente de pasar el testigo a otros agentes, como los técnicos, últimamente desbordados por la avalancha descoordinada de normativa promovida desde diversos estamentos, lo que complica enormemente su aceptación y su implantación. Se trata de ayudar a su cumplimiento. La instauración de una norma no debe ser un *pase de pelota* sino un proceso coordinado entre todos los implicados.

La Administración, las personas que la integran, están ahí para corregir esos errores. Y también, y esto es fundamental, para conseguir que la presión del poder económico no frene una política de sostenimiento de los recursos, porque de ellos depende nuestro futuro, no sólo económico, sino también ambiental y social.

A veces hay que tirarse a la piscina, aunque tenga poca agua, sabedores que algunos nos llamarán temerarios y otros vanguardistas. Pero todo es cuestión de equilibrio. Es el yin y el yang de las personas, de todo lo relacionado con la vida. Es el yin y el yang de nuestras normas.

El planeamiento: base de la ciudad construida

Plan Parcial Urbanístico del Pla
de Baix de Domeny. Girona

A Antes de exponer los criterios de sostenibilidad tenidos en cuenta en el desarrollo de un área agrícola adyacente a la ciudad de Girona, querría hacer la reflexión primera que se tiene (o yo tuve) cuando alguien se enfrenta a un proyecto de esta naturaleza: ciertamente sería más sostenible no desarrollar esta área. Por lo tanto, la base de la ciudad construida no es el planeamiento, sino la visión y voluntad política y económica de los gobiernos (que hemos escogido) que llevan a cabo y aprueban los planeamientos de nuestras ciudades y territorios. Los técnicos vivimos con la contradicción de hacerlo lo mejor posible para desarrollar ese espacio que nunca será mejor. Será diferente y con cualidades muy diferentes; quizás buenas cualidades en otros aspectos; pero en estos casos donde las preexistencias tienen un valor que difícilmente podremos recrear en ningún otro sitio, siempre se pregunta uno si no habría otro lugar posible para construir vivienda, a pesar de ser calificada de *sostenible*.

La mayoría de nosotros vivimos en torno a ciudades, y de ellas dependen nuestra forma y calidad de vida, nuestras rutinas diarias, nuestras economías, nuestra manera de relacionarnos con el entorno, y también nuestra salud. Las ciudades y sus espacios son piezas dinámicas, centros de todo tipo de actividades y de interacciones sociales y culturales.

El aumento de la densidad de nuestras ciudades, que incrementa la demanda de recursos, y los requerimientos arquitectónicos e infraestructurales necesarios para hacer posibles las actividades urbanas devienen cada vez más insostenibles. Claro está para buena parte de nuestra sociedad que hay que trabajar con criterios de sostenibilidad para garantizar unos resultados positivos de los procesos de mantenimiento, desarrollo y rehabilitación de nuestras ciudades. Algunos proyectos que se han llevado a cabo siguiendo esos criterios



Clara Jiménez
Arquitecta

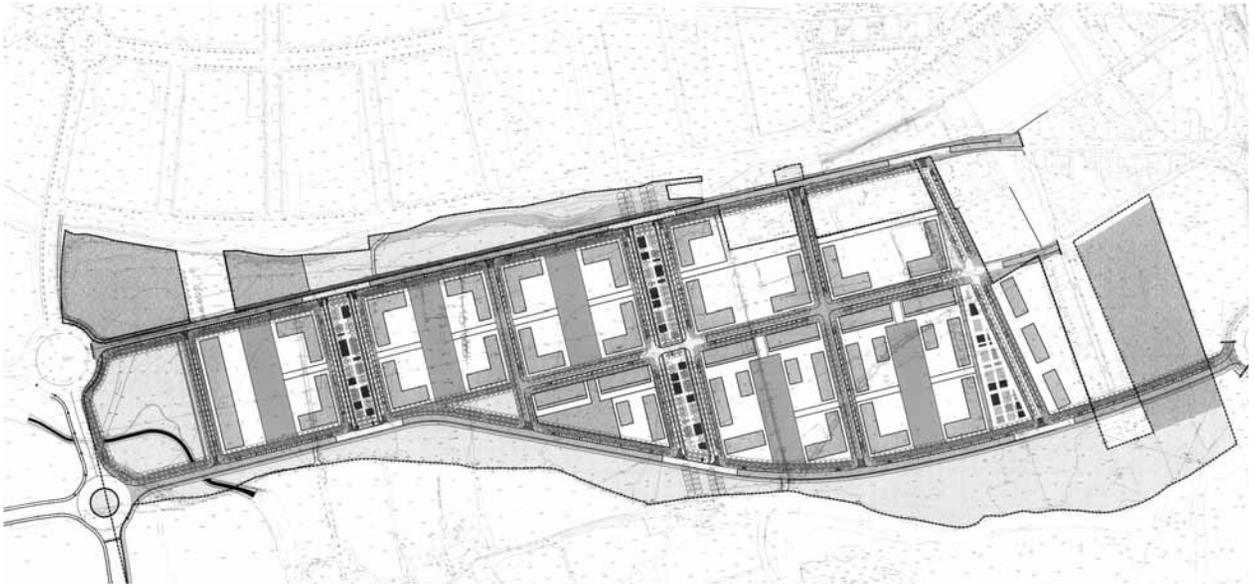
demuestran que una propuesta de innovación de este tipo puede conllevar beneficios sociales, económicos y medioambientales.

B Con estos objetivos, el Ayuntamiento de Girona se propuso la redacción del Plan Parcial Urbanístico del Sector del Pla de Baix de Domeny con el objetivo de introducir criterios de sostenibilidad en todo el proceso, tanto urbanístico como constructivo. Con dicha finalidad, y previamente a la redacción del plan, diversos expertos llevaron a cabo una serie de estudios y trabajos para evaluar las diferentes opciones urbanísticas; sus conclusiones y recomendaciones sirvieron de base para elaborar el plan y su normativa¹.

El Pla de Baix de Domeny está en el margen izquierdo del río Ter, en el extremo noroeste de la ciudad de Girona, entre los barrios de Domeny, Tialà, y Fontajau;

y es la última área con estas dimensiones de suelo por urbanizar que queda en la ciudad. En total son 25,27 ha de terreno. Su plan parcial urbanístico se propone ordenar el sector con una densidad de viviendas media complementada con usos comerciales; preservar las áreas forestales y parte de las áreas agrícolas existentes destinándolas a espacios libres públicos, y crear diversas zonas de equipamientos. Estos objetivos se quieren llevar a cabo siguiendo criterios de desarrollo urbanístico sostenible, que se evidencian en la normativa.

Dichos criterios buscan nuevas soluciones respecto al modelo urbanístico y al tipo de edificación, proponen la concentración de viviendas, evitan una ocupación extensiva del espacio, tienen en cuenta la disposición de espacios libres –aunque sean en gran parte privados–, y prevén la preservación de vistas y circulaciones de aire, así como la orientación. Todo ello pretende tam-



¹ Estudios previos a la redacción del Plan parcial:
Pla parcial del Pla de Baix de Domeny (Girona). Propostes d'urbanisme i edificació sostenible. J. Serrasolses.
Criteris d'eficiència energètica, ús racional de l'energia i utilització d'energies renovables. Institut Català d'Energia. 2003.
Estudi d'impacte de la indústria Nestlé i de les infraestructures

viàries a la zona urbanitzable del Pla de Domeny. Girona, maig de 2004. SiS consultoria acústica, SL.
Estudi per al Pla parcial urbanístic del sector del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2003. Paulí Pla, arq.
Estudi per al Pla parcial urbanístic del sector del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2003. Pich-Aguilera arquitects.

Estudi de trànsit del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2005. INTRA Ingeniería de Tráfico, SL.
Propostes per a la normativa urbanística del Pla parcial urbanístic del Pla de Baix de Domeny. Girona, 2004-2005. Albert Cuchí (UPC) i Societat Orgànica.



bién proteger el paisaje existente y mantener la calidad dentro del conjunto de la actuación. En este sentido, se regulan también los principios que regirán el ajardinamiento y la nueva vegetación que se quiere introducir, que pretende adecuarse al máximo al clima y régimen de agua del entorno, y también formar parte de la creación de microclimas, por ejemplo para la protección de fachadas durante el verano. Por otra parte, con la finalidad de aprovechar al máximo el agua pluvial y devolverla al medio lo más limpia posible, se proponen diversos sistemas tanto para la recogida de pluviales de los edificios en depósitos para el riego como para el

tratamiento y filtraje de las aguas pluviales de urbanización. La urbanización prevé la permeabilidad de los pavimentos para devolver el agua al medio lo más cerca posible.

El plan también prevé la mejor manera de garantizar la accesibilidad y movilidad de los habitantes mediante la regulación del transporte público necesario para que no se convierta en un barrio-dormitorio, y tiene en cuenta la contaminación acústica y lumínica y el ahorro energético de la nueva implantación. Respecto a los procesos constructivos de la urbanización y los edificios, se proyecta efectuar una gestión cuidadosa de los materiales y residuos de la construcción.

Dentro de los edificios, las estrategias que se consideran idóneas para obtener una eficiencia ambiental adecuada se reflejan en las demandas de las normas urbanísticas. Los recursos que el edificio gestiona son numerosos, pero se pueden ordenar en tres tipos esenciales: materiales (de construcción, residuos domésticos), energía (climatización, iluminación, ACS, cocción, electrodomésticos y fuerza), y agua.

C Es cada vez más evidente en los procesos de construcción urbanos que la idea de desarrollo sostenible debe ampliarse con la introducción de un nuevo concepto: la *ecología urbana*. La ecología urbana se interesa no sólo por los aspectos medioambientales de las actuaciones en las ciudades, sino que se preocupa tanto de los recursos, la economía y la gestión como de los aspectos relacionados con las problemáticas sociales y comunitarias. Cada vez está más claro que, además de considerar aspectos como el uso de la energía, los materiales saludables, los residuos, la contaminación y otras cuestiones técnico-materiales relacionadas con la huella ecológica

en nuestro entorno construido, las consideraciones sociales y económicas son de igual importancia para un desarrollo sostenible. La ecología urbana se interesa por los recursos, la economía y la gestión, y también por aspectos referentes a las comunidades humanas creadas por los nuevos proyectos y planes de desarrollo. Hay actualmente modelos que demuestran la viabilidad económica, social y medioambiental de una nueva manera de construir, hoy, la ciudad de mañana. Es necesario para ello una voluntad política clara, y una capacidad de gestión y una voluntad de innovación por parte de los técnicos tanto públicos como privados para alcanzar estos objetivos, que en el futuro deberán ser comunes en las nuevas áreas urbanas.

Bioconstrucción y bioarquitectura: ¿vanguardia marginal?, ¿reacción revolucionaria?

¿Qué entendemos por bioconstrucción y bioarquitectura? Sería la práctica de una ética profesional y una industria de la construcción que pone en el centro de su actividad la reflexión sobre los límites que las reglas de la vida establecen en el desarrollo de proyectos, técnicas y procesos de construcción de los edificios.

Bio-construcción: ¿Construcción vital? ¿Construcción de la vida? ¿Construcción con la vida? ¿Construcción *vivable*?

Bio-arquitectura: ¿Arquitectura viva? ¿Arquitectura para la vida? ¿Arquitectura de vida?

Frente a la extraordinaria evolución acaecida en el siglo pasado en cuanto a los conocimientos científicos y las recaídas tecnológicas, en nuestra manera de construir, urbanizar y vivir; frente a las potencialidades y amenazas de esa evolución, a partir de los años sesenta del siglo XIX la bioconstrucción y la bioarquitectura vuelven la mirada a la tradición constructiva pasada y a los sistemas de equilibrios y crecimientos presentes en la naturaleza para responder a preguntas eternas, planteadas con nueva fuerza y energía: ¿Cómo construir para vivir mejor? ¿Puede la arquitectura ayudar a desarrollar las potencialidades de los individuos y las sociedades? ¿Este tipo de edificio, de arquitectura o de materiales me ayudarán a ser más libre, sano, feliz? ¿Permitirá este proceso de edificación y proyecto mejorar, en el futuro, la relación entre individuos, entre comunidades y entre la humanidad y el planeta?

A menudo, especialmente entre profesionales, se identifican la bioconstrucción y la bioarquitectura con una defensa del ideal de retorno a la sociedad preindustrial, una vuelta atrás capaz de restablecer la armonía entre humanidad y planeta: un ideal reaccionario. Así, la imagen de la bioconstrucción está a menudo ligada a casas unifamiliares o pequeñas aldeas que en sus

Valentina Maini

Arquitecta



formas y tecnologías proponen y visualizan un mundo anti-moderno y protradición, antiurbano y prorrural, anti-individuo y procomunidad, antitecnología y proespiritualidad, antilínearecta y procurvas, antimáquinas y promanualidad, antiindustria y proartesanía, antiquímica y proalquimia, antiglobalización y proregionalismo. Este tópico, con sus fáciles dicotomías, sus radicales y simplificadas afirmaciones, reduce la bioarquitectura a un simple estilo marginal, alejado del debate arquitectónico, y otorga a la bioconstrucción un papel residual, y, por ende, sólo interesante para grupos reducidos de profesionales, usuarios o empresas.

La imagen más cercana al universo de la bioconstrucción es la de aquellos proyectos que manifiestan una visión holística, en la que las dicotomías desaparecen. Entonces el proyecto de bioconstrucción o bioarquitectura puede fijarse en una imagen que combina modernidad Y tradición, interés por lo urbano Y por lo rural, promoción de la libertad individual Y exaltación de la comuna, tecnología Y espiritualidad, líneas rectas Y curvas, empleo de las maquinas Y valorización de las manualidades, artesanía que innova la industria Y procesos industriales que no anulan la necesidad de oficios artesanales, cautela extrema en la introducción de la química industrial Y colaboración con la industria en la recuperación y promoción de investigación sobre materiales y química natural, estrategias y herramientas globalizadas Y defensa del patrimonio y diferencias locales.

La bioconstrucción, un camino conveniente

Por la elección de materiales no perjudiciales para la salud de las personas y del ambiente (se considera la toxicidad de productos químicos individualmente y en sus interacciones recíprocas, la prevención de la contaminación electromagnética, etc.).

Por la atención a las peculiaridades ambientales del lugar para un máximo aprovechamiento, adaptación e integración en el medio: aspectos bioclimáticos y recuperación del análisis energético del lugar.

Por un uso eficaz y la optimización de recursos naturales: experimentación de sistemas constructivos y recuperación de técnicas tradicionales por parte de grupos *hippies*, años después aplicadas en la industria.

Por la recuperación de la centralidad del usuario en el desarrollo de todas las fases del proyecto y de la edificación.

Por la desmitificación del concepto *progreso* y de la industria como motor de evolución humana con actividades al margen de la gran industria que ponen en duda los modelos de desarrollo y consumo dominantes, y son valiosos ejemplos de alternativas favorecedoras de un desarrollo sostenible.

Por la ética en el proyecto, en la economía y en la optimización de medios, sin confundirla con una ética de la estética que da valor ético a la forma en sí misma, por ejemplo al considerar que una casa con las paredes curvas es más natural y armoniosa que una de paredes rectas.

¿Vanguardia marginal? ¿Reacción revolucionaria?

Consideramos la bioconstrucción como una práctica de vanguardia en el uso de materiales y sistemas constructivos que la industria después recoge, difunde y populariza. La bioconstrucción, aunque parte de una postura de reacción al progreso percibido como amenaza, acaba proponiendo soluciones constructivas y radicalmente innovadoras, necesarias para un desarrollo sostenible.

La arquitectura bioclimática

Entendemos la arquitectura como aquella disciplina que construye nuestro espacio vital individual y su relación con el espacio colectivo como si de una tercera piel se tratara, y que garantiza el máximo bienestar físico y psicológico de las personas que lo habitan.

La arquitectura ha sido históricamente bioclimática: ha tenido en cuenta las condiciones climáticas y del entorno (sol, vegetación, lluvia, vientos), ha sido construida con los materiales próximos y naturales y ha proporcionado unos estándares mínimos climáticos para sus usuarios. Y ello ha sido debido básicamente a las limitaciones tecnológicas y al hecho de no disponer de una energía barata como lo han sido el petróleo y sus derivados.

Construir hoy en día arquitectura bioclimática significa redescubrir las relaciones con el entorno (sea natural o urbano), reducir el consumo energético y minimizar las instalaciones climáticas, reducir el impacto ambiental de la edificación, ofrecer el máximo bienestar al usuario y garantizar una permeabilidad interior-exterior que aproxime al usuario al entorno y a sus valores paisajísticos y climáticos, y entender que forman parte de la vida cotidiana y de la propia existencia humana.

A continuación, describimos algunos de los valores más importantes que mejoran la respuesta climática de los edificios en climas mediterráneos y continentales:

El entorno: terreno existente, vegetación y vientos predominantes

Una buena arquitectura es aquella que sabe adaptarse al terreno y no necesita un gran movimiento de tierras ni numerosos muros de contención, salvo los estrictamente necesarios para garantizar el acceso y el cumplimiento del programa.

Conviene preservar la vegetación autóctona dado su valor ecológico, su adaptación al medio y su capacidad



Fidela Frutos
Josep Maria Sanmartín
Arquitectos

de control climático sobre el edificio y su entorno: en la orientación norte (de hoja perenne) obstruye el viento invernal y en verano proporciona un lugar agradable de sombra; en la orientación oeste y sur (de hoja caduca) produce sombra en verano y reduce la temperatura superficial de las fachadas, mientras que en invierno permite el paso del sol.

La orientación del edificio y el funcionamiento de las aberturas

Una buena orientación del edificio permite un ahorro energético y económico importante (tanto para climatizar como para iluminar), así como tener diferentes percepciones del entorno y de la calidad de la luz en el espacio interior a lo largo del día.

En nuestras latitudes, es conveniente controlar las ventanas a norte dado que es una fachada fría y a oeste para evitar el sol estival de la tarde. Las aberturas a sur deben ser las predominantes para mejorar la captación solar en invierno.

En general, se recomienda proteger las superficies vidriadas con persianas exteriores de lamas orientables, a fin de graduar la luz en verano, y con contraventanas interiores aisladas en invierno.

También se recomienda que el diseño del edificio permita cerrar las aberturas a sur en verano, dada la máxima radiación solar (ventanas, persianas y contraventanas) e iluminar y ventilar el interior desde las aberturas en las otras fachadas en sombra. En invierno se recomienda la operación contraria. Así, el ahorro energético es considerable.

Los espacios climáticos intermedios: invernaderos y umbráculos

Los balcones, las galerías y los porches son espacios tradicionales ocupables que proporcionan un buen control

climático entre el interior y el exterior de un edificio: permiten la radiación solar sobre la fachada y en verano generan sombra sobre ella.

Se recomienda darles una buena dimensión para que su uso sea agradable y se conviertan en espacios complementarios de calidad. Se recomienda asimismo transformarlos en invernaderos durante el invierno: cerrándolos con superficies vidriadas (totalmente practicables en verano) donde el aire se calienta debido al cerramiento y se introduce en el interior del edificio por las aberturas existentes de la fachada. Y convertirlos en umbráculos en verano: con persianas de lamas orientables, dando sombra y refrescando la fachada y el interior del edificio.

En los lugares de clima continental donde las temperaturas son severas, tanto en verano como en invierno, se recomiendan los porches en la fachada norte: en el estío funcionan como un umbráculo y son espacios frescos; si se cierran mediante superficies vidriadas, en invierno protegen la fachada de las temperaturas extremas.

La ventilación natural: estratificada y cruzada

La ventilación natural *cruzada* es la corriente de aire que se genera entre dos fachadas opuestas debido a la diferencia de temperatura y presión del aire. La ventilación natural *estratificada* es la que se genera debido a la diferencia de temperatura del aire entre dos aberturas situadas en alturas diferentes.

La arquitectura tradicional ha sabido aprovechar estos dos fenómenos naturales para expulsar hacia el exterior el aire sobrecalentado y reducir la temperatura interior de los edificios en verano, sin ningún tipo de refrigeración mecánica ni de consumo energético.

La arquitectura bioclimática recupera y mejora en su diseño todos los elementos que fomentan la ventilación natural, y proporciona un elevado confort espacial

e higrotérmico (humedad y temperatura): distribución de las ventanas en fachadas opuestas, incorporación de patios y de espacios verticales interiores de varias alturas, colocación de ventanas en la parte superior de las escaleras, colocación de chimeneas de aire, etc.

Es importante recordar que en climas cálidos debe restringirse esta ventilación, principalmente durante las horas nocturnas, cuando la temperatura exterior es bastante inferior a la del interior del edificio.

Los elementos captadores solares pasivos

El elemento más usual es el *muro Trombe* y sus posibles variantes sin inercia térmica. Se sitúan en la fachada sur y están compuestos por una superficie transparente en la parte exterior (ya sea vidrio o policarbonato), una cámara de aire cerrada al exterior (espacio libre de 10 cm como mínimo) y un muro de fachada de cierto grosor mínimo (30 cm) pintado con un color oscuro y con una abertura inferior y otra superior.

El principio físico de su funcionamiento es el efecto invernadero, el mismo que está causando el calentamiento de nuestro planeta: los rayos solares de una determinada longitud de onda penetran por la superficie transparente y calientan el muro negro; el muro calentado irradia el calor hacia la superficie transparente con otra longitud de onda que ya no puede atravesarla y rebota hacia la cámara de aire; en consecuencia, el aire de la cámara se calienta y asciende por ella.

Como resultado, en la cámara se crea una convección de aire hacia arriba y el volumen de aire calentado sale por la abertura superior y se introduce dentro de la vivienda donde cede todo su calor. Gracias a la abertura inferior, el volumen de aire que sale por la parte superior del muro Trombe vuelve a entrar por la abertura inferior y se vuelve a calentar. Y así sucesivamente.

Durante la noche, esta convección de aire no funciona, pero en cambio el muro habrá ido acumulando calor durante todo el día y lo irradiará hacia el interior del edificio, calefactándolo.

En resumen: gracias a este elemento captador tenemos una especie de motor natural que nos permite calefactar el interior de la vivienda durante el invierno. En verano, podemos abrir unas compuertas exteriores y convertir el muro captador en una fachada ventilada o bien evitar que le incida el sol mediante la colocación de una persiana. Y se llama *pasivo* porque no requiere ningún tipo de energía ni mecanización para su funcionamiento.

El factor verde: fachadas y cubiertas

Una vez más encontramos en la arquitectura tradicional ejemplos en los que se incorpora la vegetación a los edificios: plantas trepadoras de hoja caduca que en verano proporcionan una gran superficie de sombra y de color y que, con la caída de la hoja, permiten que los rayos solares incidan en la fachada en invierno. Las ventajas climáticas también lo son para el entorno inmediato: al no sobrecalentarse las fachadas en verano, éstas no se convierten en superficies radiantes de calor y la temperatura exterior se reduce; los contaminantes son absorbidos por la vegetación; se regulan de forma natural los niveles de humedad, y la fauna encuentra nuevos hábitats en el espacio construido.

Lo mismo ocurre en el caso de la vegetación en la cubierta, la cual puede convertirse en el jardín del edificio, sobre todo pensando en la mayoría de los edificios urbanos.

Podríamos decir que la arquitectura bioclimática tiene la capacidad de «restituir lo que se le ha tomado a la naturaleza».

La mejora de los aislamientos térmicos

Éste es uno de los factores fundamentales para reducir el consumo energético de un edificio. Se recomienda que sean de origen natural (corcho, lana de oveja, cáñamo, etc.), ya que permiten que el edificio transpire y que su elaboración pueda ser próxima, con lo que se reduce la movilidad y las emisiones de CO₂. Los grosores deben ser considerables para así reducir la transmisión térmica en verano y en invierno (10 cm en fachada y 20 cm en cubierta como mínimo)¹.

La inercia térmica: en el edificio y en el terreno

Es la propiedad física que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno, y es diferente en cada material. Así, mientras los materiales pétreos se calientan y ceden el calor lentamente, los materiales metálicos se calientan y lo ceden rápidamente.

De la misma forma que la arquitectura tradicional ha sabido aprovechar esta propiedad física, la arquitectura bioclimática también lo hace: en invierno y durante el día los muros y pavimentos, convenientemente estudiados, se calientan con el sol y durante la noche ceden lentamente el calor al interior del edificio. En verano y durante la noche puede rebajarse su temperatura mediante una buena ventilación que ayudará a mantener la temperatura fresca del espacio interior hasta el día siguiente.

En el caso de climas cálidos donde por la noche la temperatura exterior no es substancialmente menor a la del interior, se puede climatizar el edificio aprovechando la estabilidad de la temperatura del terreno (de gran inercia térmica), tanto en verano como en invierno: se hace circular aire en tubos enterrados en el suelo a unos 2-3 m y se impulsa hacia el interior del edificio. Según el

clima, la latitud y la longitud total de los tubos, la temperatura del aire impulsado puede oscilar aproximadamente entre 15 °C y 22 °C.

Algunos comentarios finales

Los sobrecostos ocasionados por la incorporación parcial o de todos estos elementos en la arquitectura bioclimática pueden oscilar entre el 3% y el 10% y se compensan sobradamente con el ahorro energético conseguido, que puede oscilar entre el 60% y hasta la casi nula necesidad de consumo energético por climatización; ello dependerá del grado de confort que desee el usuario.

Recuperar la memoria arquitectónica y constructiva y adaptarla a las necesidades actuales de confort y del sistema productivo es relativamente sencillo, siempre que se tenga en cuenta desde el inicio del diseño arquitectónico.

La arquitectura bioclimática introduce en su matriz formal y funcional la reducción del impacto ambiental: reduce el consumo de energía para climatizar e iluminar, reduce las emisiones de efecto invernadero, reduce también la producción de residuos y el consumo de agua, etc. Asimismo, proporciona una buena calidad de vida a sus habitantes dado que muchos de los mecanismos de mejora climática se convierten en espacios de calidad.

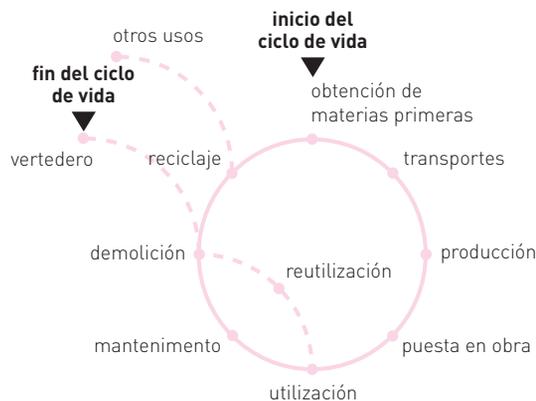
Y, a partir de la decisión individual de optar por una arquitectura bioclimática, se está incidiendo en el propio entorno cultural y social, se mejora la calidad de vida de las personas y se protege el medio ambiente.

¹ Serían valores recomendables las siguientes transmitancias térmicas teniendo en cuenta todas las capas del elemento constructivo:

- en fachada $U < 0,25 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- en cubierta $U < 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- en medianeras $U < 0,40 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- en soleras $U < 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- en vidrios $U < 1,30 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

La industrialización y su aproximación hacia la sostenibilidad

A. Análisis de ciclo de vida



El sector de la construcción en España es uno de los factores económicos y sociales básicos y habría que ocuparse de él de una forma decidida para desarrollar todo su potencial vertebrador, tanto desde un punto de vista económico-productivo como social y tecnológico. La industrialización debe aparecer como un instrumento eficaz en estos términos, y acotar el impulso especulativo que la propia sociedad impone sobre el sector.

Ciertamente, existe en nuestro país una potente industria fabricante de materiales y componentes para la construcción que es cada vez más eficiente y de mayor calidad; sin embargo, la puesta en obra sigue siendo en esencia manual y cada vez más deficiente, en la medida que ya no existe un entramado artesanal; y es que no es razonable continuar tratando de hacer artesanía sin artesanos. Se habla de la industria de la construcción en nuestro país, pero el análisis más detallado nos permite dudar de la exactitud del término.

Es preciso generar sistemas integrados que garanticen una mayor calidad del conjunto, potenciando la producción en fábrica de los componentes para que puedan ser luego ensamblados in situ con la consecuente reducción de las operaciones manuales no cualificadas, dejando de considerar el solar como una planta de producción del edificio.

Es evidente que la industrialización es un cambio ideológico sustancial en la percepción de nuestra tecnología y del propio territorio, y que nos ha de permitir, por un lado, conseguir la calidad necesaria exigida y todavía no conseguida, y, por otro, trabajar por un uso racional de nuestros recursos.

Si nos centramos en los aspectos de sostenibilidad, se plantean múltiples interrogantes: ¿cómo minimizar la estacionalidad?, ¿cómo promover la producción local con la inversión necesaria de un proceso industrial?, ¿cómo conseguir una producción industrial flexible



Felipe Pich-Aguilera

Teresa Battle

Arquitectos



A Esquema de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) desde la obtención de la materia prima hasta el reciclaje o vertedero [desde la cuna hasta la tumba]. Extracto de la conferencia de Alejandro Josa García-Tornel organizada por la Agrupación de Arquitectura y Sostenibilidad del Colegio de Arquitectos de Catalunya «Análisis del Ciclo de Vida. Una aproximación ambiental»

B y C El paso de un proceso de obra tradicional – en el que el solar es también el lugar de producción – a un proceso industrial – donde el edificio es el resultante del ensamblaje in situ de componentes producidos en fábrica – es determinante en el modo de concebir la arquitectura. Probablemente tenga que ver con la diferencia entre la construcción en tapial y la construcción

que pueda adaptarse a las particularidades de la edificación?, ¿cómo reducir en la producción las emisiones de CO₂ a la atmósfera?, ¿cómo considerar los aspectos medioambientales en el conjunto de la edificación?

No se trata de generar un nuevo entramado industrial, sino de aprovechar la estructura existente y de propiciar que evolucione hacia nuevos modelos de producción en los que no sólo se tomará en cuenta la relación calidad-precio, sino también sus efectos sobre el medio ambiente.

El sector de la construcción debe modificar su forma de trabajo, dando lugar, como dijo Augenbroe en 1998, a «un nuevo paradigma que contemple la satisfacción del usuario, el menor consumo de materia y energía, y la disminución del impacto ambiental».

La complejidad y la fragmentación del sector dificultan un análisis pormenorizado de su impacto ambiental. En este sentido, debemos ser capaces de idear instrumentos para analizar la globalidad y parametrizarla mediante indicadores con los que evaluar ciclos completos, en los que se consideren distintos aspectos, como las materias primas y los materiales, los sistemas, el uso, el mantenimiento, la reutilización y el reciclaje. Todo ello en aras de un nuevo concepto que podríamos llamar *materia prima circulante*, en el que utópicamente no exista erosión del territorio natural.

en piedra. Mientras la una se concibe como relleno o moldeado de material impreciso hasta colmar una envolvente, la otra necesita la ideación abstracta de cada una de sus partes mediante la estereotomía para que una vez ensambladas completen un todo preconcebido.

B Montaje de piezas postesadas de hormigón. Miguel Fissac, años sesenta.

C Módulo industrializado con estructura ligera. Jean Prouvé, 1970.

Industrialización y sostenibilidad

La industrialización de los procesos constructivos en general representa una mejora respecto a las cualidades sostenibles de un proyecto. La obra en seco –que basa el montaje en tornillos, entre otros recursos– permite minimizar el consumo de agua en el proceso de ejecución, reducir los residuos y facilitar el reciclaje posterior. Al mismo tiempo, los sistemas prefabricados de construcción permiten acortar el calendario propio de las obras con construcción tradicional y mejorar la precisión de ejecución e incluso la seguridad.

Si al valor añadido de la industrialización incorporamos un material con bajo impacto ambiental, estaremos dando un paso adelante en la búsqueda de modelos de construcción sostenible. En el proyecto de construcción de la escuela de primaria Waldorf-Steiner El Tiler en Bellaterra, Cerdanyola (Barcelona), el material escogido es el panel de madera contralaminada de una empresa austríaca. Su estructura bidireccional le confiere un buen comportamiento mecánico y el formato de placa maciza mejora sustancialmente el comportamiento de la madera contra el fuego.

Como sistema constructivo, los paneles contralaminados de madera son un sistema de prefabricación *flexible*, por la facilidad de manipulación en fábrica y en la obra. Dicha característica conlleva que las variables directas de la prefabricación como la seriación de elementos, el modulaje y la repetición pierdan importancia. No es necesario amortizar moldes, lo que ya no repercute sobre el coste de la obra, de forma que la escala del proyecto ya no es una limitación y se pueden emplear en proyectos pequeños o medianos. Las únicas limitaciones en el sistema escogido son la optimización de las medidas de producción del material en fábrica y su transporte, pero en cualquier caso eso no representa una limitación para el proyectista.



Anna Manyes
Sandra Bestraten
Emilio Hormías

Bestraten Hormías Arquitectura, SLP

Este material se adecua perfectamente a las necesidades planteadas por el proyecto de la escuela Waldorf-Steiner El Til·ler. Se buscaba una solución que se alejara de la imagen de provisionalidad de las soluciones modulares, pero que permitiera una ejecución rápida y económica y cumpliera, con creces, los estándares de calidad y acondicionamiento requeridos por el Departamento de Educación.

Conforman el proyecto arquitectónico 3 módulos independientes de idénticas dimensiones, que se articulan alrededor de una plaza de 12 x 12 metros. Un voladizo perimetral exterior ofrece la comunicación entre los accesos principales. Cada módulo contiene dos aulas, un paquete de baños adaptado a personas discapacitadas y un vestíbulo de distribución. La superficie es de 108 m² por módulo y un total de 360 m² construidos. Los módulos diseñados son *transportables* a un nuevo emplazamiento y también se puede añadir una segunda planta modular.

El único volumen prefabricado íntegramente en fábrica es el baño, diseñado con todos los acabados finales e instalaciones colocados: alicatados, pavimento, espejos, premarcos, ventanas de fachada, persianas exteriores, sanitarios, instalaciones de agua y electricidad. El resto del edificio se resuelve con placas contralaminadas bidimensionales. Las fachadas, algunas estructurales, se prefabricaron totalmente en paneles de grandes dimensiones que incluían acabados exteriores, interiores y carpinterías acabadas con persianas de lamas orientables exteriores para el control térmico y lumínico. Los paneles de fachada están formados por una placa estructural con aislamiento por la cara exterior, cámara de aire ventilada con acabado final de lamas de madera de alerce. La cara interior de la placa incorpora un tratamiento hidrófugo de fábrica para quedar vista. La previsión de

los tubos de las instalaciones eléctricas también viene colocada de fábrica.

Trabajar con componentes bidimensionales y no volumétricos permite optimizar el volumen a transportar (reducido al volumen del baño, para ganar tiempo de montaje), y disminuir considerablemente el número de viajes para un volumen final edificado. La ejecución de la obra completa se ha desarrollado en 4 meses; el montaje propio de los tres módulos se ha efectuado durante 5 días con una grúa y de 4 a 6 operarios.

En criterios de sostenibilidad, el proyecto ha supuesto una reducción del 50% de emisiones de CO₂ en la construcción (transporte incluido), comparado con un módulo de aula estándar del mercado y con datos de consumos de CO₂ del ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña). En cuanto a climatización, la fachada ventilada, la cubierta y los aislamientos permiten un ahorro energético del 37%. La disposición de las aberturas permite garantizar la iluminación natural durante el día. El proyecto también incorpora el uso de energías renovables con colectores solares en cubierta para el agua caliente.

En conjunto, este proyecto se presenta como una experiencia sostenible y alternativa a la construcción modular de aularios y un camino con muchas más posibilidades arquitectónicas a explorar.



Acciones para superar las barreras

El objetivo que nos planteamos para las tertulias, que se desarrollaron durante la semana en la que se celebró la feria de Construmat 2007, en el *stand* del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya, fue identificar cuáles son las barreras que encontramos con vistas a la aplicación de los principios de una arquitectura sostenible, entendiendo como tal la que hace posible una reducción de emisiones de CO₂eq real y efectiva, y cuáles serían las posibles acciones que cabría emprender para superarlas.

Las charlas se construyeron desde una perspectiva interdisciplinaria, porque era importante contar con visiones plurales de los problemas, abordarlos desde diferentes caminos, de crítica profunda pero con una actitud positiva: ¿qué podemos hacer?, ¿qué se debe hacer? y ¿cómo? Entendemos que el reto de la sostenibilidad depende del compromiso de toda la sociedad, y es fundamental alentar la participación de diferentes colectivos, ya que son sus exigencias las que deben orientar el liderazgo político y provocar las transformaciones; ésta fue la intención con la que se diseñaron las tertulias antiacadémicas y transversales. Antiacadémicas en el sentido de que no había un ponente que hacía una clase magistral; quienes tuvieron la responsabilidad de encauzar los distintos debates no vinieron a enseñar o a dar soluciones, sino a hablar de su experiencia, intercambiar opiniones y expresar las dudas que surgen en la práctica profesional con el resto de la audiencia; por lo tanto, fueron un espacio de expresión plural y propositivo.

Otra idea que orientó la manera de abordar los debates fue el tema de la actitud, pues no deseábamos que las charlas se transformaran en un decálogo de quejas o un registro de problemas que nos afectaban como individuos pasivos; era fundamental que se entendiera



Horacio Espeche

Arquitecto

que las dificultades las tenemos que superar entre todos, no hay recetas que se puedan aplicar desde una sola posición: Administración, técnicos expertos, empresas del sector, promotores públicos y privados, gestores, usuarios, profesionales, etc. Cada uno y desde nuestros diferentes campos de acción tenemos que actuar, porque todos somos actores del cambio.

Luego, generamos unas ideas marco para centrar los debates; entre ellas, se planteó el rol de la Administración pública y la política de vivienda, y en este aspecto valoramos que tanto el CTE (Código Técnico de Edificación) como el Decreto de Ecoeficiencia están en una buena dirección. Sin embargo, no es suficiente, y es preciso tomar la iniciativa en la búsqueda de soluciones, favoreciendo la investigación mediante la suma de todos los sectores implicados, y poniendo el acento en el desarrollo de proyectos de carácter ejemplar para demostrar la viabilidad económica y social de estas políticas. Debemos ser mucho más ambicioso en los objetivos y en la concreción de los plazos, pues es posible conseguir entre un 50% y un 70% de reducción de emisiones en períodos de amortización muy cortos. ¿Qué se puede hacer para que esto sea una realidad lo más pronto posible?

También se abordó el tema de la investigación. Si miramos hacia los países de nuestro entorno europeo que hoy en día desarrollan una arquitectura más respetuosa con el medio ambiente y son mucho más eficientes, como Suiza, Alemania o Austria, vemos que llevan años investigando y tejiendo alianzas entre los diferentes agentes implicados y, a diferencia de otros sectores económicos, en el de la construcción no podemos limitarnos a implementar sus conclusiones, ya que responden a otras condiciones climáticas y pocas veces pueden ser directamente aplicables a nuestras latitudes.

El desarrollo de estrategias para climas templados como el mediterráneo, que compartimos con amplias zonas del mundo, es prácticamente inexistente; por esta razón, una apuesta de futuro por parte de nuestras industrias es ocupar este vacío y liderar un sector de ámbito mundial que será emergente en los próximos años.

Éste fue el marco en el que se encuadraron los discursos que se desarrollaron a lo largo de la semana y que, evidentemente, fue desbordado, ya que el abanico de temas que se debatió fue mucho más amplio y rico, lo que hemos intentado sintetizar en dos decálogos, uno sobre las barreras y otro referente a las posibles acciones para superarlas.

Conclusiones de las Jornadas de Construmat 2007

En el transcurso de la feria, y en el marco de las actividades organizadas en el *stand* del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat, se celebraron unas tertulias con la participación de destacados representantes de la Administración y de actores del sector de la construcción, con el objetivo de identificar las barreras que dificultan la incorporación real y efectiva de criterios de sostenibilidad, y proponer mecanismos para superarlas. Como resultado se redactaron dos decálogos: el primero constataba las barreras y el segundo proponía posibles líneas de actuación para superarlas. Hemos creído oportuno cerrar este volumen con estas propuestas.

Posibles acciones para romper barreras:

1

Es necesario cuestionar algunos valores sociales vigentes, especialmente los que están asociados a la demostración de estatus y a los paradigmas de confort y bienestar; es preciso, asimismo, fomentar una nueva conciencia que reconozca que la incorporación de criterios de sostenibilidad mejora la calidad de vida. En este sentido conviene emprender acciones específicas dirigidas a toda la sociedad.

2

Es preciso incentivar la cultura de la eficiencia por delante de la cultura del individualismo. Hay que promocionar la mejora de la gestión y del mantenimiento de los sistemas colectivos, incorporando normas concretas y obligaciones de revisión periódica que favorezcan el buen funcionamiento y eviten problemas. Conviene incentivar los sistemas más eficientes y favorecer la creación de entidades de gestión de energía.

3

Se tiene que hacer un importante esfuerzo de formación de los técnicos del sector en aspectos de sostenibilidad, para evitar la sensación de que el cumplimiento de las normativas ambientales es un mero trámite. Al mismo tiempo, es necesario idear campañas de concienciación dirigidas a toda la sociedad para potenciar los beneficios de la sostenibilidad. Conviene tener presente que la modificación de los hábitos es una tarea difícil y que es normal que se produzcan reacciones contrarias.

4

Es necesario potenciar el I+D+i del sector, creando plataformas tecnológicas y de espacios adecuadas para la experimentación que estén integradas por universidades, empresas, profesionales e instituciones. Hay que conseguir que las empresas perciban esta apuesta como una oportunidad de futuro que les permita llenar el vacío que se detecta en la construcción sostenible y liderar un sector de ámbito mundial que será emergente en los próximos años. Proponemos un gran pacto para que el país pueda liderar el ámbito de la arquitectura sostenible en el área mediterránea y los climas cálidos.

5

Conviene compatibilizar el acceso a la vivienda y la lucha contra el cambio climático, investigando nuevas propuestas de vida, como los ecobarrios, o potenciando la rehabilitación y el alquiler. Es preciso buscar nuevas maneras y nuevos parámetros de habitabilidad, adaptando las normas a las nuevas necesidades sociales, y potenciar formas alternativas de gestión, como la promoción cooperativa, la autopromoción o el cohousing. Así pues, es fundamental recuperar el valor social del suelo y regular su precio. Para incentivar estas estrategias se deben potenciar mecanismos fiscales, financieros, u otros beneficios asociados a la eficiencia, que aprovechen las experiencias de los países de nuestro entorno.

6

La Administración debe apostar por el desarrollo de proyectos de carácter ejemplar que permitan demostrar la viabilidad económica y social de las políticas de reducción de emisiones, con el objetivo de conseguir, a corto plazo, reducciones superiores al 50%. Es preciso favorecer fórmulas de gestión alternativas, y potenciar de manera especial aquellas que incorporen a los usuarios en la gestión y que permitan incrementar la oferta de viviendas de alta eficiencia energética. La reducción de emisiones tiene que ser el resultado de un acuerdo social, con una Administración valiente y un sector privado capaz de estimularla.

7

Es necesario iniciar una revisión profunda de la normativa, excesiva y a veces contradictoria, que dificulta la incorporación de criterios ambientales o de mayor eficiencia. En este sentido, sería conveniente compatibilizar los procedimientos de paso normativo en el ámbito europeo, con el fin de poder comparar edificios midiéndolos con los mismos parámetros.

8

Es urgente luchar contra la ineficiencia generada por la división en la toma de decisiones. Para ello, proponemos incorporar mecanismos que incentiven la mejora de los sistemas de gestión y penalicen la ineficiencia, al mismo tiempo que hagan inviables los sistemas que no son eficientes. También proponemos la revisión de los sistemas de gestión y contratación de la Administración pública, con el fin de incorporar las mejoras en los consumos como un ingreso que mejore la financiación de los proyectos.

9

Rehabilitar el parque actual de viviendas para mejorar su eficiencia energética es imprescindible si se pretenden reducir los niveles globales de emisiones. Por otro lado, incidir en la rehabilitación implica mejorar la calidad de vida de los usuarios y, con ello, garantizar la cohesión social.

10

La sostenibilidad implica una reflexión a todas las escalas, desde la estratégica y de planeamiento hasta la rehabilitación y las maneras de habitar. La revisión de los modelos de planeamiento y de las relaciones entre el territorio y la ciudad es fundamental. Es necesario poner en marcha una reflexión conjunta sobre los nuevos modelos urbanos y sus implicaciones.

Estamos asistiendo en los últimos meses a la proliferación de síntomas que nos dan pistas evidentes de la fragilidad de nuestro sistema productivo, propio de un modelo de desarrollo que se creía insuperable. Existen, además, otros síntomas, anunciados desde los informes del Club de Roma hace ya 37 años, que alertan de problemas más duraderos debidos a causas más profundas. Hemos creado un sistema de ocupación del planeta muy complejo, con grandes incertidumbres, que a menudo simplificamos en análisis más propios de un avestruz que de seres inteligentes.

Nos conviene más que nunca una visión pluridisciplinar para comprender la manera en que estamos *okupando* la Tierra y atisbar otras estrategias que deberíamos ensayar para poder garantizar una habitabilidad duradera. Nuestros descendientes lo merecen y lo esperan. Expertos del mundo de la arquitectura, el urbanismo, las ciencias naturales y las ciencias sociales analizan cómo nos relacionamos con la biosfera y muestran senderos que podríamos seguir con el fin de recuperar la esperanza en un mundo más habitable.

Mercè Píqueras

Clara García Moro

Daniel Gómez

Joan Subirats

Vicent Alcántara

Cristina Fallaràs

Joan Rieradevall

Ivan Muñoz

Bettina Schaefer

Pau Morera Font

Joaquim Corominas

Elena Domene

Josep Esquerrà

Anna Pagès

Carles Saura i Carulla

Anna Zahonero Xifré

Marta Torres Gunfaus

Mariano Bueno

Enric Aulí

Elisabet Silvestre

Albert Cuchi

Joan Sabaté

Christoph Peters

Fabián López Plazas

Mariano Vázquez Espi

Josep Linares

Anna Mestre

Pere Subirana Samitier

Pilar Martorell

Clara Jiménez

Fidela Frutos

Josep Maria Sanmartín

Teresa Batlle

Felipe Pich-Aguilera

Sandra Bestraten

Anna Manyes

Emilio Hormías

Horacio Espeche

