

# Hacia una arquitectura ecológica

## Arquitectura y Naturaleza

La actividad arquitectónica se originó con la finalidad de crear un entorno protector para el hombre.

Inicialmente esta actividad era tosca y se limitaba a satisfacer de forma elemental las necesidades humanas. Pero con el paso del tiempo se convirtió en un modo complejo y refinado de expresión y manifestación de otro tipo de inquietudes más emocionales y espirituales. En muchas ocasiones la arquitectura se consideraba como un acto creativo en claro paralelismo con las creencias de la creación divina del universo. Y finalmente se la considera meramente como una actividad creativa humana, e incluso una banal actividad para la generación de riqueza rápida.

De cualquier modo, la arquitectura se ha servido del entorno natural simplemente como un contenedor de materias primas, con las cuales manifestar y consolidar la actividad creativa humana. La naturaleza se ha considerado como un proveedor infinito de recursos, del cual abastecerse siempre que fuera necesario.

En ningún caso el hombre ha pretendido realizar una actividad constructiva que estuviera integrada, en mayor o menor medida, en los ciclos naturales de la naturaleza. Seguramente porque nunca haya tenido la necesidad de plantearse de este modo, pero quizás también porque el comportamiento de la Naturaleza es tan complejo, que intentar entenderlo y emularlo parece una labor imposible. Por ello, lo máximo que ha podido

conseguir la arquitectura es ser capaz de integrarse de forma visual en el entorno (en el mejor de los casos claro está), o de modelarse formalmente acorde a las condiciones medioambientales imperantes en una determinada zona.

Así, la arquitectura ha seguido evolucionando básicamente de un modo formal y espacial, y la naturaleza simplemente le ha servido como una fuente de inspiración formal, y pocas veces conceptual.

El resultado ha sido que, en la actualidad, la arquitectura no tiene nada en común con las normas que regulan los ciclos básicos de la Naturaleza. La arquitectura simplemente usa a la Naturaleza y la deteriora conforme aumenta su escala de magnitud.

## **El deterioro medioambiental debido la actividad económica**

La actividad humana siempre ha ocasionado un tipo u otro de deterioro medioambiental. Cuando el número de habitantes sobre la Tierra era reducido, y su actividad moderada y poco industrializada, el impacto no era perceptible, y a la Naturaleza podía adaptarse a los daños producidos por el hombre.

Sin embargo, en los últimos años, con más de 6.500 millones de habitantes sobre el planeta, llevando a cabo una actividad industrial feroz, el impacto medioambiental ha sido enorme, y la Naturaleza ya no tiene mayor capacidad para absorberlo. Como resultado, el deterioro medioambiental ya es perceptible de forma directa para el ciudadano medio, y sin duda alguna, es necesario tomar medidas urgentes con el fin de detener dicho impacto negativo, y regenerar el deteriorado medioambiente.

Son muchos los problemas medioambientales que ya se han hecho patentes: el calentamiento global, la contaminación atmosférica, la contaminación de acuíferos, la escasez de agua, la salinización de los océanos, la lluvia ácida, la contaminación de muchas costas, los vertidos marinos, los vertidos en acuíferos, los vertidos terrestres, el desorden climático, la desaparición de especies, la escasez de zonas verdes, el crecimiento de superficies construidas, la falta de impermeabilización de suelos, la escasez de recursos, el aumento de residuos, etc.

Sin duda, el hombre, a lo largo de su proceso de evolución, debió idear un sistema económico integrado en los procesos naturales, pero si antes no vio la necesidad, ahora es urgente.

### **El deterioro social debido a la actividad económica**

El modo de vida actual, basado en nuestro sistema económico, no sólo está deteriorando el medioambiente, sino que, a mi entender, también está deteriorando el sistema social. La escala de valores actual de la mayoría de la sociedad se basa en la oferta de nuestro sistema económico imperante. La mayoría de la población se deja seducir por la rapidez de los cambios sociales, por un consumismo feroz, por la rápida satisfacción de sus necesidades, por la ausencia de compromiso, por la erosión de los valores morales, por la desintegración del núcleo familiar, por la idea de “todo vale”, etc.

Este deterioro social se debe fundamentalmente a la consecución de un determinado nivel de riqueza rápida y fácil, que no va asociado a la evolución de un sistema ético y moral de valores humanos.

Seguramente los mismos mecanismos necesarios para resolver los problemas medioambientales sean los que se van a encargar de reconstituir el deterioro social. De todos modos, es igualmente necesario regenerar tanto el deterioro medioambiental actual, como el deterioro social.

### **El deterioro medioambiental debido a la arquitectura**

La construcción es una actividad humana que deteriora el medioambiente de forma considerable. La actividad arquitectónica es responsable, de forma directa, (según el CENER) del 42% de la energía consumida en España (un 50% en Europa según la Comisión Europea), y de forma indirecta, aproximadamente del 60% del consumo energético (contando las actividades directamente asociadas a la construcción, tales como construcción de herramientas, maquinaria, comunicación, publicidad, promoción y actividad inmobiliaria).

Del mismo modo, el sector de la construcción es el responsable de aproximadamente el 50% del vertido de residuos y emisiones en todo el mundo.

Estos datos ponen en evidencia que si algo tiene que cambiar en nuestra sociedad, es el sector de la construcción.

Sin embargo, este sector ha evolucionado de forma lenta durante toda la historia de la humanidad, lo cual hace especialmente complicada la necesaria evolución.

Es cierto que siempre han existido todo tipo de propuestas innovadoras en la arquitectura, pero sólo han sido utilizadas de forma generalizada algunas de ellas. Y la razón fundamental se debe a una combinación de

varios factores: la poca capacitación y el ansia de ganar dinero fácil del promotor (sin asumir las consecuencias de su actividad), la inercia del sector de la construcción, y el monopolio (de facto) de la propiedad del suelo.

El promotor desea hacer una construcción de la forma más rápida y barata posible, y para realizar su actividad debe ser capaz de combinar un complejo engranaje de constructores, profesionales, administrativos, asesores, inmobiliarios, etc. Por ello, se siente incómodo cuando tiene que mejorar o sustituir partes de este conjunto. Sin duda, se va a necesitar un compromiso de toda la sociedad para exigir al promotor cambios importantes con respecto a su actividad convencional, y de este modo agilizar el establecimiento de una arquitectura verdaderamente sostenible.

Con respecto a la mano de obra la situación es similar. Debido a la enorme atomización de la actividad promotora (con millones de pequeños promotores en todo el mundo) y a su extrema sencillez, se recurre a una mano de una mano de obra barata, marginal y no cualificada. Por ello, se requiere un esfuerzo adicional para establecer sistemas constructivos sostenibles que puedan ser realizados por este tipo de mano de obra.

La propiedad monopolista del suelo es quizás el aspecto más preocupante ya que son pocas las empresas que pueden acceder a la compra de suelo edificable.

### **El deterioro social debido a la arquitectura**

La arquitectura actual esta deteriorando a marchas forzadas nuestro medio ambiente, pero también es la responsable parcial del deterioro de nuestro entorno social.

Tradicionalmente el hombre ha realizado una labor de construcción, a medida que crecía la necesidad de más espacio. Comenzaba por construir una vivienda sencilla, y la iba ampliando en sucesivas ocasiones, conforme aumentaba su familia, o su nivel económico.

En nuestra sociedad capitalista, la actividad constructiva se ha ido desplazando poco a poco a manos de empresas especializadas que obtienen un lucro económico con ello. El resultado final de esta evolución es que la mayoría de la gente compra una vivienda que, en realidad, no es la que necesita, y además debe pagar por ella un dinero que ni siquiera tiene. Como complemento, la única solución que se proporciona al ciudadano es que pida prestado el dinero que necesita, hipotecando el resto de su vida. Y por si fuera poco, la única flexibilidad que se le proporciona es que cambie de vivienda, cuando la anterior ya no le satisface.

Por otro lado, el mercado monopolista de suelo y el deseo de máximo lucro de las empresas promotoras (y su relación con la financiación política) hace que el precio de la vivienda no tenga demasiada relación con el precio de su construcción, sino con la máxima capacidad de endeudamiento de un determinado estrato social al cual se dirige la vivienda.

Esta situación es tan impactante que está deteriorando incluso el sistema de valores de nuestra sociedad: el problema de acceso a una vivienda digna de los jóvenes, el retardo exponencial de su emancipación, el endeudamiento excesivo de toda la población, y sobre todo, la idea ficticia de que adquirir una vivienda habitual es un determinado tipo de inversión económica.

En aquellos países en los que se permite una actividad constructiva desmesurada, se fomenta la idea de que es más rentable el acceso a la vivienda a través de compra que de alquiler: lo cual se hace para seguir garantizando la dependencia compradora del conjunto de la sociedad. No obstante, esta idea es errónea: comprar una vivienda para uso habitual no es absolutamente nada rentable.

Si una persona compra varias viviendas y después de unos años las vende, no hay duda de que habrá tenido un lucro bastante fácil, ya que con ello se ha sumado a la actividad que se fomenta por parte de los promotores. Después de algunos años, las viviendas habrán subido sustancialmente de valor. Sin embargo, si una persona sólo compra su vivienda habitual, cuando vaya a venderla será simplemente porque desea comprar otra más adecuada a sus necesidades. Claro está que el valor de venta de su vivienda habitual habrá crecido sustancialmente respecto al valor de compra en el pasado, pero del mismo modo, también lo habrá hecho el valor de compra de la nueva vivienda que vaya a adquirir. Es decir, no ha obtenido absolutamente ningún lucro con la venta de su vivienda.

Sin embargo, el conjunto de promotores ha infundido esta idea ficticia, lo cual está ocasionando un daño importante en el tejido social, impidiendo, entre muchas cosas, la falta de viviendas de alquiler, la falta de flexibilidad en la vivienda, la falta de calidad en las viviendas, el deseo compulsivo de compra de viviendas (con independencia de su calidad), el retraso de la emancipación de los jóvenes debido a su dificultad de acceso a una vivienda, la falta de mantenimiento de las viviendas (no queda dinero para ello), etc.

## **Hacia una economía ecológica por medio del desarrollo sostenible**

Como se ha mencionado, los sistemas productivos y los mecanismos de generación de riqueza humanos tradicionalmente se han servido del sistema natural, con el fin de obtener sus objetivos. Sin embargo, esta situación está llegando a su límite por las razones establecidas anteriormente.

El sistema económico debe adaptarse al sistema natural para poder seguir evolucionando, y seguir satisfaciendo las necesidades humanas. Y para lograrlo, su estructura debe ser cíclica e infinita, al igual que ocurre en la Naturaleza.

El sistema económico humano utiliza recursos de la Naturaleza y le devuelve desechos derivados de su actividad. Estos desechos (su nombre lo indica) no son de utilidad a la Naturaleza, es más, en muchos casos la daña de forma irreparable. Es decir, que el sistema es lineal y finito.

En cambio, en la Naturaleza todo es cíclico e infinito. Un organismo utiliza recursos de la Naturaleza y los transforma en nuevos recursos para alimentar otros organismos. De este modo, todo cambia, y al mismo tiempo, permanece. No existe el concepto de “residuo”, ni el concepto de “daño medioambiental”.

Entonces, el sistema económico debe aprender a ser igualmente cíclico e infinito. Es decir, debe alimentarse de recursos naturales y también de los derivados de los mismos recursos que genera. De mismo modo, estos derivados de su actividad (lo que actualmente se llaman desechos), deben retornarse a la Naturaleza, de un modo tal, que ésta pueda beneficiarse directamente de los mismos (a modo de recursos para el resto de sus componentes).

Sin duda, pasar de un proceso lineal y finito, a un proceso cíclico e infinito, integrado en la Naturaleza, no va a ser nada fácil. Sin embargo, es urgente empezar a hacerlo. Y ese es el objetivo del denominado “desarrollo sostenible”.

El desarrollo económico sostenible no tiene que alterar para nada el sistema económico actual, ni siquiera el paradigma capitalista. Lo que se pretende con el desarrollo sostenible es alcanzar un sistema económico capaz de satisfacer nuestras necesidades actuales, y permitir a su vez que las generaciones venideras puedan seguir haciéndolo de un modo similar. Así enunciado no es mucho lo que se pretende, pero es mucho lo que hay que hacer para conseguirlo. Y además con carácter urgente.

El desarrollo sostenible está muy lejos de la obtención de un verdadero sistema económico-ecológico que sea cíclico e infinito, pero es un paso inicial que se ha de dar con la mayor urgencia posible.

## **Hacia una nueva sociedad**

Va a ser difícil lograr el objetivo de cambiar el sistema económico con los actuales valores sociales. Nuestro entorno social de los últimos años ha sobrevalorado la importancia de la riqueza material y su modo de obtenerla: el dinero. Para lograr un nuevo sistema económico-ecológico la finalidad última ya no debe ser simplemente la máxima obtención de beneficio económico.

Por ello, al mismo tiempo que se formaliza una estrategia para obtener un verdadero desarrollo sostenible, habría que dar los pasos necesarios para lograr un nuevo sistema social de valores humanos, basados en un verdadero respeto a nuestro entorno natural y a las personas.

En condiciones normales, este cambio de valores no sería nada fácil de obtener, sin embargo, en nuestra sociedad actual, se empieza a adivinar que para ser feliz, para sentirse realmente bien, no es suficiente con el dinero. Es más, se empieza a sospechar que la obtención de dinero fácil genera muchos más problemas sociales de los que podría resolver. La idea “el dinero sólo da la felicidad cuando se da a quienes no lo tienen, pero no proporciona ninguna felicidad a quienes ya tienen algo”, es un concepto que todo el mundo empieza a entender.

Toda la sociedad, con independencia de su nivel económico, debe soportar los mismos inconvenientes: calentamiento global, cambios climáticos, superpoblación, inseguridad, etc. Por lo que se empieza a entender que para vivir mejor, lo que se debe hacer es resolver esos problemas, y el dinero no es suficiente. Sin el ansia de obtener dinero fácil, sería más rápido lograr un verdadero desarrollo sostenible.

Este es el reto de nuestra sociedad.

## **Hacia una nueva arquitectura**

La arquitectura actual se ha desarrollado en el seno del sistema de valores de nuestra sociedad, por tanto adolece de los mismos problemas.

La arquitectura de viviendas pretende conseguir el máximo lucro económico posible, y cualquier cosa que lo impida o lo disminuya es un problema, incluido el respeto medioambiental.

Por otro lado, la arquitectura de obra pública actual se ha convertido en un catalizador para incentivar las inversiones económicas en una

determinada ciudad o país. Dicho de otro modo, un catalizador para dar rienda suelta a la arquitectura de viviendas de iniciativa privada. La arquitectura pública se ha transformado en escultura de grandes dimensiones con la única finalidad de llamar la atención, revitalizar de forma rápida y simplemente formal, una zona, y atraer las inversiones privadas: la zanahoria que atrae al burro, nunca mejor dicho. Por tanto, y a pesar de que al mismo tiempo la administración pública no deja de hablar de desarrollo sostenible, la arquitectura que promueve no tiene nada de sostenible, ni lo pretende. Su objetivo es otro.

En tercer lugar está el impedimento del lenguaje arquitectónico. El lenguaje arquitectónico de la arquitectura racionalista se creó (y evolucionó hasta llegar a nuestros días) con el fin de crear una sintaxis formal que diera respuestas arquitectónicas a un conjunto de nuevos problemas sociales y nuevos planteamientos culturales existentes en la sociedad de hace 80 años. En aquella sociedad no existirán (ni se sospechaban) los problemas que actualmente tenemos: falta de recursos, exceso de residuos, calentamiento global, agujero de la capa de ozono, falta de agua, contaminación, etc. Es por ello que, esta arquitectura ha evolucionado hasta nuestros días, pero en una dirección diferente a las necesidades reales de nuestra sociedad y de nuestro planeta.

La sintaxis arquitectónica del movimiento moderno proporciona estructuras arquitectónicas, tipologías arquitectónicas, soluciones constructivas, elementos compositivos y reglas formales arquitectónicas, que no pueden resolver los actuales problemas, y en la mayoría de los casos los aumentan considerablemente.

Veamos sólo algunos ejemplos para ilustrar el razonamiento: la arquitectura “ligera” disminuye la inercia térmica de los edificios, se restringe enormemente su capacidad bioclimática y por tanto despilfarra

energía. La “planta libre” y el concepto de desligar la estructura portante de los cerramientos y distribuciones del edificio, lo único que crea es una disminución de inercia térmica, y por tanto, la imposibilidad de un ahorro sustancial del consumo energético. El tipo de huecos enrasados a la fachada y con perfilera oculta, lo único que logra es una enorme cantidad de puentes térmicos, una disminución del control solar, una gran dependencia al consumo energético de aparatos climatizadores y un incremento de precio de los edificios. Las cubiertas de extrema delgadez van asociadas a una falta completa de aislamiento térmico, y de inercia térmica, La modulación de suelos, paneles de tabiquería, paneles de fachadas produce inevitablemente una enorme cantidad de residuos. El sistema de distribución de huecos, las tipologías elegidas y las estructuras arquitectónicas obtenidas no permite la obtención de una estructura bioclimática realmente eficaz, al no permitir fácilmente la creación de sistemas de generación, almacenaje y distribución de calor (o fresco).

Ya es hora de deshacernos del pesado lastre de la arquitectura racionalista (con todas sus vertientes eclécticas actuales), y de buscar una nueva sintaxis arquitectónica que permita la realización de una auténtica arquitectura sostenible, que dé respuesta a las nuevas necesidades humanas y medioambientales.

Para conseguir una verdadera arquitectura sostenible en primer lugar hay que re-estructurar convenientemente el sector de la construcción y los mecanismos de promoción de edificios. A continuación, se debe crear, a partir de cero, un nuevo lenguaje arquitectónico, unas nuevas reglas sintácticas para la composición y construcción de objetos arquitectónicos. Intentar hacer una arquitectura verdaderamente sostenible a partir de reglas arquitectónicas evolucionadas desde hace más de 80 años es completamente imposible. Intentando maquillar la arquitectura racionalista usual con elementos sostenibles, lo único que va a conseguir es un

encarecimiento de los edificios, pero no va a hacer nada por el medio ambiente.

Hay que formular a partir de cero estrategias para satisfacer las nuevas exigencias sociales, la nueva finalidad de los edificios, las nuevas necesidades humanas, las exigencias de las nuevas tecnologías; y así crear una estructura arquitectónica más adecuada, los elementos arquitectónicos más convenientes y con ello crear un nuevo lenguaje arquitectónico.

En definitiva, para conseguir una “buena arquitectura” hay que buscarla en la dirección correcta.

### **La creación de “Naturalezas Artificiales”**

Para crear una arquitectura que se integre en los ciclos vitales de la Naturaleza, lo primero que debe hacerse es analizarla e intentar entenderla al máximo. Hay que evitar caer en el error de intentar emular simplemente la forma o la estructura de ciertos organismos naturales, y tampoco sirve de ayuda intentar usar la Naturaleza como fuente de inspiración. El modo de hacer las cosas del hombre, con ayuda de la tecnología que ha creado, es totalmente diferente al modo de hacer las cosas de la Naturaleza, y sus mecanismos naturales.

Por ello, para lograr las bases de una nueva arquitectura hay que aprender al máximo de la Naturaleza, y después aprehender sus mecanismos intrínsecos de actuación, interiorizarlos, y por último obtener una respuesta humana, basada en su forma de operar humana, y de la tecnología que disponga en cada momento y lugar.

Para entender mejor el proceso que propongo quizás se suficiente un ejemplo:

*Leonardo da Vinci*, entre muchas de sus actividades, estaba realmente preocupado por el vuelo de los pájaros. Pasaba el tiempo observando como vuelan, como es la forma de sus alas, como las baten, etc.

*Leonardo* dedujo muy pronto que al hombre le resultaría imposible, o al menos extremadamente difícil, emular de forma directa el vuelo de los pájaros con ayuda de su entendimiento y de su tecnología. Y el tiempo le ha dado la razón, todavía no se ha encontrado un material lo suficientemente ligero, unas baterías lo suficientemente ligeras, ni un motor lo suficientemente potente y a la vez ligero, como para hacer algo similar. Sin embargo, después de innumerables horas intentando entender el mecanismo del vuelo de los pájaros, *Leonardo* lo interiorizó, lo aprendió, y como consecuencia del proceso, no tardó en crear un sistema incluso mucho más eficaz que el batir de alas: la hélice.

Pues esto es lo que se ha de formalizar: un nuevo tipo de arquitectura fruto exclusivo de la actividad humana, pero resultado del entendimiento profundo de la Naturaleza y perfectamente integrada en sus ciclos vitales.

Por esto, en mi actividad profesional habitual no deseo hacer simplemente “arquitectura sostenible”. Ni siquiera deseo hacer tan sólo “arquitectura”. Entiendo que mi actividad va mucho más allá.

Lo que pretendo hacer son “Naturalezas Artificiales”.

## **Metodología para conseguir una arquitectura realmente sostenible**

Desde luego, lograr interiorizar los procesos de la Naturaleza y formalizar nuevas “Naturalezas Artificiales” es algo complejo y que llevará tiempo. Y todavía llevará más tiempo lograr que esta nueva forma de hacer arquitectura se asimile por toda la sociedad, venciendo todo tipo de inercias culturales e intereses comerciales.

Por ello, y con el fin de ganar tiempo, se ha formalizado el concepto “arquitectura sostenible”. Una etapa muchísimo más fácil de conseguir (en el proceso de integración con la Naturaleza), y conceptualmente cercana a los mecanismos convencionales de hacer arquitectura. Sólo es un primer paso para lograr la creación de auténticas Naturalezas Artificiales, pero es un paso necesario.

Por eso, y debido a la importancia que tiene para nuestro futuro, hemos de empezar desde ya a construir de un modo alternativo, y vencer todo tipo de intereses comerciales, la inercia cultural, el ansia de lucro fácil (por encima de la ética, la moralidad y el buen hacer), intereses políticos, la fuerza del marketing engañoso y el desconocimiento de los profesionales. Por ello, y con el fin de lograr una arquitectura verdaderamente sostenible, debe estructurarse un plan de acción basado en cuatro puntos fundamentales:

1. Delimitar el entorno arquitectónico que deseamos en el futuro
2. Formalizar un conjunto de indicadores sostenibles
3. Ejecutar un conjunto de estrategias y políticas arquitectónicas
4. Evaluar las estrategias arquitectónicas con la ayuda de los indicadores, y en su caso, modificarlas

En primer lugar, se debe tener una idea de lo que se desea lograr, una idea del tipo de arquitectura más conveniente para la sociedad de los próximos años. De este modo, se puede delimitar una meta aproximada.

Sin duda esta nueva arquitectura, como se ha dicho, debe ser sustancialmente diferente a la actual, y de algún modo, debe integrarse en los ciclos vitales de la Naturaleza.

En segundo lugar, una vez delimitada esta meta, se ha de formalizar un modo de medición para saber lo cerca o lejos que en cada momento se está de alcanzarla. Este proceso de medición se realiza por medio de los denominados “indicadores sostenibles”. La responsabilidad de los indicadores es doble: por un lado pueden evaluar directamente el grado de “sostenibilidad” de un determinado edificio, y por otro lado, en fase de proyecto de un edificio, indican que es lo que debe hacerse para conseguir una arquitectura exhaustivamente sostenible.

Un indicador sostenible debe ser fácilmente identificable, debe tener un carácter muy general, y debe poder medir con mucha facilidad. Además, un indicador no debe solaparse con otro, o al menos tener el mínimo grado de solapamiento. Por último, el conjunto de los indicadores debe poder evaluar completamente el máximo grado de sostenibilidad posible de un edificio. Es decir, evaluando o siguiendo las “indicaciones” de los “indicadores”, debería ser posible lograr, o identificar, un edificio con el mayor grado de sostenibilidad posible.

Un ejemplo basta para que se entienda exactamente el objeto y la finalidad de un indicador sostenible. En la ciudad de *Seattle* en *Estados Unidos*, se identificaron hace ya algunos años un conjunto de indicadores para medir el grado de sostenibilidad de su política medioambiental. Pues bien, a la hora de elegir un indicador para medir el grado de deterioro medioambiental de los ríos de *Seattle*, no se eligió ningún tipo de medidores complejos, tales como cantidad de metales pesados, grado de eutrofización, contenido de sustancias químicas. No, en su lugar el

indicador elegido fue: “nivel de movimiento de los salmones del río”. Es decir, si se observa mucho movimiento de salmones, el río va bien, si se observa poco movimiento, el río va mal. sólo en este caso es cuando deben identificarse las causas del deterioro medioambiental, realizando mediciones complejas (cantidad de metales, sustancias químicas, etc.), y posteriormente, poner remedio a la situación. El ejemplo deja el concepto perfectamente claro.

En tercer lugar, y con la ayuda de los indicadores sostenibles, se deben proponer políticas de construcción sostenible, con el fin de lograr los objetivos identificados en el primer punto. Estas políticas deberían ser lo más efectivas posible, y tener el menor coste posible. Y al mismo tiempo, deben ajustarse a la realidad socio-económica de un determinado país o región.

Por último, y cada cierto tiempo, debe evaluarse el resultado de estas políticas de construcción sostenible, mediante el uso de los indicadores sostenibles. Si el resultado de la evaluación es positivo, puede seguirse con las políticas establecidas. En cambio, si el resultado de la evolución es negativo, las políticas deben reajustarse con el fin de ser más eficaces.

Por tanto, los indicadores sostenibles tienen una doble finalidad: medir lo que se ha hecho, e indicar lo que debe hacerse.

### **Los cinco pilares de la arquitectura sostenible**

Como ya he comentado, la formalización de un conjunto de indicadores sostenibles es una tarea compleja. Cada indicador debe tener un carácter general y debe ser muy fácil de evaluar. Del mismo modo no debe solaparse con ningún otro y, no debe ni sobrar ni faltar ninguno. Por

último, la totalidad de los indicadores debe proporcionar de forma precisa el grado de sostenibilidad de una determinada construcción.

Con la finalidad de identificar los indicadores que deban regular el grado de sostenibilidad de un edificio, en primer lugar habría que empezar por identificar los objetivos generales que deben lograrse para conseguir una arquitectura exhaustivamente sostenible. Estos objetivos constituyen, por tanto, los pilares básicos en los que se debe fundamentar la arquitectura sostenible.

Estos pilares son los siguientes:

1. Optimización de los recursos y materiales
2. Disminución del consumo energético y fomento de energías renovables
3. Disminución de residuos y emisiones
4. Disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios
5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios

El grado de consecución de cada uno de estos pilares básicos constituye por tanto el nivel de sostenibilidad de una construcción.

Sin embargo, estos pilares básicos son muy generales y ambiguos. Por ello, se hace necesario dividirlos en varias partes, de tal modo que sean diferentes entre sí, y al mismo tiempo, fáciles de identificar, de ejecutar, y de evaluar. Estas partes se denominarán "*indicadores sostenibles*", y servirán tanto para evaluar el grado de sostenibilidad de un determinado edificio (si el edificio ya está construido), como para dar las pautas para la construcción de un edificio 100% sostenible (para el proyecto de nuevos edificios).

De este modo, los indicadores se convierten en un conjunto de pautas a seguir para la consecución de una arquitectura sostenible. Por tanto, el grado de cumplimiento de cada indicador, nos puede proporcionar un valor cuantificable, que constituye su nivel de sostenibilidad.

Una arquitectura realmente sostenible debería cumplir de forma exhaustiva con todos los identificadores.

En el siguiente capítulo se proporcionan un conjunto de identificadores sostenibles que hace más de 17 años identifiqué personalmente, y que sigo escrupulosamente en mi actividad profesional desde entonces.

## **Los indicadores sostenibles de la arquitectura**

Los indicadores sostenibles proporcionan una información exhaustiva de las características que debe tener una arquitectura entera y exhaustivamente sostenible. No puede dejarse de cumplir ningún punto, a menos que haya una justificación o un impedimento social, tectónico, económico que no pueda resolverse.

Del mismo modo, los indicadores sostenibles también pueden usarse para medir el grado de “sostenibilidad” de un edificio ya construido.

Como más adelante se verá, todos estos indicadores no tienen el mismo valor relativo, es por ello que hay que utilizar coeficientes correctores. Del mismo modo, muchos indicadores están relacionados, por lo que hay que llegar a un compromiso, dependiendo del entorno social y económico concreto. Por último, llevar a cabo cada indicador no tiene el mismo coste económico, por lo tanto, hay que potenciar aquellos que son más efectivos y más económicos, sobre los más caros e ineficaces.

A continuación se presentan los 37 indicadores sostenibles que posibilitan la creación de “Naturalezas Artificiales”, como máximo exponente de la arquitectura sostenible.

Debido a su alto valor conceptual, y para que no perder el hilo argumental, estos valores se examinan de forma muy extensa en los apéndices. Recomiendo una atenta lectura para todos aquellos realmente interesados en el tema.

- 1. Optimización de los recursos y materiales**
  - 1.1. Utilización de materiales y recursos naturales.**
  - 1.2. Utilización de materiales y recursos duraderos**
  - 1.3. Utilización de materiales y recursos recuperados**
  - 1.4. Reutilización de materiales y recursos**
  - 1.5. Utilización de materiales y recursos reutilizables**
  - 1.6. Grado de reutilización de los materiales y recursos utilizados**
  - 1.7. Utilización de materiales y recursos reciclados**
  - 1.8. Utilización de materiales y recursos reciclables**
  - 1.9. Grado de reciclaje de los materiales y recursos utilizados**
  - 1.10. Grado de renovación y reparación de los recursos utilizados**
  - 1.11. Grado de aprovechamiento de los recursos**
  
- 2. Disminución del consumo energético**
  - 2.1. Energía utilizada en la obtención de materiales de construcción**
  - 2.2. Energía consumida en el transporte de los materiales**
  - 2.3. Energía consumida en el transporte de la mano de obra**
  - 2.4. Energía utilizada en el proceso de construcción del edificio**
  - 2.5. Consumo energético del edificio**
  - 2.6. Idoneidad de la tecnología utilizada respecto a parámetros intrínsecos humanos**
  - 2.7. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante el diseño del propio edificio y su entorno. (Grado de Bioclimatismo).**
  - 2.8. Inercia térmica del edificio**

- 2.9. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante dispositivos tecnológicos. (Grado de integración arquitectónica de energías alternativas).
  - 2.10. Consumo energético en la deconstrucción del edificio (desmontaje, demolición, tratamiento de residuos, etc.).
3. Disminución de residuos y emisiones
- 3.1. Residuos y emisiones generados en la obtención de los materiales de construcción
  - 3.2. Residuos y emisiones generados en el proceso de construcción del edificio
  - 3.3. Residuos y emisiones generados durante la actividad del edificio
  - 3.4. Residuos y emisiones generados en la deconstrucción del edificio.
4. Disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios
- 4.1. Adecuación de la durabilidad del material a su vida útil en el edificio
  - 4.2. Energía consumida cuando el edificio está en uso
  - 4.3. Energía consumida cuando el edificio no está en uso
  - 4.4. Consumo de recursos debido a la actividad en el edificio
  - 4.4. Emisiones debidas a la actividad en el edificio
  - 4.5. Energía consumida en la accesibilidad al edificio
  - 4.6. Grado de necesidad de mantenimiento del edificio
  - 4.7. Entorno socio-económico y costes de mantenimiento.
  - 4.8. Coste del edificio
5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios
- 5.1. Emisiones nocivas para el medio ambiente
  - 5.2. Emisiones nocivas para la salud humana
  - 5.3. Índice de malestares y enfermedades de los ocupantes del edificio
  - 5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes

## **Los indicadores sostenibles efectivos**

Es evidente que los indicadores sostenibles descritos no tienen el mismo valor relativo. Unos indicadores representan un beneficio ambiental enorme, en cambio, otros indicadores implican un beneficio medioambiental más moderado. Por ejemplo, el punto 2.7. (grado de bioclimatismo de un edificio) es el más importante de todos, ya que un buen diseño bioclimático, puede disminuir el consumo energético de un edificio de forma considerable (yo he llegado a obtener ahorros de más del 90%). En cambio el punto 2.6. (grado de adecuación de la tecnología a la naturaleza humana), apenas puede producir una disminución máxima del consumo energético de entre un 10% y un 20%).

Del mismo modo, varios indicadores pueden ser antagónicos, es decir, si se intentara cumplir al máximo con uno, no se podría cumplir exhaustivamente con otros. Por ejemplo, intentando conseguir un material muy duradero (1.2.), se podría consumir mucha energía (2.1.). ¿Y si esto es así, cual de los dos indicadores se debería seguir de forma prioritaria? La respuesta es muy sencilla, pero al mismo tiempo importante, ya que deshace algunos de los malentendidos más comunes respecto de la arquitectura sostenible.

Tal y como se ha dicho antes, no todos los indicadores tienen la misma importancia, por lo que habría que priorizar los indicadores más eficaces. Pero, tampoco basta con esto, ya que la importancia de cada indicador depende, a su vez, del entorno social, económico, geográfico, cultural y político. Con un ejemplo se entenderá el problema perfectamente. Supongamos que deseamos comparar dos edificios completamente diferentes. Por un lado, un edificio construido con materiales muy duraderos (cuya obtención ha generado mucha energía), y que por tanto requiere poco mantenimiento. Y por otro lado, un edificio construido con materiales poco duraderos (y para los cuales se ha necesitado poca energía) y por tanto con mucha mayor necesidad de mantenimiento.

Entonces, supongamos que se hiciera un balance energético de la energía consumida por ambos edificios a lo largo de toda su vida útil, y que se haya consumido la misma cantidad de energía en los dos. Según esto nos podríamos preguntar: ¿Cuál de los dos edificios es más sostenible? Aparentemente los dos tienen el mismo grado de sostenibilidad. Pero no es así.

Para saber la respuesta adecuada debemos conocer el entorno en el cual esté ubicado el edificio. Volviendo al ejemplo, si los edificios estuvieran ubicados en Madrid, el edificio duradero sería más ecológico, debido a que el mantenimiento implicaría unos costes elevadísimos (debido al alto precio de mano de obra, transporte, limpieza de emisiones, etc.), y debido también a que la alta tecnología existente en este entorno reduciría los costes económicos y energéticos de la obtención de materiales duraderos. En cambio, si los edificios estuvieran ubicados en una aldea de México, el edificio duradero sería el menos ecológico, ya que el bajo nivel tecnológico impediría la obtención eficaz de materiales duraderos (o su dependencia de países desarrollados), y teniendo una mano de obra baratísima y generalizada facilita el mantenimiento.

Intentar construir con materiales altamente industrializados (duraderos) en la aldea de México es una mala acción sostenible, sólo comparable con la idea de construir con materiales poco duraderos en Europa (hay quienes pretenden decir que construir con paja, adobe, tierra y excrementos de vaca es una buena acción sostenible).

Pero esto no es todo, también puede cambiar la importancia relativa de cada indicador sostenible según el entorno geográfico, e incluso cultural, político o religioso de un determinado lugar. De nuevo un ejemplo: Como se sabe, Japón es un país tremendamente industrializado, y con una

mano de obra muy cara, y si esto es así, habría que preguntarse porque se siguen construyendo casas – e incluso monumentos – con madera (con una alta necesidad de mantenimiento). Es más, uno se sorprende cuando le dicen que la mayoría de los maravillosos templos de Japón (muchos con una antigüedad superior a 1.000 años) están contruidos con diferentes tipos de piezas de maderas, que no tienen más de 150 años. ¿Cómo se entiende esto? ¿Por qué se construye un edificio que debe ser muy duradero, con elementos poco duraderos? ¿Por qué no se construye con piedra como se han realizado los grandes monumentos europeos?

La respuesta tiene que ver con dos factores complementarios y tremendamente importantes en el entorno japonés. Por un lado, los japoneses no entienden el concepto de durabilidad. Para los japoneses la existencia es un camino evolutivo en constante cambio. Nada es permanente. Todo cambia continuamente, y a la vez todo es lo mismo. El templo siempre parece el mismo: parece muy antiguo, pero sus componentes son continuamente reparados y sustituidos.

Por otro lado, el elevado grado de actividad sísmica de Japón hace compleja y costosa la construcción con elementos más pesados, menos flexibles como la piedra, el hormigón, el ladrillo. Por lo que la madera es la alternativa más adecuada, y de paso, la más sostenible.

De todo lo anterior se deduce que los parámetros anteriormente descritos deberían ponderarse de acuerdo al entorno social, económico, geográfico, cultural y político en el que vaya a estar situado el edificio.

Personalmente he establecido 4 tipos diferentes de coeficientes de ponderación:

CF: coeficientes de eficacia relativa  
CE: coeficientes de entorno económico  
CG: coeficientes de entorno geográfico  
CS: coeficientes de entorno social y cultural.

Al ponderar todos y cada uno de los indicadores sostenibles con los coeficientes sostenibles indicados anteriormente, se obtienen unos indicadores sostenibles efectivos. O lo que es lo mismo, los indicadores sostenibles adaptados a cada entorno diferente de nuestro planeta. Y estos indicadores, ya son de aplicabilidad directa.

$$\text{Indicador efectivo} = \text{indicador} * \text{CF} * \text{CE} * \text{CG} * \text{CS}$$

Por tanto, si un indicador sostenible tiene validez global, e “indica” todo aquello que es imprescindible hacer para lograr una arquitectura exhaustivamente sostenible, un indicador efectivo muestra – de forma directa y adaptada a un entorno concreto –, el camino a seguir para conseguirla, en un edificio concreto. Un indicador sostenible efectivo indica de forma precisa, lo que es más importante y lo que es menos importante. Por lo tanto, proporciona pistas directas de las acciones arquitectónicas que deben realizarse, para lograr un grado de sostenibilidad máximo para un entorno concreto.

Hace ya más de 17 años establecí la anterior lista de indicadores. Y del mismo modo, un conjunto de coeficientes, para adaptarlos al entorno concreto de España. Actualmente los he adaptado también para el caso de Colombia y México, ya que tengo el enorme orgullo de estar realizando importantes proyectos en estos países.

Cada cierto tiempo (tres o cuatro años) modifico ligeramente los indicadores sostenibles, así como los coeficientes de ponderación, ya que la realidad social, cultural y económica de España ha variado sustancialmente con el tiempo.

## **Acciones arquitectónicas para aproximarse a una arquitectura realmente sostenible.**

Los indicadores sostenibles efectivos proporcionan información precisa y valorada sobre todas las características que debe tener una arquitectura exhaustivamente sostenible. Sin embargo, los indicadores no son estrategias arquitectónicas concretas directamente adoptables en la actividad profesional cotidiana de los arquitectos, ya que proporcionan información de “lo que se debe hacer”, pero no sobre “cómo se debe hacer”.

Por ello, a partir de los indicadores sostenibles efectivos, deben establecerse un conjunto de acciones concretas de aplicación directa. De nuevo, e igual que ocurría en el proceso de identificación de los indicadores, para la elección de las acciones debe seguirse un proceso de simplificación, identificación y depuración, de tal modo que las acciones resultantes sean sencillas, fáciles de asimilar y fáciles de ejecutar. Además, hay que tener en cuenta que si se aplicaran todas las acciones identificadas de forma correcta y exhaustiva, el resultado final debería ser una arquitectura realmente sostenible.

El conjunto de acciones sostenibles no tiene porque ser el mismo para cualquier entorno social, geográfico y económico, y puede variar de forma sustancial, dependiendo de su grado de viabilidad.

Para ilustrar la idea de lo que puede ser una acción sostenible, a continuación proporciono algunos ejemplos válidos: aumentar la inercia térmica de un edificio, aumentar el grado de industrialización y

prefabricación, orientar los edificios al sur, instalar fachadas ventiladas y poner protecciones solares.

### **Eficacia medioambiental de las acciones sostenibles**

No todas las acciones que se pueden identificar tienen la misma eficacia medioambiental. Algunas acciones apenas son beneficiosas para el medio ambiente, en cambio otras acciones son altamente beneficiosas. Por tanto, lo primero que se debe hacer es medir este grado de eficacia, y precisamente para ello tenemos los indicadores sostenibles efectivos.

Una vez identificadas un conjunto de acciones arquitectónicas que pueden llevarse a cabo se procede a evaluarlas por medio de todos los indicadores sostenibles. Al final, cada acción queda representada por un valor numérico, que representa su grado de eficacia medioambiental. De este modo se pueden ordenar todas las acciones arquitectónicas sostenibles de mayor a menor grado de eficacia.

### **El modelo sostenible de las pirámides invertidas**

No todas las acciones que se puedan identificar tienen el mismo coste económico. Algunas acciones son extremadamente económicas, o simplemente no tienen ningún coste adicional. Sin embargo, otras acciones son muy costosas.

Es evidente que el objetivo ideal sería poder construir todos los edificios con el máximo nivel de sostenibilidad, pero ello podría requerir un determinado presupuesto económico, que muchas veces no se tiene. Por ello, no tenemos más remedio que elegir las acciones sostenibles más

eficaces y más económicas, de tal modo que no se supere el presupuesto disponible.

Por lo tanto, se hace necesario clasificar estas acciones de acuerdo con su coste económico.

Sin embargo, al hacer esta clasificación y compararla con la clasificación de las acciones según su grado de eficacia se obtienen unos resultados realmente sorprendentes.

Las acciones más eficaces desde un punto de vista medioambiental, son las más económicas, y las acciones menos eficaces, son las más caras.

Hace 7 años que realicé esta clasificación, y debido a los resultados obtenidos, la denominé “el modelo de las pirámides invertidas”.

El nombre se debe a la forma concreta que se obtiene cuando se clasifican las acciones arquitectónicas por su coste económico y al mismo tiempo, por su eficacia medioambiental (como resultado de su evolución por medio de los indicadores efectivos).

Una vez realizada la clasificación podemos obtener un modelo simplificado por el método de los mínimos cuadrados, y el resultado gráfico habla por si mismo:

gráfico

### **Clasificación de acciones arquitectónicas sostenibles**

Como resultado de todo lo expuesto hasta el momento es posible establecer un conjunto de acciones arquitectónicas, ya ordenadas por su grado de eficacia, y clasificadas por su coste económico.

Es evidente que las primeras acciones que deben ejecutarse son aquellas de menor coste y de mayor eficacia medioambiental. Y las últimas que deben tomarse son aquellas de mayor coste y de menor eficacia medioambiental. Estas últimas no se adoptarán hasta que no se hayan adoptado exhaustivamente todas las anteriores, ya que en otro caso, estaremos reduciendo drásticamente el grado de “sostenibilidad” de nuestro edificio, y al mismo tiempo, generando un sobrecoste injustificado.

Las acciones arquitectónicas más caras y menos eficaces sólo deberían adoptarse en edificios en los que se tiene un presupuesto más que suficiente, en edificios simbólicos, en edificios representativos, o en edificios modélicos en los que se pretenda obtener el mayor grado de sostenibilidad posible.

A continuación proporciono un listado de las acciones arquitectónicas, clasificadas por su coste económico, y ordenadas por su eficacia medioambiental.

### **1. Acciones sin coste adicional significativo (y alta eficacia medioambiental)**

*Ordenación urbana sostenible (eco-urbanismo)*

*Orientación y volcado arquitectónico sur*

*Elección de la tipología arquitectónica adecuada*

*Optimización sostenible del proyecto arquitectónico*

*Diseño exhaustivamente Bioclimático (generar, almacenar y distribuir calor y fresco)*

*Industrialización de componentes*

*Prefabricación de componentes*

*Optimización del proceso de diseño*

*Eliminación de todo tipo de tecnología no necesaria o poco eficaz*

*Diseño arquitectónico optimizado para recuperación de componentes*

*Utilización de materiales recuperados*

*Utilización de materiales reutilizados*

*Disminución máxima de residuos (correcto diseño y ejecución)*

*Sistemas arquitectónicos de ventilación natural (captoreadores de viento y sistemas de distribución sencillos)*

*Distribución de vidrios adecuada*

*Protecciones solares adecuadas*

*Distribución espacial y funcional adecuada*  
*Correcto diseño de la envolvente (aislamiento e inercia térmica)*  
*Correcto diseño de sistemas acumuladores térmicos internos*  
*Cubiertas ajardinadas*  
*Disminución máxima de emisiones nocivas (materiales y tecnología)*  
*Eliminación de capítulos constructivos y simplificación del diseño*  
*Utilización de mano de obra local*  
*Utilización de materiales locales*  
*Optimización del proceso constructivo*  
*Sistemas de calefacción eléctrica por radiación asociados a un*  
*diseño bioclimático del edificio*  
*Utilización de fachadas ventiladas sencillas*  
*Ventilación cruzada eficaz*

## **2. Acciones con coste adicional moderado (y media eficacia medioambiental)**

*Sistemas mecánicos de ventilación natural*  
*Captoreadores de viento complejos*  
*Aumento de la inercia térmica*  
*Sistemas de depuración y reutilización de aguas grises*  
*Sistemas de recogida de agua de lluvia*  
*Materiales saludables*  
*Materiales ecológicos especiales*  
*Materiales duraderos*  
*Materiales reciclados*  
*Aumento del aislamiento*  
*Aumento de la inercia térmica*  
*Utilización de captoreadores solares térmicos*  
*Sistemas de calefacción por biomasa*

*Vidrios especiales de alta eficiencia térmica*  
*Tecnologías de bajo consumo energético*  
*Utilización de fachadas ventiladas complejas*  
*Suelos radiantes solares, asociados a una arquitectura bioclimática*

### **3. Acciones con alto coste adicional (y baja eficacia medioambiental)**

*Suelos radiantes eléctricos*  
*Sistemas de calefacción por convección*  
*Suelos radiantes asociados a una arquitectura no bioclimática*  
*Generadores eólicos*  
*Sistemas de aire acondicionado ecológicos*  
*Sistemas domóticos*  
*Captadores solares fotovoltaicos*  
*Sistemas de conducción de iluminación natural*  
*Altas tecnologías ecológicas*  
*Fachadas ventiladas inadecuadas*  
*Cubiertas-aljibe*

Estas últimas acciones sostenibles quizás sean las más conocidas por el público en general, pero debe quedar claro que son las menos eficaces desde un punto de vista medioambiental, y que son excesivamente caras. Por tanto se debe evitar la adopción de este tipo de acciones, a menos que sobre dinero y falten ideas.

Si estas acciones se han popularizado es simplemente porque muchas empresas obtienen un claro beneficio económico a costa de una sostenibilidad mal entendida, y hacen una enorme promoción publicitaria de su producto con el fin de posicionarse en un futuro mercado sostenible.

Voy a poner un ejemplo sencillo: llevo 20 años incorporando sistemas domóticos en mis edificios (actualmente he restringido su uso) y llevo 17 años enseñando domótica, sin embargo, todavía no he llegado a descubrir, y nadie me ha sabido dar una sola razón convincente, de que con la domótica se ahorre energía. Sin embargo, los fabricantes de domótica pretenden posicionarse en un mercado sostenible simplemente para dar salida comercial a un producto que no la tiene, cuando lo sostenible sería no utilizar aquello que realmente no sirve para mucho. La tecnología de la mayoría de los sistemas domóticos del mercado tienen una antigüedad de más de 25 años (X-10, cardio, etc.) Imaginen un televisor de la misma antigüedad, y estarán en condiciones de evaluar correctamente los sistemas domóticos actuales.

En este sentido, reconozco que la razón por la cual instalaba en el pasado sistemas domóticos en mis edificios era para asegurar un mayor grado de seguridad y de comodidad, y también para obtener un espectacular control de escenarios. He instalado más de 2.000 sistemas domóticos en mis edificios de todo tipo de precios y tecnologías, pero me he dado cuenta de que con ello, lo único que hago es disminuir su grado de sostenibilidad. Ahora simplemente recomiendo un sistema de seguridad muy bueno, y algunos automatismos comprados en grandes almacenes, con un precio 100 veces inferior al sistema domótico más barato. Y mi conciencia está más tranquila.

Por otro lado, no hay que dejar de decir que a la administración le resulta fácil y cómodo establecer un cierto tipo de reglamentación que otro, y por ello, ha elegido reglamentar simplemente aquellas acciones que son fáciles de regular (y de las que tienen la complicidad de la industria), que simplemente reglamentar las acciones más efectivas desde un punto de vista medioambiental. Por ello no se debe pensar que la administración reglamenta acciones por su alta eficacia medioambiental. Veamos un

ejemplo: es muy fácil reglamentar que se pongan captosres solares, o aumentar el espesor de un aislamiento, o simplemente sustituir una caldera o una luminaria, aunque como se ha visto antes, estas acciones son casi simbólicas y con poca eficacia medioambiental. Pero es evidente que reglamentar – por ejemplo – el grado de industrialización de los edificios, el grado de bioclimatismo, o la adopción de planes urbanísticos sostenibles (a pesar de que estos planes dependen directamente de la administración) es más complejo, y requiere cierto trabajo.

### **Hacia un nuevo lenguaje formal sostenible: la belleza de lo imperfecto**

Los padres del denominado “movimiento moderno” establecieron las bases de un nuevo lenguaje arquitectónico, con un conjunto de elementos arquitectónicos nuevos, y una nueva sintaxis arquitectónica. El objetivo era dar respuestas a los condicionantes de una nueva sociedad. La nueva arquitectura debería ser más flexible, más simple, más luminosa, más saludable, más funcional, más internacional, en contra de las anteriores respuestas caducas, pero que inexplicablemente persistían en el seno de una nueva sociedad (como ocurre en la actualidad).

Entonces, casi todos los condicionantes de esa nueva arquitectura eran sociales y culturales, y desde luego no había apenas condicionantes económicos y mucho menos ecológicos. Por ello, pretender que este mismo lenguaje arquitectónico (o cualquiera de sus variaciones evolutivas) pretenda dar respuesta a problemas sociales, económicos y culturales –que nadie imaginaba siquiera hace 80 años– es sencillamente, descabellado y ridículo.

A continuación proporciono algunos argumentos que ilustran la imposibilidad de resolver los problemas de nuestra sociedad, de las propuestas arquitectónicas actuales.

1. Cubiertas planas, extremadamente planas y horizontales, sin capacidad suficiente para proteger del agua, sin apenas aislamiento suficiente, y mucha menos inercia térmica de la necesaria.
2. Enormes superficies acristaladas que proporcionan demasiada luz en el interior, y excesivas ganancias térmicas (habitualmente la situación se resuelve, si es que lo hace, con vidrios especiales que apenas dejan pasar la radiación solar, lo cual es terriblemente caro. El problema podrías resolverse de forma más económica y eficaz, simplemente utilizando menos superficie de vidrio).
3. Desprecio por la orientación de los espacios y superficies acristaladas. Lo que proporciona enormes ganancias térmicas de los edificios en verano y pérdidas en invierno. (resolver la situación con sistemas de aire acondicionado y un exceso de consumo en calefacción es inadmisibile).
4. Tipologías inadecuadas, que derrochan espacio, recursos y encarecen enormemente el edificio. (nuestra sociedad no necesita alardes compositivos, sino composiciones eficaces).
5. Soluciones constructivas con enormes puentes térmicos. Recuérdense las composiciones de vidrio-metal de *Mies van der Rohe*, por ir al origen del problema. (Resolver el problema con aire acondicionado y un aumento del aislamiento, vuelve a encarecer el edificio y aumenta sus ganancias térmicas en verano).

6. Desligar las estructuras portantes de un edificio de los cerramientos. Ello obliga a aligerarlos al máximo, lo cual disminuye enormemente su inercia térmica (no conozco respuesta alguna a este apartado). En realidad, se pueden obtener respuestas extremadamente flexibles con muros de carga, recuérdense las “*chambres passantes*” de los palacios franceses de los siglos XVII y XVIII.
7. Enrasar los vidrios a la superficie de los cerramientos exteriores y eliminar la carpintería. Esta práctica reduce la protección solar de los vidrios y aumenta los puentes térmicos (las respuestas a estos problemas han consistido en poner vidrios enormemente caros que no dejan pasar la luz ¿para qué se coloca vidrio entonces? y que tampoco consigue ganancias térmicas en invierno. Es evidente que poner vidrios en donde no se necesitan es equivalente a poner células fotovoltaicas en donde no sirven para nada. En ambos casos son un recurso puramente estético, no funcional, caro y anti-ecológico.
8. La modulación utilizada en el recubrimiento de fachadas, suelos, paredes, etc. Es habitualmente es una enorme fuente de residuos. Las empresas fabricantes disponen de maquinaria para fabricar materiales con unas determinadas dimensiones que puedan servir para diferentes tipos de edificios y modulaciones. Pocas industrias son capaces de fabricar materiales de cualquier dimensión, y en este caso, el material resultante sería realmente caro, y por tanto, poco ecológico. Pues bien, cuando el arquitecto elige, de forma arbitraria, y simplemente para conseguir unos objetivos visuales concretos, una determinada modulación del material, es evidente que esta generando una enorme cantidad de residuos, ya que los módulos diseñados no coinciden con los módulos fabricados.

(Tampoco conozco que se haya dado respuesta al problema. Es más, creo que no se ha identificado ni asumido el problema.

Creo que estos ejemplos son más que suficientes para avalar mi postura, aunque, por supuesto, podrían esgrimirse muchos más.

Es evidente que nuestra sociedad tiene un conjunto nuevo de problemas tanto sociales como medioambientales, que no han existido en ninguna otra época pasada, por lo que parece evidente que se necesita un nuevo tipo de arquitectura para dar respuestas satisfactorias a dichos problemas. Es bastante ingenuo pensar que con los paradigmas arquitectónicos ideados hace más de 80 años, y estancados en la actualidad en el academicismo universitario, puedan resolverse problemas tales como: el calentamiento global, la contaminación atmosférica, la contaminación de acuíferos, la escasez de agua, la salinización de los océanos, la lluvia ácida, la contaminación de muchas costas, los vertidos marinos, los vertidos en acuíferos, los vertidos terrestres, la desaparición de especies, la escasez de zonas verdes, el crecimiento de superficies construidas, la falta de impermeabilización de suelos, la escasez de recursos, el aumento de residuos, etc. Por no hablar de todos los nuevos problemas sociales existentes en la actualidad. Es evidente que genios como *Le Corbusier* estarían haciendo hoy en día un tipo de arquitectura completamente diferente de la que propusieron hace 80 años, y que ellos mismos rechazarían sin pensarlo ni un momento. Me gustaría invitarles a reflexionar sobre esto simplemente analizando la obra más madura tardía de *Le Corbusier*, y que es la única vivienda que diseñó para vivir él mismo: *Le Cabanon*.

Sin duda nuestra sociedad necesita un nuevo tipo de arquitectura, pero ... ¿cómo debe ser esta arquitectura? ¿Qué aspecto podría tener esta arquitectura? Es evidente que ni yo, ni nadie, puede dar respuestas

exactas a estas preguntas, pero si aproximadas. Cada arquitecto tiene, y debe tener, una percepción personal y diferencial de la arquitectura, y por tanto sus respuestas arquitectónicas serán diferentes.

Sin embargo, sí que me atrevería a proporcionar algunas pistas de cómo debe ser y como no debe ser la arquitectura de los próximos años.

- Ante todo debería tener los elementos arquitectónicos necesarios y suficientes, sin gastos innecesarios, sin alardes de ningún tipo y sin materiales gratuitos. En este sentido la arquitectura podría evolucionar desde un minimalismo bien entendido.
- Debería tener mucha menos cantidad de vidrio en las envolventes arquitectónicas. Una superficie excesiva de vidrios proporciona todo tipo de problemas que no pueden resolverse a base de encarecerlos. Simplemente deben reducirse.
- Las tipologías arquitectónicas deberían ser mucho más sencillas y flexibles. El hecho de ser sencillas formalmente no significa ni que reduzcan el potencial creativo del arquitecto, ni la complejidad arquitectónica del edificio resultante.
- La estructura arquitectónica debería enfocarse para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos naturales: sol, brisa, agua. Por lo tanto, es obligatorio un volcado arquitectónico al sur (en el hemisferio norte) y al norte (en el hemisferio sur).
- La estructura arquitectónica debería ser bioclimática en el mayor grado posible. Esto se traduce en diferentes tipos de estrategias arquitectónicas y de soluciones constructivas, fácilmente identificables a simple vista.

- Los espacios deberían ser flexibles, y al mismo tiempo, bien dimensionados, simples y económicos.
- Las soluciones y los sistemas constructivos deberían tener una fuerte componente de industrialización y prefabricación.
- Debería percibirse directamente el ensamblaje en seco de los diferentes componentes arquitectónicos, que evidencia un diseño optimizado para su posterior reutilización y la eliminación de posibles residuos.
- Debería verse una mayor robustez en el aspecto de los edificios, como evidencia de su alta inercia térmica.
- Podrían reconocerse, aunque no evidente ni necesariamente, el uso de dispositivos tecnológicos para el aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas. Por supuesto, debe formalizarse un nuevo tipo de sintaxis arquitectónica para lograr esta integración arquitectónica, ya que lo más importante es la eficacia de los dispositivos, no la permanencia de un estilo arquitectónico caduco.
- Debería notarse la utilización de materiales naturales, recuperados, reutilizados, reciclados y saludables.
- Ante todo, debería resultar patente que la arquitectura ha sido diseñada para hacer felices a sus ocupantes, y para estar en equilibrio con el medio ambiente.
- Por último, y quizás el aspecto visual y formal que debería quedar más patente es el de la modulación arquitectónica utilizada.

Actualmente estoy centrado precisamente en este aspecto, que he utilizado hasta la saciedad en el diseño de R4House, y en el cual me gustaría profundizar.

A la hora de componer un edificio, de uno u otro modo, el arquitecto utiliza de determinadas modulaciones, de determinadas series numéricas, que en definitiva serán las que proporcionarán el ritmo, la armonía y el atractivo perceptual del futuro edificio.

Estas series numéricas controlarán diferentes aspectos formales de su edificio y garantizarán el seguimiento de ciertas reglas armónicas subyacentes, que finalmente serán las responsables del atractivo visual del mismo.

En muchas ocasiones el arquitecto queda atrapado en la aplicación de estas reglas compositivas creadas por él mismo, e intenta aplicarlas al máximo, hasta los más pequeños detalles. Ciertas líneas deben tener una coincidencia matemática con ciertas otras, hasta alcanzar una perfección matemática minimalista.

Sin duda alguna esta tarea no es nada fácil, y la modulación puede quedar muy patente en el edificio, o pasar desapercibida. Del mismo modo, la modulación puede ser muy sencilla o extremadamente compleja. Pero de cualquier modo, esta modulación existe y debe existir en la composición de cualquier edificio (muchas veces el arquitecto diseña de un modo intuitivo y no es consciente de que, en realidad ha logrado un determinado tipo de modulación de forma indirecta, y que es fundamentalmente responsable del atractivo formal y visual de su edificio).

Para formalizar dicha modulación, el arquitecto debe elegir la aplicación de determinados materiales. Pero estos materiales deben fabricarse y deben ser rentables.

Las empresas desean que la máxima cantidad posible de arquitectos utilicen sus materiales, y del mismo modo, saben que cada arquitecto hace lo que le parece, y lo que es bueno para uno, es inaceptable para otro. En definitiva, cada arquitecto elige una modulación diferente. Por ello, las empresas fabrican sus materiales con unas dimensiones adecuadas para satisfacer las exigencias de los arquitectos, para ser fácilmente transportable, y sobre todo, para que la maquinaria necesaria no sea demasiado costosa. Por otro lado, las empresas no pueden fabricar el mismo material con unas dimensiones arbitrarias para cada edificio. En muchos casos esto les resulta sencillamente imposible, y en los casos en los que sea factible, el material resultante sería muy caro, no se habrían optimizado los recursos en su obtención, y por tanto sería insostenible.

Según esto, el arquitecto debe utilizar la modulación de fábrica de un determinado material y adaptarla a la composición de su edificio. El resultado final, como no puede ser de otro modo, implica la generación de una enorme cantidad de residuos. Como todo tiene que coincidir matemáticamente con todo, se busca la perfección matemática y minimalista del módulo. A la hora de cortar el material para adaptarlo a la modulación elegida, se generaría una enorme cantidad de residuos, de difícil reutilización y cuyo resultado sería el reciclaje en el mejor de los casos, la quema o simplemente el vertedero.

Y esto es lo que precisamente se desea evitar.

Algunas empresas pretenden aconsejar al arquitecto que utilicen el módulo que fabrican, tal cual, en sus edificios. Es posible que esta situación disminuya la cantidad de residuos generados pero ello contradice por completo la propia finalidad de la arquitectura, restringiendo la riqueza arquitectónica, la creatividad del arquitecto, y la diversidad y complejidad de formas necesarias para cada edificio. El resultado final sería terriblemente monótono, alienante, y produciría muchos más problemas medioambientales (sobredimensionamientos, necesidad de cambio del resto de elementos arquitectónicos, etc.).

Este es al caso por ejemplo, de la industria de la cerámica, que obliga a utilizar el mismo módulo para la composición de fachadas (60\*120, 30\*120, 60\*60), por lo que obliga a que todas las fachadas diseñadas con este material sean monótonas, sin interés arquitectónico, alineantes y lo que es peor, obliga a que la mayoría de los edificios tenga un aspecto similar, con independencia de su funcionalidad, ubicación, tamaño. Sin duda alguna ésta no es la solución.

Es posible que la industria de la cerámica haya encontrado una salida en las fachadas ventiladas a su crisis económica, debido a la gran competencia de otros países, como China, que fabrican el mismo producto, pero con un precio final mucho más reducido. Pero no pueden pretender resolver su problema generando otro problema mayor. Por no hablar de para construir una fachada ventilada existen materiales mucho más adecuados: *Trespa* (papel con resinas), piedra natural, granito, madera termotratada, paneles derivados de madera, paneles de yeso-celulosa, paneles de cemento-celulosa, paneles de cemento-madera, paneles de plástico reciclado, paneles de plástico-madera, etc.

Volvamos al tema. Con el fin de que no se generen residuos en el proceso de aprovechamiento de los materiales, personalmente utilizo un método realmente sencillo, pero al mismo tiempo muy eficaz.

El método consiste en realizar diferentes formas posibles de partición del material que sale de fábrica, e ir probando estos módulos en nuestra composición arquitectónica. Es posible que conozcamos algunas relaciones matemáticas que deben cumplir la modulación que deseamos realizar en nuestro edificio, para ajustarse a unas determinadas dimensiones. Después de algunas pruebas, es más que probable que encontremos una modulación que aproveche el máximo el material con la menor cantidad posible de cortes, y que encaje perfectamente, o aproximadamente, con la idea compositiva que ronde por nuestra mente.

Llegados a este punto, el arquitecto empieza la composición (por ejemplo de una fachada ventilada) colocando las piezas más importantes que asegurarán el equilibrio del conjunto, su armonía, el ritmo, y de algún modo, el atractivo del resultado.

Una vez colocadas estas piezas, el arquitecto comienza a “rellenar” el resto de espacios con el resto de piezas, de tal forma que las aproveche al máximo, y no le sobre nada. Para ello, empezará a colocar las piezas enteras, y cuando necesite cortar una para ajustarse a la composición general, esta pieza sobrante será la primera que use a continuación. Después, cogerá otra pieza e intentará colocarla entera. Si le cabe la colocará, y si no, la cortará para ajustarla. De nuevo, la pieza sobrante del corte será la primera que coloque a continuación. De este modo, el arquitecto utilizará todas las piezas solicitadas, sin tener absolutamente ninguna sobra. En este caso, y sólo en este caso, la superficie a construir coincidirá con la superficie del material comprado (téngase en cuenta que es una práctica habitual comprar un 10 – 15% más del material necesario

para hacer una obra, este material excedente se convierte, al final del proceso, en residuos).

Se puede pensar que de este modo se reduce la capacidad creativa del arquitecto (como yo afirmaba en el caso de la cerámica), pero no es así. No hay ninguna restricción, es más, el arquitecto se enfrenta a un nuevo reto, que le exige una respuesta altamente creativa, y completamente diferente a las respuestas convencionales de la arquitectura racionalista al uso. Yo he realizado este proceso en varias ocasiones en el diseño de fachadas ventiladas, y el resultado es completamente atractivo y diferente.

Finalmente he de decir que este proceso puede tener varias aplicaciones y variaciones. El objetivo final es aprovechar al máximo los materiales, y no sólo en el proceso de construcción de un edificio, sino también en el proceso de reparación y rehabilitación.

Por ejemplo, si colocamos parquet en un suelo, y varios años después deseamos reparar las piezas que estuvieran dañadas, nos podríamos encontrar con la sorpresa de que ya no existe este material en el mercado, pero sí un material parecido, o de otro color.

En la mayoría de las ocasiones, el arquitecto – o interiorista – opta por renovar todo el parquet, lo que aumenta la cantidad total de residuos enormemente. Sin duda, si sustituimos las piezas estropeadas por otras de otro color, el resultado no será muy atractivo.

Pero existe una alternativa compositiva. Si el arquitecto ya hubiera hecho desde el principio una composición con diferentes tipos de laminas de parquet, y esa composición fuera lo suficientemente atractiva y compleja, a la hora de sustituir unas cuantas piezas, no se evidenciaría el cambio, y el suelo resultaría igual de atractivo.

Lo mismo se puede decir con las fachadas ventiladas compuestas de este modo, si se sustituyen algunas piezas de la composición final, el resultado continúa siendo igualmente atractivo y complejo.

Este procedimiento puede realizarse igualmente en el recubrimiento de techos y paredes, así como en el diseño de mobiliario, tapicerías, etc.

El resultado es complejo, variable, orgánico, alegre, lleno de vida, evolutivo. Nada coincide (ni debe coincidir) con nada. No existe la tiranía de las coincidencias, la tiranía de los módulos preconcebidos, la tiranía de las líneas compositivas convencionales. Y el resultado es maravillosamente atractivo y muy ecológico.

Es lo que yo denomino: “la belleza de lo imperfecto”.

En realidad, es un paso hacia la perfección ecológica. Un componente adicional para la creación de “Naturalezas Artificiales”.

### **Bioclimatismo: el perfecto control ambiental de la arquitectura.**

El diseño bioclimático de un edificio es la actividad de mayor eficacia medioambiental y la de menor coste económico, de todas las que podemos adoptar. Además, es la actividad que más influencia tiene respecto al diseño final del edificio.

Con el diseño de un edificio se puede controlar la luz, el espacio, el color, etc. Y de este modo se pueden controlar las emociones, las sensaciones y los sentimientos de sus usuarios. Pero además, se puede controlar incluso la temperatura y la humedad de su interior.

Tomando decisiones puramente arquitectónicas se puede lograr que un edificio se caliente en invierno, y se refresque en verano. Y lo que es más importante, muchas de estas decisiones sólo tienen que ver con la orientación, disposición y colocación de los diferentes componentes arquitectónicos, por lo que no incrementan el coste final del edificio.

En definitiva, la arquitectura sostenible, antes que nada, debe ser bioclimática.

Sin embargo, el grado de bioclimatismo de un edificio puede variar considerablemente dependiendo de las decisiones arquitectónicas que se adopten, o lo que es lo mismo, del nivel de conocimientos del arquitecto. Algunos profesionales pueden lograr simplemente un leve descenso del consumo energético del edificio, y en cambio, otros arquitectos podrían lograr que el edificio apenas consuma energía. Algunos arquitectos incluso podrían lograr que no fueran necesarios sistemas de aire acondicionado mecánicos o sistemas de calefacción, para la correcta climatización de un determinado edificio.

En definitiva, el diseño bioclimático de un edificio es simplemente diseño arquitectónico, por lo que dependerá enteramente de la experiencia, el grado de conocimiento y la pericia de un determinado arquitecto.

Sin embargo, se puede proporcionar una definición, una metodología y un conjunto de estrategias determinadas, con el fin de que cada profesional las asimile en la estructura arquitectónica del edificio que pretende diseñar.

En general, se puede definir un edificio bioclimático como aquel que se autorregula térmicamente, sin necesidad de equipos mecánicos, y tan sólo

por medio de su estructura arquitectónica (queda claro por tanto, que el uso de captadores solares no convierte a un edificio en bioclimático).

Por otro lado, el proyecto de un edificio bioclimático debe incluir soluciones arquitectónicas con el objeto de conseguir tres objetivos determinados:

1. Generación de calor /fresco
2. Almacenamiento del calor/fresco
3. Transmisión del calor/fresco

Es decir, la propia estructura arquitectónica debe permitir que el edificio genere – por sí mismo – calor (o fresco), que lo almacene (calor o fresco) para seguir utilizándolo cuando no se pueda seguir generando, y por último, que lo transmita a otras partes del edificio, en las que no se puede generar calor (o fresco).

Para lograr cada uno de estos puntos se pueden tomar un conjunto muy variado de decisiones arquitectónicas, y no es posible ni acotar, ni delimitar todas las posibles. Sin embargo, a lo largo de mi experiencia profesional he identificado un conjunto de mecanismos bioclimáticos que destacan por su alta eficacia. Es evidente que el objetivo de esta publicación sólo me permite enumerar estas acciones y no tengo espacio para examinarlas con detenimiento, pero al menos proporcionan una idea exacta de lo mucho que se puede lograr simplemente adoptando decisiones puramente arquitectónicas.

En el apéndice 2 proporciono las estrategias arquitectónicas más importantes.

1. Sistemas de generación de calor /fresco

Son estrategias puramente arquitectónicas algunas sencillas, pero otras realmente ingeniosas que permiten generar calor o fresco en el interior de un edificio. Es evidente que muchas de ellas son complementarias, y en cambio otras son, en cierta medida, excluyentes entre sí. Por ello el arquitecto debe elegir el conjunto de acciones más efectivas, adecuadas y económicas para el diseño de un determinado edificio.

Del mismo modo, muchas de estas estrategias son extremadamente económicas, ya que simplemente implican un cambio en la disposición de elementos arquitectónicos, que se presuponen ya existentes en el diseño de un determinado edificio. En cambio, otras acciones podrían resultar más costosas, por lo que, es el arquitecto quien debe integrarlas correctamente con elementos arquitectónicos ya existentes, con el fin de disminuir al máximo el posible sobrecoste (en cualquier caso, este sobrecoste siempre es inferior al coste de un aparato de calefacción o aire acondicionado).

## 2. Sistemas de almacenamiento del calor/fresco.

Para realizar un correcto diseño bioclimático del edificio, además de generar calor o fresco, debemos asegurarnos de almacenar al máximo este calor (fresco), para poder utilizarlo cuando sea necesario. Por ejemplo, no basta con refrescar un edificio durante las noches de verano (aprovechando la caída térmica), sino que se debe mantener fresco a lo largo de todo el día siguiente, cuando la temperatura aumente de forma considerable. Del mismo modo, es bastante fácil generar calor los días de invierno, pero el calor generado debe mantenerse durante toda la noche, en ausencia de soleamiento.

Sólo existe un modo de almacenar calor o fresco en un edificio, y es aumentando su inercia térmica, lo cual es casi equivalente a aumentar su masa. Esta es la razón por la cual la arquitectura ligera es incompatible con un diseño auténticamente bioclimático. Necesariamente se ha de aumentar, adecuada y considerablemente, la masa de los edificios.

### 3. Sistemas de transmisión del calor/fresco

Debido a la complejidad espacial de la mayoría de los edificios, no todas las estancias tienen posibilidad de refrescarse o calentarse arquitectónicamente de forma directa. Por ello, el calor o fresco almacenado en la masa del edificio, se debe transmitir a otras partes del mismo, en las cuales no ha sido posible obtenerlo de forma directa.

.....

Creo que todo lo expuesto hasta este punto es más que suficiente para proporcionar una idea clara de mi percepción, detallada y exhaustiva, de lo que debería ser una verdadera arquitectura sostenible. Una arquitectura sostenible que tendría como objetivo la creación de nuevas “Naturalezas Artificiales”.

Se intuye fácilmente que necesitaría mucho más espacio para acabar de definir, enriquecer y detallar este concepto. Pero será el objetivo de una nueva publicación.

No obstante, quedaría enormemente satisfecho si este libro colaborara en la consecución generalizada de una autentica arquitectura sostenible. Una verdadera arquitectura sostenible desmarcada de propuestas simplistas, manipuladoras, económicamente interesadas, o simplemente mediáticas.

Voy a luchar para que en arquitectura sostenible no se cumpla una famosa frase de Confucio: “De tanto en tanto hay que cambiar el nombre a las cosas, para que sigan siendo las mismas”.