

## **APÉNDICE 1**

### **Los indicadores sostenibles de Luis de Garrido**

# **Los indicadores sostenibles para una nueva arquitectura**

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

Como ya se sabe, todos estos indicadores no tienen el mismo valor relativo, por lo 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 que hay que potenciar aquellos que son más efectivos y más económicos, y dejar como complemento los más caros e ineficaces.

## **1. Optimización de recursos y materiales**

Este primer punto evalúa el grado de aprovechamiento de los recursos utilizados en la construcción. Los recursos pueden ser tanto naturales (agua, sol, viento, tierra, etc.) como fabricados por el hombre (materiales constructivos).

Para optimizar al máximo los recursos disponibles para construir, debe seguirse un proceso secuencial de toma de decisiones.

La acción más eficaz de todas consiste en utilizar materiales naturales, tal y como están disponibles en la Naturaleza. Pero es evidente que los materiales naturales adecuados para construir y satisfacer nuestras actuales necesidades, son pocos. Por ello, el hombre debe fabricar nuevos materiales.

La primera característica que debe tener un material manipulado es que tenga la duración adecuada para su función, que habitualmente será la máxima que podamos conseguir.

Una vez superada la vida útil del material colocado en un determinado edificio, éste se podría reutilizar en una nueva construcción. Con esto lo que estamos haciendo, en realidad, es alargar la vida útil del material. Por ello, conviene que se diseñen los edificios de tal modo que los materiales puedan reutilizarse al máximo.

También se puede alargar la vida útil de los materiales de desecho, ya que aunque ya no sirvan para una determinada función, podrían ser perfectamente válidos para otra.

Por último, y cuando ya no haya más opción, el material debería reciclarse. El proceso de reciclado consume energía y recursos, y genera residuos y emisiones, por lo que sólo debería hacerse cuando se hayan agotado las anteriores opciones.

### **1.1. Utilización de materiales y recursos naturales.**

Como se ha dicho, la acción más ecológica que se puede tomar en la construcción es utilizar materiales del modo más natural posible, es decir, con la menor manipulación humana posible. Ya que, cuanto menos se

manipula un material, menos energía se consume, y menos residuos y emisiones se generan.

Los recursos naturales que se pueden utilizar son: el sol, la lluvia, el viento, la tierra, la nieve, el agua, etc. Es de sentido común que la arquitectura utilizara al máximo estos recursos gratuitos, sin embargo, la evidencia demuestra que apenas los ha aprovechado.

En realidad, son pocos los materiales naturales que se pueden utilizar de forma directa (piedras, barro, restos vegetales, ramas, troncos, etc.), ya que se necesita una determinada manipulación para realizar una construcción que garantice nuestro bienestar en todos los sentidos. Por otro lado, resulta difícil establecer una definición de material "natural". Personalmente pienso que un material natural es aquel con la menor manipulación humana posible. Dicho de otro modo, un material natural es aquel cuya obtención haya requerido la menor cantidad de energía posible, y haya generado la menor cantidad posible de residuos y emisiones, lo que lo convierte en el material más ecológico posible.

En este sentido, pueden considerarse como naturales la madera, la grava, las rocas, el bambú, los tejidos vegetales...incluso los morteros.

## **1.2. Utilización de materiales y recursos duraderos**

Dado que no siempre es posible utilizar materiales naturales en arquitectura, se deben elegir los más adecuados de todos cuantos fabrica el hombre.

Entonces, tal y como se ha dicho, el paso siguiente en el proceso de elección de materiales sostenibles, es aprovechar al máximo la vida útil

del material fabricado. Una mayor durabilidad implica una disminución del consumo energético relativo, y al mismo tiempo, una disminución de los residuos generados.

### **1.3. Utilización de materiales y recursos recuperados**

Una vez superada la vida útil de un material, el proceso siguiente es intentar buscarle una nueva utilidad, evitando que se convierta en un residuo.

En la Naturaleza no existe el concepto de residuo, ya que todo se utiliza una y otra vez de forma cíclica e infinita.

En arquitectura se pueden utilizar los residuos, disminuyendo el consumo energético. De este modo, no sólo eliminamos los residuos, sino que los disminuimos.

Es evidente que los residuos utilizables pueden ser de todo tipo, con independencia de su bondad medioambiental. No hay que olvidar que reutilizar materiales poco ecológicos es mucho mejor que eliminarlos o reciclarlos, ya que en realidad, lo que se está haciendo es retrasar al máximo su impacto medioambiental.

Sin duda, la utilización de residuos es un campo poco explotado y con un interés elevadísimo en la arquitectura del futuro.

Los residuos se pueden utilizar de varios modos:

1. En fábrica. Los mismos residuos que se generan en el proceso de fabricación de un material se pueden volver a utilizar en la

obtención de nuevos materiales. Un ejemplo clásico: la fabricación de paneles de restos de madera aglomerada, tan habitual en la construcción actual. Otro ejemplo: los residuos de la fabricación de gres porcelánico se podrían utilizar para la fabricación de bloques de lodos como muros de carga o de contención (personalmente he construido en Valencia una vivienda con estos bloques). Otro ejemplo: se pueden fabricar paneles decorativos simplemente prensando *Tetrabriks* y cortándolos en placas como si fuera mármol o granito (he utilizado estos paneles en un edificio de oficinas en Málaga). Otro ejemplo: con los restos de tubos dentífricos se pueden hacer placas onduladas (he utilizado estas placas para las cubiertas de viviendas de estrato 1 en Cali, Colombia).

2. En obra. Se trata de utilizar directamente residuos en la obra. Ciertos materiales son considerados como residuos porque se ha superado su vida útil para una determinada funcionalidad, pero pueden ser perfectamente válidos en construcción, lo que alarga todavía más su vida útil, sin necesidad de consumo energético adicional, y sin generar residuos. Un ejemplo: se pueden utilizar neumáticos usados y desechados, por ejemplo para construir un forjado sanitario aislado de bajísimo coste (lo he utilizado en el Centro de Recursos Medioambientales *ACTIO*, en Valencia). Otro ejemplo: los restos de sacos de café son perfectos como aislamiento (he empleado estos sacos en la *urbanización SAYAB*, en Cali, Colombia).
3. En interiorismo. Se trata de utilizar todo tipo de residuos en la fabricación de mobiliario y elementos decorativos. En este caso, las posibilidades de aplicación son infinitas.

## **1.4. Reutilización de materiales y recursos**

Por muy duradero que sea un material, tarde o temprano dejará de ser útil para una determinada función. Llegados a este punto, el siguiente paso para disminuir el balance total del consumo energético y la reducción de residuos, es reutilizarlo en otro lugar, y con otra funcionalidad.

La diferencia con el punto anterior es que ahora no se trata de materiales desechados, sino de materiales que siguen siendo perfectamente válidos, pero que se les alarga su vida útil. Un ejemplo: la utilización de vigas de madera prominentes del derribo de un edificio. No se trata de una recuperación, sino de una nueva utilización. Simplemente se han cambiado de lugar. Otro ejemplo lo constituye la reutilización de tejas, mosaicos, baldosas cerámicas, etc., lo cual es una práctica muy habitual.

En definitiva, el proceso de reutilización no es más que un proceso para alargar al máximo la vida útil total de un determinado material.

Además, el proceso de reutilización se puede realizar incluso en fases distintas de una misma actividad. Por ejemplo, en la construcción de un edificio se pueden utilizar los listones de madera con los que están contruidos los palés que se han utilizado para transportar un determinado material.

Pero, para ilustrar esta idea de una manera más clara, me gustaría citar un ejemplo, ya clásico, de la historia del capitalismo y su relación con la sostenibilidad. Se trata del genio de la industria del automóvil Henry Ford, que se recuerda por haber sido el creador de un sinfín de innovaciones en la industria del automóvil, entre las que destacan: la creación del sistema de fabricación por cadenas de montaje, la creación del proceso de subcontratación, y sobre todo, la creación del revolucionario automóvil

*Ford T.* El Sr. Ford pedía que se le sirvieran los motores para su modelo *Ford T* con un embalaje determinado, de una madera determinada y con unas dimensiones determinadas. Y se así se lo hacían. Hasta que un día, uno de sus suministradores, conociendo la capacidad de optimización deseada por el Sr. Ford, le dijo a este que las cajas de madera podían ser más pequeñas, ya que sobraba espacio en su interior, una vez colocado el motor, y que se podría disminuir el material, y por tanto el precio.

El Sr. Ford no le respondió, y le dijo que siguiera haciéndolo como era habitual.

No le interesaba que su suministrador supiera que los paneles de madera de sus embalajes los estaban utilizando para realizar los chasis de su revolucionario automóvil *Ford T*. El ejemplo debería hacer reflexionar a los responsables de las industrias relacionadas con el sector de la construcción.

## **1.5. Utilización de materiales y recursos reutilizables**

La reutilización de un material es una acción sumamente efectiva desde un punto de vista medioambiental, ya que ni se consume energía, ni se generan residuos. Por ello, los materiales deben fabricarse y utilizarse de tal modo que puedan reutilizarse de nuevo. En este sentido, es deseable que un edificio disponga de la mayor cantidad posible de materiales que pueden reutilizarse una y otra vez. Un falso techo de escayola no puede reutilizarse, en cambio, un falso techo de listones de madera sí.

Por otro lado hay que decir que el proceso de reutilización puede (y debe) ser secuencial y múltiple, es decir, un material podría y debería ser reutilizado varias veces. Por tanto, no hay que conformarse con volver a

utilizar un material una sola vez, es más, incluso si se superara la vida útil de ese material en un determinado edificio, se debería reutilizar en otro, y así de forma sucesiva.

Pongamos un ejemplo. Desde mi punto de vista, el *Trespa* es uno de los mejores materiales para realizar fachadas ventiladas (muchísimo mejor que la cerámica, y por supuesto, el aluminio). Es un material muy duradero, muy estable, pero difícil de reciclar (apenas un 10 – 20%). Entonces, en lugar de intentar reciclarlo, o recuperar parte de su energía quemándolo, lo mejor que se puede hacer es fomentar una fuerte política de reutilización de dicho material. En este sentido, me gustaría comentar que se ha hecho demasiada publicidad y se ha sobrevalorado el proceso de reciclaje, que en realidad es un proceso mucho menos eficaz y ecológico que la recuperación y la reutilización.

Si un determinado edificio está recubierto con paneles de *Trespa*, y después de 50 años de vida útil, se decide cambiarlo, el material eliminado debería utilizarse en otro edificio menos exigente estéticamente (por ejemplo, un almacén). Del mismo modo, después de 50 años, este material, se podría utilizar en otro sitio (por ejemplo, en casetas de obra). Y así sucesivamente hasta que realmente el material no tenga ninguna utilidad. Sólo en ese caso, y no antes, el material debería reciclarse, o quemarse.

Por ello, el arquitecto debería conocer bien un determinado material y elegir los colores y texturas más adecuados para que el material tenga la máxima vida útil posible. Del mismo modo, debería utilizar dicho material pensando en su ulterior recuperación. Para ello, no se harían cortes innecesarios ni perforaciones, que dificultasen su ulterior reutilización, y elegiría sistemas de fijación por presión menos dañinos.

## **1.6. Grado de reutilización de los materiales y recursos utilizados**

Hay materiales que son más fáciles que reutilizar que otros, aunque su capacidad de reutilización se debe sobre todo, a la solución constructiva empleada. Por ejemplo, una estructura de hormigón armado “in situ” no puede reutilizarse. En cambio, si se emplean elementos prefabricados de hormigón armado atornillados entre sí, se pueden reutilizar una y otra vez cada uno de estos componentes.

Por ello, es indispensable en arquitectura ecológica diseñar todas las soluciones constructivas, de tal modo que los materiales empleados puedan reutilizarse, en ese o en otro edificio, el mayor tiempo posible. Es decir, todos los componentes del edificio se deben diseñar para permitir el mayor grado de reutilización posible de sus componentes, en ese edificio, o en cualquier otro.

## **1.7. Utilización de materiales y recursos reciclados**

Básicamente, reciclar un material consiste en obtener un nuevo material alterando su estructura mecánica, física y/o química.

Por supuesto, y aunque en menor grado que en la obtención de un material a partir de materias primas, para realizar el proceso de reciclaje se necesita energía, materias primas, y también se generan residuos. Por otro lado, me gustaría recordar que el proceso de reciclaje es el que menos se parece a los mecanismos propios de regeneración natural, utilizados por la Naturaleza.

Por todo ello, el reciclaje es la actividad menos interesante en arquitectura sostenible. En este sentido, es preocupante que continuamente se argumente esta cualidad para justificar el grado de “sostenibilidad” de un material. A este respecto hay que indicar que prácticamente cualquier material es reciclable, con independencia de la cantidad de energía necesaria, la cantidad de residuos y emisiones generados, y la calidad del producto resultante.

Como conclusión, el proceso de reciclaje sólo se debería utilizar cuando no se puedan utilizar otras acciones más eficaces desde un punto de vista medioambiental (naturalidad, durabilidad, recuperación, reutilización).

Para finalizar, me gustaría poner un ejemplo, que es perfecto para ilustrar la estrategia que se debe emplear para conseguir el mayor grado posible de sostenibilidad en un edificio. El ejemplo es la política de *Coca Cola* en sus embases.

*Coca Cola* tiene tres estrategias bien diferentes, dependiendo de la finalidad de cada embase: Por un lado, la utilización de latas de aluminio, por otro lado la utilización de botellas de plástico, y por último la utilización de botellas de vidrio. Sin duda, la más ecológica es esta última.

*Coca Cola* ha diseñado una botella con la finalidad de ser fácilmente manejable, muy duradera y reutilizable. De hecho, las botellas se reutilizan una media de 28 veces cada una, antes de ser recicladas. Es decir, la política sigue el proceso lógico: material muy natural (vidrio), elevada vida útil (grosor y forma), alta durabilidad, alta capacidad de reutilización (28 veces), y por último, altísima capacidad de reciclaje. Sin duda un modelo a seguir por la arquitectura. (La utilización por Coca-Cola de otros dos tipos de envases se debe a otras políticas de distribución

para las cuales, el vidrio no es tan adecuado, como las dirigidas a mercados de baja probabilidad de reutilización).

### **1.8. Utilización de materiales y recursos reciclables**

Un material puede ser reciclado y no reciclable (como es el caso del tablero aglomerado de partículas de madera) o reciclable, pero no reciclado (como es el caso del polipropileno, polietileno, acero, vidrio, etc.).

Por supuesto, también pueden ser reciclados y reciclables (los materiales reciclables que actualmente se obtienen, y que se reciclarán en el futuro). Por lo tanto, lo menos interesante es la utilización de materiales reciclados, ya que puede que no sean reciclables en el futuro. Lo más importante es utilizar materiales reciclables. No olvidemos que el concepto de reciclabilidad se basa en la idea de que hoy día se fabriquen materiales, para que nunca más vuelvan a obtenerse en el futuro, sino que se reciclen una y otra vez.

### **1.9. Grado de reciclaje de los materiales y recursos utilizados**

Existe una disparidad enorme entre la cantidad de energía necesaria para reciclar un determinado material y la necesaria para reciclar otro. Y lo mismo puede decirse con respecto a los residuos y emisiones nocivas vertidos al medio ambiente. Por ejemplo, reciclar el vidrio es muy poco costoso energéticamente, no vierte emisiones ni residuos, y el material resultante tiene las mismas características que el vidrio realizado a partir de sílice.

En cambio, el aluminio consume muchísima energía en el proceso de reciclado generando muchos residuos y emisiones nocivas para el medio ambiente ya que hay que eliminar los lacados, anodizados, etc., que se añaden para evitar su oxidación (recuérdese que el aluminio se oxida de forma fulminante y por eso se utiliza polvo de aluminio en los explosivos y en pirotecnia). Por último, y por si fuera poco, el aluminio resultante del proceso de reciclaje no tiene las mismas características mecánicas (por lo que sólo se suele reciclar de forma parcial).

Es evidente por lo tanto que el concepto de “reciclabilidad” no significa mucho, y que además tiene una eficacia muy dispar, dependiendo del material.

Por ello, sólo se utilizaran materiales reciclados cuando no exista otra posibilidad medioambientalmente más efectiva. En muchos casos incluso debería rechazarse el material reciclado, del mismo modo que se rechazaría el material obtenido a partir de materias primas.

Un ejemplo que ilustra esta idea lo constituye el aluminio. Es tanta la cantidad de energía necesaria para reciclar el aluminio, tan poca su capacidad de reciclaje y la necesaria generación de emisiones y vertidos de sustancias dañinas, que el aluminio reciclado debería rechazarse del mismo modo que el aluminio obtenido directamente de la bauxita. En realidad, el aluminio es uno de los materiales que genera más problemas medioambientales.

### **1.10. Grado de renovación y reparación de los recursos utilizados**

Una vez superada la vida útil de un material o dispositivo, podría volver a usarse si pudiera ser reparado y sustituido con facilidad. Por ello hay que

utilizar materiales de fácil mantenimiento y reparación, así como soluciones constructivas que permitan que todos los componentes de un edificio puedan ser fácilmente desmontados, reparados y sustituidos, con el menor consumo energético posible, y generando la menor cantidad posible de residuos.

El arquitecto debe diseñar el edificio de tal modo que sus componentes puedan ser fácilmente desmontados, para ello, se deben potenciar sistemas constructivos “en seco” en los que los diferentes componentes se montan de forma atornillada, por presión, por medio de clavos, engranajes, etc. o incluso mediante una soldadura parcial. Debería evitar soluciones continuas en las que es difícil eliminar un material sin dañarlo, o dañar parte del resto de materiales.

Del mismo modo, se debería potenciar el uso de tecnologías reparables, frente a otras que no lo sean. La dinámica económica actual fomenta el cambio continuado de productos, con la finalidad de forzar que el comprador adquiriera un nuevo producto, en lugar de reparar el antiguo. Para ello, se disponen unos costes de reparación injustificadamente altos. Habría que elegir la tecnología utilizada en arquitectura sostenible, de modo que no se fuerce su sustitución, y se facilite su reparación. Es cierto que para conseguir este punto, se debería forzar el cambio del sistema económico actual, a base de fomentar unos nuevos valores en la sociedad.

### **1.11. Grado de aprovechamiento de los recursos**

Un edificio debe diseñarse para poder aprovechar al máximo no sólo los recursos naturales, sino también los fabricados por el hombre. Debe diseñarse no sólo para aprovechar al máximo los recursos necesarios,

sino también pensando en el mantenimiento, y la posterior reutilización de sus componentes (ya que en arquitectura sostenible no cabe el concepto “derribo”).

En este sentido, el arquitecto debe adoptar todo tipo de decisiones arquitectónicas para que ello sea posible, y además, no generar residuo alguno.

Es evidente por tanto que, desde un punto de vista sostenible, no tiene cabida la arquitectura húmeda convencional, en la cual los materiales se aglutinan entre sí y, después de la vida útil del edificio, no hay forma de recuperarlos para volver a utilizarlos. Una verdadera arquitectura sostenible debe, por lo tanto, estar ensamblada en seco, sin uniones de empotramiento perfecto, y a ser posible, simplemente uniones atornilladas o por presión (hay que evitar también las colas y pegamentos especiales que inutilizan las piezas una vez ensambladas).

Sin embargo, la actividad del arquitecto no debe limitarse a realizar una arquitectura en seco, ya que ésta tampoco es sinónimo de optimización de recursos y ausencia de residuos. El arquitecto debe lograr una nueva sintaxis arquitectónica que permita crear objetos bellos, pero a su vez, el máximo aprovechamiento posible de los recursos, y la eliminación de residuos. Esta nueva sintaxis arquitectónica debe ser capaz de posibilitar la composición de nuevos objetos, pero también su fácil reparación, ya que una verdadera arquitectura sostenible, en realidad, debe tener un ciclo de vida infinito, y estar siempre en un proceso de renovación continua. Por tanto, las posibles reparaciones encaminadas a optimizar los recursos deben tener cabida en este nuevo lenguaje arquitectónico, y dar como resultado edificios realmente atractivos e interesantes.

Pongamos dos ejemplos: el diseño de una fachada ventilada, y el diseño de un suelo.

Las fachadas ventiladas pueden realizarse a partir de tres tipos básicos de material: materiales con dimensiones preestablecidas, materiales con dimensiones variables, y materiales adimensionales. Los dos primeros presentan inconvenientes medioambientales ya que generan una gran cantidad de residuos, pero al menos el segundo puede optimizarse, si se adoptan nuevas sintaxis arquitectónicas.

- La utilización de materiales con dimensiones preestablecidas (por ejemplo la cerámica) es la peor opción con diferencia, ya que obliga al arquitecto a adoptar un módulo compositivo predeterminado. Lo cual supone un enorme obstáculo para la actividad creativa del arquitecto. Si la industria ha creado un formato determinado (por ejemplo 60 \* 120) es porque eso es lo que dan de sí las prensas actuales. Y si un arquitecto desea utilizar este formato tiene que modular todo el edificio de igual forma. El resultado es tremendamente pobre, fuera de escala, anodino, monótono, impersonal. De hecho, el resultado va en contra de cualquier objetivo de diseño arquitectónico: proyectar todos los edificios en base de un módulo gratuito, que nada tiene que ver con la escala humana.

Para escapar de esta pobreza arquitectónica sólo hay dos salidas: o se cortan las piezas (lo cual genera muchísimos residuos), o se piden piezas especiales (lo cual es tecnológicamente y comercialmente imposible en el caso de la cerámica).

Mejor nos olvidamos de la cerámica.

- La utilización de materiales con dimensiones variables (*Trespa*, Yeso-celulosa, piedra natural, granitos, cemento-madera, etc.) también genera

problemas medioambientales, pero de muchísima menor escala y corregibles.

Estos materiales suelen servirse con unas dimensiones determinadas (mucho mayores que la cerámica) con el fin de poder adaptarse a una determinada modulación elegida por el arquitecto en la composición de su edificio. En este proceso de adaptación se producirán residuos de forma obligatoria, ya que no se podrá aprovechar todo el material después de los cortes necesarios para lograr el módulo elegido por el arquitecto.

Lo que propongo para solucionar este problema precisamente es que el arquitecto cambie su forma de componer. El arquitecto debe pensar que puede crear belleza con módulos diferentes y con reglas compositivas diferentes. Para componer de forma correcta y atractiva un edificio, no es necesario buscar tanto orden, tanta linealidad, tanta precisión, tantas coincidencias, etc. Se puede hacer de otra forma.

Personalmente, he adoptado una metodología compositiva en mis edificios que resuelve perfectamente el problema. En una primera etapa debemos conseguir un determinado módulo compositivo que sea un compromiso entre la posible modulación del edificio y las posibles particiones del material que sale de fábrica. Hecho esto, procedemos a realizar un primer esbozo compositivo del conjunto de la fachada (o del edificio), y procedemos a colocar las piezas imprescindibles que nos aseguren el equilibrio y la armonía de la composición final. A continuación, procedemos a colocar el resto de piezas de forma secuencial, aprovechando hasta el último retal generado, como si se tratara de un mosaico o de un puzzle. Es evidente que el arquitecto sólo tiene un control parcial del resultado final, pero de eso precisamente se trata. Sin embargo, el resultado final es muy atractivo, y no se ha generado ni un sólo residuo en el proceso.

Lo más importante de este nuevo concepto compositivo es que, debido a su grado de impredecibilidad, con el paso del tiempo se pueden cambiar algunas piezas por otras de otro color o textura diferentes (quizás porque ya no se fabrique el color anterior) y el resultado final sería igualmente atractivo. Con esto lo que estamos haciendo es alargar la vida útil de los materiales, y permitir la evolución del diseño del edificio. El atractivo compositivo que se obtiene lo denominó “la belleza de lo imperfecto”.

Por último hay que destacar la existencia de materiales que pueden alterar de forma enteramente flexible sus dimensiones (zinc). Es la mejor opción de todas, ya que se optimiza de forma absoluta el material, y no se genera ningún tipo de residuo.

Todo lo que se ha comentado para el diseño de una fachada, es igualmente válido para el diseño de cualquier aspecto del edificio: interiores, techos, suelos, etc.

Por ejemplo, si se compone de una forma rígida un determinado suelo, estamos condenando la vida útil del mismo, a una decisión comercial fortuita de una empresa. Si el material dejara de fabricarse con prontitud, lo que es habitual en nuestros días, no habría posibilidad de reparar el suelo. Habría que sustituirlo por completo, y convertirlo en residuo. En cambio, si el arquitecto hace una composición compleja, utilizando materiales de tipos diferentes, es más que probable, que al cambiar los materiales estropeados por otros, aunque sean diferentes a los originales, la composición final siga siendo igualmente atractiva, o incluso más.

Quizás el proceso compositivo descrito (que permite cambios formales fortuitos), sea mucho más complejo de lo que viene siendo habitual. Pero eso es tarea del arquitecto. No hay coste adicional alguno.

## **2. Disminución del consumo energético**

Los indicadores sostenibles de este punto proporcionan información de todas las acciones que deben tenerse en cuenta para disminuir al máximo el consumo energético en la construcción del edificio. Se ha de examinar con escrupuloso detalle todas las etapas del ciclo de vida completo de un edificio. Desde la etapa de proyecto y la fabricación de materiales, hasta la etapa de desmontaje del edificio (en arquitectura sostenible no debería tener cabida el concepto de “derribo”).

En este punto también se ha incluido, por razones meramente académicas, el grado de aprovechamiento de fuentes energéticas habituales.

Sin embargo, no hay que confundir el ahorro energético, con la utilización de energías alternativas. Por el hecho de usar fuentes de energía alternativas no se ahorra absolutamente nada, ya que simplemente se está utilizando una fuente energética, en lugar de otra. Quizás haya un ligero descenso en las emisiones al medio ambiente, pero la energía que el edificio está consumiendo es la misma, y el precio que se está pagando en realidad es superior.

Para reducir realmente el consumo energético de un edificio, simplemente hay que diseñarlo mejor.

### **2.1. Energía utilizada en la obtención de materiales de construcción**

Para empezar a disminuir el consumo energético en la construcción de un edificio hay que empezar por disminuir la energía necesaria en la obtención de sus componentes: Las soluciones constructivas deben ser lo más sencillas posible, y la energía consumida en la obtención y fabricación de los diferentes materiales debe ser la menor posible.

A continuación se proporciona una tabla que muestra el consumo energético necesario en la obtención de los materiales de construcción más habituales. En dicha tabla se muestran algunos materiales tales como cemento, hormigón, hormigón armado, madera, cerámica, bambú, linóleo, piedra, acero, vidrio, etc. que tienen un consumo energético aceptable. En cambio, materiales como el aluminio, *PVC*, algunos plásticos y esmaltes tienen un consumo energético tan elevado que su utilización no está justificada en absoluto, y deben evitarse en construcción sostenible.

Como se muestra, el aluminio es un caso extremo, debido a su elevadísimo consumo energético desde su obtención de la bauxita. Se podría justificar la utilización del aluminio, por ejemplo, en la construcción de un satélite artificial, ya que es imprescindible un bajísimo peso. En la construcción de un automóvil es mucho menos justificable, pero su uso reduciría su peso, y por tanto, su consumo energético, y sus emisiones al medio ambiente. En cambio el aluminio no está justificado en ningún capítulo del sector de la construcción, ni de la industria del mueble (en donde se utiliza muchas veces por razones puramente visuales). Por no decir que existen muchísimas alternativas más adecuadas a este material, y que serían más baratas si se fomentara su utilización.

Me gustaría añadir que esta tabla muestra el consumo energético por peso del material fabricado. Pero, del mismo modo, la tabla se podría reordenar de tal modo que mostrara el consumo energético por volumen de material, o también se podría reordenar para que mostrara el consumo energético relacionado con la resistencia característica del material. En cualquier caso, el orden no se modifica sustancialmente. Los materiales dañinos para el medio ambiente siguen siéndolo de forma sustancial de cualquier modo. No hay defensa posible para el aluminio, el *PVC*, los esmaltes, etc.

## **2.2 Energía consumida en el transporte de los materiales**

A la energía utilizada en la fabricación hay que añadir la energía necesaria para transportar el material hasta la obra. Este punto no se suele tener en cuenta en el proceso habitual de construcción, lo que queda demostrado por la utilización masiva de mármoles o granitos traídos de Brasil, Rusia, Vietnam o China, o cerámica de Turquía, India, o China. Por este motivo, en arquitectura sostenible se debe potenciar la utilización de materiales locales, cercanos al lugar en el cual se ubica la edificación.

Es evidente que las estrategias comerciales de nuestra actual economía global se encargan una y otra vez de incumplir con este precepto, basado incluso en el sentido común.

## **2.3 Energía consumida en el transporte de la mano de obra**

Este punto quizás sea el que más se suele cumplir de forma habitual, aunque existen algunas excepciones que suelen deberse a la premura de

tiempo que existe en la construcción de muchos edificios, o el empleo de mano de obra muy especializada. No obstante, esta mano de obra muy especializada debería evitarse en arquitectura sostenible, ya que es una señal evidente de costes sobreelevados, o de la utilización de ciertas tecnologías y de elementos arquitectónicos gratuitos, que también deberían evitarse.

#### **2.4. Energía utilizada en el proceso de construcción del edificio**

La construcción de un edificio puede tener un consumo considerablemente variable, dependiendo de las soluciones constructivas ideadas por el arquitecto. Incluso un mismo edificio puede construirse de varias formas sustancialmente diferenciadas, con un precio similar. Por ello, la responsabilidad de este punto recae enteramente en el arquitecto. El arquitecto puede proyectar un edificio para que la energía consumida en el su construcción sea la menor posible. Para ello, simplemente debe tomar las decisiones más adecuadas respecto al tipo de cimentación, el tipo de estructura, el tipo de cerramientos, el tipo de divisiones interiores, y todo tipo de complementos.

Por supuesto, cuanto más sencilla sea la arquitectura proyectada, menos energía se consumirá en su construcción, y al mismo tiempo, menos medios auxiliares se necesitarán (lo que redundará no sólo en un menor consumo energético, sino en la disminución de recursos necesarios y residuos generados).

En general, el arquitecto debería proyectar para que se necesitara la menor cantidad posible de medios auxiliares (andamios, encofrados, protecciones, herramientas, maquinarias, etc.). Pongamos un ejemplo sencillo: una simple vivienda unifamiliar a base de muros de carga

(ladrillos y bloques) será más sostenible que una vivienda con estructura de hormigón encofrado in situ, ya que, para hacer esta estructura se ha necesitado hacer un molde previo, y el uso de una gran cantidad de medios auxiliares. Una estructura de muros de carga tan sólo necesita unos simples puntales para apejar el centro de las viguetas del forjado, ya que las mismas viguetas y el muro de carga, sirven de encofrado.

Podría alegarse que muchos edificios deben ser necesariamente complejos, pero personalmente creo que no es así. El arquitecto puede buscar complejidad o puede buscar sencillez para cumplir un mismo programa y en un mismo entorno. Y esta sencillez no está reñida ni con el cumplimiento de un programa (al contrario), ni con la investigación formal, ni siquiera con la espectacularidad de un edificio. Es decisión del arquitecto.

Por ello la arquitectura sostenible, de nuevo, ante todo debe encontrar una nueva y adecuada sintaxis arquitectónica, lejos de tendencias, modas o preferencias personales de expresión.

En este sentido, es evidente que el grado de industrialización y prefabricación de un edificio es fundamental. Realizar las componentes de un edificio en fábrica no sólo optimiza los materiales, elimina los residuos y disminuye el tiempo de construcción, sino que además, reduce al máximo el consumo energético. El caso extremo, la prefabricación, sería la forma ideal de realizar una verdadera arquitectura sostenible: construir todo tipo de edificios, con cualquier funcionalidad, utilizando el mismo tipo de piezas prefabricadas.

El promotor no ha aceptado la industrialización por varios motivos, entre los que destacan la escasez de infraestructura existente, la dependencia tecnológica, la dependencia de los proveedores, la dificultad añadida del

proyecto (su equipo técnico debería trabajar mucho más), y su creencia de que el resultado final podría tener limitaciones. Por otro lado, la sociedad ha rechazado la prefabricación debido sobre todo a la fealdad y pobreza arquitectónica de las propuestas conocidas.

Por ello, los procesos de industrialización y de prefabricación deben estimularse al máximo, y el arquitecto debe ser capaz de realizar proyectos mucho más elaborados, diseñando de forma diferencial cada componente de su proyecto, disminuyendo el número de componentes diferentes, potenciando la rapidez y sencillez del montaje y disminuyendo la cantidad necesaria de medios auxiliares necesarios. Por supuesto, la industrialización y la prefabricación no deben ser obstáculo alguno para lograr composiciones arquitectónicas ricas y atractivas. Este simplemente es un problema que el arquitecto debe resolver, con independencia de su complejidad añadida.

## **2.5. Consumo energético debido al diseño del edificio**

El consumo energético debido al diseño de un edificio es consecuencia de sus pérdidas energéticas en periodos fríos, y de sus ganancias térmicas en periodos calurosos. Para suplir las pérdidas energéticas tradicionalmente se utilizan sistemas mecánicos de calefacción (que consumen diferentes tipos de energía), y para suplir las ganancias térmicas se utilizan sistemas mecánicos de aire acondicionado (que, básicamente, sólo utilizan energía eléctrica).

Las pérdidas energéticas de un edificio se deben a los materiales y soluciones constructivas empleadas en su envolvente. Un buen diseño arquitectónico debe reducir al máximo estas pérdidas, adoptando la

estructura arquitectónica más conveniente, las soluciones constructivas más adecuadas y el aislamiento térmico correspondiente.

Las ganancias térmicas de un edificio se deben principalmente al efecto invernadero generado por la radiación solar en los vidrios, a la utilización de artefactos en el interior del edificio, y a los propios usuarios del mismo. Un buen diseño arquitectónico debe reducir al máximo estas ganancias, eligiendo convenientemente la tipología arquitectónica, su orientación, las protecciones solares, el correcto dimensionado de las superficies acristaladas, etc. y disminuyendo al máximo la cantidad de artefactos.

Las soluciones constructivas tradicionales, y la propia normativa actual, son excesivamente simplistas, ya que prácticamente se centran en disminuir las pérdidas energéticas, y además, de forma incorrecta. Un ejemplo de ello es el actual Código Técnico de la Construcción (CTE) español.

El CTE simplemente controla el grado de aislamiento de cada uno de los paramentos envolventes de un edificio, (no ha variado en absoluto respecto de la anterior normativa CT 79), con independencia de las soluciones constructivas, la orientación, la tipología arquitectónica, las protecciones solares, etc. Como es un poco más restrictivo que la normativa anterior, los futuros edificios simplemente tendrán un poco más de aislamiento (porque evidentemente los arquitectos no van a dejar de poner más vidrio del necesario).

Como resultado de la aplicación del CTE, los edificios tendrán menos pérdidas energéticas, pero tendrán las mismas ganancias, o incluso más.

El único modo natural que tenían los edificios españoles para refrescarse en verano se debía curiosamente a sus pérdidas energéticas. Durante las

noches de verano los edificios se refrescaban, cediendo su calor al aire fresco circundante, por radiación, y en mucho menor grado, por convección-ventilación.

Los edificios proyectados teniendo en cuenta el CTE (más aislados) van a tener mucha menos capacidad de refrescarse de este modo, por lo que van a permanecer calientes durante toda la noche, y al día siguiente se van a recalentar de nuevo, debido a sus ganancias térmicas.

La consecuencia directa es que los ocupantes de los edificios van a instalar muchos más equipos de aire acondicionado.

Como resultado, quizás se consuma un poco menos energía en invierno, pero se va a consumir mucha más energía en verano. Y lo que es peor, en invierno se pueden utilizar diferentes tipos de energía para calentar. En verano prácticamente sólo se puede utilizar energía eléctrica para refrescar.

Es evidente que los redactores del CTE siguen creyendo que en España hace más frío que calor, y quizás no hayan oído hablar del calentamiento global.

Un paso atrás para la obtención de una verdadera arquitectura sostenible.

## **2.6. Idoneidad de la tecnología utilizada respecto a parámetros intrínsecos humanos**

El cuerpo humano tiene un determinado comportamiento térmico y una determinada forma de interacción energética con su entorno. Básicamente, y por orden de importancia, el cuerpo humano interacciona

térmicamente por 1) radiación (45%), 2) convección (35%), 3) sudoración (10%), 4) contacto (5%) y 5) respiración (5%). Es decir, el cuerpo humano es mucho más sensible a la radiación, que a la convección.

Por ello, en arquitectura sostenible debe potenciarse la transmisión de calor por radiación, y evitar la convección y sobre todo, el aire impulsado. A igualdad de consumo energético, el cuerpo humano aprovechará más el sistema de radiación. O lo que es lo mismo, sentiremos más sensación de calor si el sistema es por radiación, que si es por convección. Es decir, para que un sistema de convección nos calentara con la misma eficacia que un sistema de radiación, su potencia y su consumo necesariamente deberían ser más elevados. Y el grado de confort no sería el mismo.

Con respecto al aire impulsado, la situación es todavía peor. Se debe emplear mucha más energía para tener la misma satisfacción de necesidades caloríficas. Y ello sin contar el resto de problemas debidos a la velocidad de impulsión de aire: el aire caliente impulsado genera un fenómeno de evaporación del sudor de la piel, por lo que nos sentimos calientes y frescos a la vez. El aire impulsado lo sentimos caliente, mientras que los objetos están fríos (se nos transmite este frescor por radiación) y de ahí la sensación desagradable. Lo mismo pasa en verano con el aire fresco impulsado: sentimos fresco el aire, y sentimos a la vez calor por radiación de los objetos (esto explica el poco confort que tenemos en un automóvil en el que el aire sale impulsado fresco, pero el techo nos transmite calor por radiación. La sensación no es gratificante.

Por ello, en arquitectura sostenible siempre debe utilizarse la transmisión de calor por radiación, debe reducirse la transmisión por convección, y debe evitarse siempre la transmisión de calor por aire impulsado (aire acondicionado). Personalmente sólo uso sistemas de calefacción por suelo radiante solar (sin apoyo), radiadores eléctricos con tarifa nocturna

(radiadores de gran tamaño, nunca convectores), y nunca utilizo sistemas de aire acondicionado (en ningún lugar, y bajo ninguna circunstancia).

## **2.7. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante el diseño del propio edificio y su entorno. (Grado de Bioclimatismo)**

Es el punto más importante de todos, por dos motivos. Por un lado, el correcto diseño bioclimático de un edificio puede disminuir el consumo energético del mismo de forma considerable. En casos extremos, incluso puede hacer que un edificio no consuma ningún tipo de energía no renovable. Por otro lado, el diseño bioclimático de un edificio es el componente sostenible que mayor impacto tiene sobre el aspecto formal del mismo, por lo que está directamente relacionado con la actividad más atractiva del arquitecto.

Básicamente un edificio bioclimático es aquel que se autorregula térmicamente, tan sólo mediante su propio diseño arquitectónico, sin necesidad de dispositivos mecánicos.

Es evidente que no siempre se puede conseguir este objetivo, y que en muchos casos deben utilizarse dispositivos mecánicos de apoyo. Por ello, no es correcto hablar de “diseño bioclimático”, a secas, y sería más correcto hablar del “grado de bioclimatismo” de un edificio.

Un edificio será más o menos bioclimático, dependiendo de la experiencia del arquitecto, y de su conocimiento de las estrategias básicas que puede aplicar para refrescar o calentar un edificio de forma natural. En algunos casos sólo se logrará un leve descenso en el consumo energético, y en otros casos se puede conseguir incluso, que el edificio no tenga consumo energético alguno.

En el siguiente apéndice se muestran algunas estrategias básicas que el arquitecto puede utilizar en sus proyectos. Por lo que el grado de bioclimatismo de un edificio dependerá de su correcta aplicación.

## **2.8. Inercia térmica del edificio**

La inercia térmica de un edificio es un claro indicativo de su correcto comportamiento térmico, y al mismo tiempo, de su grado de aprovechamiento de los recursos naturales.

La inercia térmica es la capacidad que tiene un material de acumular calor o fresco. Por lo que, debido a ella, un edificio permanece caliente las noches de invierno, y permanece fresco los días de verano, disminuyendo con ello el consumo energético de un edificio de forma considerable.

La inercia térmica prácticamente sólo se puede lograr aumentando la masa de los edificios. A menor masa, menor inercia térmica, peor comportamiento térmico, menor confort y mayor consumo energético. Por tanto, si se desea conseguir un correcto diseño bioclimático, hemos de aumentar considerablemente su masa.

Se puede aumentar la masa de un edificio de formas diferentes:

- Aumentando la masa de las envolventes exteriores. Por ejemplo instalando cubiertas vegetales, o semienterrando el edificio, o colocando muros exteriores de elevado peso.
- Aumentando la masa de los componentes estructurales. Por ejemplo, utilizando un sistema portante a base de muros de carga

(en lugar de utilizar pilares), utilizar paneles prefabricados de alta masa, aumentando la sección y masa de los forjados.

- Aumentando la masa de elementos interiores del edificio. Por ejemplo, añadiendo jardineras, masas de agua, o cualquier tipo de elemento decorativo

## **2.9. Grado de utilización de fuentes de energía naturales mediante dispositivos tecnológicos. (Grado de integración arquitectónica de energías alternativas).**

El objetivo principal de un correcto diseño bioclimático es eliminar los dispositivos tecnológicos que proporcionan calor o fresco a un edificio. El correcto acondicionamiento térmico del edificio debe hacerse por medio del diseño arquitectónico.

Sin embargo, en muchas ocasiones esto no es posible total o parcialmente, ya sea porque el entorno tiene unas condiciones climatológicas extremas, o porque el edificio tiene unas grandes restricciones formales. En este caso se ha de echar mano necesariamente, de dispositivos tecnológicos para aprovechar al máximo todo tipo de energías renovables.

Estos dispositivos deben integrarse de la mejor forma posible en el edificio, de tal modo que se garantice la correcta y armónica composición del conjunto, pero garantizando el máximo rendimiento de los dispositivos. Esto es lo que se denomina como: “integración arquitectónica”.

Este concepto, “integración arquitectónica” ha sido manipulado desde su origen por razones puramente comerciales. Con el fin de estimular la

venta de dispositivos tecnológicos para aprovechar las energías renovables, y convencer más fácilmente a los arquitectos, las empresas fabricantes han fomentado una incorrecta utilización de los dispositivos que ellas misma fabrican. En este sentido por ejemplo, se suelen colocar captosres solares térmicos y fotovoltaicos en cualquier posición, orientación, e inclinación.

Es evidente que los captosres solares deben colocarse exclusivamente en posición sur, ya que si se hiciera en otra orientación, el rendimiento bajaría considerablemente ya que aprovecharía mucho menos la radiación solar. Del mismo modo, los captosres solares deben tener una orientación dependiente de la latitud en la que reubica el edificio, o lo que es lo mismo, de la posición del sol (un punto medio de su posición en invierno y en verano).

Sin embargo, es muy habitual ver captosres solares horizontales, verticales, en orientación este, orientación oeste, etc. lo cual es un grave error, ya que esto baja el rendimiento de los captosres de forma drástica. Captosres que por otro lado tienen un alto coste económico. Estas orientaciones incorrectas se deben a que el arquitecto simplemente ha integrado los captosres solares en los elementos arquitectónicos convencionales (parasoles, ventanas, cubiertas), sin mayor esfuerzo creativo.

Pongamos un ejemplo concreto. Supongamos un edificio de forma circular, en el que se han colocado un conjunto de células fotovoltaicas “integradas” en los vidrios verticales de la zona sur de su fachada (como podría ser el edificio “Nexus” de la UPC, en Barcelona). Por ser una fachada circular, estos vidrios no tendrán una orientación completamente sur. Algunos estarán muy al sur, en cambio otros podrían tener una desviación de 45°, o más.

Veamos que es lo que en realidad se ha conseguido:

Los captosres fotovoltaicos son muy caros, para redondear supongamos un coste económico de 6.000 euros por kw-pico. Además, las células fotovoltaicas convencionales tienen un rendimiento energético inferior al 15%. Para una latitud de Barcelona, los captosres fotovoltaicos deberían inclinarse aproximadamente unos 35° con el fin de tener un aprovechamiento máximo medio todo el año. Por ello, si los captosres solares se colocan de forma vertical, la radiación a la que estarán sometidos se habrá reducido aproximadamente a la mitad (seno 30°). O lo que es lo mismo. Su precio se habrá duplicado. En realidad la disminución real no es tan grande, ya que existe una radiación indirecta de fondo. Por ello, supongamos que el rendimiento "sólo" se disminuye en un 40%. Sigamos.

Algunos captosres estarán casi al sur, por lo que tendrán un nivel de asoleo diario óptimo. En cambio, otros captosres estarán con una desviación de 45° este y 45° oeste, lo que hará que su nivel de asoleo disminuya notablemente. Del mismo modo, variará su inclinación respecto de la posición del sol, y por tanto su rendimiento. Supongamos, siendo amables, que el rendimiento global del conjunto de los captosres haya bajado a la mitad.

Como resultado final se tiene que el rendimiento de las células fotovoltaicas ha bajado en un 70%. O lo que es lo mismo, el rendimiento energético total será del 4'5% ( $15\% * 0'3$ ). Y el coste económico real habrá subido a 20.000 euros kw-pico ( $6000 / 0'6 / 0'5$ ). No voy a entrar en valores exactos, y tanto daría si el rendimiento energético fuera del 6 o del 8%, y el coste económico equivalente de 14.000 o 16.000 kw-pico. Es insustancial para la idea.

El caso es que si los captosres fotovoltaicos ya son muy caros de por sí, y poco efectivos, una integración arquitectónica mal entendida los puede hacer muchísimo más caros, incluso convertirlos en meros elementos decorativos (me consta que en muchos casos sólo se persigue este fin mediático).

Una correcta integración arquitectónica debería de hacerse de modo contrario. Debería respetarse que los captosres solares deben tener una correcta orientación e inclinación, y a partir de estos elementos arquitectónicos lograr una sintaxis arquitectónica que permita la composición de objetos arquitectónicos armónicos, sugerentes y bellos. Y de paso se garantiza el máximo rendimiento de los dispositivos solares.

El arquitecto debe respetar las dimensiones, orientación e inclinación de los captosres solares y lograr integrarlos de este modo.

## **2.10. Consumo energético en la deconstrucción del edificio (desmontaje, demolición, tratamiento de residuos, etc.).**

Cuando se habla de consumo energético de un edificio, pocas veces (o nunca) se piensa en incluir la energía consumida en su demolición, y posterior tratamiento de sus residuos. Pero el caso es que un edificio convencional tiene una vida útil no muy larga, y tarde o temprano hay que derribarlo, para construir otro en su lugar.

Por ello, y con el fin de disminuir al máximo este consumo energético se debe diseñar un edificio de tal modo que todos sus componentes puedan ser fácilmente desmontables. De este modo también se permite su posterior reutilización en otros edificios.

### **3. Disminución de residuos y emisiones**

Los residuos y las emisiones están íntimamente ligados al proceso de fabricación de materiales, a la construcción del edificio, y sobre todo, a su demolición.

Además, en los países más industrializados, el cumplimiento de las normativas vigentes de calidad de los materiales, ha incrementado sustancialmente, la cantidad de residuos generados (embalajes, protecciones, revestimientos, etc.).

Con respecto de las emisiones la situación es similar. Para asegurar el cumplimiento de la normativa vigente, muchas empresas optan por aplicar un conjunto de aditivos a los materiales que fabrican. Lo que habitualmente hace que aumenten sus emisiones nocivas para el medio ambiente y la salud humana.

En arquitectura sostenible deben elegirse cuidadosamente los materiales, las soluciones constructivas y los procesos de fabricación, de tal modo que se disminuya al máximo, o incluso se elimine, la cantidad de residuos y de emisiones generadas.

#### **3.1. Residuos y emisiones generados en la obtención de los materiales de construcción**

Para obtener materiales de construcción casi inevitablemente se generan residuos y emisiones al medio ambiente. Por supuesto, hay que potenciar el uso de materiales cuya obtención haya generado la menor cantidad

posible de residuos y de emisiones. Por otro lado, también hay que prestar especial atención al carácter dañino de estos residuos y emisiones, ya que algunos residuos son inertes. Pero en cambio, otros pueden ser tóxicos o perjudiciales para la salud humana, o pueden perjudicar el medioambiente de una forma directa, o indirecta.

### **3.2. Residuos y emisiones generados en el proceso de construcción del edificio**

Los materiales de construcción se dimensionan teniendo en cuenta varios factores: los medios tecnológicos disponibles, su rentabilidad, su transporte, los medios para su puesta en obra y en cierto modo, su futura colocación.

Sin embargo, en la mayoría de los edificios no existe una relación directa entre las dimensiones de los materiales y su colocación. Por otro lado, es muy complicado hacer una estimación exacta de la cantidad de materiales necesarios, por lo que siempre se piden en exceso. Por último, la deficiente calidad de su colocación y la falta de sensibilidad de los profesionales y de la mano de obra, generan obligatoriamente residuos durante la construcción del edificio.

Para reducir o eliminar los residuos debe reestructurarse todo el sector de la construcción. Y, por otro lado, el arquitecto debe de hacer un proyecto arquitectónico que permita eliminar o reducir los residuos a lo largo de todo el proceso constructivo.

Es fundamental la adecuada elección de los materiales, y un dimensionado correcto los módulos compositivos utilizados. Pongamos un ejemplo: Si se diseña un determinado módulo para el panelado de la

fachada ventilada de un edificio, y estas dimensiones no coinciden con el tamaño (o fracciones exactas del mismo) de los paneles que salen de fábrica, obligatoriamente se generarán residuos. Por ello, el arquitecto debe hacer una modulación alternativa, teniendo en cuenta los tamaños de fábrica. Es más, el arquitecto debería sugerir a las diferentes empresas fabricantes la fabricación de nuevos módulos, con el fin de que se generen menos residuos en este proceso.

El problema se incrementa dependiendo del tipo de material empleado. Siguiendo con el ejemplo: si se utilizan paneles de madera o derivados, es más fácil la reutilización de retales, que si se utilizan placas de gres porcelánico.

La utilización de paneles cerámicos en fachadas ventiladas obliga a adoptar un determinado módulo gratuito, lo cual genera una monotonía, una excesiva rigidez formal, y un bajo interés arquitectónico de la fachada resultante. En el caso de que se cortaran piezas para adaptarse a los elementos arquitectónicos de la fachada, se estaría generando una gran cantidad de residuos, con muy bajo nivel de reutilización. Para evitar este problema se debería fabricar una gran cantidad de formatos, lo cual no sería ni cómodo, ni rentable para las empresas fabricantes.

Este es sólo un ejemplo, pero el arquitecto debe razonar de igual manera en todas las decisiones que deba tomar en el proceso de diseño de un edificio.

En fase de ejecución, si el diseño es realmente adecuado, no se deberían producir residuos. Sin embargo, ello dependerá de las soluciones constructivas elegidas. Siempre habrá imprevistos, errores, pero esto es inevitable. La única posibilidad de no generar residuos sería realizando un proyecto y un montaje 100% industrializado. De este modo un edificio se

construiría simplemente ensamblando sus componentes, por lo que no se produciría residuo alguno.

En relación a las emisiones, hay que vigilar el contenido químico de los materiales, ya que muchos de estos pueden ser realmente nocivos, y pueden estar emitiendo durante mucho tiempo. Por ejemplo, un panel de madera aglomerada y chapada puede contener una elevada cantidad de formaldehídos, que estará emitiendo por los cantos no chapados durante mucho tiempo, incluso cuando el panel se haya convertido en residuo. Los materiales con más emisiones son: pinturas, tratamientos de madera, plásticos, tejidos, paneles aglomerados, colas, etc.

### **3.3. Residuos y emisiones generados durante la actividad del edificio**

Este es un capítulo muy conocido por el público general, y podría parecer ajeno al Proyecto arquitectónico. Podría pensarse que la actividad de un edificio es ajena a su diseño y construcción. Pero no es así.

Si se diseñara correctamente, de un modo extremadamente bioclimático, un edificio seguramente no tendría necesidad de sistemas mecánicos de calefacción o de aire acondicionado, o tendría una necesidad mínima. Ello redundaría en una menor cantidad de emisiones y residuos debidos a estos sistemas.

Del mismo modo, equipamientos tales como sistemas de recogida selectiva de basura, sistemas de recogida y tratamiento de agua de lluvia, sistemas de tratamiento de aguas residuales, compostadores, etc. hacen que se reduzcan al máximo la cantidad posible de residuos generados.

Con respecto a las emisiones, hay que decir que algunas son muy conocidas: emisiones debidas a calderas de calefacción, emisiones debidas a la eliminación de aguas negras y aguas grises del edificio, emisiones procedentes de la propia actividad del edificio. Sin embargo, otras son menos conocidas, y no por ello menos importantes: emisiones de los propios materiales de construcción, emisiones de la maquinaria, etc.

En primer lugar, todas estas emisiones deberían limitarse, eligiendo cuidadosamente los materiales y la tecnología que se incorporará en el futuro edificio. Y en segundo lugar, se debería asegurar el correcto tratamiento de las mismas, cuando sea inevitable su vertido. De este modo podrían tener una nueva utilidad, y no constituirían un problema medioambiental (tratamiento de aguas negras, tratamiento de aguas grises, recogida selectiva de residuos, reciclaje de residuos, etc.).

### **3.4. Residuos y emisiones generados en la deconstrucción del edificio.**

Cuando un edificio deja de ser útil, se suele reparar, pero cuando la reparación es muy costosa, o ya no es posible, se suele derribar. El derribo de un edificio parece tan natural como su construcción. Sin embargo, en una autentica arquitectura sostenible, el concepto de “derribo” no debería existir, ni siquiera el concepto, tan ambiguo, de “deconstrucción”. Sencillamente habría que hablar de “desmontaje”.

Un edificio nunca debería ser calificado como “sostenible”, sino ha sido diseñado para eliminar, o reducir al máximo, la cantidad de residuos generados, una vez que se ha decidido no seguir utilizándolo.

Por ejemplo, hace unos años diseñé un edificio de oficinas en Toledo, edificio DOL, de tal modo que todas sus piezas, incluida cimentación y estructura, se modelaban en fábrica, y en obra simplemente se ensamblaban y atornillaban de tal modo que cada pieza puede repararse, renovarse, sustituirse, y desplazarse. Al final el edificio siempre estará en pie, en uno o en otro lugar, y todas sus piezas en uso, tanto en el mismo edificio, como en otro edificio cualquiera.

#### **4. Disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios**

Este apartado es el menos conocido en arquitectura sostenible, pero no por ello menos importante. El mantenimiento de un edificio puede producir un gran impacto ambiental, que en cualquier caso, debe disminuirse al máximo.

##### **4.1. Adecuación de la durabilidad del material a su vida útil en el edificio**

Muchos materiales se promocionan en el sector de la construcción por ser muy duraderos, lo cual como se ha dicho, es una gran virtud desde el punto de vista de la sostenibilidad. Lo único que hay que controlar es que se haya consumido la menor energía posible en su fabricación, y que haya generado la menor cantidad posible de residuos y de emisiones.

Sin embargo, y dada la complejidad de un edificio, muchas veces la vida útil de un determinado material queda limitada enormemente como consecuencia de su funcionalidad dentro del mismo. En este caso, por supuesto, la durabilidad pasa de ser una virtud, a ser algo realmente perjudicial, ya que debería haberse utilizado un material menos duradero,

y por tanto, con un consumo menor de energía, y seguramente responsable de muchas menos emisiones.

De nuevo un ejemplo ilustrará la realidad cotidiana de esta situación en el sector de la construcción.

El gres porcelánico (y las baldosas cerámicas en general) se suelen promocionar diciendo que tienen más de mil años de vida útil. Y es cierto. Pero, ¿Conocen ustedes la frecuencia con la cual se renuevan los baños y la cocina de los hogares europeos? O lo que es lo mismo: ¿Conocen la frecuencia de cambio de las plaquetas cerámicas colocados en los baños y cocina europeos? La respuesta es muy ilustrativa: un poco menos de 16 años. Es decir, un material que ha sido diseñado para aguantar una duración de más de mil años, en realidad dura 16 años. Y lo que es peor, debido al arcaico y poco evolucionado sistema de fijación de las baldosas cerámicas (a base de morteros cada vez más eficaces), es prácticamente imposible reutilizarlas. Como conclusión, tenemos un material que será un residuo durante más de mil años.

Por lo tanto, uno se pregunta: ¿No sería mejor poner otro tipo de material más adecuado para el recubrimiento de baños y cocinas? (o en su caso poner un sistema más apropiado de colocación reversible en seco). La evidencia no deja opción posible: cualquier cosa que coloquemos en un baño o en una cocina va a ser cambiado simplemente por hastío estético y deseo de renovación y evolución familiar.

Entonces, habría que poner materiales que tengan una vida útil extremadamente más baja, y que por tanto además, presumiblemente podrían tener mucho menos coste económico, y en su fabricación se hubiera consumido mucha menos energía y se hubieran vertido muchísimas menos emisiones y residuos. Algunos ejemplos podrían ser:

linóleo, paneles de cáscara de almendra, vidrio, madera, paneles de yeso-celulosa, paneles de madera-cemento (*Viroc*), paneles de papel reciclado, paneles aglomerados, paneles contrachapados, etc. Este tipo de materiales son igualmente limpios, impermeables y bellos, pero duran menos, han consumido menos energía, han generado menos emisiones y residuos, y son más baratos (no se olvide de que el precio de las baldosas cerámicas se duplica como mínimo en su colocación).

#### **4.2. Energía consumida cuando el edificio está en uso**

No hay que confundirlo con el indicador 2.5., ya que este se refiere al consumo energético del edificio debido a su diseño y soluciones constructivas utilizadas. En cambio, el presente apartado se refiere al uso cotidiano del edificio debido a la actividad concreta que se desarrolle en el mismo, no a su arquitectura.

En realidad, este es uno de los pocos aspectos que se empiezan a controlar en la construcción, aunque las medidas que se empiezan a adoptar son sólo dos: a) sustituir algunas luminarias convencionales (halógenas e incandescentes) por luminarias de bajo consumo (espero que pronto dejen de fabricarse las luminarias halógenas e incandescentes y se les empiece a denominarse luminarias de alto consumo), y b) sustituir las calderas de calefacción por otras de mayor eficiencia energética. Es poco, pero al menos es algo.

Hasta el año 2005 en España el mayor consumo energético de un edificio se debía a los sistemas de calefacción (a partir de este año, el mayor consumo energético se debe a los sistemas de aire acondicionado), por encima de la iluminación, electrodomésticos, agua caliente, maquinaria, etc.

Por ello, podría pensarse que, si se deseara bajar sustancialmente el consumo energético, simplemente deberían sustituirse las calderas existentes por otras más eficientes. Pero eso no es así. En realidad, si se deseara bajar el consumo energético de forma sustancial, debería hacerse otra cosa, mucho más eficaz y mucho más barata: diseñar mejor los edificios desde un punto de vista bioclimático. De este modo se puede reducir al máximo la potencia de las calderas, y por tanto, el consumo energético.

Y lo mismo podría decirse de los sistemas de aire acondicionado: no se trata de ponerlos más ecológicos o eficaces, se trata de eliminarlos. Si se diseña correctamente un edificio, no es necesario el uso de sistemas de aire acondicionado para garantizar el confort de sus ocupantes. En ninguna de las viviendas que he diseñado en España y en Colombia se necesitan sistemas de aire acondicionado para lograr un adecuado frescor y bienestar.

Llegados a este punto me gustaría comentarles una anécdota que creo será de su interés sobre el sistema de aire acondicionado que inventó el *Sr. Carrier* a finales del siglo XIX. El *Sr. Carrier* era un hombre de negocios que se dedicaba a otra cosa, pero los empleados de sus fábricas se quejaban de forma reiterada del calor que hacía en las naves en las que trabajaban. El *Sr. Carrier* pidió consejo a diferentes arquitectos y ninguno le dio una respuesta convincente (imagino a los arquitectos de finales del siglo XIX y sus apasionantes inquietudes). Casi desesperado empezó a pensar e ideó una máquina para poder refrescar.

En este momento comenzó un nuevo triunfo de la ingeniería sobre la arquitectura, un triunfo que perdura hoy en día y que se prolongará por muchos años. Me temo.

Si el Sr. Carrier hubiera encontrado un arquitecto más preparado y que le gustaran los retos quizás le hubiera diseñado una nave bioclimática con un coste inferior a un sistema de aire acondicionado, lo que podría haber cambiado el rumbo de la historia.

Si esto hubiera pasado, la arquitectura actual sería mucho más compleja, completa, saludable, sostenible y satisfactoria.

Pero no ocurrió así.

Debido al cambio climático actual, y a la adopción de una deficiente reglamentación en la construcción (como es el Código Técnico de la Edificación español), cada año se van a instalar más sistemas de aire acondicionado en España, por lo que el problema se va a acrecentar de forma considerable.

Llegados a este punto me gustaría recordar de nuevo, el motivo por el cual el actual Código Técnico de la Edificación (CTE) no va a disminuir el consumo energético de los edificios, sino que va a aumentar la necesidad de sistemas de aire acondicionado en España.

En el CTE apenas hay cambios respecto a la norma CT 79 anterior. Ningún cambio conceptual. Ninguna restricción bioclimática. Ninguna restricción de la disposición de vidrios respecto la orientación solar. Simplemente restricciones respecto de la transmitancia de cada uno de los componentes de la envolvente arquitectónica. Como resultado, el único cambio que va a suponer en los futuros edificios es un ligero aumento del aislamiento. Nada más. Y esto es así, porque el modelo conceptual que se ha seguido por los redactores sevillanos es el mismo

de la anterior norma CT 79, que, a su vez se basa en modelos europeos. En entornos en los que el frío prevalece sobre el calor.

Si no se controla la orientación y disposición de huecos, es inevitable que un edificio tenga ganancias térmicas en verano, por efecto invernadero, debido a la radiación solar directa e indirecta. Tradicionalmente el único medio natural que han tenido los edificios para refrescarse ha sido por medio de sus pérdidas de calor durante la noche, dependiendo de su aislamiento y de su inercia térmica. Si se aumenta el aislamiento, el edificio va a tardar mucho más en refrescarse durante la noche, o no se refrescará en absoluto. Es decir, se necesitarán más sistemas de aire acondicionado eléctrico. Y lo que es peor, estos sistemas de aire acondicionado sólo funcionan con energía eléctrica. En cambio, para la calefacción se pueden usar sistemas alternativos: biomasa, gas, etc.

Con respecto a la iluminación se puede decir algo similar. Pero antes me gustaría hacerles una pregunta: ¿Conocen ustedes alguna oficina española en la que no se necesite usar iluminación artificial para trabajar en verano cuando el sol permanece en el cielo desde las 6 de la mañana hasta las 9 de la noche? ¿Conocen ustedes algún salón de actos en los que no se utilice iluminación artificial en pleno día? Sin duda, el sistema de valores de la arquitectura convencional no sólo es contrario a la sostenibilidad, sino al propio sentido común.

La reglamentación actual basada en la sustitución de luminarias halógenas e incandescentes por luminarias de bajo consumo, es en realidad bastante deficiente. Más eficiente hubiera sido una reglamentación cuya finalidad fuera la disminución de iluminación artificial, en base al control de la tipología del edificio, ya que el correcto diseño de un edificio podría eliminar, o disminuir al máximo, la necesidad de iluminación artificial. Un ejemplo fantástico sería el nuevo rascacielos

de Moscú proyectado por Norman Foster. Este rascacielos tiene forma de estrella de tres brazos con la finalidad de que entre la luz natural hasta el último puesto de trabajo, reduciendo al máximo la necesidad de iluminación artificial.

Por último cabe indicar que, además de controlar el consumo energético debido a la calefacción y a la iluminación, hay que hacerlo con ascensores, sistemas de accesibilidad, sistemas audiovisuales, etc.

#### **4.3. Energía consumida cuando el edificio no está en uso**

Parece paradójico, pero cuando un edificio no está en uso, sigue consumiendo energía. Muchas veces por motivos puramente promocionales (se mantienen iluminadas oficinas para mostrar “que es esas oficinas se trabaja duro de día y de noche”), otras veces por motivos de mala gestión (descuidos en el mantenimiento), otras veces porque se debe mantener la temperatura del edificio para que resulte confortable al inicio de la jornada laboral, otras veces porque la tecnología utilizada no es la correcta (actualmente la gran mayoría de dispositivos no llegan a desconectarse nunca, sino que se mantienen en “stand by” esperando su activación por mandos a distancia, y mientras tanto, están consumiendo energía).

Lo cierto es que los edificios consumen energía cuando no están siendo utilizados. Por ello no sólo deben mantenerse y gestionarse de forma correcta, sino que deben diseñarse de forma adecuada para que esto no ocurra bajo ninguna circunstancia, eligiendo la tecnología más adecuada, los sistemas de gestión, el aislamiento y la inercia térmica de los edificios.

#### **4.4. Consumo de recursos debido a la actividad en el edificio**

En general, un edificio también suele tener un gran consumo de recursos de todo tipo durante su actividad y mantenimiento, que hemos de evitar al máximo.

Por ejemplo, el hecho de que en la estructura de un edificio se incorpore una grúa y una complicada maquinaria para limpiar sus fachadas acristaladas, es un claro ejemplo del mal rumbo que ha tomado la arquitectura en los últimos años.

La gran superficie de vidrio de muchos edificios es innecesaria (no nos engañemos, el vidrio ha sido elegido simplemente porque “queda moderno”), y produce todo tipo de problemas medioambientales y económicos. Y lo que es peor, genera unos elevados costes de mantenimiento, un elevado consumo energético adicional, y obliga a incorporar al edificio determinados artefactos de un alto coste económico.

Este es sólo un ejemplo. Pero, miremos donde miremos, existe en cualquier edificio un enorme consumo de recursos, muchas veces innecesarios: maquinaria, papel, dispositivos mecánicos, productos de limpieza, etc.

La mayoría de estos recursos se necesitan simplemente para suplir las carencias de un proyecto inadecuado. Por ejemplo, si se eligiera un suelo que no necesitara una limpieza continuada, se ahorrarían productos de limpieza, y si se evitara colocar vidrios innecesarios, se evitaría toda esa enorme maquinaria.

En definitiva, debe cuidarse al máximo el proyecto de un edificio sostenible, pensando igualmente en reducir al máximo el consumo innecesario de recursos.

#### **4.5. Energía consumida en la accesibilidad al edificio**

Hoy en día es habitual la utilización de escaleras mecánicas, ascensores, cintas transportadoras, montacargas, etc. Muchas veces se hace un uso excesivo de este tipo de tecnologías, tan sólo para justificar el altísimo coste económico que se pide por una vivienda. Otras veces, tan sólo para justificar el estatus social de una determinada empresa.

De cualquier modo, la accesibilidad a un edificio o vivienda ha crecido sustancialmente en los últimos años, y esto es algo que igualmente debe limitarse.

Personalmente sólo cojo el ascensor cuando subo más de 4 plantas, y no uso ni las escaleras mecánicas, ni las cintas transportadoras en los aeropuertos, pero claro, eso es una opción personal. En general, debería controlarse de algún modo, en el propio proyecto arquitectónico.

Para ilustrar el problema de la accesibilidad a un edificio, y la consiguiente falta de optimización de recursos, me gustaría poner un ejemplo ilustrativo.

Hace unos meses realicé un viaje a Colombia y utilicé la Terminal 4 del aeropuerto de Madrid. Un edificio que ha sido agrandado por la crítica, pero, desde un punto de vista sostenible, es un contraejemplo. De hecho sólo me gusta el techo de bambú (aunque del bambú se aprecie poco

debido a la enorme cantidad de aditivos químicos que le han rociado encima para hacerlo resistente al fuego).

Me quedé sorprendido por la falta de claridad arquitectónica, el entramado laberíntico de pasillos a base de cintas separadoras, la falta de señalética arquitectónica (y gráfica), la falta de estructura arquitectónica clara (a pesar de su simple aspecto exterior), la cantidad de bucles que hay que recorrer para ir de un sitio a otro. Parece evidente que el diseño se basa en una estrategia para que se visiten la gran cantidad de tiendas existentes, ya que, más que un aeropuerto, parece un centro comercial.

Lo que más me decepcionó es la necesidad existente de tomar incluso un tren para ir a unas determinadas puertas; con una duración del trayecto de más de 7 minutos. Durante el trayecto sólo había que pensar en la enorme cantidad de materiales superfluos, y en la extrema sencillez y eficacia de algunos aeropuertos, como el *Charles de Gaulle*, de París, o el aeropuerto de Bilbao. Me parece un derroche injustificado de recursos, de espacio, y de mecanismos de accesibilidad.

Si este edificio se hubiera diseñado desde un punto de vista sostenible, optimizando al máximo la cantidad de recursos utilizados, disminuyendo al máximo la energía utilizada en su construcción, disminuyendo la cantidad de residuos generados, disminuyendo al máximo los costes de mantenimiento, y disminuyendo al máximo los costes de accesibilidad,...sin duda el resultado final hubiera sido otro.

#### **4.6. Grado de necesidad de mantenimiento del edificio**

En el año 2004, en el proceso de proyecto de un edificio exhaustivamente sostenible en Requena (Palacio del Sol) tuve que acompañar a unos políticos para visitar un edificio supuestamente sostenible en Murcia.

El edificio estaba semienterrado, y había un considerable desperdicio espacial en forma de galerías y pulverizadores de agua. Pero lo peor de todo, es que las paredes, e incluso los suelos (interiores y exteriores), estaban pintados de blanco. Según el director, el arquitecto hizo eso para que la luz solar natural se aprovechara más. Y tanto que lo hacía, en el mes de febrero no se podía pasear por ningún sitio sin gafas de sol (lo que lo hacía realmente desagradable de utilizar), por lo que no puedo siquiera imaginarme que puede pasar en pleno verano. Y lo que es curioso, en partes del interior del edificio, hacía frío.

Pues bien, el director del centro nos dijo: "sí, se consume menos energía, aproximadamente un 40% menos, hay mucha inercia térmica, por lo que la programación de los sistemas de calefacción es más complicada, pero el edificio ha costado 1.200 millones de pesetas (unos 3.000 m<sup>2</sup>) cuando un edificio convencional costaría menos de 500 millones de pesetas, y lo que es peor, el coste de limpieza y de mantenimiento es 10 veces más alto que en el edificio que antes trabajaba (con la misma superficie).

Creo que el ejemplo queda bastante claro. Un edificio sostenible, para serlo realmente, debe tener el mismo coste económico o menor, que un edificio convencional. Y debe tener menos coste de mantenimiento.

En otro caso no es un edificio sostenible.

Me gustaría añadir que el mismo año de la inauguración de este edificio se inauguró un Centro de Recursos Medioambientales, diseñado por mí, cerca de la ciudad de Valencia (ACTIO). Con una superficie de 1.300 m<sup>2</sup>,

los tres edificios del complejo costaron aproximadamente un millón de euros (170 millones de pesetas). Comparativamente inferior al precio de mercado de un edificio convencional, y unas 3 veces más barato que el edificio de Murcia.

#### **4.7. Entorno socio-económico y costes de mantenimiento.**

Para entender de forma rápida la finalidad de este indicador sostenible, me gustaría proponerles un interrogante.

¿Qué edificio es más adecuado desde un punto de vista sostenible? ¿Un edificio con altísimos costes energéticos iniciales (para hacerlo muy duradero), y con poco coste de mantenimiento?, o ¿Un edificio con bajo coste energético en su construcción, pero que necesite un mantenimiento continuado (con su correspondiente coste energético)?

Supongamos que el balance energético total de ambos edificios sea el mismo. ¿Son igualmente sostenibles estos dos edificios?

Pudiera parecer que sí, que son igualmente válidos, y que ambas estrategias arquitectónicas son igualmente válidas.

Es más, por una cuestión simplemente emocional, hay quienes podrían pensar que construir con adobe, barro y paja, es más ecológico que construir con hormigón, piedra o ladrillos.

Pero no es así.

Lo cierto es que es igual de absurdo construir con hormigón en una aldea de Guinea o de México, de lo que pueda serlo construir con adobe o tierra en Valencia o Madrid.

Es evidente que cuando un sistema económico ha evolucionado, y se ha garantizado un grado de bienestar mínimo de los trabajadores, (lo que se traduce en sueldos altos) el coste de mantenimiento de un edificio es alto. En este caso, la estrategia lógica es disminuir al máximo el mantenimiento, a cambio de una mayor durabilidad de los materiales y los edificios. Lo que sin duda, redundará en un consumo energético más alto en la construcción. En cambio, en países menos desarrollados, en los que la mano de obra es muy barata, es mejor derrochar menos energía inicial, y repartir, de forma continuada, el coste energético en el proceso de mantenimiento.

O lo que es lo mismo, a la hora de definir los indicadores sostenibles, necesariamente se ha de tener en cuenta el entorno social y económico, del lugar en el que se pretende construir.

#### **4.8. Coste del edificio**

Se suele decir que la construcción sostenible es más cara que la construcción convencional. Pero esto no es cierto en absoluto.

Es más, para que una construcción sea verdaderamente sostenible debe tener el mismo precio, o menor, que una construcción convencional.

Personalmente creo que este malentendido se debe, fundamentalmente, a tres causas:

1. Se suele comparar el precio de una vivienda sostenible (que simplemente por serlo tiene una alta calidad) con el precio de la vivienda de promoción (que usualmente es de baja calidad), y que tiene el único objetivo de obtener el mayor beneficio, en el menor tiempo posible.

Para hacerlo de forma correcta se debería comparar una vivienda de alta calidad, con una vivienda realmente sostenible (que ya lleva implícita la alta calidad).

2. La construcción es muy inerte y ante todo intenta protegerse de cualquier cambio, por necesario que sea, que implique una molestia, o un obstáculo en la obtención de un rápido beneficio.

Por ello, difundiendo la idea de que la construcción sostenible es más cara, todo permanece sin cambios, y en manos de las mismas personas. Por ello, una gran parte de la arquitectura sostenible actual es puramente mediática. Se sigue haciendo más de lo mismo, pero se le da el nombre de “sostenible”.

3. Quienes creen que la arquitectura sostenible es más cara, sin duda tienen un conocimiento parcial y erróneo de lo que debería ser una auténtica arquitectura sostenible.

Si se entiende como sostenible un edificio convencional pero con añadidos (más aislamiento, vidrios especiales, captadores solares, sistemas domóticos, etc.), es evidente que el resultado final, necesariamente, va a ser más caro. Pero es que además, de este modo ni siquiera se ha conseguido un verdadero edificio sostenible.

Este modelo “aditivo” está fomentado por empresas que obtienen un determinado lucro económico, pero el resultado final, apenas es beneficioso para el medio ambiente (léase el apartado relacionado con el Modelo de las Pirámides Invertidas). Y lo que es peor, este modelo es poco rentable para el promotor, que, como alternativa fácil, prefiere la manipulación mediática.

Un verdadero edificio sostenible debería ser más barato que uno convencional. Pero para ello, debe diseñarse de forma “integral”, y no “aditiva”.

Para hacer una verdadera arquitectura sostenible es necesario reestructurar por completo el modo de entender la arquitectura. Para ello se deberían establecer nuevas sintaxis arquitectónicas, nuevos elementos arquitectónicos, nuevas tipologías arquitectónicas, nuevos sistemas constructivos, nuevas tecnologías, etc.

Como resultado final de este proceso obtendríamos nuevas soluciones arquitectónicas “integrales” muy eficaces desde un punto de vista medioambiental, y sin la necesidad de los “artilugios”, del modelo aditivo. Haciendo una arquitectura convenientemente razonada no son necesarios sistemas de aire acondicionado, vidrios especiales, captadores solares, tecnologías superfluas, sistemas domóticos, cubiertas-aljibes, etc.

Evidentemente esta nueva arquitectura, además de ser verdaderamente sostenible, debería ser más económica. Por lo que sería mucho más atractiva para cualquier promotor.

## **5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios**

El desarrollo sostenible pretende en esencia, establecer un sistema económico y social con el fin de que el ser humano satisfaga sus necesidades en la actualidad, y siga haciéndolo en el futuro. Por ello, debe establecerse un conjunto de indicadores sostenibles que midan de forma genérica precisamente eso: el grado deterioro del medioambiente, y el deterioro del grado de bienestar y calidad de vida de la gente.

### **5.1. Emisiones nocivas para el medio ambiente**

Para la fabricación de los materiales, el proceso de construcción, el uso y mantenimiento de un edificio, y sobre todo en la reconstrucción de un edificio se vierten un sinnúmero de sustancias nocivas para el medio ambiente. Estas sustancias deterioran el medio natural, y como consecuencia, las especies animales y vegetales, de las cuales depende la vida humana. El calentamiento global, la formación del agujero de ozono, la desertificación, la escasez de agua, la contaminación atmosférica, la contaminación de acuíferos son sólo algunos ejemplos. Como consecuencia de este deterioro ambiental, se pone en peligro el bienestar, la salud, incluso la existencia de la especie humana.

A continuación se proporciona un listado de las sustancias dañinas para el medio ambiente.

- a. Gases tales como el Halón.

b. Gases de combustión entre los que destacan el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

c. Compuestos orgánicos volátiles como son los compuestos organoclorados (amoníaco, cloro, cloroformo y aminas cloradas, clorofluorcarbo (CFC), cloruro de vinilo (VC), bifenilos policlorados, cloruro de polivinilo (PVC), policlorobifenilo (PCB), pentaclorofenol, tetracloruro de carbono, y varios productos derivados del petróleo (benceno, tolueno, propano, butano, xileno, tolueno), etc.

d. Partículas en suspensión tales como el asbesto (amianto), el bióxido de titanio, la fibra de vidrio, partículas de carbono, las fibras minerales, algunos metales (aluminio, cadmio, cobre, mercurio, plomo, etc.).

e. Radiación electromagnética: radiación ultravioleta y algunos campos electromagnéticos.

Es evidente que el sector industrial y el propio sector de la construcción deben evolucionar con la finalidad de disminuir al máximo y eliminar este tipo de emisiones. Para ello no sólo debe optimizar sus procesos habituales, sino que además, debe dejar de fabricar ciertos productos y sustituirlos por otros más ecológicos.

## **5.2. Emisiones nocivas para la salud humana**

Son muchos los productos utilizados en el sector de la construcción que son perjudiciales para la salud humana. El daño se puede producir de forma directa (debido a su manipulación y uso), o de forma indirecta

(debido a las emisiones o desechos producidos al fabricar, usar, o eliminar un determinado material). Se hace necesario establecer un listado exhaustivo de las diferentes patologías producidas por los materiales de construcción, así como las alternativas a estos materiales. Todo ello con la finalidad de garantizar la salud y el bienestar humanos.

A continuación se proporciona un listado exhaustivo de los diferentes elementos patógenos en el sector de la construcción:

- a. Gases tales como el Halón, el ozono o el Radón.
- b. Gases de combustión entre los que destacan el monóxido de carbono (CO), el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el humo del tabaco (que incluye más de 2.000 componentes químicos, 40 de ellos probadamente cancerígenos).
- c. Compuestos orgánicos volátiles como son el formaldehído, fenoles, compuestos organoclorados (amoníaco, cloro, cloroformo y aminas cloradas, clorofluorcarbo (CFC), cloruro de vinilo (VC), bifenilos policlorados, cloruro de polivinilo (PVC), policlorobifelino (PCB), pentaclorofenol, tetracloruro de carbono, y varios productos derivado del petróleo (benceno, tolueno, propano, butano, xileno, tolueno), etc.
- d. Partículas en suspensión tales como el asbesto (amianto), el bióxido de titanio, la fibra de vidrio, las fibras minerales, algunos metales (aluminio, cadmio, cobre, mercurio, plomo, etc.).
- e. Microorganismos como son los ácaros, las bacterias, el moho y el polen.

f. Ondas sonoras: ruido aéreo, ruido de impacto, y ruido por contacto.

g. Radiación electromagnética: Iluminación fluorescente, radiación ultravioleta, microondas, y algunos campos electromagnéticos.

Una vez identificadas las sustancias patógenas, habría que identificar los materiales que las contienen y utilizar materiales alternativos que lo sustituya en el sector de la construcción.

### **5.3. Índice de malestares y enfermedades de los ocupantes del edificio**

El malestar y las enfermedades de los ocupantes de un edificio no sólo se deben a las emisiones y sustancias nocivas existentes en el interior de un edificio, sino a muchos otros factores que están directamente relacionados con el propio diseño del edificio.

Entre los factores más importantes se encuentran: falta de ventilación natural, falta de iluminación natural, interiorismo impersonal, invasión del espacio personal, etc.

Por otro lado, no todos estos factores afectan del mismo modo a personas diferentes. Unas personas se verán afectadas por un determinado factor, mientras que ese mismo factor no afectará a otras. Por ello, es difícil establecer los factores TLV (*Threshold Limit Values*), es decir, los límites de sustancias contaminantes que pueden tener los materiales con el fin de no dañar la salud de las personas.

Como resultado, deben medirse directamente los índices de enfermedades y malestares sufridos por los ocupantes de un edificio, y de

ese modo tomar las medidas correctoras oportunas, mejorando el diseño de los edificios.

#### **5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes**

Además de producir ciertas patologías, los edificios pueden disminuir la calidad de vida de sus ocupantes y su absentismo laboral.

El grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes de un edificio puede verse alterado no sólo por las causas mostradas en los apartados anteriores, sino también, por factores psicológicos y perceptuales. Es decir, por causas relacionadas básicamente con el diseño formal, espacial y cromático de un edificio.

Pongamos un ejemplo, una estancia con techos bajos, orientada al sur, pintada de amarillo, con esquinas angulosas, de forma oblonga, con iluminación artificial, etc. afectará tanto a sus ocupantes, que disminuirá sustancialmente su rendimiento laboral y fomentará el absentismo laboral.

Con el fin de conseguir una verdadera arquitectura sostenible, debería tenerse muy en cuenta el grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes de un edificio. Y para ello deberían controlarse, de forma adecuada, los aspectos tipológicos, formales, cromáticos y espaciales de los edificios.