



1 de septiembre de 2013 | Vol. 14 | Núm. 9 | ISSN 1607 - 6079

ARTÍCULO

HACIA EDIFICACIONES MÁS SUSTENTABLES

Guadalupe Huelsz y José Antonio Sierra Huelsz

HACIA EDIFICACIONES MÁS SUSTENTABLES

Resumen

"Edificación sustentable" es un término complejo y multidimensional que incluye aspectos ambientales, sociales, institucionales y económicos. En este artículo describimos los aspectos más importantes para que una edificación sea más sustentable desde la perspectiva ambiental; poniendo especial atención al uso de la energía en las edificaciones y a su diseño bioclimático. Además, presentamos la situación y los avances en la construcción de edificaciones sustentables en el mundo, y en particular en México. Concluimos haciendo una reflexión sobre los pasos que consideramos el gobierno, el sistema financiero, los constructores y académicos deberíamos hacer para impulsar la edificación sustentable en nuestro país.

“

Una edificación es más sustentable si capta de la lluvia toda el agua necesaria para su funcionamiento, la trata y reutiliza.

”

Concluimos haciendo una reflexión sobre los pasos que consideramos el gobierno, el sistema financiero, los constructores y académicos deberíamos hacer para impulsar la edificación sustentable en nuestro país.

Palabras clave: Edificación sustentable; ambiente, energía; diseño bioclimático; México.

TOWARDS MORE SUSTAINABLE BUILDINGS

Abstract

"Sustainable building" is a complex and multidimensional term; that includes environmental, social, institutional and economic dimensions. Here we describe the most important environmental aspects of sustainable buildings; giving special attention to the use of energy and bioclimatic design. We present a global view on the situation and progress towards building sustainability, particularly for Mexico. Finally we make a reflection on the steps we consider government, financial institutions, builders and academics should take to promote sustainable construction in our country.

Keywords: Sustainable building; environment; energy; bioclimatic design; Mexico.

HACIA EDIFICACIONES MÁS SUSTENTABLES

Introducción

Al escuchar el término de edificación sustentable, comúnmente se piensa en los aspectos ambientales, sin embargo el término es mucho más amplio, e incluye también aspectos sociales, institucionales y económicos.

Desde el punto de vista ambiental, una edificación será más sustentable si reduce sus impactos negativos en el ambiente durante todo su ciclo de vida, esto es desde su diseño, hasta su construcción, operación, mantenimiento, renovación y demolición. Ya que toda edificación tiene por objetivo proporcionar a los usuarios un espacio protegido de las inclemencias del clima, donde puedan desarrollar adecuadamente las actividades objeto de la edificación, se debe buscar un compromiso entre la satisfacción de las necesidades de confort y la salud para los usuarios, así como de la funcionalidad de la edificación con la reducción de los impactos negativos al ambiente y a la sociedad, y que esto sea económicamente costeable.

Edificaciones ambientalmente sustentables

La sustentabilidad de la edificación comienza por la elección del sitio. Construir en un área crítica para la provisión de servicios ecosistémicos y para la conservación de la biodiversidad, no puede considerarse sustentable. El término servicios ecosistémicos se refiere a los beneficios que las personas

obtienen de los ecosistemas. "Estos beneficios contemplan servicios de suministro, como los alimentos y el agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales, religiosos y otros beneficios intangibles" (WRI 2003). Aunque no siempre sea sencillo determinar los impactos negativos, en este contexto construir sobre un manantial del cual depende un pueblo para obtener agua potable, o edificar en un sitio de anidación de una especie en peligro de extinción, por poner unos ejemplos,

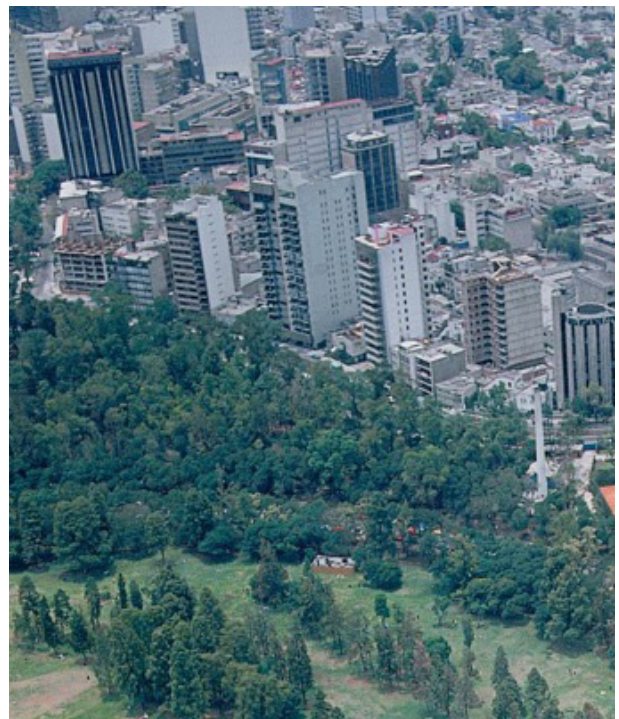


Figura 1:
Ejemplo de edificaciones
verticales que conservan
áreas con vegetación natural
(Fotografía: México Desconocido / Rafael Doniz, www.mexicodesconocido.com).

no puede ser considerado como sustentable. Así mismo, la construcción en zonas de riesgo por inundación o deslave aumenta la posibilidad de que la edificación sea destruida, o en su defecto, implica un mayor costo de materiales y energía necesarios para mitigar estos riesgos.

Una vez escogido el sitio, existen criterios de sustentabilidad para todo el ciclo de vida de la edificación incluyendo: construcción, operación y eventual demolición. Estos criterios incluyen no solo el uso eficiente de los recursos, las características de los materiales de construcción, sino también un adecuado manejo y disposición de los residuos. Para hacer un uso más eficiente del suelo, se propone la construcción de edificaciones verticales dejando áreas con vegetación del lugar (Figura 1) y no, como sucede con frecuencia, en edificaciones de uno o dos niveles con muy pocas áreas verdes (Figura 2) o en su defecto, que eliminan la vegetación nativa para luego crear jardines de plantas exóticas que demandan mayores recursos y mantenimiento. Una edificación será más sustentable si forma parte de una comunidad con infraestructura desarrollada con criterios de sustentabilidad para transporte; servicios de gas, energía eléctrica y agua potable; manejo de agua de lluvia, aguas residuales y residuos sólidos.

Figura 2:
 Ejemplo de una edificación
 horizontal, común en los sub-
 urbios de nuestras ciudades
 (Fotografía: Ricardo Gómez
 Garrido www.fotoaereamexico.com).



Una edificación es más sustentable si capta de la lluvia toda el agua necesaria para su funcionamiento, la trata y reutiliza. En lo que se refiere a los materiales de construcción se requiere que sean no tóxicos y de preferencia reutilizables o reciclables. Además, deben seleccionarse aquellos con menor impacto ambiental en su fabricación, en la construcción, vida útil y demolición de la edificación, dando preferencia a materiales fabricados en lugares cercanos.

Para la operación de la edificación, la meta es lograr las llamadas edificaciones “cero energía”, es decir, edificaciones que producen la energía que requieren. Estas edificaciones minimizan la demanda de electricidad y calor al hacer uso de estos de manera eficiente mediante fuentes renovables; en las edificaciones mismas, se produce toda la energía que consumen (Torcellini et al. 2006). Para minimizar el consumo energético, la edificación debe diseñarse con criterios bioclimáticos, esto es, la edificación debe ser adecuada al clima del lugar donde se va a construir. En otras palabras, la geometría, orientación (respecto a la radiación solar y al viento), los sistemas constructivos de los muros, techos y ventanas de la envolvente (se refiere a los muros, techos y ventanas que delimitan el interior de la edificación y están en contacto con el exterior), el uso de vegetación y de sistemas pasivos o de bajo consumo energético para su climatización deben diseñarse de acuerdo al clima. Aprovechar al máximo la luz natural diurna y la ventilación natural disminuye el uso de iluminación artificial y de sistemas de climatización artificial, lo anterior da como resultado grandes ahorros energía y mejoras a la salud y productividad de los usuarios.

Antes de la revolución industrial del siglo XVIII, las edificaciones eran construidas de acuerdo al clima del sitio. A partir de entonces, se empezaron a fabricar y usar máquinas para calentar, enfriar y ventilar y se desligó cada vez más la edificación del clima del lugar. A pesar de que los sistemas de climatización consumen grandes cantidades de energía, su uso se ha extendido, entre otras cosas, porque los combustibles fósiles han sido relativamente baratos y porque el costo de estos sistemas ha ido disminuyendo. En los últimos 30 años, la creciente conciencia de las consecuencias en la degradación ambiental, ha derivado en el nacimiento de una corriente en la arquitectura, denominada arquitectura bioclimática, que toma en cuenta el clima del lugar y plantea no sólo retomar las estrategias y elementos de la arquitectura tradicional o vernácula, que han sido “olvidados” por arquitectos y constructores, adaptándolos a los sistemas constructivos actuales, sino también aprovechar los desarrollos científicos y tecnológicos actuales, incluyendo herramientas de diseño como programas de simulación numérica, para la evaluación del desempeño térmico y lumínico de las edificaciones, así como nuevos procesos y materiales de construcción. Las estrategias de la arquitectura bioclimática, claramente dependen del clima del lugar, algunos ejemplos de éstas son: en climas cálidos o temporada de calor proteger las edificaciones de la radiación solar, en climas fríos o temporada invernal favorecer la entrada de radiación solar, en climas cálidos húmedos favorecer la ventilación natural y en climas cálido secos aprovechar el enfriamiento por evaporación de agua y la ventilación nocturna.

Situación en el mundo

En Estados Unidos la operación de las edificaciones representa el 40% del consumo total de energía, el 38% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el 12% del consumo de agua y el 60% de la generación de los residuos sólidos. En ese país, se estima que una edificación considerada actualmente como sustentable reduce en 30% el uso de energía, en 35% las emisiones de CO₂ y de 30 a 50% el consumo de agua, además de que genera ahorros del 50 al 90% en el costo del manejo de los desechos, con respecto al promedio de las edificaciones comunes (CCA, 2008).

Figura 3:
 Edificio Strata SE1, en Lon-
 dres, Inglaterra, con turbinas
 eólicas para la generación de
 energía eléctrica (Fotografía:
 Ch. Matthews, Wikimedia
 Commons).



En el mundo, la energía consu-
 mida en las edificaciones es cercana
 al 30% del total y produce el 30%
 de las emisiones de CO₂. Tan sólo a
 la calefacción y al enfriamiento de
 los espacios interiores y al calen-
 tamiento de agua corresponden la
 mitad de la energía (IEA, 2011). En
 Estados Unidos y Europa, el con-
 sumo energético en las edificacio-
 nes comunes está entre 160 y 300
 kWh/m²año. Se consideran de bajo
 consumo energético aquellas edi-
 ficaciones con consumos menores
 a los 160 kWh/m²año y de ultra
 bajo consumo de energía si éste es
 menor a 50k Wh/m²año (Butler,
 2008).

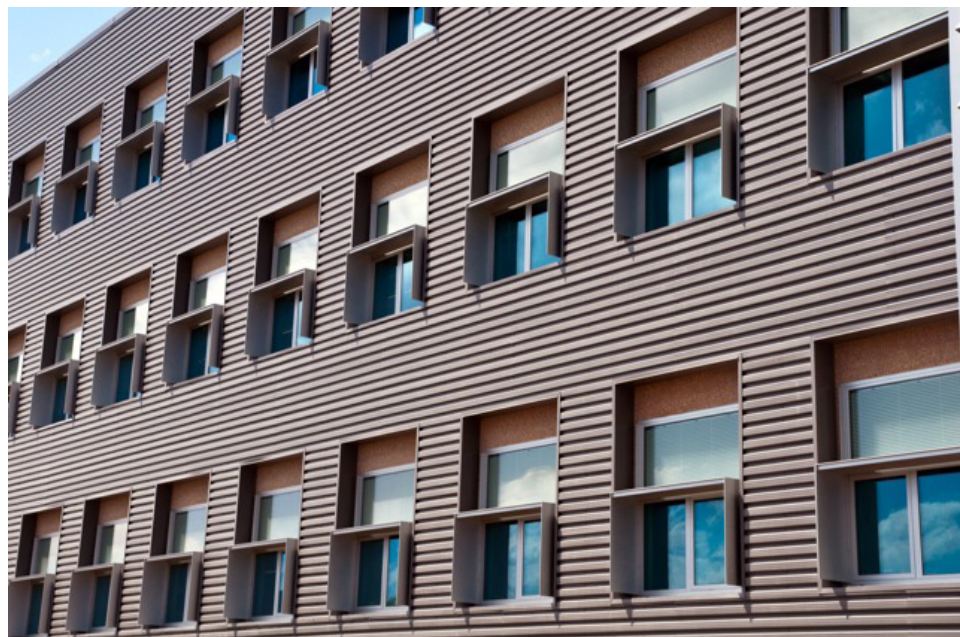
En algunos contextos, los re-
 glamentos y normas han probado
 ser mecanismos eficaces para la
 reducción del consumo de energía
 en edificaciones. Algunos países de
 la Unión Europea, Australia y Japón
 tienen reglamentos de eficiencia
 energética que son obligatorios
 para la construcción de nuevos edi-
 ficios y renovación de los existentes.
 Un mecanismo complementario o
 alternativo a la regulación pública,

es la certificación voluntaria para edificaciones sustentables (equivalentes a las certifi-
 caciones ISO) desarrollados por asociaciones profesionales en coordinación con instancias
 gubernamentales, que al publicar los resultados, incentivan a clientes, propietarios, dise-
 ñadores y usuarios a desarrollar y promover prácticas de construcción más sustentables.
 Destacan la certificación BREEAM originalmente del Reino Unido y extendida a otros paí-
 ses europeos (BREEAM 2013), el LEED de los Estados Unidos, extendida a Canadá y usada
 en México (actualmente se trabaja en la versión LEED México) (USGBC 2013) y CASBEE
 de Japón (JaGBC 2013). Todas buscan promover las mejores prácticas de las edificaciones
 hacia la sustentabilidad desde su etapa de diseño y construcción, hasta su operación y
 mantenimiento, sin embargo, cada una de estas certificaciones tiene su propio método
 para evaluar y calificar el desempeño de las edificaciones. Estas certificaciones tienen
 éxito particularmente entre las grandes corporaciones internacionales, por la imagen de
 responsabilidad corporativa que proyectan, además de eventuales estímulos económi-
 cos internacionales.

Existen muchos ejemplos de edificaciones con autogeneración de energía eléctrica y térmica con fuentes renovables, aunque todavía ninguna edificación es "cero energía". La mayoría utilizan celdas fotovoltaicas para producir la electricidad, como los edificios del Mercado de Comercio Internacional Yiwu en Zhenjinag, China, con capacidad instalada de más de 1.2MW para satisfacer las necesidades de iluminación (YiwoGo, 2010). El edificio Strata SE1 en Londres, Inglaterra, es un ejemplo de la utilización de turbinas eólicas integradas, éstas producen el 8% del consumo de energía eléctrica del edificio (Figura 3) (Vaughan, 2010).

Alrededor del mundo existen diversos ejemplos de edificaciones diseñadas bioclimáticamente y con sistemas pasivos de climatización. Uno de ellos es el Edificio RSF del NREL en Golden, Colorado, Estados Unidos (NREL, 2013); el cual fue construido en 2011 con la meta de consumir 110 kWh/m²año, 50% menos que la energía consumida por un edificio convencional para las mismas funciones. Además de contar con celdas fotovoltaicas en el techo, el RSF utiliza iluminación natural diurna, ventilación natural, tiene patio central y la fachada sur tiene un sistema pasivo de precalentamiento del aire usando colectores solares (Figura 4). Otro ejemplo interesante es la Biblioteca pública de Pompeu Fabra, Mataró, España (Ayuntamiento de Mataró, 2013), cuya fachada sur es doble con una cavidad ventilada en medio. El vidrio exterior tiene integradas celdas fotovoltaicas que además ayudan a controlar la luz natural de la sala de lectura. En la cavidad entre los dos vidrios, el aire se calienta por la radiación solar; en verano, el aire que fluye desde la base, ventila las celdas fotovoltaicas y evita su sobre calentamiento. En invierno, el aire caliente se conduce a una planta convencional de calefacción reduciendo el consumo de energía de ésta. La forma del techo es de diente de sierra, en las partes verticales las ventanas permiten la iluminación y ventilación naturales, las partes inclinadas integran más celdas fotovoltaicas.

Figura 4:
 Fachada sur del edificio
 RSF del NREL en Golden,
 Colorado, Estados Unidos
 (Fotografía: P. Corkery,
 NREL).



Para la construcción de edificios de varios niveles, se utilizan normalmente estructuras de acero o concreto reforzado, estos materiales demandan grandes cantidades de energía para su fabricación, lo que emite gran cantidad de CO₂. Es por esto que existen iniciativas para construir estructuras con nuevos materiales derivados de madera proveniente de árboles de rápido crecimiento, cultivados bajo criterios de manejo responsable (FSC 2013, SFI 2013). Estos materiales han probado tener la resistencia estructural necesaria, además de una resistencia al fuego comparable con la de materiales de construcción convencionales. En Londres, Reino Unido existe un edificio de nueve niveles (Techniker, 2010), mientras que en Kirkenes, Noruega está por construirse uno de 16 niveles (MGH, 2012) y en Vancouver, Canadá se proyecta uno de 30 niveles (NG, 2012) demostrando el potencial de estos materiales. Adicionalmente, otra gran ventaja, es que estos nuevos materiales son más económicos que los tradicionales acero y concreto. Al provenir de madera, estos materiales recientes almacenan carbono, que de otra manera sería emitido a la atmósfera en forma de CO₂ cuando los árboles con que fueron fabricados se descompusieran o quemaran. Un aumento de la demanda de madera para la construcción tiene el potencial de incentivar no solo nuevas plantaciones comerciales, sino también el manejo responsable de bosques naturales los cuales generalmente conservan una mayor diversidad de especies. En este sentido, el uso de productos maderables en la industria de la construcción puede tener impactos ambientales y sociales positivos que van más allá del mismo sitio de construcción, influyendo en el manejo de extensas áreas. Como explica Michael Green en "Michael Green: Por qué debemos construir rascacielos de madera"

Situación en México

Se estima que en nuestro país la operación de las edificaciones representa cerca del 20% del consumo de energía (SENER, 2011), 12% de las emisiones de CO₂ (UNEP, 2009), 5% del consumo de agua y 20% de la generación de los residuos sólidos (CCA, 2008). Si se toma en cuenta la energía utilizada para la construcción, fabricación y transporte de materiales de construcción, el consumo anual por edificaciones podría elevarse a casi el 45% (Ochoa et al. 2009). Todo esto tiene serias repercusiones en el ambiente ya que más del 90% de la energía que consumimos en México proviene de la quema de combustibles fósiles (SENER, 2011), responsable de gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del país. Además, cada día se debe llevar más agua a las ciudades y desde sitios cada vez más lejanos; los sitios para la disposición de residuos sólidos son cada vez más escasos y siempre tienen consecuencias negativas para el ambiente. El desarrollo futuro de las edificaciones debe ser considerado no sólo por su importancia relativa actual, sino por su crecimiento acelerado, se estima que de ahora al año 2050 se deberán construir más de 30 ciudades para un millón de habitantes cada una (Martínez, 2012).

El gobierno federal ha establecido normas y programas para reducir el consumo de energía en estufas, refrigeradores, calentadores de agua, lámparas y calefactores utilizados en las edificaciones (DGN, 2013). Estas normas han sido exitosas en establecer los límites de consumo de energía de los productos que se venden en México. Así mismo, mediante subsidios, los programas han incentivado a los usuarios a cambiar sus equipos viejos por unos más eficientes (FIDE, 2013).

De la gran variedad de climas con la que cuenta México, más del 70% corresponde a climas cálidos. En contraste existen regiones del territorio nacional, particularmente la zona norte y las regiones montañosas, donde en invierno se presentan bajas temperaturas (INEGI, 2012). Esto significa, que en la mayoría del país las edificaciones tienen que incorporar tecnologías de acondicionamiento térmico. Sin embargo, en gran parte de ese territorio el uso de diseño bioclimático y sistemas pasivos o de bajo consumo de energía para la climatización son suficientes para alcanzar el confort.

En nuestro país la mayor demanda energética para climatizar las edificaciones, es por los sistemas de aire acondicionado de enfriamiento durante las temporadas de calor. Buscando reducir este consumo, el gobierno federal ha establecido normas oficiales específicas (NOM-008-ENER-2001 y NOM-020-ENER-2011). Estas dos normas están diseñadas para limitar las ganancias de calor a través de la envolvente de la edificación. A pesar de lo positivo de estas iniciativas, no todo el país requiere del uso de sistemas de enfriamiento y su aplicación en climas templados y fríos podría llegar a ser contraproducente.

Figura 5:
 Muros exteriores dobles,
 ventilados y con sistema de
 enfriamiento del aire por
 evaporación de agua en el
 Museo de Sitio de Xochical-
 co, Morelos (Fotografía: J. M.
 Ochoa).



Las normas antes mencionadas enfrentan severas limitaciones de implementación y de diseño. La construcción de edificaciones está regulada en el ámbito municipal, en teoría cada municipio debería incorporar las normas de eficiencia energética a su reglamento de construcción. Actualmente, sólo para el acceso de recursos financieros federales, estas normas serían obligatorias, las autoridades trabajan en crear los mecanismos para su operatividad, como son la acreditación y aprobación de Unidades Verificadoras.

En todo el país, existen solo dos Unidades Verificadoras aprobadas para la NOM-008 y una para la NOM-020 (CONUEE, 2013). La escasa vinculación entre las normas federales y los reglamentos de construcción municipal y las pocas Unidades Verificadoras limitan la aplicación de esta normatividad.

Figura 6:
 Iluminación natural en el
 Museo de Sitio de Xochicalco
 en Morelos (Fotografía: J. M.
 Ochoa).



Una de las más importantes limitaciones de diseño en las actuales normas oficiales es que éstas están basadas en el modelo de transferencia de calor independiente del tiempo. En este modelo se supone que la temperatura del aire exterior y la radiación solar tienen valores constantes a lo largo de todo el día. Esta suposición no es válida en los climas de nuestro país y da resultados muy diferentes a los reales, sobre todo para muros y techos con materiales con alta capacidad de almacenamiento térmico, como son los construidos en concreto, tabiques o adobe (Huelsz, 2012). Por lo que, para los climas de nuestro país y otras áreas tropicales y subtropicales, se debe utilizar el modelo de transferencia de calor dependiente del tiempo que considera las variaciones de la temperatura del aire exterior y la radiación solar a lo largo del día. Cabe mencionar, que el Sistema de Evaluación de Vivienda Verde (SISEViVe), recién lanzado en su fase piloto por el Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), también usa el modelo de transferencia de calor independiente del tiempo para la evaluación térmica de la vivienda.

Para contribuir al desarrollo de normas mexicanas y sistemas de evaluación que calculen correctamente la transferencia de calor a través de la envolvente arquitectónica,

un grupo de académicos ha desarrollado una herramienta de cálculo denominada Ener-Habitat que resuelve las ecuaciones del modelo de transferencia de calor dependiente del tiempo en sistemas constructivos y climas de México (Ener-Habitat, 2013).

Figura 7:
 Cubículos del Instituto de
 Energías Renovables de la
 UNAM en Temixco Morelos
 (Fotografía: archivo IER).



Entre los esfuerzos del gobierno mexicano para impulsar la edificación sustentable está el programa del INFONAVIT de Hipoteca Verde, el cual consistente de un monto de crédito adicional para que sus derechohabientes puedan adquirir una vivienda equipada con eco-tecnologías que disminuyan el consumo de energía eléctrica, agua y gas de la vivienda. Así mismo, el Código de Edificación de Vivienda publicado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) incluye un apartado sobre sustentabilidad donde se establecen lineamientos mínimos de diseño sustentable para las viviendas que se construyen en México. Con respecto a la envolvente térmica, usa la norma NMX-C-460-ON-NCEE-2009, también basada en el modelo de transferencia de calor independiente del tiempo, por lo que consideramos no es adecuada. En el Código se incluyen sugerencias de diseño bioclimático para cada uno de los climas de México, sin embargo algunas de éstas no son muy claras (CONAVI, 2010).

En México también existen ejemplos de edificaciones construidas con una visión de sustentabilidad. Uno de ellos es el Museo de Sitio de Xochicalco en Morelos situado en clima cálido subhúmedo, construido en 1994, fue el primer museo del mundo con esta visión (Dada y Deffis 2007). El museo cuenta con ventilación natural, los muros exteriores son dobles, ventilados y con sistema de enfriamiento del aire por evaporación de agua (Figura 5). El museo capta en sus techos agua de lluvias y la descarga en sus depósitos subterráneos, esta agua es filtrada y sirve para abastecer los sanitarios y los espejos y canales de agua que forman parte del sistema de ventilación y enfriamiento. Las aguas

residuales son tratadas y se dedican al riego de los jardines. En las salas y pasillos se emplea la iluminación natural difundiéndola por medio de prismas (Figura 6).

Figura 8:
 Sistemas fotovoltaicos en
 el Instituto de Energías
 Renovables de la UNAM en
 Temixco Morelos (Fotografía:
 archivo IER).



Situado en clima cálido subhúmedo, se encuentra el Instituto de Energías Renovables (IER) de la UNAM en Temixco, Morelos, cuyos edificios construidos en 1984 son ejemplo de diseño bioclimático. Los cubículos tienen dos fachadas: la principal al sur con un gran alero para protección solar y la otra al norte. Ambas fachadas tienen ventanas para propiciar la ventilación cruzada. El techo es ventilado para remover el calor por convección y está pintado de blanco en el exterior para reducir la absorción de la radiación solar. También se plantaron árboles para sombrear los cubículos (Figura 7). El auditorio tiene muros dobles, ventanas remetidas, cámara de aire entre el techo y el plafón. Anteriormente tenía ventilas fijas en la parte inferior y turbinas de viento en el techo; recientemente se han cambiado las ventilas fijas por ventilas controlables automáticamente y las turbinas de viento por turbinas eléctricas con celdas fotovoltaicas para ventilar durante la noche y cerrar el auditorio durante el día cuando no está ocupado (enfriamiento por ventilación nocturna). También se ha incorporado un sistema de enfriamiento del aire por evaporación de agua utilizando atomizadores a la entrada del aire por las ventilas, éstos son operados durante los períodos de ocupación en la época cálida. Con todas estas estrategias se logra el confort térmico. Actualmente el IER tiene una capacidad instalada de 19kWp de celdas fotovoltaicas (Figura 8).

Situado en clima cálido seco extremoso, Cementos Holcim-Aspasco construyó en 2010 una planta en Hermosillo, Sonora, incorporando conceptos de sustentabilidad en sus edificios (Holcim, 2011). Los edificios son de forma cúbica para reducir el área de la

envolvente, los muros y techos cuentan con aislamiento y con masa térmica, en la parte exterior están pintados de color claro para reducir la absorción de la radiación solar, las ventanas cuentan con protección solar. Los edificios cuentan con iluminación natural y utilizan lámparas de LED para la iluminación nocturna. El pavimento alrededor de los edificios también es claro y en las áreas exteriores se utiliza vegetación local. El agua de lluvia es colectada y filtrada para irrigación y extinción de fuego, además los sanitarios y el riego tienen sistemas eficientes. El edificio de oficinas cuenta con la primera instalación comercial en América Latina de aire acondicionado solar por absorción y con el sistema fotovoltaico más grande en México con capacidad de 200 kWp (Figura 9).

Conclusiones

Consideramos que se deben seguir realizando acciones, como la creación de normas



Figura 9:
 Planta de Cementos Holcim-
 Apasco en Hermosillo
 Sonora (Fotografía: © Holcim
 Foundation).

obligatorias para impulsar la eficiencia de uso de los recursos de los aparatos, equipos y sistemas que se utilizan dentro de las edificaciones, incluyendo los de calentamiento y enfriamiento del aire. Sin embargo, creemos que son más importantes las acciones que directamente involucren la sustentabilidad de las edificaciones ya que éstas tendrán un impacto a mayor plazo. En general las edificaciones tienen una vida mayor a los cincuenta años, por lo que las acciones que se tomen ahora o se dejen de tomar para hacer que las edificaciones sean cada vez más sustentables repercutirán durante muchos años. Hacer más sustentable una edificación desde su

diseño es mucho más sencillo y económico que mejorar una ya construida.

Para nuestro país, consideramos que una de las acciones más importantes que se deben tomar para impulsar la construcción de edificaciones más sustentables es la implantación de normas obligatorias más acordes al clima del país. Copiar normas o sistemas de evaluación de otros países con climas muy distintos a los nuestros no es la solución. Para ello debemos trabajar en forma conjunta, académicos, constructores y autoridades.

El gobierno y el sistema financiero deben promover la construcción de edificaciones sustentables con créditos preferenciales o con incentivos fiscales para el constructor. Por lo general la construcción con criterios de sustentabilidad requiere de mayores inversiones, cuyo monto dependerá del clima y de las estrategias seleccionadas. Una mayor inversión inicial se amortiza al reducirse los costos de operación durante la vida útil de la edificación, sin embargo este beneficio lo recibe el usuario de la edificación y no su constructor.

Así mismo, es indispensable que en la formación de urbanistas, arquitectos e ingenieros civiles, se incorporen los temas de diseño bioclimático, eficiencia energética, materiales de construcción, manejo de agua y residuos con una visión integral de sustentabilidad aplicándolos en todos los proyectos que realicen a lo largo de su formación.

Bibliografía

- [1] Ayuntamiento de Mataró, 2013. *La Cultura - Bibliotecas*. Disponible en <http://www.mataro.cat/portal/ca/Cultura/lectura/index.html>
- [2] Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), 2013. *BREEAM The world's foremost environmental assessment method and rating system for buildings*. Disponible en: http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAM_Brochure.pdf
- [3] BUTLER D., 2008. *Architects of a low-energy future*. Nature 452, 520-523. Disponible en: <http://www.nature.com/news/2008/080402/full/452520a.html>
- [4] Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), 2010. *Código de Edificación de Vivienda*. Disponible en: <http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/CEV%20PDF.pdf>
- [5] Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2008. *Edificación Sustentable en América del Norte. Oportunidades y Retos. Informe del Secretariado al Consejo Conforme al Artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte*. Canadá. Disponible en: http://www.cec.org/Storage/61/5388_GB_Report_SP.pdf
- [6] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), 2013. *Unidades de Verificación*. Disponible en: http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_709_unidades_de_verifica
- [7] DADA R., Deffís A., 2007. *Arquitectura: 2001 a 2010: 2007: Edificios ecológicos autofinanciables*. Disponible en: <http://www.arq.com.mx/noticias/Detalles/9127.html>
- [8] Dirección General de Normas (DGN), 2013. *Consulta del Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas*. Consultado el 11 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do>

- [9] Ener-Habitat, 2013. Ener-Habitat. *Evaluación Térmica de la Envolvente Arquitectónica*. Patrocinado por el Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER. Disponible en: <http://www.enerhabitat.unam.mx>
- [10] Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), 2013. *Eficiencia Energética*. Disponible en: http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=219
- [11] Forest Stewardship Council (FSC), 2013. *Principios y Criterios*. Disponible en: <https://ic.fsc.org/los-principios-y-criterios.34.htm>
- [12] Holcim Foundation for Sustainable Construction (Holcim), 2011. *Producing cement in the desert*. Holcim Apasco plant in Hermosillo, Mexico. Disponible en: <http://download.holcimfoundation.org/1/docs/Hermosillo.pdf>
- [13] HUELSZ G., 2012. Ener-Habitat. *Evaluación térmica de la envolvente arquitectónica*. Disponible en http://www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/pdfs/Presentacion_Enerhabitat_121030.pdf
- [14] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2012. *Anuario de estadísticas por entidad federativa 2012*. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2012/Aepef2012.pdf
- [15] International Energy Agency (IEA), 2008. *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings*. Disponible en: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3780,en.html>
- [16] International Energy Agency (IEA), 2011. *Technology Roadmap. Energy-efficient Buildings: Heating and Cooling Equipment*. Disponible en: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/buildings_roadmap-1.pdf
- [17] Japan Green Build Council (JaGBC), 2013. *CASBEE Comprehensive Assessment System for Build Environment Efficiency*. Disponible en: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>
- [18] MARTÍNEZ M., 2012. Edificaciones eficientes al 2050. *La Jornada Morelos*, 2 de enero de 2012. Disponible en: <http://crearfuturos.blogspot.com/>
- [19] Mgh Architecture + Design (MGH), 2012. *The Case for Tall Wood Buildings*. Disponible en: <http://www.cwc.ca/documents/Industry/Tall%20Wood%20Buildings%20-%20Final%20Report.pdf>

- [20] National Geographic (NG), 2012. *Wooden Skyscrapers. Hail, Timber*. National Geographic, Vol 222, No 6, Next| City Solutions p. 26.
- [21] National Renewal Energy Laboratory (NREL), 2013. *Sustainable NREL*. Disponible en http://www.nrel.gov/sustainable_nrel/rsf.html
- [22] OCHOA J.M., Marincic I., Rojas J., Figueroa A., 2010. Energía en Edificaciones. En: *Energías Alternas, Propuestas de investigación y desarrollo tecnológico para México*. Coord.: Estrada C., Islas J., p. 83-90. Academia Mexicana de Ciencias. Disponible en: http://www.coniunctus.amc.edu.mx/libros/energias_alternas.pdf
- [23] Secretaría de Energía (SENER), 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001 para eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, Diario Oficial. 25 de abril 2001, 59-100. Disponible en: <http://conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/9/NOM008ENER2001.pdf>
- [24] Secretaría de Energía (SENER), 2011. *Balance Nacional de Energía*. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf
- [25] Secretaría de Energía (SENER), 2011. Norma oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011 para eficiencia energética en edificaciones.- *Envolvente de edificios para uso habitacional, Diario Oficial. 9 de agosto 2011, 44-89*. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011
- [26] Sustainable Forestry Initiative (SFI), 2013. *Basics of SFI*. Disponible en: <http://www.sfiprogram.org/about-us/basics-of-sfi/>
- [27] Techniker, 2010. *Tall Timber Buildings. The Stadthaus, Hoxton, London*. Disponible en: <http://techniker.oi-dev.org/assets/264739566/52/Tall%20Timber%20Buildings%20Feb10.pdf>
- [28] Torcellini P., Pless S., and M. Deru M., Crawley D., 2006. *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*. ACEEE Summer Study Pacific Grove, California August 14–18. Disponible en: http://www.biomassthermal.org/programs/documents/118_ZEBCriticalLookDefinition.pdf
- [29] United Nations Environment Programme (UNEP), 2009. *Greenhouse Gas Emission Baselines and Reduction Potentials from Buildings in Mexico. A Discussion Document*. Disponible en: <http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-Mexicoreport.pdf>
- [30] United States Green Building Council (USGBC), 2013. *What is LEED or Leadership in Energy & Environmental Design*. Disponible en: <http://www.usgbc.org/articles/about-leed>

- [31] VAUGHAN A., 2010. *London landmark building will generate 8% of its energy needs*. Disponible en <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/mar/14/razor-tower-wind-turbines>.
- [32] World Resources Institute (WRI) 2003. *Ecosistemas y bienestar humano: marco para su evaluación*. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.3.aspx.pdf>
- [33] YiwoGo, 2010. *First solar energy PV power station in Yiwu combined to the grid*. Disponible en <http://en.yiwugou.com/news/detail/59892.html>