

V Congreso de Administración y Tecnología para el Diseño

**Los materiales de construcción
en la edificación sustentable.**

Mtro. Luis Rocha Chiu

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

Mtro. Luis Rocha Chiu

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México, D.F., México
Departamento de Materiales, Área de Construcción
correo: rcla@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

El cambio climático implica el calentamiento global de nuestro planeta, modificaciones en los patrones de lluvias, en la cobertura de nubes y en los demás elementos del sistema atmosférico. El calentamiento global es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos.

El calentamiento global es ocasionado por el efecto invernadero, fenómeno que se refiere a la absorción —por ciertos gases atmosféricos— de parte de la energía que el suelo emite, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación solar. Actualmente, lo que preocupa a los científicos es que una elevación importante de la proporción de gases de efecto invernadero (GEI) producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

El Protocolo de Kyoto tiene como objetivo la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero, fue adoptado en las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo y promueve una reducción de emisiones contaminantes de los GEI en los sectores de la energía, el transporte, la edificación y la industria.

En México las edificaciones son responsables de 40% del consumo básico de energía, de 20% de las emisiones de bióxido de carbono, de 20 a 25% de desechos sólidos y de 5 a 12% del consumo de agua. En respuesta a esta problemática organismos como el Consejo Estadounidense de Edificación Sustentable (US Green Building Council, USGBC) proponen el empleo de elementos de edificación sustentable con los que se puede reducir sustancialmente el consumo de energía y agua, así como la generación de desechos y las emisiones de carbono.

La USGBC desarrolló el programa Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) como un sistema de evaluación para establecer niveles de desempeño sobre el grado de sustentabilidad de las edificaciones. El programa utiliza un sistema de puntos que califica el desempeño en las siguientes áreas: desarrollo sostenible del sitio, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental en interiores, innovación en el diseño y prioridad regional.

En este trabajo se describen el problema del cambio climático, las características de los gases de efecto invernadero y sus consecuencias, las medidas que las naciones del mundo están tomando para mitigar los efectos del calentamiento global y la relación de la edificación sustentable con esta problemática. También, se mencionan las especificaciones de la certificación LEED de edificaciones, haciendo especial énfasis en la contribución de los materiales de construcción.

PALABRAS CLAVE

Cambio climático, gases efecto invernadero, edificación sustentable, certificación LEED y materiales de construcción.

INTRODUCCIÓN

En 1987 la primer ministro noruega Gro Brundtland incorporó en el informe “Nuestro futuro común” (*Our common future*), presentado en la 42a sesión de las Naciones Unidas, “...el desarrollo es sustentable cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades”. En dicho informe se hace hincapié en que el empobrecimiento de la población mundial es una de las principales causas del deterioro ambiental a nivel global. En 1992 los jefes de estado reunidos en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro se comprometieron a buscar juntos “... las vías de desarrollo que respondan a las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”.

Dada la precaución del mundo académico a la hora de consensuar nuevos conceptos y la adopción por parte del Diccionario de la Real Academia Española se posibilitó traducir “sustainable” como “sostenible” pero dejando dudas en su uso. En la península ibérica el término inglés “sustainable” se traduce comúnmente como sostenible mientras que en América Latina está más extendido el término sustentable; sin embargo, ambas expresiones se refieren a un mismo concepto.

Así el concepto del desarrollo sostenible o sustentable se basa en tres principios: el análisis del ciclo de vida de los materiales; el desarrollo del uso de materias primas y energías renovables; y la reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos; esto es, la sustentabilidad suele incluir aspectos ambientales, económicos y sociales.

En forma análoga, la edificación sustentable es un modo de concebir el diseño y la construcción de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes.

CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, que posiblemente alcanzó el nivel de calentamiento de la época medieval a mediados del siglo XX, para excederlo a partir de entonces.

El calentamiento global está asociado a un cambio climático que puede tener causa antropogénica (actividades humanas) o natural. El principal efecto que causa el calentamiento global es el efecto invernadero, fenómeno que se refiere a la absorción (por ciertos gases atmosféricos, principalmente CO₂) de parte de la energía que el suelo emite, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación solar. El efecto invernadero natural que estabiliza el clima de la Tierra no es cuestión que se incluya en el debate sobre el calentamiento global. Para que este efecto se produzca, son necesarios estos gases de efecto invernadero (GEI), pero en proporciones adecuadas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC de la ONU) sostiene que: *«la mayoría de los aumentos observados en la temperatura media del globo desde la mitad del siglo XX, son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas»*. Esto es conocido como la teoría antropogénica, y predice que el calentamiento global continuará si lo hacen las emisiones de gases de efecto invernadero. En el último reporte con proyecciones de modelos climáticos presentados por el IPCC, indican que es probable que temperatura global de la superficie, aumente entre 1.1 a 6.4 °C durante el siglo XXI.

El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que causan el calentamiento global: bióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5% como mínimo, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009, eran 187 estados los que ratificaron el protocolo. Estados Unidos, el mayor emisor de gases de invernadero mundial, no ha ratificado el protocolo.

GASES EFECTO INVERNADERO

La capa más baja de la atmósfera, conocida como troposfera, contiene a los gases que son responsables, en gran parte, de la temperatura del planeta y, por lo tanto, de crear condiciones aptas para la vida. Los gases referidos son principalmente el vapor de agua, el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), y los gases industriales (Hidrofluorocarbonos –HFC–, Perfluorocarbonos –PFC– y Hexafluoruro de azufre – SF_6 –), también conocidos como gases de efecto invernadero. A excepción de los gases industriales todos estos gases existen de manera natural y representan menos del 1% de la atmósfera y atrapan parte del calor (radiación infrarroja o de onda larga) que emite la superficie de la Tierra al absorber la energía solar que la calienta (Figura 1). Esta retención es lo que se conoce como “efecto invernadero”, un proceso esencial dentro del sistema climático. En ausencia de estos gases, la temperatura promedio del planeta sería de -18°C en lugar de 15°C , como ocurre en situación normal.

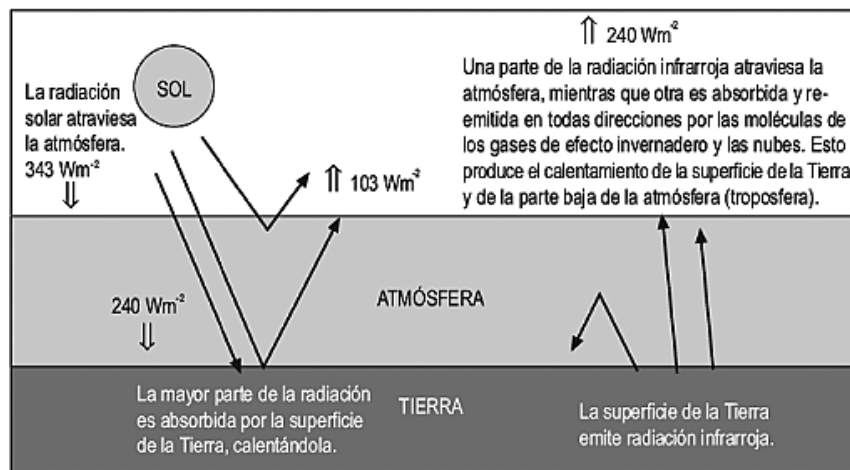


Figura 1: Efecto invernadero

Fuente: México, Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, noviembre de 1997.

Debido al aumento en las concentraciones atmosféricas de varios gases de efecto invernadero, la temperatura de la tierra se ha incrementado en aproximadamente medio grado centígrado en los últimos 100 años, y de continuar esta tendencia, podría agravarse el fenómeno del cambio climático global.

Las concentraciones de CO_2 y de N_2O se han incrementado a causa de la quema de combustibles fósiles y de la deforestación. El CH_4 ha aumentado debido, entre otras causas, al incremento de los hatos ganaderos, a la fermentación entérica de materia orgánica y a la explotación del gas natural. Los gases industriales son producidos por el hombre y utilizados en la fabricación de refrigerantes y solventes.

El más abundante de estos gases es el CO₂, que se encuentra en concentraciones de 350 partes por millón (ppm). El bióxido de azufre, que se encuentra presente en una proporción máxima de 0.05 ppm, contribuye a la deposición ácida de la lluvia, a la corrosión de algunos materiales y a la disminución de la visibilidad. Los óxidos de nitrógeno son precursores de la lluvia ácida, del smog fotoquímico y de la reducción del ozono en la estratósfera. Los gases industriales, en 0.003 ppm, contribuyen al adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico y, junto con el metano, el óxido nitroso y el bióxido de carbono, son responsables del aumento de la temperatura del planeta y de producir posibles cambios climáticos graves a través del incremento del efecto de invernadero (Tabla 1).

Gas	Principales fuentes	Concentra- ciones pre- industriales	Concentra- ciones actuales	Potenciales de calentamiento global			Cre- cimiento (ritmo anual) %	Vida atmosférica (años)
				20	100 años	500		
Bióxido de Carbono CO₂*	Quema de combustibles fósiles, producción de cemento, cambios en uso de suelo tropical.	280	350	1	1	1	1.6	50 a 200
Metano CH₄*	Cultivo de arroz, rellenos sanitarios, ganadería, combustión de biomasa, producción y consumo de combustibles fósiles.	0.8	1.7	62	24.5	7.5	0.02	10
Óxido Nitroso N₂O**	Agricultura (pastoreo en regiones tropicales), quema de biomasa, procesos industriales (producción de ácido adípico y ácido nítrico), quema de combustibles fósiles.	288	310	290	320	180	0.8	150

Tabla 1: Gases efecto invernadero

Fuente: México, Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, noviembre de 1997.

No obstante que la composición atmosférica ha sufrido variaciones naturales a lo largo de millones de años, las emisiones antropogénicas están produciendo cambios en el clima del planeta en unos cuantos decenios. Por ejemplo, se ha observado que la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado entre 0.3 y 0.6°C desde 1886.

También los cambios regionales han sido evidentes: el calentamiento reciente ha sido mayor sobre las latitudes medias de los continentes en invierno y primavera, con pocas áreas de enfriamiento, como el norte del océano Atlántico; mientras que las lluvias han aumentado sobre los continentes en latitudes altas del hemisferio norte, en especial durante la época de frío. Otro síntoma del calentamiento global ha sido el aumento del nivel medio del mar de 10 a 25 centímetros. A pesar de que no hay suficientes datos para determinar si han ocurrido cambios globales consistentes en la variabilidad climática o eventos climáticos extremos durante el siglo XX, a escala regional existen evidencias claras de cambios en algunos indicadores. Por ejemplo, la fase caliente persistente de “El Niño” de 1990 a principios de 1995, que causó sequías e inundaciones en muchas áreas, no resultó un fenómeno común durante los últimos 120 años. También se han observado menos heladas en grandes áreas y aumento en la cantidad de lluvia durante eventos climáticos extremos.

Recientemente se ha detectado que las concentraciones de CO₂ se incrementan año con año en aproximadamente un 1.6%. Se estima que este aumento se debe principalmente a las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles, que no se equilibran con los sumideros de CO₂ (fotosíntesis en la vegetación terrestre, acuática continental y marina, entre otros). Es decir, la actividad industrial está emitiendo alrededor de 6 mil millones de toneladas de carbono por año, de las cuales alrededor de 3 mil millones permanecen y se acumulan en la atmósfera. También se ha observado un aumento en las concentraciones atmosféricas de metano y óxido nitroso, los cuales se incrementaron en un 112% y un 7%, respectivamente, desde la era preindustrial hasta 1992.

En México, las emisiones totales de bióxido de carbono están asociadas principalmente al cambio de uso de suelo, a la generación de energía, al transporte y al sector industrial; la edificación residencial y comercial contribuye con 5.30% a las emisiones de carbono totales (Figura 2).

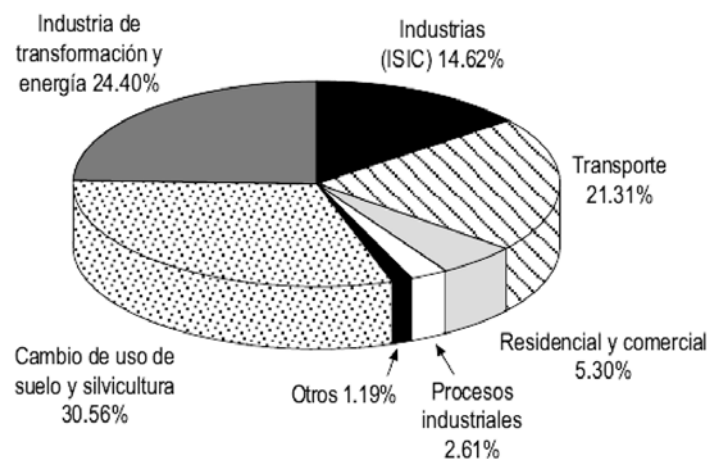


Figura 2: Emisiones de bióxido de carbono por sector - México

Fuente: México, Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, noviembre de 1997.

Si bien México se encuentra entre los 20 países con mayores emisiones de gases de invernadero per cápita, éstas son muy inferiores a las de los países desarrollados. A medida que los países se desarrollan, tienden a aumentar sus emisiones per cápita, al tiempo que aumentan su intensidad energética y, por lo tanto, la relación entre sus emisiones de gases de invernadero con respecto al producto interno bruto (Tabla 2).

México presenta una menor eficiencia energética que el promedio de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), lo que significa que genera más emisiones de gases de invernadero por unidad de PIB que ellos. Sin embargo, son los países más desarrollados los que emiten mayores cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera per cápita; lo cual sustenta el principio de la responsabilidad común, pero diferenciada, ante el fenómeno del cambio climático.

País	Emisiones anuales per cápita (Tons)
1. Estados Unidos	5.26
2. Kazajstán	4.71
3. Australia	4.19
4. Canadá	3.97
5. Rusia	3.08
6. Corea del Norte	2.90
7. Alemania	2.89
8. Reino Unido	2.62
9. Ucrania	2.43
10. Japón	2.39
11. Polonia	2.31
12. África del Sur	2.07
13. Corea del Sur	1.98
14. Italia	1.81
15. Francia	1.56
16. Irán	1.09
17. México	0.96
18. China	0.71
19. Brasil	0.39
20. India	0.24

Tabla 2: Emisiones de carbono por país

Fuente: México, Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, noviembre de 1997.

EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

Los impactos ambientales de las edificaciones tienen lugar durante todas las etapas del ciclo de vida: desde el diseño hasta la demolición, pasando por la ubicación, construcción, uso y renovación. Las decisiones que en materia de edificación se toman a lo largo de estas etapas afectan también el valor comercial, la salud y productividad de los trabajadores, así como aspectos sociales o de calidad de vida.

Los impactos directos al ambiente resultantes de la construcción y operación de las edificaciones incluyen emisiones de gases de efecto invernadero y otras emisiones atmosféricas relacionadas con el consumo de energía, consumo y descarga de agua, escorrentía de agua pluvial, impactos relativos a los materiales de construcción, residuos sólidos de las diferentes etapas del ciclo de vida de un inmueble y calidad del aire en interiores. Los impactos secundarios suelen relacionarse con los ciclos de vida de los productos de la edificación, el desarrollo de infraestructura y los sistemas de transporte.

En Canadá, Estados Unidos y México, la operación de edificios comerciales y habitacionales representa alrededor de 20, 30 y 40 por ciento, respectivamente, del consumo básico de energía. Asimismo, los inmuebles suelen dar cuenta de 20 a 25 por ciento de los desechos de los rellenos sanitarios y de 5 a 12 por ciento del consumo de agua (Tabla 3). El Consejo Estadounidense de Edificación Sustentable (US Green Building Council, USGBC) calcula que hoy, en promedio, la edificación sustentable reduce 30 por ciento el uso de energía, 35 por ciento las emisiones de carbono y de 30 a 50 por ciento el consumo de agua, además de que genera ahorros de 50 a 90 por ciento en el costo del manejo de los desechos.

Impacto	Canadá	Estados Unidos	México
Consumo total de energía	33%	40%	17%
Consumo total de agua	12%	5%	5%
Consumo total de electricidad	50%	68%	25%
Desechos generados	25%	60%	20%
Emisiones de bióxido de carbono	35%	38%	20%

Tabla 3: Impactos ambientales de la edificación en América del Norte
 Fuente: Elaboración propia con datos de "Edificación sustentable en América del Norte",
 Comisión para la Cooperación Ambiental, 2008

Cada año, la energía consumida por los edificios en América del Norte ocasiona la liberación a la atmósfera de más de 2,200 megatoneladas de dióxido de carbono (CO₂), alrededor de 35 por ciento del total de la región. Los resultados de estudios recientes del IPCC indican que las prácticas de edificación mejoradas constituyen una de las formas más rápidas y baratas para reducir

considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero; también, se menciona que hay enormes posibilidades en lo que respecta a mejoras energéticas y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero hacia 2030 y se sugiere una ruta de avance hacia inmuebles con nulo consumo neto de energía y sin emisiones de carbono. Así, una adopción cada vez mayor y más rápida de tecnologías avanzadas para el ahorro de energía, podría generar reducciones anuales de 1,711 megatoneladas en emisiones de CO₂ a la atmósfera en América del Norte para 2030, en comparación con un enfoque tendencial. Con reducciones tan extraordinarias en los requerimientos energéticos, la energía renovable podría satisfacer necesidades adicionales de energía, lo que posibilitaría la adopción generalizada de edificaciones de nulo consumo energético neto y neutras en carbono.

México, por su parte, cuenta con una tradición arquitectónica que favorece las prácticas y diseños de edificación respetuosos del medio ambiente y con reducido impacto ambiental. Las políticas para fomentar la edificación sustentable son relativamente nuevas y, por lo general, se centran en el sector de la vivienda. La Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) ha estado documentando prácticas sustentables y trabaja en la definición de criterios para viviendas sustentables. El Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) ha creado un programa de “hipotecas verdes”. Asimismo, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) comenzó a trabajar recientemente en la instrumentación de un programa de calentadores solares de agua y la sustitución del alumbrado residencial. Sin embargo, en el país hay obstáculos adicionales, como la carencia de planes urbanos y reglamentos de construcción que aborden cuestiones de sustentabilidad; la ausencia de un sistema de certificación de uso generalizado para las prácticas de edificación sustentable, y la falta de datos sobre consumo de energía y agua en los inmuebles.

ELEMENTOS DE LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

Las actuales prácticas de edificación suelen prestar poca atención a la eficiencia energética o los impactos económicos, ambientales o sociales más amplios en el ambiente edificado. La edificación sustentable se propone acabar con estas costumbres. Las primeras acciones para producir un cambio en el sector de la edificación, a partir de los años 1960 e incluso en la década de los ochenta, se centraron por lo general en aspectos individuales como eficiencia energética y conservación de los recursos naturales.

Un elemento crucial para el éxito de la edificación sustentable ha sido la aplicación de principios de diseño integral, que consisten en adoptar un enfoque sistémico conjunto respecto de las edificaciones al reunir a los principales sectores interesados y a profesionales del diseño en un equipo central que colabora desde las etapas iniciales de planeación hasta la ocupación del inmueble.

Los elementos de la edificación sustentable pueden incluir prácticas modernas de alta tecnología como, por mencionar sólo algunas, alumbrado fluorescente compacto controlado por sensores,

bombas de calor de alta eficiencia, calefacción geotérmica, paneles de celdas fotovoltaicas y chimeneas solares, limpieza *in situ* y reutilización de aguas residuales. También pueden consistir en prácticas sencillas y con frecuencia probadas, como la atención a la orientación y el diseño del inmueble, un mayor uso de aire fresco y luz natural, mejor aislamiento, sistemas de enfriamiento por radiación que aprovechen las condiciones naturales, productos de madera rescatada o de bosques sujetos a manejo forestal, agregados de concreto reciclado, terrazas jardín, recolección de agua de lluvia, mingitorios que no usan agua, instalaciones para ciclistas, pavimentos permeables, pisos de corcho y uso de materiales locales.

Las prácticas vigentes de edificación sustentable no se limitan a un tipo de inmueble o nicho del mercado, ubicación geográfica o modelo comercial. Cada vez más se considera que la edificación sustentable forma parte de programas generales de urbanización orientados al desarrollo de comunidades sustentables con especial énfasis en la integración de la edificación sustentable con infraestructura urbana sustentable para transporte, servicio de gas y energía eléctrica, agua potable, eliminación y reciclaje de aguas residuales, y manejo de agua de lluvia y aguas residuales y alcantarillado.

El número de inmuebles sustentables certificados por programas de calificación voluntarios, encuestas de mercado y anécdotas sugestivas da indicio de un enorme crecimiento en este campo, aun cuando ese número continúe siendo muy reducido. De acuerdo con algunos cálculos, en la actualidad la edificación sustentable representa en Estados Unidos entre 5 y 10 por ciento. La principal organización dedicada a la edificación sustentable en Estados Unidos, el Consejo Estadounidense de Edificación Sustentable (*US Green Building Council, USGBC*), cuenta con más de 12,000 organizaciones miembros; mientras que en Canadá el Consejo Canadiense de Edificación Sustentable (*Canada Green Building Council, CaGBC*), fundado en 2002, cuenta con 1,400 miembros.

En México se carece de cálculos disponibles sobre el número de edificaciones sustentables. En las últimas tres décadas se ha establecido una red en expansión de especialistas en el campo de la arquitectura solar y bioclimática. Este proceso dio como resultado la creación en 2002 de la Red Nacional de Arquitectura Bioclimática. Ese mismo año se fundó el Consejo Mexicano de Edificación Sustentable (CMES), que es bastante pequeño (sólo 32 miembros) en comparación con los consejos estadounidense y canadiense (USGBC y CaGBC).

SISTEMAS DE CALIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

Desde principios de la década de 1990, varias organizaciones en Estados Unidos y Canadá han elaborado sistemas de calificación de la edificación sustentable para fijar objetivos y marcos de desempeño específicos a fin de evaluar el diseño y el desempeño general de una edificación. En todos

estos sistemas de calificación se asignan puntos en áreas como consumo de energía, consumo de agua, contaminación, insumos de material y productos, calidad del aire en interiores y comodidad de los ocupantes, transporte y ecología del sitio, entre otras características de diseño sustentable. Muchos de estos sistemas están dejando de calificar sólo el diseño de los edificios para evaluar también el desempeño real a lo largo el tiempo. Sus diferencias se derivan del proceso estándar de elaboración, la filosofía sobre determinados temas y el rigor, más que las áreas de los sistemas de calificación.

El programa Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés), elaborado y manejado por el USGBC, constituye el sistema de calificación de la edificación sustentable más usado en el mundo. LEED es un sistema que evoluciona rápidamente; en Estados Unidos se registran cuando menos nueve tipos de programas específicos, incluidos aquellos para edificios sustentables nuevos y grandes proyectos de renovación; mantenimiento de inmuebles en operación; interiores comerciales, viviendas, escuelas, vecindarios y minoristas.

El Consejo Canadiense de Edificación Sustentable (Canada Green Building Council, CaGBC) cuenta con una licencia de su homólogo estadounidense (USGBC) para administrar el sistema LEED en Canadá. Por su parte, el Consejo Mexicano de Edificación Sustentable (CMES) trabaja en la adaptación del sistema de calificación LEED para edificaciones comerciales en México.

Green Globes, conformado por importantes grupos industriales de Canadá y Estados Unidos como alternativa a LEED, destaca por su facilidad de uso, bajo costo y programa de capacitación del usuario en Internet. La Asociación de Propietarios y Administradores de Edificios (Building Owners and Managers Association, BOMA) de Canadá lanzó una variante de Green Globes, GoGreen, que califica edificios de oficinas comerciales ya en operación. La Asociación Nacional de Constructores de Vivienda (National Association of Home Builders, NAHB) y el Consejo de Códigos Internacionales (International Codes Council) se asociaron con el Instituto Nacional de Normalización de Estados Unidos (American National Standards Institute) a fin de formular normas habitacionales ecológicas. En la ciudad de México, la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal publicó el 28 de noviembre de 2008 en la Gaceta Oficial el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES), el cual entró en vigor a partir del año 2009. El PCES en esta primera etapa está dirigido a edificios en desarrollo o en operación para vivienda y oficina, califica cinco áreas: energía, agua, residuos sólidos, calidad de vida y responsabilidad social, e impacto ambiental. El PCES otorga tres categorías de certificación: cumplimiento (21 a 50 puntos), eficiencia (51 a 80 puntos) y excelencia (81 a 100 puntos). Los edificios que obtengan el certificado del PCES pueden obtener los siguientes beneficios: reducción en el pago de impuesto predial, simplificación administrativa, cuotas preferentes en los derechos de agua, posibles financiamientos para programas de ahorro de energía, posibles financiamientos a tasas preferenciales y posibles reducciones de primas de seguros.

SISTEMAS DE CALIFICACIÓN LEED

El Consejo Estadounidense de Edificación Sustentable (*US Green Building Council, USGBC*) comenzó a investigar en 1993 sobre los parámetros y sistemas de clasificación de los edificios sostenibles existentes. Después de cinco años de trabajos el comité creado por la USGBC publicó en agosto de 1998 la primera versión del Sistema de Clasificación de Edificios Sustentables. Los sistemas de clasificación LEED son voluntarios, basados en tecnologías probadas y existentes, evalúan la eficiencia medioambiental a partir de una amplia perspectiva de la construcción en función del ciclo de vida de los edificios, ofreciendo una norma para lo que constituye un edificio sustentable en diseño, construcción y operación. Actualmente el programa LEED ha establecido sistemas de clasificación para: nueva construcción, edificios existentes, colegios, desarrollos urbanísticos, centros comerciales, hospitales, viviendas e interiores comerciales. En Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones el Sistema de Clasificación de Edificios Sustentables LEED 2009 establece un grupo de normas para la certificación del diseño y la construcción de edificios comerciales, de oficinas o institucionales y edificios residenciales de muchas plantas de todos los tamaños, tanto públicos como privados. El propósito es promover prácticas saludables, duraderas, económicas y sólidas medioambientalmente en el diseño y la construcción de edificios. Los requisitos y créditos del LEED para Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones se dirigen en las siguientes áreas: desarrollo sostenible del sitio, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental en interiores, innovación en el diseño y prioridad regional. La Tabla 4 muestra el puntaje máximo posible para cada una de las áreas, así como los niveles de certificación que otorga el programa LEED:

Área	Puntos posibles
Desarrollo sostenible del sitio	26
Eficiencia del agua	10
Energía y atmósfera	35
Materiales y recursos	14
Calidad ambiental en interiores	15
Innovación en el diseño	6
Prioridad regional	4
Niveles de Certificación	Escala de Puntos
Certificado	40 – 49 puntos
Plata	50 – 59 puntos
Oro	60 – 79 puntos
Platino	80 puntos o más

Tabla 4: LEED para Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones – Puntos posibles por área y Niveles de certificación
Fuente: LEED 2009 para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones, USGBC, noviembre 2008

Los edificios comerciales y de oficinas definidos por los códigos de construcción son elegibles para certificación como edificios LEED de Nueva Construcción. Entre los distintos ejemplos de inmuebles se pueden citar oficinas, edificios institucionales (bibliotecas, museos o iglesias), hoteles y edificios residenciales de tres o más plantas habitables.

El sistema LEED demanda una serie de exigencias mínimas que debe poseer un edificio para ser elegible para certificación. Estos requisitos definen las categorías de edificios que van a evaluar los sistemas de clasificación LEED y tomados en conjunto sirven a tres objetivos: proporcionar una guía clara a los clientes, proteger la integridad del programa LEED y reducir las dificultades que ocurren durante el proceso de certificación. Los requisitos mínimos para certificación son: cumplir las leyes medioambientales, tratarse de un edificio, tener límites de terreno razonables, cumplir equivalencia mínima y superficie del suelo, cumplir los índices mínimos de ocupación, el edificio no debe permanecer inactivo más de cuatro años, permitir el acceso a los datos de consumo de energía y agua al personal certificador, cumplir una relación mínima entre superficie del edificio y área del terreno.

REQUISITOS LEED PARA MATERIALES Y RECURSOS

El Sistema de Clasificación de Edificios Sustentables LEED para Nuevas Construcciones en el área de “Materiales y Recursos” obliga el cumplimiento del prerrequisito Almacenamiento y Recogida de Reciclables y, califica siete créditos, para alcanzar 14 puntos posibles, en la Tabla 5 se observan las categorías examinadas y el nivel de puntaje requerido:

Materiales y Recursos		14 Puntos Posibles	Calificación
Prerrequisito 1	Almacenamiento y recogida de reciclables		Requerido
Crédito 1.1	Reutilización del edificio-Mantener paredes, suelos y tejado		1 – 3
Crédito 1.2	Reutilización del edificio-Mantener elementos no estructurales		1
Crédito 2	Gestión de residuos de construcción		1 – 2
Crédito 3	Reutilización de materiales		1 – 2
Crédito 4	Contenido en reciclados		1 – 2
Crédito 5	Materiales regionales		2
Crédito 6	Materiales rápidamente renovables		3
Crédito 7	Madera certificada		2

Tabla 5: LEED para Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones – categoría de Materiales y Fuente: LEED 2009 para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones, USGBC, noviembre 2008

Las edificaciones deben cumplir el prerrequisito “Almacenamiento y recogida de reciclables” proporcionando áreas accesibles para el almacenamiento de materiales para su reciclaje, entre ellos: papel, cartón corrugado, vidrio, plásticos y metales.

Los créditos sobre “Reutilización del edificio” se cubren utilizando los elementos estructurales y no-estructurales como: muros, losas, cubiertas y puertas. En cuanto a la “Gestión de residuos” se solicita reciclar o recuperar al menos la mitad de los residuos de construcción y demolición e implantar un plan de gestión que identifique y clasifique los materiales.

El empleo de materiales recuperados que constituyan al menos el 5%, en función del valor total de los materiales del edificio, sirve para obtener los puntos del crédito “Reutilización de materiales”. Mientras que el “Contenido de reciclados” se cumple mediante el uso de materiales cuyo contenido en reciclados sea 10% o mayor.

El cumplimiento de “Materiales regionales” se logra con la utilización de un mínimo de 10% de materiales o productos que se hayan extraído o fabricado en un radio de 800 kilómetros del sitio de construcción. Reducir el uso y la disminución de materias primas limitadas y de materiales renovables de ciclo largo reemplazándolos con materiales rápidamente renovables es la exigencia del crédito 6: “Materiales rápidamente renovables”. El último criterio busca favorecer una gestión forestal responsable con el medio ambiente, usando como mínimo el 50% (en función del costo) de materiales y productos permanentes en el edificio con base madera.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción consume el 50% de todos los recursos mundiales y se convierte en la actividad menos sostenible del planeta. Los materiales de construcción requieren mayor consumo de energía para su fabricación; por ejemplo el contenido energético para procesar metales es del orden de 30 a 160 MJ/kg (Energía en Megajoules para fabricar un kilogramo de material), mientras que los plásticos en general requieren energía en el rango de 40 a 60 MJ/kg y los aglutinantes como la cal, el yeso o el cemento necesitan menos de 10 MJ/kg (Tabla 3).

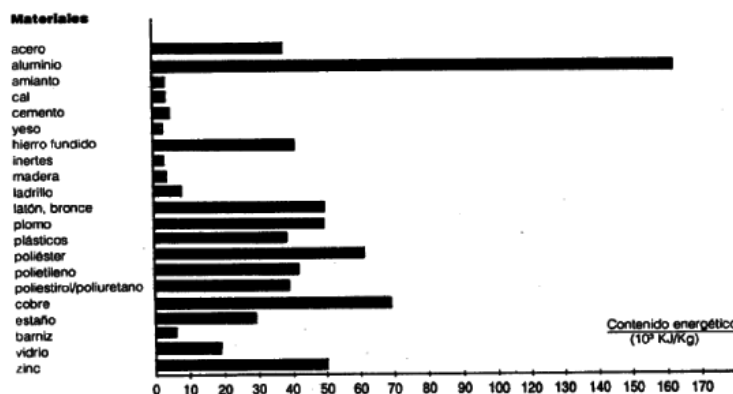


Figura 3: Contenidos energéticos de diversos materiales de construcción

Fuente: La tecnología del hormigón y el desarrollo sustentable, Astori, R., Sanguinetti, B. y Bizzotto, M., Universidad Nacional del Nordeste, 2005

De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, las emisiones de GEI en México, derivadas de procesos industriales se incrementaron de 34.7 MTon de CO₂e (Bióxido de carbono equivalente) en 1990 a 63.5 MTon de CO₂e en 2006 (Figura 4). Este aumento se debió principalmente al crecimiento en la producción de productos minerales como el cemento, la cal y caliza y de productos siderúrgicos. En estas emisiones el bióxido de carbono (CO₂) representa 89% de las emisiones totales de GEI en el período 1990-2006.

En 2006, las principales fuentes que contribuyeron a las emisiones de bióxido de carbono fueron: el uso de piedra caliza (33.5%), la fabricación de cemento (33.0%), la producción de hierro y acero (22.4%) y la elaboración de cal (5.1%), todos ellos importantes materiales de construcción.

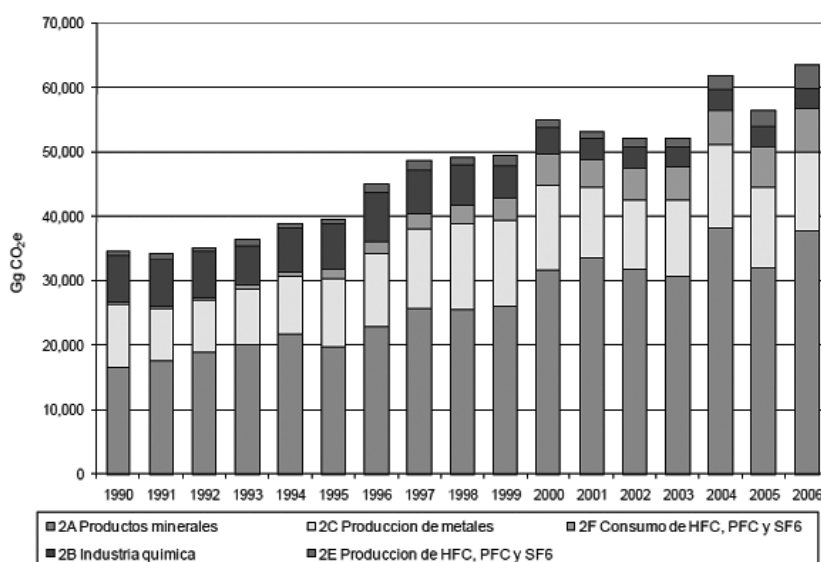


Figura 4: Emisiones de gases efecto invernadero por procesos industriales

Fuente: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, Instituto Nacional de Ecología, octubre de 2008.

Los fabricantes de cemento en el mundo están realizando esfuerzos cada vez mayores para abatir el consumo energético en la fabricación de sus productos y al mismo tiempo disminuir los índices de contaminación del sector. Al respecto, en 1999 el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) establece la Iniciativa para la Sustentabilidad del Cemento (CSI) en la que dieciocho de las principales empresas cementeras del mundo formulan una serie de medidas para lograr un desarrollo sustentable en los procesos de producción de sus plantas industriales, entre ellas destacan las siguientes: desarrollar un protocolo de bióxido de carbono (CO₂) para la industria del cemento, investigar sobre políticas públicas y mecanismos de mercado para la reducción de emisiones de CO₂, desarrollar lineamientos para el uso de combustibles y materias primas convencionales y alternativas en los hornos de cemento y desarrollar un protocolo de la industria para la medición, monitoreo y reporte de emisiones.

Los esfuerzos de CSI se encaminan a la reducción de las emisiones de las plantas de cemento en cuatro rubros fundamentales: eficiencia de la energía, cambio de combustibles y uso de fuentes de energía alternas, sustitución de clinker y captura y almacenaje de carbono. También, el CSI ha publicado un documento sobre las posibilidades de fabricación y uso del concreto reciclado.

En nuestro país, desde hace tiempo se han desarrollado distintos tipos de materiales que contribuyen en forma aislada al mejoramiento energético de las edificaciones; sin embargo de forma cada vez más frecuente se comienza a diseñar y construir edificaciones con concepto sustentable, dirigiendo sus esfuerzos en muchos casos a la certificación de edificación sustentable.

De los materiales de construcción que actualmente contribuyen de manera significativa al desarrollo sustentable de las edificaciones podemos mencionar los siguientes: concreto ligero, concreto reforzado con fibras, concreto translúcido, concreto reciclado, paneles de concreto, fabricación de materiales con productos reciclados y empleo de materiales naturales para sustituir parcialmente el clinker en la fabricación de cemento.

Concreto ligero. Diversos estudios muestran que en estructuras residenciales, el uso de concreto aislante en lugar de estructuras de madera puede representar ahorros de energía de más de 20%, con los ahorros más relevantes conseguidos en climas más fríos. El concreto ligero, además de sus propiedades aislantes, mayores que las del concreto normal, posee propiedades acústicas, bajo peso, es más impermeable y resiste el fuego.

Concreto reciclado. Una vez separado de otros materiales de la construcción, el concreto usado puede triturarse y reutilizarse como agregados. No obstante, se trata de un proceso costoso que requiere gran cantidad de energía y depende de las normas de construcción de cada lugar. Entre los beneficios de reciclar el concreto podemos mencionar la reducción en el volumen de desechos, en el número de rellenos sanitarios o tiraderos que provocan la degradación de la tierra; la sustitución de recursos vírgenes; menores costos de transporte y disposición; y la creación de nuevas oportunidades de empleo en la industria del reciclaje. Actualmente, el reciclaje del concreto se analiza caso por caso, dependiendo de las necesidades del cliente y de la legislación y normas locales.

Manejo de residuos. La separación de residuos facilita su reciclaje posterior y es usual separar vidrio, metal, plástico y orgánico. La edificación sustentable se centra en el uso y tratamiento de los residuos en el sitio, incorporando cosas tales como sistemas de tratamiento de aguas grises mediante filtros y estabilización biológica con juncos y otras variedades vegetales acuáticas.

Estos métodos, cuando están combinados con la producción de composta a partir de basura orgánica y la separación de la basura, pueden ayudar a reducir al mínimo la producción de desechos en una edificación.

Reciclado de estructuras y materiales. La edificación sustentable incorpora materiales reciclados o de segunda mano. La reducción del uso de materiales nuevos genera una reducción en el uso de la energía propia de cada material en su proceso de fabricación. Los arquitectos sustentables tratan de adaptar viejas estructuras y construcciones para responder a nuevas necesidades y de ese modo evitar en lo posible construcciones que partan de cero.

COSTOS DE LAS DISTINTAS FORMAS DE REDUCIR EL CARBONO

De acuerdo con un estudio de una empresa sueca de servicios públicos, las medidas de eficiencia energética -como mejor aislamiento, calentadores de agua más eficientes y sistemas de alumbrado de bajo consumo de energía- pueden ahorrar dinero y reducir enormemente las emisiones de gases de efecto invernadero. Por sí solas, las mejoras en el aislamiento generarían un ahorro de más de 1.7 gigatoneladas (GT) en emisiones de CO₂ para 2030, las mejoras en el alumbrado podrían reducir cerca de 0.4 GT, y las mejoras en el calentamiento, alrededor de 0.5 GT. Según este estudio, los costos de inversión para lograr estos ahorros se compensarían con creces con la disminución en los costos por concepto de consumo de energía (Figura 5).

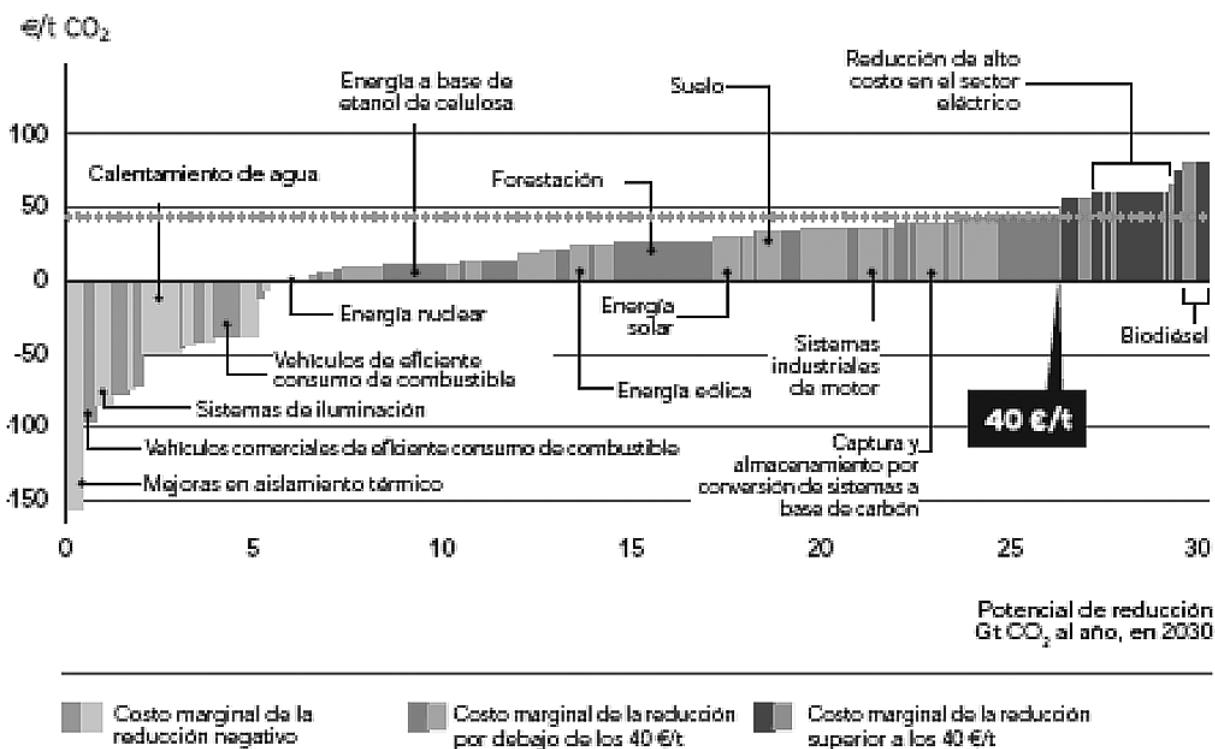


Figura 5: Costo marginal de la reducción de emisiones (En Euros por tonelada de CO₂)

Fuente: "Edificación sustentable en América del Norte", Comisión para la Cooperación Ambiental, 2008

Las actuales prácticas para implantar elementos de edificación sustentable están orientadas a conseguir el nulo consumo energético neto, así como la neutralidad en carbono. ¿Qué son neutralidad en carbono y nulo consumo energético neto? Las definiciones varían y a menudo se utilizan en forma indistinta. En términos generales, los edificios con neutralidad en carbono son aquellos para cuya operación no se requiere energía que produce emisiones de GEI, en la medida que combinan la generación de energía renovable in situ y fuera de sitio con la aplicación de materiales y equipo de construcción ultra-eficientes. Si bien existen numerosas definiciones de nulo consumo energético neto, el término suele utilizarse para designar las edificaciones que generan tanta energía como la que utilizan durante un periodo específico (por lo general un año). La energía en cuya generación se producen emisiones de carbono podría luego sustituirse por un superávit de energía renovable cuando ésta se genera in situ. Es importante aclarar que ambos términos consideran sólo la energía utilizada en la operación de los inmuebles, mas no la energía utilizada en la producción de los materiales de construcción, que puede ser considerable. El factor común entre ambos términos radica en que el logro de las metas energéticas que representan exige de una importante labor de planeación y eficacia en el diseño y en la operación energética de la edificación.

CONCLUSIONES

El cambio climático, cuya implicación más importante es el calentamiento global de nuestro planeta, es a la fecha un hecho irrefutable. El calentamiento global es ocasionado por la elevación persistente en los últimos 50 años de los gases de efecto invernadero (GEI), producidos por las emisiones contaminantes de los sectores de la energía, el transporte, la edificación y la industria.

Se tiene documentado que en el mundo, en México también, las edificaciones son responsables de alrededor de 40% del consumo básico de energía, de cerca de 20% de las emisiones de bióxido de carbono, de 20 a 25% de desechos sólidos y de 5 a 12% del consumo de agua; debido a esta situación es apremiante promover el diseño integral de las nuevas edificaciones, así como de las grandes remodelaciones de edificios existentes, tomando en consideración el empleo de elementos de edificación sustentable con los que se pueda reducir sustancialmente el consumo de energía y agua, así como la generación de desechos y las emisiones contaminantes, principalmente de carbono.

La revisión y cambios de los códigos y reglamentos de edificación y construcción para incrementar los requisitos que mejoren la eficiencia energética y de consumo de agua con elementos de edificación sustentable ayudarán con el propósito de reducir los niveles actuales de emisiones contaminantes, de generación de residuos y de manejo integral del agua.

Asimismo, la promoción de la certificación de las edificaciones para alcanzar niveles de desempeño aceptables con el desarrollo sustentable es una medida que incrementa el valor de la inversión de las edificaciones y contribuye al mejoramiento ambiental y social.

Finalmente, estudios recientes sobre análisis de costos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos muestran que es posible obtener beneficios importantes con la implantación de elementos de edificación sustentable, incluso alcanzar la neutralidad en carbono y nulo consumo energético neto en la operación del edificio.

REFERENCIAS

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, “México, Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, México, noviembre de 1997.
- Comisión para la Cooperación Ambiental, “Edificación sustentable en América del Norte”, Canadá, 2008.
- United States Green Building Council, LEED 2009 para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones Versión 3.0, noviembre 2008.
- Astori, R., Sanguinetti, B. y Bizzotto, M., La tecnología del hormigón y el desarrollo sustentable, Universidad Nacional del Nordeste, 2005.
- Instituto Nacional de Ecología, Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, octubre de 2008.

ACERCA DEL AUTOR

El Mtro. Luis Rocha Chiu es egresado en Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Metropolitana y de la Maestría en Ingeniería con especialidad en Construcción por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, también posee un Diplomado en Finanzas Corporativas por el Instituto Tecnológico Autónomo de México. A la fecha ha cubierto la totalidad de los créditos del Doctorado en Ingeniería de la Construcción en la Universidad Politécnica de Madrid.

Tiene una experiencia profesional de más de quince años en construcción y transporte urbano en organismos del sector público y en empresas privadas, de entre las que destacan: asesor técnico en el Senado de la República, subdirector de área en la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal y coordinador técnico en el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR).

Es profesor de tiempo completo desde 1992 en el Área de Construcción y fue coordinador de la carrera de ingeniería civil en el período 1994-2000 en la Universidad Autónoma Metropolitana.