

Diagnóstico del consumo energético y propuesto del código regulador para las viviendas en Tamaulipas, México

*Diagnosis of energy consumption and proposed regulatory code for
housing in Tamaulipas, Mexico*

RUBÉN SALVADOR ROUX-GUTIÉRREZ*, MARÍA EUGENIA MOLAR-OROZCO**, ANA BERENICE GÓMEZ-DE LEÓN***

RESUMEN. El consumo energético requerido por las edificaciones se incrementa considerablemente cuando carecen de un diseño bioclimático óptimo, lo que desencadena una serie de problemas que van desde el confort dentro de los espacios arquitectónicos, hasta inconvenientes de mayor magnitud a nivel urbano, incluso a nivel global como el cambio climático.

Ante estas dificultades deben aplicarse medidas correctivas, ya que no suelen cumplirse criterios ecológicos convenientes para mejorar el funcionamiento de las viviendas, pues requieren el uso de elementos contaminantes que tienen grandes impactos ambientales y emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero que absorbe y emite radiación infrarroja produciendo un aumento de temperatura global que resulta perjudicial para la vida en la tierra. Globalmente, las edificaciones representan 40% del consumo energético, en este documento se analiza a menor escala el impacto que representa la construcción de viviendas en siete ciudades más pobladas del estado de tamaulipas, estudiando consumos energéticos, eléctricos, de agua, de materiales y emisiones de CO_2 . Una posible concientización de estos consumos y emisiones dañinas es el empleo de reglas y normativas que se evalúan con ayuda de etiquetas que ya se utilizan en otros países para valorar emisiones totales de CO_2/m^2 al año y consumos energéticos medidos en kWh/m^2 al año. Con la finalidad de catalogar el impacto que tiene la construcción y su posterior uso, proponer soluciones para impactar en menor medida el medio ambiente y tener mejoras de consumo energético y el confort que representa habitar estos espacios.

ABSTRACT. The energy consumption required for the use and construction of housing is increased when there is a lack of optimum bioclimatic parameters considered in the design, this triggers numerous problems ranging from comfort within architectural spaces, until problems of greater magnitude citywide, even global climate change.

When there are difficulties related to climate, remedial measures must be applied, since often the most desirable ecological criteria for better functioning of housing are not met, they require the use of pollutants that have environmental impacts and emit large amounts of carbon dioxide, greenhouse gas that absorbs and emits infrared radiation causing an increase in global temperature that is harmful to life on Earth.

Buildings represent 40% of energy consumption worldwide, so in this article an analysis on a smaller scale in the impact induced by housing in the seven most populous cities of Tamaulipas is done by studying the consumption of energy and electricity, water, materials and CO_2 emissions.

A contribution to the awareness of such consumption and harmful emissions is the use of rules and regulations that can be evaluated by using labels that are already used in other countries to assess total emissions of CO_2/m^2 per year and measurement of energy consumption in kWh/m^2 per year. This with the aim of cataloging the impact of construction and to propose solutions that offer the possibility of a lesser impact at the environment, to have improvements on power consumption and the comfort that represents inhabit these spaces.

Palabras clave: consumo energético, eficiencia energética, etiquetación de viviendas.

Key words: energy consumption, energy efficiency, housing labeling.

Fecha de recibido:

5 octubre 2015

Fecha de aceptado:

26 febrero 2016

* Universidad Autónoma de

Coahuila, México

rubenrouxgutierrez@uadec.

edu.mx, rroux33@hotmail.com

** Universidad Autónoma de

Coahuila, México

mariamolar@uadec.edu.mx,

bmolar60@hotmail.com

*** Universidad Autónoma de

Coahuila, México

angomez@uadec.edu.mx,

anaberenice@gmail.com

Introducción

Ante el creciente interés de la problemática generada por el cambio climático y la aplicación de procesos constructivos con una limitada conciencia ecológica en la elaboración de la vivienda, los países a nivel mundial han comenzado a generar sistemas de regulación y evaluación para las viviendas nuevas, con la finalidad de reducir significativamente el consumo energético de las mismas y así disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas al consumo energético; por lo que es imprescindible estudiar estas emisiones para proponer mejoras en el diseño y funcionamiento de los edificios.

México ha entrado en un proceso certificador que se ha desarrollado a lo largo de los últimos años por medio de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que van en el sentido de la sustentabilidad y el ahorro de energía, también se han elaborado concretamente Reglamentos de Edificación Sustentable como el de los Gobiernos del Distrito Federal y Jalisco. Actualmente, existe la NMX de edificación sustentable *NMX-AA-164-SCFI-2013 Edificación Sustentable-Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos*, en cuyas pautas se especifican los requerimientos mínimos que deben proponerse en una edificación para mitigar el impacto ambiental de la misma, considerando la importancia de su integración en el entorno urbano y natural; asimismo existen las Normas NOM-020-ENER-2011, Eficiencia Energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional y la NOM-008-2001 Eficiencia Energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales; éstas solamente tratan sobre el aspecto del aislamiento

térmico de los envolventes y no de todo los otros aspectos de consumo energético, por lo que no se consideraron para esta investigación.

Actualmente, en nuestro país no hay algún código de eficiencia energética que etiquete a las viviendas, es importante la creación de estos códigos por estados o regiones para lograr que éstas sean eficientes energéticamente y poder cumplir la meta del acuerdo a los compromisos establecidos por México en la Cumbre del Cambio climático (COP-21), en donde se estableció la reducción del 22% de las emisiones de gases efecto invernadero a partir de 2016.

Una de las características de los códigos de eficiencia energética es la determinación de parámetros evaluatorios de gastos energéticos de una vivienda y su correspondiente certificación, entendiendo como tal, el proceso en donde se verifica la conformidad de la calificación energética obtenida por el proyecto y por el edificio una vez terminado y puesto en operación.

El *certificado de eficiencia energética* para la vivienda sirve para acreditar que en su diseño y construcción sean considerados criterios orientados a lograr el máximo aprovechamiento de la energía. El objetivo es limitar las emisiones de CO_2 y fomentar el uso racional de la energía dentro del sector de la construcción de viviendas, uno de los sectores más representativos en el consumo de energía, con lo cual se pretende contribuir significativamente a la mejora del medio ambiente.

En la certificación se valora la eficiencia energética de las viviendas de acuerdo con los parámetros de construcción, consumo de energía eléctrica por electrodomésticos, ilu-

minación, uso de climatización activa además del consumo y procesos de calefacción de agua. Para ello se tienen en cuenta aspectos como el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales de construcción, la orientación, la ventilación, la iluminación natural, el tipo de ventanas y puertas empleados, el grado de aislamiento térmico de la vivienda, el uso de energías alternativas, tipo y características de electrodomésticos, entre otros factores que intervienen en las fases del proyecto, edificación y utilización de una vivienda.

El objetivo del trabajo es desarrollar un código de costo energético de arquitectura habitacional con base en un diagnóstico que permita generar viviendas con características bioclimáticas adecuadas y adaptadas para los climas de Tamaulipas, con la intención de reducir los consumos de insumos energéticos durante las fases de producción y edificación, así como de la puesta en servicio de la casa. Para esto se seleccionaron las siete ciudades más pobladas del estado que sirven de muestra para el estudio.

Desarrollo

El trabajo es desarrollado longitudinalmente de forma cuantitativa y cualitativa, con una investigación documental de códigos, análisis de normas nacionales e internacionales, estudios en un laboratorio medioambiental para el análisis de ventilación e iluminación natural, así como el análisis de ciclo de vida de los materiales y las ecotecnias aplicables para integrar toda la información en el código del costo energético en las viviendas en Tamaulipas.

Lugar de estudio

Tamaulipas cuenta actualmente con una población de 3,269,554 habitantes, según el censo de población y vivienda de 2010, en este sentido las siete ciudades más pobladas, con distintas zonas climáticas representativas del estado de Tamaulipas son: Reynosa, con 608,891 habitantes; Matamoros, con 489,193 habitantes; Nuevo Laredo, con 384,033 habitantes; Ciudad Victoria, con 321,953 habitantes; Tampico, con 297,554 habitantes; Altamira, con 212,001 habitantes y Ciudad Madero, con 197,126 habitantes.

La vivienda en Tamaulipas cuenta con 867,935 unidades, de las cuales 92.1% son individuales y 5.2% son en edificios. De estas viviendas, 68% cuentan con agua, drenaje y energía eléctrica. En cuanto a los bienes de que disponen, 92.6% tienen televisión, 82.1% tienen refrigerador, 66.4% cuentan con lavadora, 29.4% con computadora y 21.3% con acceso a Internet. La demanda de vivienda en Tamaulipas es de 31,000 viviendas (Sociedad Hipotecaria Nacional, 2011-2012) y se prevé que para 2040 se incremente a 45 500 unidades. Actualmente, el déficit de viviendas en Tamaulipas es de 180,000 unidades, mientras que el porcentaje de abandono de vivienda en Tamaulipas es de 18.7% de la vivienda construida (Sociedad Hipotecaria Federal, 2011).

La superficie construida promedio en viviendas de interés social es de 51.05 m², siendo de menor dimensión la de 39.98 m² y la de mayor de 62.14 m², en cuanto a los lotes el promedio es de 96.62 m², siendo de menor dimensión el de 52.96 m² y de mayor el de 140.29 m² (Lean House Consulting, 2010). Debido a esto se revisaron las topologías de

las plantas arquitectónicas tipo empleadas por las constructoras, en el estado de Tamaulipas, y se seleccionó una planta que fuera similar a todas para usarla en el programa *Design Builder* que permitiera la simulación para determinar el consumo en enfriamiento en la vivienda de acuerdo con el clima.

Referente a los materiales utilizados preponderantemente en la construcción se denominaron convencionales: el concreto armado, concreto simple o bloque de concreto, así como el acero estructural, como parte de los sistemas estructurales utilizados en Tamaulipas. Dichos materiales se referenciaron en tablas de inventarios internacionales del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), regulado mediante la serie de normas ISO 14040, 14044 (2006) y NMX-SAA-14040-IMNC-2008, mismas que indican los aspectos técnicos y de organización para el desarrollo de un estudio de ACV (imagen 1).

En Tamaulipas, 90% del territorio tiene clima seco o cálido húmedo, por lo que se requiere acondicionamiento ambiental en los hogares. En consecuencia existe una considerable demanda de consumo energético por los usuarios, para este estudio se toman en cuenta los consumos de energía eléctrica, que incluyen iluminación y electrodomésticos, y se determinan mediante los datos estadísticos proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

El promedio de consumo energético de fraccionamientos típicos aportados por las empresas que más construyen en estas ciudades (URVITEC, VIP Desarrollo urbano, URBI y Constructora de Luis Fernando Saldalla Castillo) se dan de acuerdo al clima de cada ciudad. Por lo gene-

ral en las temporadas críticas, el verano dura más de tres meses en la mayoría de las ciudades, observándose que el consumo más crítico es en Ciudad Victoria y Tampico-Madero-Altamira a pesar de contar con un porcentaje de vivienda más bajo de las demás ciudades, siendo esto un factor crítico a considerar en el estudio (cuadro 1).

Para el consumo del agua se consideran datos estadísticos de solo seis ciudades proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) del 2000 al 2010 (no se pudieron contar con datos de Maramoros) considerando una equivalencia de 1 kWh/m³h para agua potable y la residual de 0.7 kWh/m³h (Fundación OPTI, 2010), ver cuadro 2, observándose que en Ciudad Victoria es el de mayor consumo comparado con Reynosa que es el menos consumidor de agua potable, detectándose un área de oportunidad sobre este tema.

Resultados

Analizado los resultados, se procedió a la determinación referente a la etiqueta corresponde a las viviendas en Tamaulipas, tomando como referencia la aplicada en la certificación de la eficiencia energética de los edificios de España, la cual está basada en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, transpuesta en el Real Decreto 47/2007, debido a que en nuestro país actualmente no hay algún código de eficiencia energética (Imagen 2 y 3).

La escala de eficiencia energética en edificación abarca desde la letra A a la G:

La decisión de tomar este referente, fue debido a que actualmente en México no existe una clasificación nacional que etiquete las viviendas con base en el Consumo de kWh/m² al año o las emisiones de CO₂/m² al año, ya que el proceso constructivo de las edificaciones en España es similar al de nuestro país, por lo que pueden establecerse especificaciones que cumplan con criterios similares en ambos países.

En la mayoría de las ciudades estudiadas, de acuerdo con la simulación realizada con el programa *Design Builder*, la sensación térmica tiende más a las temperaturas promedio máximas que a las temperaturas promedio mínimas, ya que el diseño fundamentado someramente en las necesidades climáticas afecta tanto el aspecto urbano como el arquitectónico y obliga al uso del aire acondicionado desde muy tempranas horas, dado que los espacios no están adecuados para satisfacer estas exigencias de temperatura; no se puede obtener una ventilación cruzada satisfactoria como elemento de enfriamiento pasivo en el clima cálido húmedo, ocasionando que se perciba más caliente el aire y una sensación de bochorno por la humedad al interior de las viviendas.

Los resultados obtenidos muestran que el consumo energético más elevado en las viviendas se da principalmente por dos causales: la primera es la iluminación, la sustitución de los focos comunes de lámparas incandescentes o bombillas a focos ahorradores reduce considerablemente el consumo energético, a su vez los espacios que se dise-

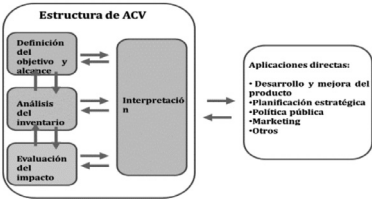


Imagen 1. Fases de un análisis de ciclo de vida.
Fuente: ISO 14040.

Consumo eléctrico kWh		
Ciudad	Número de viviendas	Anual por vivienda Kwh
Ciudad Victoria	1869	3454.88
Tampico-Madero-Altamira	804	3052.18
Reynosa	4048	1071.12
Nuevo Laredo	4165	1501.00
Matamoros	5101	1242.66
Total	15,987	10,321.84

Cuadro 1. Consumo energético de fraccionamientos típicos de las ciudades analizadas.

Fuente: Elaboración propia, basado en información de la CFE (2000-2010), obtenido en 2012.

Nº	Ciudad	kWh/año		
		Agua potable	Agua residual	Total
1	Reynosa	99.42	77.24	176.66
2	Tampico-Madero	215.68	183.78	339.45
3	Nuevo Laredo	351.15	176.67	527.82
4	Ciudad Victoria	504.37	349.85	854.22
5	Altamira	187.62	43.87	231.49

Cuadro 2. Consumo de agua potable y residual típicos de las ciudades analizadas.

Fuente: Elaboración propia, basado en información de la CNA, 2012.

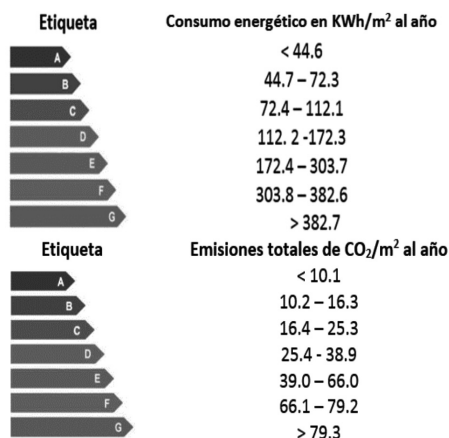


Imagen 2 y 3. Etiquetación de viviendas basado en las emisiones de KWh/m² y CO₂/m² al año.

Fuente: Real Decreto 47/20, Gobierno Español.

Nº	Ciudad	kWh/año
1	Ciudad Victoria	43,279.61
2	Reynosa	37,703.78
3	Nuevo Laredo	32,667.78
4	Matamoros	30,173.89
5	Tampico-Madero-Altamira	28,314.93

Cuadro 3. Consumo de energía en ciudad de construcción en las ciudades analizadas.

Fuente: Elaboración propia.

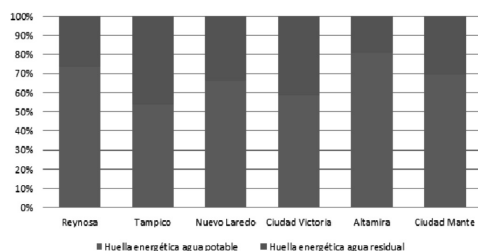


Imagen 4. Huella energética del agua en Tamaulipas.

Fuente: Elaboración propia.

Concepto	kWh/m² al año	KgCO₂/m² al año
Materiales	23.36	9.56
Consumo de Energía eléctrica	40.21	22.29
Consumo de Energía asociada al consumo de agua	19.36	10.77
Climatización	53.40	28.88
Total	136.33	71.50

Cuadro 4. Consumo energético y emisiones de CO₂ de las Viviendas en Tamaulipas.

Fuente: Elaboración propia.

ñan adecuadamente para hacer uso de iluminación natural gran parte del día representan un ahorro notable en el consumo de las edificaciones; la segunda es la necesidad del uso de aire acondicionado en periodos de calor al no lograr confort en espacios interiores por un inadecuado diseño tipológico que ayude a mejorar las condiciones ambientales en periodos críticos.

Para el análisis del consumo de energía incorporada en la construcción de la vivienda se consideraron los materiales desde obra negra hasta los acabados empleados de cada ciudad, basando en la metodología en las normas nacionales e internacionales establecido en NOM ISO 14040, 14044 (2006) y NMX-SAA-14040-IMNC-2008 (cuadro 3), apreciándose que existen grandes diferencias en la manera de construir de cada uno, generando Ciudad Victoria un consumo de 43,279.61 kWh, por lo que se infiere que hay una gran área de oportunidad para aplicar estrategias que ayuden a reducir o minimizar este gasto especialmente en esta ciudad.

Considerando la estimación de la huella energética generada por el abastecimiento de agua potable y residual a las viviendas, se puede apreciar que el de ciudad de Altamira genera la mayor respecto a otras ciudades, a pesar de que su población es la segunda menor de las ciudades analizadas, al ser su sistema de abastecimiento deficiente para el suministro a las viviendas (Imagen 4), siendo un factor a considerar en las estrategias de corrección para esta ciudad en particular.

El estudio efectuado en las viviendas construidas en Tamaulipas demostró que el consumo energético es de 136.33 kWh/m² al año

y sus emisiones de $71.50 \text{ CO}_2/\text{m}^2$ al año, considerando todos los factores que intervienen desde su construcción hasta su puesta en servicio; los detalles específicos en cada etapa están descritos en el cuadro 4.

De acuerdo con los resultados obtenidos y haciendo la comparación con las etiquetas del Real Decreto 47/2007, que se utilizó para etiquetar a las viviendas debido a que en nuestro país actualmente no hay algún código, se concluye que las viviendas construidas en Tamaulipas están etiquetadas en cuanto a:

1. Su consumo energético con la etiqueta D.
2. En emisiones de Kg de CO_2 en la etiqueta F.

En relación con todo lo anteriormente, el propósito de este Código es concientizar la actividad de la edificación de viviendas, de forma que se tomen en cuenta la eficiencia energética y las emisiones de CO_2 que se generan a partir de esta práctica, con base en los resultados del diagnóstico se diseñó un software *Desarrollo de Costo Energético de Viviendas* (DECEV) disponible para todos los constructores del estado de Tamaulipas, el cual mediante la introducción de las variables principales que afectan el proceso constructivo, determinará la etiqueta que obtendría una vivienda a edificarse. Esto permitirá establecer si se debe seguir edificando con los esquemas de construcción actuales.

El *software* calcula y etiqueta de manera automática a las viviendas en función a los siguientes factores:

- Uso de materiales que consuman menos energía en su fabricación
- Utilización de energías renovables en las viviendas

- Reutilización del agua y aprovechamiento del agua de lluvia
- Estudios de iluminación
- Ventilación natural que disminuya el uso del aire acondicionado

Cada uno de estos factores tiene una diferente escala de parámetros que el constructor puede elegir para mejorar la etiquetación de una vivienda, preferentemente la que resulte más conveniente a las características de la edificación. La finalidad es que las viviendas que están por edificarse puedan ser etiquetadas en la categoría C, en las dos escalas que se manejan, o mínimo en una sola de ellas.

Conclusiones

El sector de la edificación es clave en el gasto energético, estimándose que los edificios representan alrededor del 40% del consumo de energía, el ahorro potencial de energía que se puede desarrollar en los mismos supera 20%. El objetivo que tiene la certificación de viviendas es introducir la evaluación de todos los prototipos que se desarrollan en el estado de Tamaulipas.

Debido a la problemática en la calidad ambiental y eficiencia energética, principalmente en sectores de bajos recursos, se plantea la formulación de iniciativas y medidas de instrumentación de programas de mejoramiento en viviendas. Es posible implementar acciones de ahorro de energía con costos bajos o prácticamente nulos que pueden reducir significativamente el consumo de energía, considerando las particularidades que exis-

ten en cada ciudad detectadas en el diagnóstico de cada parámetro analizado.

La evaluación de las viviendas pretende las siguientes metas:

- Analizar la realidad edilicia e identificar el comportamiento energético-ambiental.
- Desarrollar propuestas de eficiencia en el uso de energía convencional y conservación de energía, tomando como referente lo planteado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).
- Reducir los impactos ambientales.
- Promover condiciones de confort térmico y lumínico para los usuarios.

La etiquetación de las viviendas edificadas en Tamaulipas, se apoya en lo establecido en el artículo 22 y 23 inciso II y III del Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas. Se deberán aplicar técnicas complementarias de análisis y evaluación de los resultados para detectar el potencial para mejorar la calidad de vida y reducir la demanda de energía a través de medidas a corto, mediano y largo plazo.

La implementación del Código de Costos Energéticos de las Viviendas en Tamaulipas, tendrá un impacto económico al reducir los consumos energéticos de las viviendas futuras y actuales, con el implemento de medidas de reducción de uso de energías activas, así como la puesta en operación de las normas de eficiencia energética planteadas a las nuevas viviendas, con lo que se podrá tener un ahorro importante de los consumos de energía eléctrica. En ese sentido, se obtendrá una importante reducción en las emisio-

nes de CO_2 producto de la disminución de la demanda energética.

A nivel social, el impacto se presentará al plantear desarrollos de casas de mejor calidad adecuadas a las zonas climáticas del estado tomando en consideración los elementos bioclimáticos pertinentes para que las viviendas cumplan con las condiciones de habitabilidad apropiadas.

La generación del Código de Costo Energético se fundamenta en lo establecido en el artículo 25, 26, 27 inciso 1 y 3, artículo 36 inciso 1, artículo 37, 39, 41 inciso IV, del Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas. La aplicabilidad estará sujeta a lo establecido en el artículo 9 inciso II, del Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas; se pretende complementar lo concerniente a la etiquetación de las viviendas edificadas en el Estado de Tamaulipas, de forma que se integre a lo señalado en el artículo 1, 6, 7 inciso V, artículo 8 inciso II y IV, del Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas. La meta es reducir en un 25% las emisiones de CO_2 , fundamentado en el artículo 68 inciso 1 del Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas.

El código se compone de:

- Título I. Capítulo I.- Aspectos generales. Artículos de 1 al 5. Capítulo II.- Certificación de vivienda. Artículo del 6 al 24. Capítulo III. Del Software DECEV para la etiquetación de la vivienda. Artículo del 25 al 28.
- Título II. Capítulo 1.- Ventilación. Artículo del 29 al 32. Capítulo II.- Iluminación. Artículos del 33 al 35. Capítulo III.-

Eficiencia de agua. Artículo del 36 al 65. Capítulo IV.- Electrodomésticos. Artículo del 66 al 90. Capítulo V.- Materiales para construcción. Artículo del 91 al 111.

Recomendaciones

Con la intención de disminuir el consumo energético en las viviendas, se recomiendan algunas estrategias como colocar aberturas operables en ambos lados de la habitación, preferencialmente una hacia el lado donde se presentan las brisas o vientos dominantes, y del otro lado, para generar un tiro de aire, evitando en medida de lo posible ubicarlas hacia el poniente. Con esto se puede reducir el uso de electricidad hasta en 0.5 kWh. En caso de resultar dificultoso ubicar la ventana de salida hacia el poniente, se recomienda utilizar parasoles verticales o persianados para reducir el efecto de ganancia térmica por la radiación solar.

La tipología de vivienda más apropiada es la individual, aislada y situada preferiblemente en un emplazamiento un poco elevado. La protección solar debe estar presente en todas las superficies expuestas al asoleo, especialmente en el techo y en las fachadas este y oeste. En los espacios exteriores de la vivienda deben evitarse las pavimentaciones asfálticas o placas de concreto, se recomiendan materiales porosos o césped. Las zonas de las viviendas donde se produzca humedad o calor deberán estar ventiladas y separadas del resto de la edificación.

El manejo del agua en la vivienda puede considerarse como un macrosistema tecno-

lógico, en el cual coexisten objetos técnicos como tinacos, muebles sanitarios o perlizadores, con dispositivos técnicos cuya interacción con el entorno se da como unidad. La máxima eficacia de los objetos y dispositivos técnicos en la vivienda puede obtenerse mediante el ahorro de agua por su orientación al manejo de la demanda. El primer enfoque teórico, que es el ahorro de agua, incluye la mejora en la eficiencia del uso de la misma mediante dispositivos de ahorro de agua dentro de la vivienda, como llaves ahorradoras, inodoros de bajas descargas, perlizadoras, electrodomésticos de lavado de bajo consumo; disminución de fugas en la red de distribución e irrigación tecnificada de jardines. Un segundo enfoque es el de la regeneración y reutilización del agua, el cual incluye aquel producto de la separación del agua amarilla, gris y negra residual para su tratamiento y reutilización; captación de agua de lluvia; agua de lluvia almacenada y tratada. Y el último con implantaciones basadas en sistemas naturales artefactuales como cubiertas verdes, bosques urbanos, agricultura urbana, reservas naturales metropolitanas, corredores ecosistémicos y vías verdes.

Con la finalidad de reducir los costos energéticos incorporados en los procesos de fabricación y traslado, se sugiere que los materiales empleados sean regionales y cuya distancia de fabricación sea menor a 100 km de su lugar de uso. Se recomienda disminuir el consumo de cemento, pues su costo energético es de 1.122 kWh por kilo, además del uso de cal en sustitución, ya que su costo energético es de 0.953 kWh por kilo y tiene la característica de absorber CO_2 en su

proceso de carbonatación. Considerar en la selección de materiales para la envolvente una conductividad térmica baja con la finalidad de que funcionen como un aislante térmico, entre otros aspectos.

Fuentes de consulta

AECI (2007), *Certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción*, Liteam, España.

Comisión Nacional de Vivienda (2008), *Programa Específico para el Desarrollo Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático*, CONAVI, México.

Etiquetación de viviendas basado en las emisiones de CO₂/m² y kWh/m² al año. Real Decreto 47/20, Gobierno Español.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), 2012.

Fundación OPTI (2010), *Estudio de prospectiva consumo energético en el sector del agua*, [En línea] http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Estudio_de_prospectiva_Consumo_Energetico_en_el_sector_del_agua_2010_02of8db6.pdf, consultado el 11 de agosto de 2015.

Gobierno del Estado de Tamaulipas (2008), *Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas*, Departamento del Periódico Oficial del Estado, México.

ISO 14040 (2006), *Gestión Ambiental. ACV, principios y marco de referencia*.

Lean House, C. (2010), *Estudio de Rentabilidad del Sector Vivienda en México*, CANADEVI, México.

NMX-SAA-14040-IMNC (2008), *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*.

Secretaría de Economía (2008), *Normas Mexicanas NMX-SAA-14025-IMNC-2008, Gestión Ambiental Etiquetas y Declaraciones Ambientales Declaraciones Ambientales Tipo III Principios y Procedimientos*, SE, México.

Secretaría de Economía (2008), *Normas Mexicanas NMX-SAA-14044-IMNC-2008, Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de Vida, Requisitos y Directrices*, SE, México.

Secretaría de Economía (2012), *Proyecto de Norma Mexicana Proy-NMX-AA-164-2012 Edificación Sustentable, Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos*, SE, México.

Sociedad Hipotecaria Nacional (10 de febrero de 2012), *Dirección de Estudios Económicos de la Vivienda, Demanda de vivienda 2012*, [En línea] <http://www.ahm.org.mx/docs/asociados/SHF/1202%20Demanda%20Vivienda%202012.pdf>, consultado el 13 de junio de 2012.

Documentos

UNE EN ISO 14040 (2006), *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*.

UNE EN ISO 14044 (2006), *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices*.