

USO DE SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN EN CINCO ZONAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Guadalupe Huelsz, José Manuel Ochoa⁺, Pablo Elías-López⁺⁺, Adolfo Gómez^{*} y Aníbal Figueroa^{},**

Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México, A.P. 34 Temixco Centro, 62580, Temixco, Mor. México. Tel/fax 55+56-22-97-41, ghl@cie.unam.mx

+ Departamento de Arquitectura y Diseño, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora. Tel/fax +52 (662) 2592180, jmochoa@arq.uson.mx

++Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro universitario Tampico-Madero, Tampico, Tamaulipas. Tel/fax 833+241-20-00. pdelias@uat.edu.mx

*Facultad de Arquitectura y Diseño – Universidad de Colima, Campus Universitario. Km. 9, carretera Coquimatlán. Coquimatlán Colima. Col. Tel (312) 3161161. Contacto: amad@uacol.mx

**Laboratorio de Arquitectura Bioclimática – Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Col. Reynosa, México D.F., 02200, México. Tel 5318-9170 y 5318-9187. Contacto: fca@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Se reporta el uso y características de sistemas pasivos de climatización utilizados en viviendas nuevas que se están ofertando en cinco zonas de la República Mexicana: Colima, Hermosillo, Metropolitana de la Ciudad de México, Tampico y Temixco, que representan cuatro diferentes climas.

Se consideran sistemas pasivos de climatización a los elementos constructivos que diseñados adecuadamente acorde al clima propician condiciones de confort higrotérmico o reducen la demanda energética para climatización. En este trabajo se analizaron un total de 126 prototipos de viviendas en los que se evaluaron once elementos: orientación para el control de la radiación solar, orientación para la ventilación, color de la superficie exterior del techo, color de la superficie exterior de los muros, altura interior, distribución de áreas, porcentaje de área ocupada, número de niveles, piso exterior en el predio, pavimento o material en andadores, uso de vegetación y árboles. Además se consideraron sistemas pasivos de climatización adicionales y sistemas ahorradores de energía o agua.

Los resultados muestran que el uso de sistemas pasivos en las viviendas es deficiente y que se puede mejorar el diseño para que las viviendas sean más adecuadas al clima donde están edificadas.

ABSTRACT

The use and characteristics of acclimatization passive systems employed in new houses that are for sale in five zones of the Mexican Republic, representatives of four climates: Colima, Hermosillo, Metropolitana de la Ciudad de México, Tampico y Temixco, are presented.

The acclimatization passive systems are the constructive elements that are properly designed according to the climate and that bring about conditions of higrothermal comfort or reduce the energy demand for air-conditioning. In this work, 126 house prototypes were analyzed, eleven elements were evaluated: orientation for the solar radiation control, orientation for

ventilation, color of the roof exterior surface, color of the walls exterior surface, interior height, areas distribution, used area percentage, number of levels, exterior floor, material or paving in walking roads, use of vegetation and trees. Additional acclimatization passive systems and energy or water saving systems are also considered in the research.

The results show that the use of acclimatization passive systems in houses is poor and that the house designs can be improved in order to made the houses more suitable to the climate where they are built.

Palabras claves: Sistemas pasivos, climatización, México, uso, vivienda

ANTECEDENTES

En 2009 el Fondo Sectorial “CONACYT-SECRETARIA DE ENERGIA-SUSTENTABILIDAD ENERGETICA” emitió una convocatoria donde incluía una demanda específica para el estudio de sistemas pasivos que mejoren la eficiencia energética en los sistemas constructivos. El objetivo de esta demanda específica fue evaluar el impacto que los sistemas pasivos producen en la eficiencia energética en los sistemas constructivos.

Respondiendo a esta convocatoria se organizó un consorcio entre seis grupos de investigación de diferentes instituciones: Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Arquitectura, Departamento de Bellas Artes de la Universidad de Sonora, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Colima, Arquitectura Bioclimática de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco e Ingeniería Mecánica del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Este consorcio propuso el proyecto “Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México”, el cual fue

aprobado por el Fondo. Los autores de este trabajo son los responsables técnicos del proyecto correspondientes a los primeros cinco grupos, el último grupo no participó en la investigación que aquí se reporta.

Para la primera etapa del proyecto se planteó generar información sobre la distribución y características de sistemas pasivos usados en viviendas en diferentes climas de México: cálido semi-húmedo, cálido seco extremoso, cálido húmedo y templado húmedo. En este trabajo se reportan los resultados globales de esta investigación, mismos que fueron reportados al Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética el pasado mes de febrero (Huelsz et al. 2011). En otros trabajos presentados en este mismo foro, se describen por separado los resultados de las investigaciones de cada una de las zonas (Castillo et al. 2011, Elías-López et al. 2011, Figueroa et al. 2011, Marincic et al. 2011).

METODOLOGÍA

Para analizar los sistemas pasivos utilizados en las viviendas se estudiaron en cada zona al menos veinticinco viviendas que se estuviesen ofertando. Se dio preferencia para incluir en el estudio a aquellas viviendas que se estuviesen ofertando varias viviendas iguales, lo que las hacía ser representativas de cada zona. Cabe mencionar, que en varias de las zonas, se tuvo dificultad para que constructores colaborasen y permitieran realizar esta investigación, ninguno se negó categóricamente, algunos no contestaron a las múltiples invitaciones o pospusieron su decisión, lo que no permitió incluir sus viviendas.

Para el estudio se consideraron los siguientes elementos de diseño bioclimático y sistemas pasivos: orientación para el control de la radiación solar, orientación para la ventilación, color de la superficie exterior del techo, color de la superficie exterior de los muros, altura interior, distribución de áreas, porcentaje de área ocupada, número de niveles, piso exterior en el predio, pavimento o material en andadores, uso de vegetación y árboles, sistemas pasivos de climatización adicionales, sistemas ahorradores de energía o agua, publicidad relacionada. También se incluyeron las características, materiales y espesores, de los muros y techos de la envolvente. Este es un sistema pasivo-constructivo que consideramos muy importante, sin embargo no fue analizado en esta etapa. Como parte del proyecto se desarrollará un programa de cómputo que permitirá, una vez que esté validado, realizar el análisis correspondiente. Por lo que el análisis de los sistemas pasivo-constructivos de la envolvente será reportado posteriormente.

Para que los cinco grupos realizaran de forma sistemática el levantamiento de información, se hizo un formato de ficha técnica con su respectivo instructivo. Se elaboró un formato general de ficha de análisis por vivienda, cada grupo de trabajo estableció los criterios de evaluación de la vivienda de acuerdo al clima y los incorporó a la ficha de análisis por vivienda de la zona. Se realizó el levantamiento de la información de 126 modelos, de los que se elaboraron sus respectivas fichas técnicas.

Se realizó el análisis de cada modelo de vivienda de acuerdo a los criterios establecidos para cada región, empleando las fichas de análisis respectivas. El acuerdo con los constructores de las viviendas analizadas es entregarles de manera individual a cada empresa la ficha de análisis de su vivienda, que incluye además de la evaluación recomendaciones para mejorar su diseño. Para el análisis estadístico de la información, se elaboró un formato de ficha de concentrado por zona.

RESULTADOS

Se analizaron en total 126 modelos de viviendas, 25 en cada una de las zonas de Colima, Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), Hermosillo y Tampico y 26 modelos en la zona de Temixco. La representatividad de los modelos estudiados en las diferentes zonas es alta para el tipo de investigación realizada, 87% en Colima, 56% en Temixco, 27% en la ZMCM, 22% en Tampico y 21% en Hermosillo. El total de la muestra representa 22,249 viviendas, 48% corresponden a la ZMCM, 20% a Temixco, 19% a Hermosillo, 7% a Colima y 6% a Tampico.

De acuerdo a los metros cuadrados construidos se clasificó la tipología de las viviendas como pies de casa ($24 < m^2 \leq 32$), vivienda mínima ($32 < m^2 \leq 45$), vivienda popular ($45 < m^2 \leq 60$), vivienda de interés social ($60 < m^2 \leq 90$), vivienda de interés medio ($90 < m^2 \leq 120$) y vivienda residencial ($m^2 > 120$). La mayoría de las viviendas que se están ofertando en las zonas de estudio tienen área construida menor a $90 m^2$, con excepción de la zona de Tampico donde la mayoría de las viviendas tiene área mayor a los $90 m^2$, esto es posiblemente debido al mayor poder adquisitivo en esta zona por la influencia de PEMEX.

Para el estudio se calificaron en tres categorías: adecuado, suficiente e insuficiente, a los siguientes elementos de diseño bioclimático o sistemas pasivos: orientación para el control de la radiación solar, orientación para la ventilación, color de la superficie exterior del techo, color de la superficie exterior de los muros, altura interior, distribución de áreas, porcentaje de área ocupada, piso exterior en el predio, pavimento o material en andadores, uso de vegetación y árboles. El número de niveles se calificó en dos categorías: adecuado y insuficiente. El porcentaje de viviendas del total de la muestra con calificación adecuado por sistema pasivo se muestra en la Figura 1.

En todas las zonas estudiadas, menos de la mitad de las viviendas obtuvo calificación adecuada en orientación para el control de la radiación solar y en orientación para la ventilación. El mayor porcentaje de viviendas adecuadas en orientación para el control solar se encontró en Tampico (41%), en las demás zonas el porcentaje es menor al 20%. El porcentaje de viviendas del total de la muestra con orientación para la radiación con calificación adecuado es del 10%. En Temixco y en Tampico cerca del 30% de las viviendas tiene orientación para la ventilación adecuada y en todas las demás zonas el porcentaje de viviendas con esta calificación es inferior al 15%. El porcentaje de viviendas con orientación para la ventilación con calificación adecuado es del 16%. Las cifras anteriores indican el potencial que existe para mejorar el confort térmico si se toman en cuenta estos aspectos como sistemas pasivos de climatización.

El uso de colores adecuados en las superficies exteriores de techos y muros no repercute en el costo de la vivienda, es probable que por ello, el porcentaje de viviendas con colores adecuados es alto comparado con el porcentaje de las viviendas adecuadas en otros aspectos. Los porcentajes de viviendas con calificación adecuado en el color de techos y en el color de muros es del 83% y del 59%, respectivamente. En Hermosillo y la ZMCM un alto porcentaje de las viviendas tienen color de techo adecuado (100%), Colima presenta el porcentaje más bajo, 51%. Para el color de los muros, Temixco es el que presenta mayor porcentaje de viviendas con color adecuado (83%). Llama la atención que Hermosillo presenta el menor porcentaje de viviendas con color del muro adecuado (14%).

El porcentaje de viviendas del total de la muestra con altura interior con calificación adecuada es del 41%. En la ZMCM con clima templado la altura interior es adecuada en más del 50% de las viviendas, en todas las demás zonas que tienen clima cálido (subhúmedo o seco) el porcentaje de viviendas con altura interior adecuada es menor al 40%. Es probable que esto se deba a que en

los climas cálidos la altura adecuada es mayor que en el clima templado y que el aumento en la altura interior incrementa el costo de la vivienda.

En las cinco zonas el porcentaje de viviendas con distribución de áreas adecuada es 13%. Para todas las zonas, menos del 50%

de las viviendas tienen la distribución de áreas adecuada. El mayor porcentaje lo presenta Hermosillo con 42% de las viviendas. En la ZMCM y en Colima solo el 1% de las viviendas tiene distribución adecuada. Este es otro aspecto que representa un alto potencial de mejora.

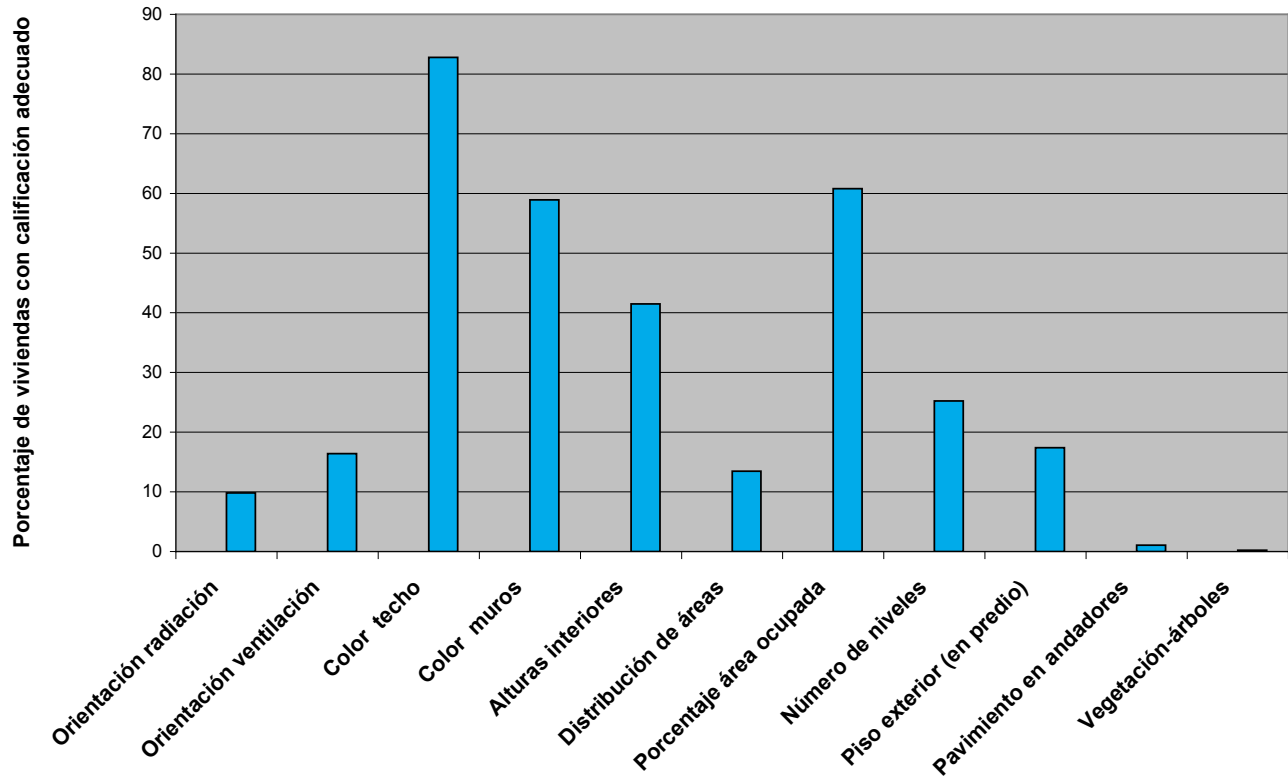


Figura 1. Porcentaje de viviendas del total de la muestra con calificación adecuada por sistema pasivo.

El porcentaje de área ocupada se refiere al porcentaje del área construida en planta baja con respecto al área del predio. El porcentaje de viviendas del total de la muestra con porcentaje de área ocupada con calificación adecuada es 61%. En Hermosillo 97% de viviendas tienen un porcentaje de área ocupada adecuado, en Tampico el 90%, alrededor del 60% en Temixco y Colima, mientras en la ZMCM el 41%. Estos resultados se explican por el diferente costo del terreno o por la capacidad económica de la población a la que va dirigida la construcción masiva en las diferentes zonas.

El 25% de las viviendas de la muestra tienen un número de niveles adecuado. Solo Tampico presenta un alto porcentaje de viviendas con número de niveles recomendado (99%), le sigue Temixco con 45%, en las demás zonas el porcentaje de viviendas con esta calificación es menor a 15%, en Hermosillo alcanza apenas el 1%.

El porcentaje de viviendas de la muestra con piso exterior en el predio adecuado es 17%. Solo Temixco presenta un alto porcentaje de viviendas con piso exterior en el predio adecuado (85%). En todas las demás zonas el porcentaje de viviendas es menor de 10%. En todas las zonas el porcentaje de viviendas con pavimento o material adecuado en los andadores que le dan acceso

es muy bajo (11% o menos), el porcentaje de la muestra es del 1%, también el porcentaje de viviendas con uso adecuado de vegetación o árboles es muy bajo (3% o menos), siendo el porcentaje del total de la muestra menor a 0.5%. Estos resultados señalan el potencial que existe para mejorar el confort térmico si se toman en cuenta estos tres aspectos.

El uso de sistemas pasivos de climatización adicionales a los anteriores es muy bajo en las cinco zonas estudiadas, el solo el 1% del total de la muestra presenta algún sistema pasivo adicional. En donde más se usan es en Colima, el 14% de las viviendas presenta algún tipo de sistema que mejora la ventilación en la vivienda, como son ventilación cenital en baño, cocina o en patio interior (en general, estos últimos son preparación para colocar escaleras en crecimiento a futuro). En Temixco el 2% de viviendas presenta un sistema pasivo adicional consistente en ventilación natural cenital a base de una chimenea ubicada en el tiro de las escaleras. En las demás zonas no se usan sistemas pasivos adicionales.

Del total de la muestra, el 3% de viviendas se oferta con hipoteca verde del Infonavit. En Hermosillo el 7% de las viviendas, Temixco el 5% y en las demás zonas ninguna. Esto indica la poca penetración que había tenido el programa al menos al momento que se diseñaron los modelos estudiados. Algunos

constructores mencionaron su intención de cumplir con los requisitos del programa en futuros desarrollos.

El 58% de la muestra presenta algún tipo de sistema ahorrador de energía o agua. Este alto porcentaje se debe a que en la ZMCM el 100% de las viviendas presenta algún tipo de sistema ahorrador de energía o agua (100% tienen tanque del WC con capacidad menor de 5 litros y 100% calentador de gas de paso), en Hermosillo el 42% tienen algún tipo de sistema ahorrador (7% tiene obturador en regadera, 7% llaves ahorradoras, 7% calentador de gas de paso, 7% regadera ahorradora, 7% tanque del WC con capacidad menor de 5 litros y 7% lámparas ahorradoras). En Temixco el 37% (17% tiene obturador en regadera, 17% llaves ahorradoras, 14% calentador de gas de paso, 9% regadera ahorradora, 6% tanque del WC con capacidad menor de 5 litros y

5% lámparas ahorradoras). En Tampico el porcentaje de viviendas con algún tipo de sistema ahorrador es del 15% (9% lámparas ahorradoras y 6% calentador solar). Mientras que en Colima ninguna vivienda analizada presenta algún sistema ahorrador.

El porcentaje de las viviendas cuya publicidad para promoverlas contiene algún concepto relacionado con ser bioclimáticas (o frescas en clima cálido) o que tiene algún sistema ahorrador es bajo solo el 2% de la muestra total. Por zona los porcentajes son: 7% en Hermosillo, 6% en Tampico, 2% en Temixco y en el resto 0%. En estos casos, la publicidad coincide parcialmente con la realidad. En la Figura 2 se muestra porcentaje de viviendas del total de la muestra con algún sistema pasivo adicional, con hipoteca verde del INFONAVIT, con al menos un sistema ahorrador y con publicidad relacionada.

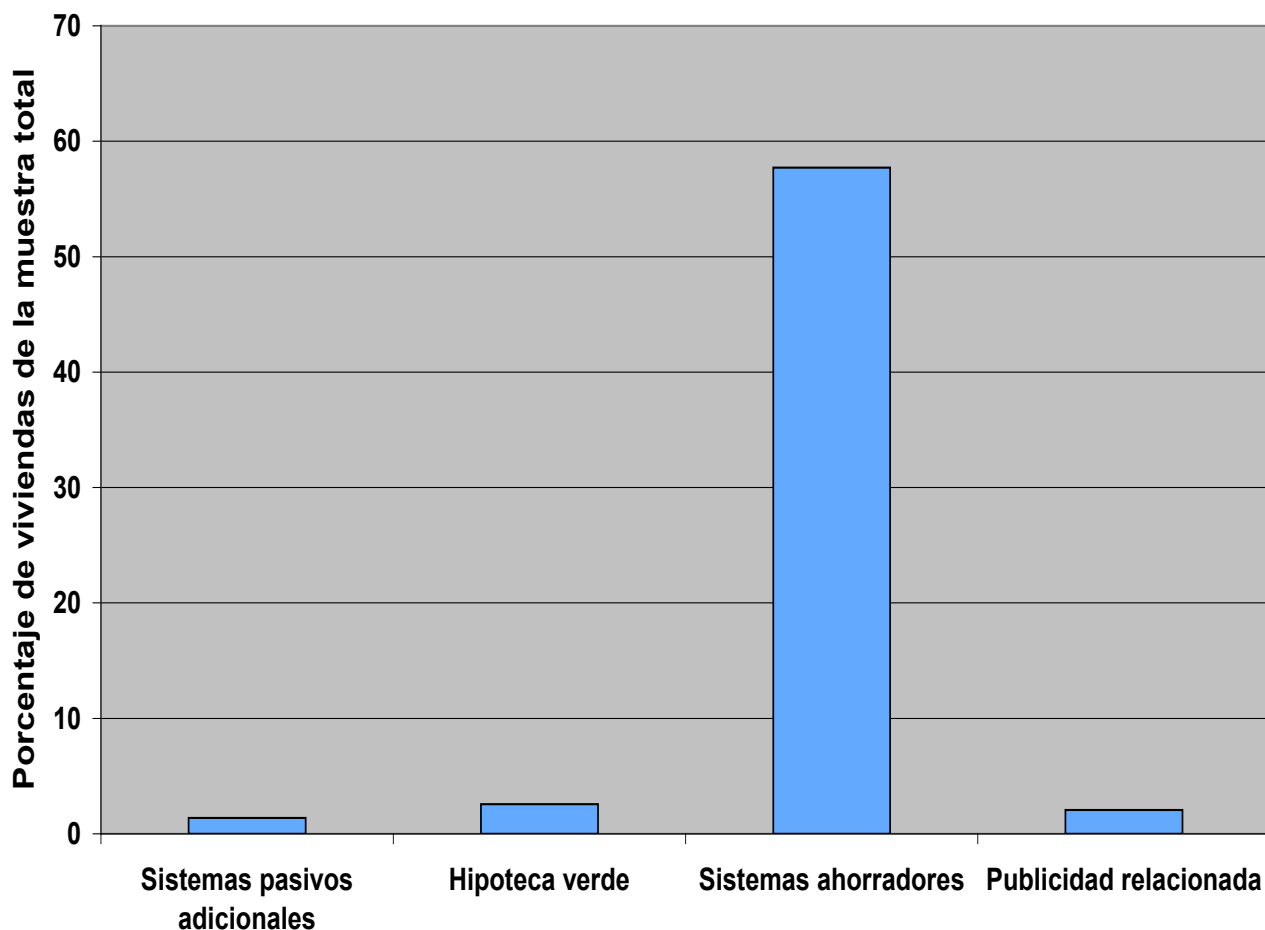


Figura 2. Porcentaje de viviendas del total de la muestra con algún sistema pasivo adicional, con hipoteca verde del INFONAVIT, con al menos un sistema ahorrador y con publicidad relacionada.

Es difícil comparar los resultados de las cinco zonas estudiadas, sin embargo si se hace la hipótesis de que los todos los rubros evaluados tienen la misma importancia, se pueden para cada zona obtener el promedio de los once porcentajes de viviendas con calificación adecuado y el promedio de los porcentajes de viviendas con calificación insuficiente y comparar los valores de

las distintas zonas. En la Figura 3, se observa que Tampico y Temixco presentan los mayores promedios de porcentajes de viviendas con calificación adecuado, y Tampico con el menor promedio de viviendas con calificación insuficiente. Colima es el que presenta menor promedio de viviendas con calificación adecuado y el segundo mayor promedio con calificación

insuficiente. Sin embargo Colima es la zona que tiene mayor porcentaje de las viviendas con algún tipo de sistema pasivo adicional.

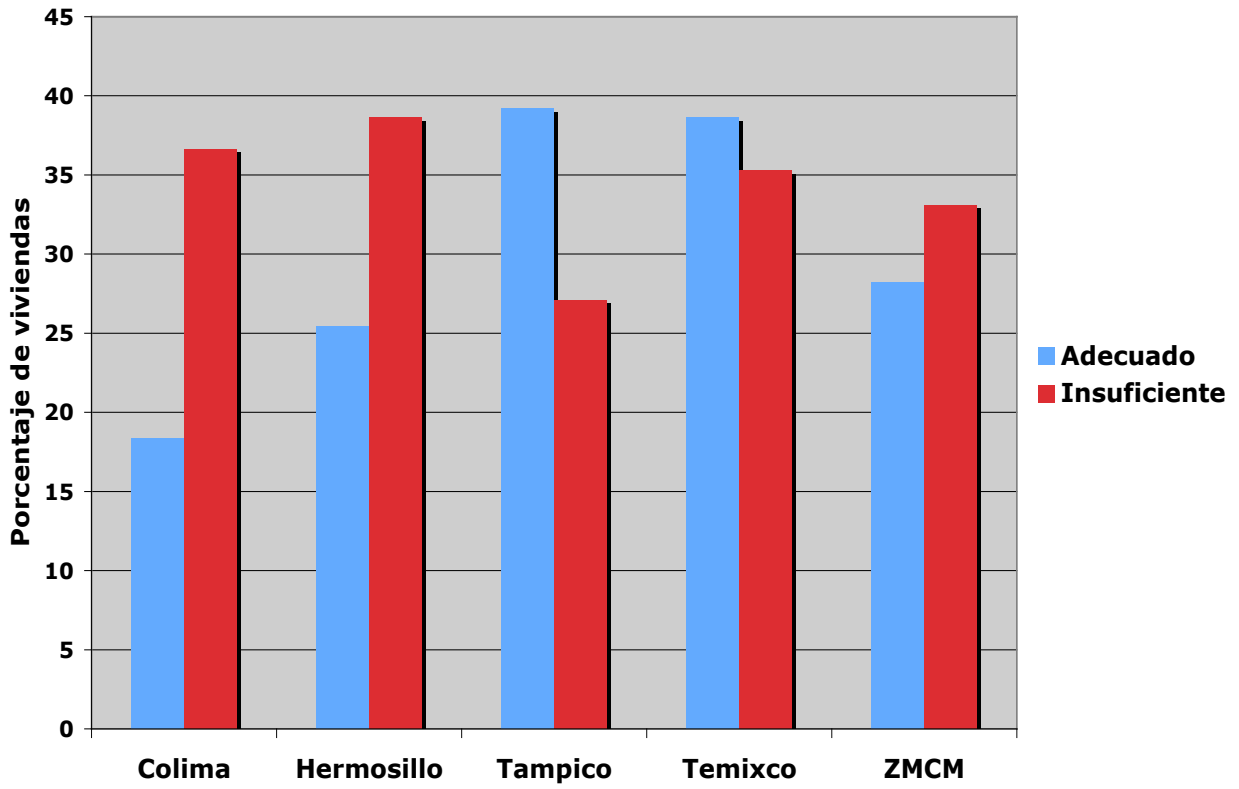


Figura 3. Porcentaje de viviendas con calificación adecuado y porcentaje de viviendas con calificación insuficiente por zona.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el uso de sistemas pasivos en las viviendas es deficiente en las cinco zonas estudiadas y que existe un gran potencial para mejorar el diseño para que las viviendas sean más adecuadas al clima donde están edificadas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue patrocinada por el Fondo de Sustentabilidad Energética Conacyt-SENER S0019-2009-01 proyecto 118665. Los autores agradecen a todos los desarrolladores de vivienda que permitieron el levantamiento de información para llevar a cabo esta investigación.

REFERENCIAS

Castillo A, Lira-Oliver A, Muñoz JJ, Ramírez CA, Juárez SN y Huelsz G, 2011. Uso de sistemas pasivos de climatización en la zona de Temixco Morelos con clima cálido semihúmedo. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011.

Eliás-López P, Roux R, García V, Espuna A, 2011. Caracterización y uso de sistemas pasivos de climatización en viviendas de la zona metropolitana de Tampico-Madero-Altamira, Tamaulipas. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011.

Figueroa A., Fuentes V.A., Castorena G., García-Chávez R., Valerdi H., Tovar E.I., Torres E., Morales Y., Olivares M.G. y Campos A. Uso de sistemas pasivos de climatización en el área

norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con clima semifrío. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011.

Huelsz G, Ochoa JM, Roux RS, Gómez A, Simá E, Figueroa A, Rojas J, Barrios G, Tovar R, Cortés H, Marincic I, Alpuche G, Duarte EA, Eliás PD, García V, Espuna A, Gómez G, Alcántara A, Álvarez GS, Fuentes V, Valerdi H, Castorena GM, García R, Lira-Oliver A, Rodríguez S, Salas M, Castillo A, Muñoz JJ, Ramírez CA, Juárez SN, Ramos A, Naves N, Vargas LA, González I, Barrera IG, Galván J, Márquez A, Esparza C, Fugarolas X, González M, Jiménez R, Tovar EI, Torres E, Morales Y, Olivares MG y Campos A, 2011. Proyecto 118665: Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México. Informe parcial 1: ETAPA 1 Uso de sistemas pasivos. Presentado en febrero de 2011 al Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética, SENEC-CONACYT.

Marincic, I., Ochoa, J.M., Alpuche, M. G., Vargas, L., González, I., Barrera, I., Huelsz, G. 2011. La construcción actual de viviendas en Hermosillo y su adecuación al clima por medios pasivos. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011. Chihuahua