



Nova Scientia

E-ISSN: 2007-0705

nova\_scientia@delasalle.edu.mx

Universidad De La Salle Bajío

México

Rosas Lusett, Mireya Alicia; Espuna Mújica, José Adán; García Izaguirre, Víctor Manuel  
Costo energético de muros y techos utilizados en la zona sur de Tamaulipas  
Nova Scientia, vol. 7, núm. 15, 2015, pp. 514-528  
Universidad De La Salle Bajío  
León, Guanajuato, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203342741028>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

*Revista Electrónica Nova Scientia*

Costo energético de muros y techos utilizados en  
la zona sur de Tamaulipas  
Energetic expenses of walls and roofs used in  
the zone of Tamaulipas

**Mireya Alicia Rosas Lusett, José Adán Espuna Mújica y  
Víctor Manuel García Izaguirre**

---

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de  
Tamaulipas, Tampico

---

**México**

*Mireya Alicia Rosas Lusett.* E-mail: [mrosas@uat.edu.mx](mailto:mrosas@uat.edu.mx)

## Resumen

El presente trabajo muestra los procedimientos y resultados obtenidos del análisis de la energía transmitida en techos y muros de las viviendas seleccionadas de la zona sur del estado de Tamaulipas, una de las cinco áreas establecidas dentro del 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*”. Este proyecto fue financiado por la Convocatoria S0019-2009-01 del Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética SENER-CONACYT con registro N° 118665, cuyo objetivo en su tercera etapa de ejecución, consistió en hacer uso de la herramienta **Ener-Habitat**, la cual fue desarrollada durante la segunda fase del proyecto.

Con dicho programa de cálculo se determinaron los gastos de energía, comparativa de cuatro sistemas constructivos para muros y tres sistemas constructivos para losas utilizadas en la zona sur de Tamaulipas. Con la información obtenida y mediante el uso de la metodología desarrollada para estimar los impactos en el ahorro de energía, se evaluó el costo energético de cada uno de los sistemas constructivos. Con los resultados obtenidos se pudo determinar cuál era el muro y techo de menor gasto de energía para la zona de estudio.

Adicionalmente se realizó un estudio de la influencia de la absorción solar de la superficie exterior de los muros, cuyos resultados darán la pauta para diseñar una vivienda que pretenda sea adecuada y cómoda al clima cálido húmedo que prevalece en el área.

**Palabras clave:** Sistemas constructivos, costo energético, sistemas pasivos, confort térmico

*Recepción:* 13-05-2015

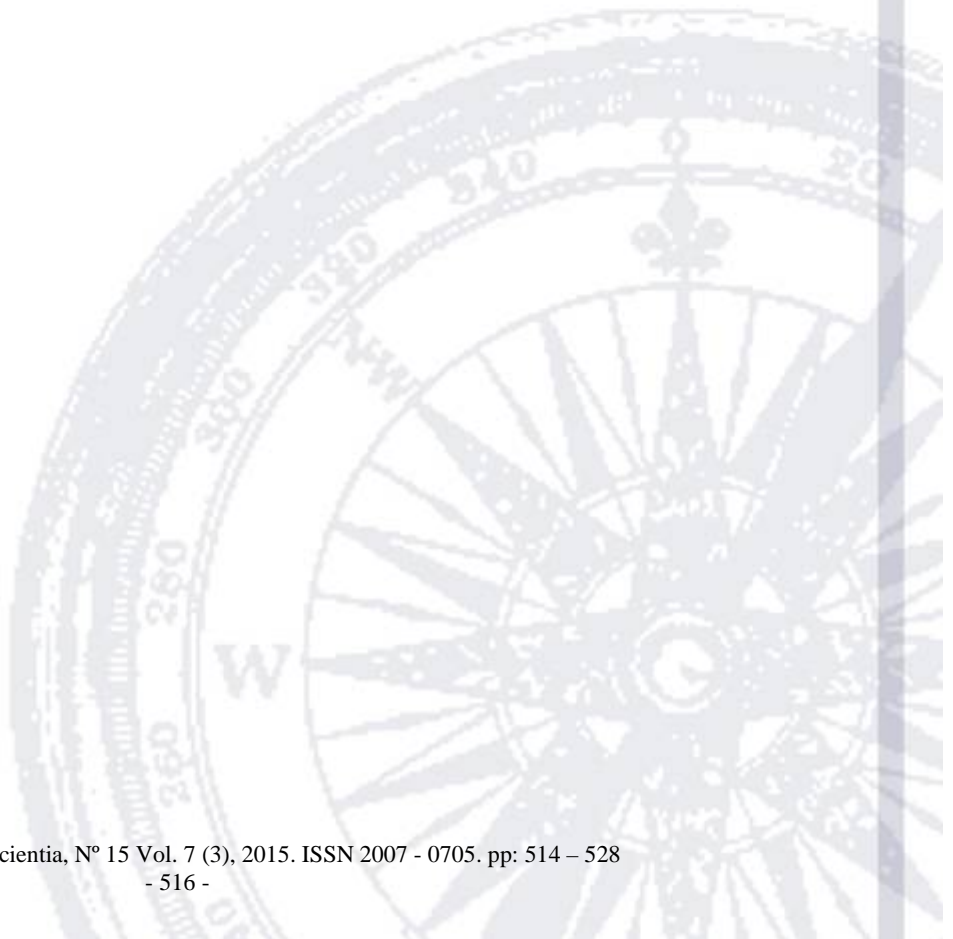
*Aceptación:* 08-09-2015

## Abstract

This is a presentation showing the procedures and results obtained from the analysis of the energy transmitted in walls and roofs of the selected homes in the south zone of the state of Tamaulipas, one of the five zones established in the “*Development and validating of a methodology to*

estimate the impacts in the saving of energy for the use of passive-constructive systems in the edification for different climates in México” project. This research was sponsored by the Energy Sector Sustainability Fund SENER - CONACYT S0019 - 2009-01 call, log under the project No. 118665. This project, which third stage of execution’s objective consisted in making use of the Ener- Habitat software, developed during the project’s second phase. With this software the comparative energy expenses of four constructive systems for walls and three constructive systems for roofs were determined. With the acquired information and through the use of the methodology developed to estimate the impacts on energy saving, the energetic price of each of the constructive systems was evaluated. With the acquired results it was determined which were the walls and roofs of less energy expense for the study zone.

**Keywords:** Building systems, energy cost, passive systems, thermal comfort



## Introducción

Es primordial en lugares que durante lo largo del día tienen alta insolación solar y grandes variaciones de temperatura, evaluar el desempeño térmico de sistemas constructivos, tal y como lo enfatiza Barrios G., Elías P., Huelsz G. y Rojas J. (2010) quienes expresan que “...en climas donde la radiación solar es significativa y la oscilación de la temperatura diaria es importante, como sucede en la mayor parte de México, la transferencia de calor a través de muros y techos se debe analizar en función del tiempo. Para estos climas, la transferencia de calor independiente del tiempo puede llevar a una selección inadecuada de los materiales (sic)”.

El objetivo de este proyecto es proporcionar una guía para la selección de sistemas constructivos adecuados al clima cálido húmedo de la zona sur del Estado de Tamaulipas, que contribuya a mejorar el confort térmico al interior de las viviendas sin la utilización de sistemas de aire acondicionado.

El estudio se ha dividido en tres partes:

- A. Aplicar la metodología establecida en el protocolo del proyecto.
- B. Analizar los resultados derivados del programa Ener-Habitat de los sistemas constructivos de los muros y techos seleccionados, para comparar los gastos de energía.
- C. Obtener las conclusiones derivadas de la investigación efectuada en la zona de estudio.

Esto implicó también, en principio, realizar una revisión de los factores climatológicos que inciden en la zona de estudio, formada por los municipios de Tampico, Madero y Altamira, donde prevalece un clima cálido húmedo, con temperaturas promedio en verano de 28.7°C e invierno de 20.7°C. La región presenta variable mensual a lo largo del año de  $\pm 10^\circ\text{C}$  y cuyas oscilaciones térmicas diarias en verano e invierno son de 8°C. (Roux; Espuna; García: 2011; 145) La humedad relativa en la zona sur de Tamaulipas es alta, considerando que el promedio anual es de 78%. Por lo general, el mes más húmedo es septiembre que coincide con la mayor alta precipitación pluvial. La humedad relativa más baja registrada en la zona es de 50%, durante los meses de enero y febrero, como consecuencia del paso de vientos fríos y secos del invierno conocidos en la zona como “nortes”.

## Método

Como parte del objetivo establecido, se determinaron los siguientes pasos para definir la guía para la selección de sistemas constructivos adecuados al clima cálido húmedo de la zona de estudio:

- A. Seleccionar e investigar veinticinco modelos de viviendas representativas de las edificaciones habitacionales construidas en la zona de estudio.
- B. Obtener mediante la ficha técnica previamente diseñada, la información de cada una de estas viviendas sobre su comportamiento respecto al confort térmico al interior, la cual proporcionaban  $m^2$  del predio,  $m^2$  de construcción, caracterización de modelo constructivo de la envolvente, orientación, vegetación y colores exteriores.
- C. Determinar el impacto de los sistemas pasivos de ventilación en cada una de estas viviendas, y cuál será la de mayor afectación.
- D. Analizar los sistemas constructivos de muros y techos, utilizando el programa de cálculo y simulación de cómputo Ener-Habitat, que realiza simulaciones numéricas de transferencia de calor dependiente del clima, lo que permite tomar en cuenta el efecto de la masa térmica y no solo de la resistencia térmica de los materiales constructivos.
- E. Comparar, disponiendo del programa Ener-Habitat, los dos sistemas constructivos más empleados en la zona, obteniendo cual transmite menos energía para muros y cual para techos.
- F. Proponer la simulación con otros sistemas utilizados en muros y techos con diferentes capas, de manera que permita establecer el mayor costo beneficio.
- G. Desarrollar, con la información proporcionada por la herramienta Ener-Habitat, propuestas de diferentes capas de muros y techos, las cuales fueron analizadas para determinar su costo energético
- H. Determinar, finalmente, cuales son las capas de muros y techos de menor gasto y costo de energía para la zona climática de estudio.

## Resultados

Con la información recabada en las fichas técnicas de las 25 viviendas analizadas en la zona, se pudo determinar como influyen las preexistencias ambientales de la zona en los sistemas pasivos de enfriamiento existentes en cada una de estas viviendas.

En este sentido, bajo el estudio efectuado, se caracterizaron cuales fueron los dos modelos constructivos mayormente destinados para el edificación de muros y de techos, con los cuales se “alimentó” Ener-Habitat<sup>1</sup>, bajo los parámetros representativos que son solicitados en el programa, para efectuar el cálculo correspondiente.

Ener-Habitat funciona bajo el siguiente esquema:

- I. Se elige el elemento constructivo determinando si éste es de capas homogéneas o no homogéneas, entendiéndose como homogéneas aquellas que tiene un solo material y no presentan huecos de aire.
- II. Del banco de datos se selecciona:
  - a) La ciudad donde se realizará el cálculo: Para este caso de estudio: Tampico.
  - b) La temporalidad a analizar, es decir: anual o de un mes en específico.
  - c) Uso de aire acondicionado: Sí – no.
  - d) Elemento constructivo a analizar: techo o muro
  - e) Número de elementos constructivos a comparar: de 1 hasta 5
- III. Determinada la cantidad de elementos constructivos que serán analizados, se deberá determinar para todos, lo siguiente:
  - a) Orientación o emplazamiento del sistema a evaluar: Norte, sur, este, oeste.
  - b) Angulo de inclinación: 0° a 90°
- IV. Se debe introducir para cada sistema constructivo que va a ser analizado, el número de capas que compondrán cada uno de ellos, donde puede elegirse para cada caso desde 1 hasta 7 capas.
- V. Para cada sistema constructivo se debe determinar la capa exterior de éste sistema, su espesor, absorción térmica y el material que lo conforma. Posteriormente se hace la definición del espesor y materiales de las subsecuentes capas, si las hubiese. Finalmente, después de introducir todos los datos, se corre el programa y mostrará los resultados emanados del Ener-Habitat mediante tablas.
- VI. La primera tabla es una comparativa de la temperatura ambiente contra la temperatura interior en función a la absorción solar, mientras que la segunda tabla muestra la energía transmitida por cada uno de los sistemas constructivos.

---

<sup>1</sup> Para verificar el funcionamiento de Ener-Habitat puede consultarse la siguiente dirección electrónica: <http://www.enerhabitat.unam.mx>

El cálculo de la energía transferida para los dos diferentes sistemas constructivos de muros, mencionados en la metodología para comparar los sistemas constructivos de muros y techos de la envolvente utilizados en la zona de Tampico, se consideró que todos los muros tienen la orientación oeste, esto se hizo con el fin de comparar los sistemas constructivos, independientemente de la orientación.

<b>Sistema Constructivo</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>% Sistemas constructivos</b>	<b>Sin aire acondicionado Energía transmitida mes cálido (Wh/m<sup>2</sup> día)</b>
Bloque hueco de concreto 10 cm	BH_acay_10	36.0	<b>19.12</b>
Bloque hueco de concreto 15 cm	BH_acay_15	64.0	<b>2.56</b>
<b>Total de casas con Sistemas con capa no homogénea</b>		<b>100</b>	
<b>Total de viviendas representadas</b>		<b>1325</b>	

**Tabla 1.** Resultados gastos de energía transmitida en el sistema constructivo de muros.  
Fuente: Elaborada por los investigadores con Ener-Habitat (2012).

En la Tabla 1 se describen los dos sistemas constructivos de muros caracterizados como los mayoritariamente utilizados para la zona. Se incluyen los porcentajes de uso de cada uno de los sistemas constructivos utilizados en las viviendas, así como los valores de energía transmitida. Cada sistema constructivo presenta dos valores extremos de energía transmitida; el valor mínimo corresponde al muro que transfiere la menor cantidad de energía y el valor máximo corresponde al muro que transfiere la mayor cantidad de energía, clasificados dentro del mismo tipo.

Por otro lado, los valores mínimos de energía transmitida para un mismo tipo de sistema constructivo presentado en la tabla 1, están asociados a muros con colores exteriores claros, es decir muros con absorción solar (A) baja. Por ejemplo, para la condición sin aire acondicionado se observa que la energía transmitida por los muros con capa no homogénea (muros de bloque hueco de concreto) se encuentra en un rango mayor entre 6.17 Wh/m<sup>2</sup> día y 2.56 Wh/m<sup>2</sup> día. Esto permite aseverar que los muros con capas no homogéneas con mayor espacio entre sus caras internas, son los más apropiados para viviendas que operan sin aire acondicionado en la zona sur de Tamaulipas.



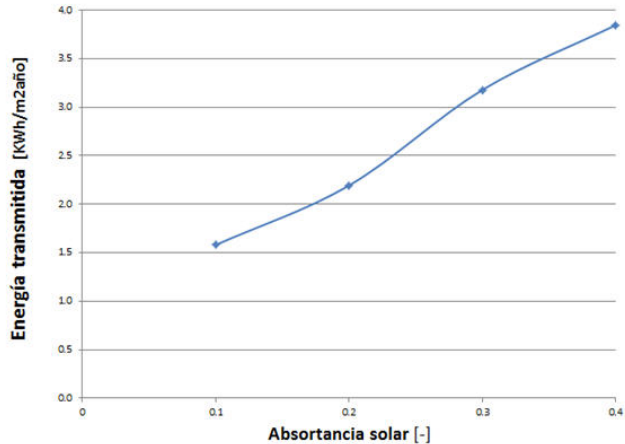
Así también se realizó el cálculo de energía transmitida con las orientaciones norte, sur, este y oeste con el fin de encontrar la mejor orientación de los muros; se escogió la absorción de 0.1 correspondiente al color blanco, por ser la más utilizada en los sistemas constructivos de la zona. La mayor energía transmitida es del muro con orientación oeste con un promedio de  $4.80 \text{ Wh/m}^2$  día y con la de menor energía corresponde a la orientación este, con un promedio de  $3.62 \text{ Wh/m}^2$  día, por lo cual cabe destacar que esta es la mejor orientación de los muros para la zona. Para la condición sin aire acondicionado, el mejor sistema constructivo de muro es el bloque hueco de 15 cm con  $2.56 \text{ Wh/m}^2$  día, en segundo lugar con una gran diferencia es el muro de bloque hueco de 10 cm con  $19.12 \text{ Wh/m}^2$  día.

Para analizar el efecto del color en muros, se optó el sistema constructivo no homogéneo de mayor uso en la zona de estudio (64%) con las especificaciones mostradas en la Tabla 2.

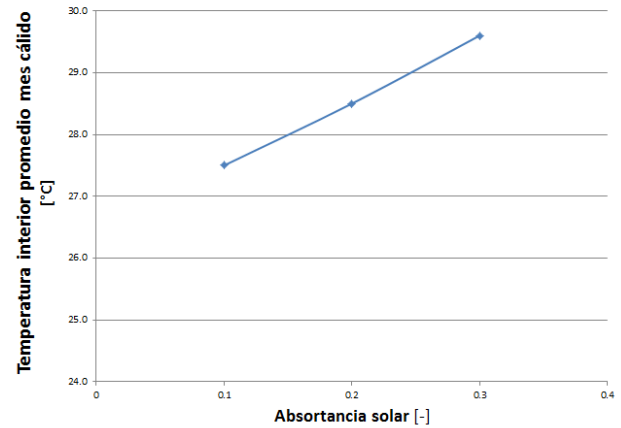
<b>Componentes del sistema constructivo (capa exterior → capa interior)</b>	<b>espesor en cm</b>
Aplanado de mortero cemento-arena	1.50
Bloque hueco de concreto	15.00
Aplanado de yeso	1.50

**Tabla 2.** Especificaciones del sistema constructivo de muro usado para el estudio del efecto del color.  
Fuente: Elaborada propia (2012).

Se varió la absorción solar de 0.1 a 0.7 y se realizaron simulaciones para el mes crítico de verano. Para el caso sin aire acondicionado, la energía transmitida en el mes crítico como función de la absorción solar,  $A$ , se muestra en la Figura 1. La energía transmitida aumenta linealmente con  $A$ , para este sistema constructivo  $0.4 \text{ kWh/m}^2\text{año}$  por cada 0.1 de aumento en  $A$ .



**Figura 1.** Energía transmitida como función de la absorptancia solar, para muro.



**Figura 2.** Temperatura del aire interior promedio como función de la absorptancia solar, para muro.

La temperatura interior promedio del aire del mes cálido, también aumenta linealmente con el aumento de  $A$ , como se muestra en la Figura 2. Para  $A=0.1$  la temperatura promedio es de  $27.5^{\circ}\text{C}$ , mientras que para  $A=0.3$  es de  $29.6^{\circ}\text{C}$ . Para este caso, el aumento es de  $1^{\circ}\text{C}$  por cada  $0.1$  de aumento en  $A$ . Con estos datos, para la zona se recomienda colores en tonos claros, en la parte exterior de los muros, sobre todo de los muros este, oeste y sur, que son los que reciben mayor cantidad de radiación solar.

El sistema constructivo de techos de la envolvente utilizado en la zona se calificó en dos tipos. La evaluación de costo energético se llevó a cabo mediante el programa Ener-Habitat, se consideraron techos en posición horizontal. Se evaluaron los dos tipos de sistemas con capas sin huecos, los cuales son homogéneos (nervaduras de concreto y casetón de poliestireno). Los sistemas fueron evaluados en condiciones sin aire acondicionado.

En la Tabla 3 se muestran los porcentajes de uso de cada tipo de sistemas constructivos utilizados en las viviendas, así como los valores de energía transmitida; cada tipo de sistema constructivo presenta dos valores extremos de energía transmitida; el valor mínimo que corresponde al techo que transfiere la menor cantidad de energía y el valor máximo corresponde al techo que transfiera la mayor cantidad. En los sistemas constructivos de techo mejor evaluado se observa que la energía transmitida se encuentra en un rango de  $8.55$  a  $20.87 \text{ Wh/m}^2 \text{ día}$ . Esto es similar al caso de sistemas constructivos de muro, como se explicó en la sección correspondiente, esta diferencia es el resultado de las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior.

Sistema Constructivo	Etiqueta	% Sistemas constructivos	Sin aire acondicionado Energía transmitida mes cálido (Wh/m <sup>2</sup> día)
Losa nervadura de concreto y casetón de poliestireno 10 cm	NeCa_cfy_10	16.0	<b>9.31</b>
Losa nervadura de concreto y casetón de poliestireno 15 cm	NeCa_cfy_15	84.0	<b>8.55</b>
<b>Total de casas con Sistemas con capa no homogénea</b>		<b>100</b>	
<b>Total de viviendas representadas</b>		<b>1325</b>	

**Tabla 3.** Resultados gastos de energía transmitida en el sistema constructivo de techos.  
Fuente: Elaborada por los investigadores con Ener-Habitat (2012).

Se propusieron para muro tres sistemas constructivos con alta masa térmica, el primero y el segundo son sistemas de tres capas homogéneas, la capa intermedia es la que cambia y los acabados son iguales.

Para el primero, tanto el acabado exterior como el interior es un mortero cemento arena en proporción 1:3 de 1.5 cm de espesor, la superficie exterior es blanca (absortancia solar de 0.10); para el segundo, es un muro de bloque de tierra comprimida de 14 cm de espesor, cuyo comportamiento mecánico se muestra en la Tabla 4. Tanto el acabado exterior como el interior de estos muros es un mortero cal arena en proporción 1:3 de 1.5 cm (absortancia solar de 0.10); el muro tres es un sistema de cinco capas, las dos capas de bloque de tierra comprimida están unidas por un mortero de cal arena y los acabados interior y exterior son iguales de mortero cal arena de 1.5 cm. Cabe señalar, que el muro tres, se utiliza poco actualmente en la zona. Los sistemas constructivos para muro analizados se presentan en la tabla 5.

En estado seco		En estado húmedo	
% de cemento seco	Resistencia kg/cm	% de cemento húmedo	Resistencia kg/cm
6%	41.40	6%	41.40
8%	77.72	8%	44.63
10%	120.74	10%	44.63

**Tabla 4.** Comportamiento mecánico del BTC.  
Fuente: Roux (2010).

El análisis para obtener la propuesta del sistema constructivo de muro consiste en comparar el factor de costo - beneficio, mismo que se obtendrá del producto de la Energía (E) por el Costo (C) de los tres sistemas propuestos, cuidando que el costo normalizado ( $C_u$ ) no sea muy alto.

En la Tabla 5 se observa que el muro uno transmite mayor cantidad de energía ( $E=1.20$ ) que el muro base, su costo es igual que el del muro base ( $C=1.00$ ), por lo que se obtiene un factor de costo-beneficio  $E \cdot C = 1.20$ . El muro dos transmite una fracción de energía  $E=0.70$ , tiene un costo un poco menor que el muro base ( $C=0.70$ ) y su factor de costo-beneficio es  $E \cdot C=0.49$ . El muro tres es el que transmite menos energía que el muro base ( $E=0.10$ ), su costo normalizado es  $C=1.10$  y su factor de costo-beneficio es  $E \cdot C=0.11$ .

De lo anterior se observa que el muro tres, es el que tiene el menor factor de costo-beneficio  $E \cdot C=0.11$  y su costo aunque es mayor que el del sistema base, es el mejor sistema constructivo. Cabe señalar que este tipo de sistema constructivo de doble bloque de tierra comprimida de 32 cms de espesor no está actualmente en el mercado en la zona.

Sistema constructivo	$\alpha$ [-]	Capas	e [m]	$E_u$ [Wh/m <sup>2</sup> día]	$C_u$ [\$/m <sup>2</sup> ]	E [-]	C [-]	$E \cdot C$ [-]
Muro base	0.1	Mortero cemento arena	0.015		85.8			
		Bloque hueco de concreto	0.150		151.6			
		Mortero cemento arena	0.015		85.8			
Total base			0.150	2.056	484.0	1.00	1.00	1.00
Muro 1	0.1	Mortero cemento arena	0.015		85.8			
		Tabique	0.160		143.0			
		Mortero cemento arena	0.015		85.8			
Total muro 1			0.170	3.035	314.5	1.20	1.00	1.20
Muro 2	0.1	Mortero cal arena	0.015		40.0			
		Bloque de tierra comprimida	0.140		140.0			
		Mortero cal arena	0.015		40.0			
Total muro 2			0.170	1.90	220.0	0.70	0.70	0.49
Muro 3	0.1	Mortero cal arena	0.015		40.0			
		Bloque de tierra comprimida	0.140		125.0			
		Mortero cal arena	0.010		40.0			
		Bloque de tierra comprimida	0.140		125.0			
		Mortero cal arena	0.015		40.0			
Total muro 3			0.320	0.375	370.0	0.10	1.10	0.11

**Tabla 5.** Comparativa de sistemas constructivas de muros en Tampico.  
Fuente: Elaborada por los investigadores (2013).

Para obtener la propuesta del sistema constructivo para techos se sigue la misma metodología a la utilizada para muros. Se seleccionan dos sistemas constructivos y se comparan los factores de

costo-beneficio y costos normalizados. En este caso, el sistema constructivo de referencia es el segundo sistema constructivo más usado en la zona (techo base). Cabe señalar que no se usó como referencia el sistema constructivo más usado en la zona, el sistema basado en nervaduras y bovedilla de concreto hueco, ya que todavía no se cuenta con el modelo para evaluarlo, debido a la complejidad de este sistema constructivo.

Con la información disponible en el informe de costo energético de la zona, complementada con algunos cálculos adicionales, se propusieron dos techos de concreto armado de 12 cms.

El techo uno es una losa convencional; el techo dos tiene sobrepuesta una capa de espuma de poliuretano de 2.5 cms de espesor. Los dos sistemas tienen acabado exterior de impermeabilizante acrílico blanco (absortancia de 0.20) y acabado interior de yeso.

En la Tabla 6 se observa que el techo uno transmite más del doble del valor de energía del techo base, con  $E=2.4$ , tiene un costo normalizado de  $C=0.9$  y factor de costo-beneficio de  $E*C=2.16$ . El techo dos transmite una energía normalizada de  $E=0.1$ , tiene un costo de  $C=1.0$  igual que el techo base y un factor de costo-beneficio de  $E*C=0.10$ .

Techo	$\alpha$ [-]	Capas	e [m]	$E_u$ [Wh/m <sup>2</sup> día]	$C_u$ [\$/m <sup>2</sup> ]	E [-]	C [-]	$E*C$ [-]
Techo Base	0.10	Impermeabilizante de acrílico	0.001		70.0			
		Capa de compresión	0.035		650.0			
		casetón de poliestireno (eps)	0.150					
		Yeso	0.015		180.0			
Total base			0.201	5.52	900.0	1.00	1.00	1.00
Techo 1	0.10	Impermeabilizante de acrílico	0.001		70.0			
		Concreto armado	0.120		540.1			
		Yeso	0.015		180.0			
Total techo 1			0.136	13.06	790.1	2.4	0.9	2.16
Techo 2	0.20	Impermeabilizante de acrílico	0.001		170			
		Espuma de poliuretano	0.025					
		Concreto armado	0.120		540.1			
		Yeso	0.010		180.0			
Total techo 2			0.156	0.791	890.0	0.1	1.0	0.10

**Tabla 6.** Comparativa de sistemas constructivas de techos en Tampico.

Fuente: Elaborada por los investigadores (2013).

Por lo tanto, el mejor sistema es el techo dos, con el menor factor de costo-beneficio de  $E*C=0.10$ . Este es el sistema que se propone para techos en la zona.

**Conclusiones:**

El desempeño térmico de una vivienda depende de múltiples variables, la mayor parte de ellas derivadas del diseño arquitectónico, especialmente de la morfología, más que de los materiales y sistemas constructivos, sin embargo el conocimiento y aprovechamiento de las propiedades termofísicas de los materiales es uno de los aspectos que fácilmente pueden ser sujetos de regulación por lo que sin pretender generar una innovación total, algunas decisiones relacionadas con la selección de materiales pueden contribuir al mejor desempeño de la arquitectura habitacional, especialmente si los materiales son adecuados a las condiciones ambientales de una región.

El estudio efectuado en la zona demuestra, en sus fases iniciales, que los procesos constructivos usados para la envolvente arquitectónica de la vivienda de la zona no son los adecuados. Es necesario continuar el análisis y comparativo de estos procesos, se ha establecido que para el caso de los muros el Bloque de Tierra Comprimido (BTC) se ha obtenido un mejor comportamiento térmico que el bloc de concreto usado convencionalmente para la edificación de muros. En el caso de las losas, el resultado del análisis comparativo de sistemas constructivos demostró que aquellas edificadas con losas aligeradas de concreto y casetones de poliestireno, resultan ser menos eficientes que una losa de concreto compacta con una capa aislante de poliestireno, siendo el primer sistema constructivo el más adoptado en la zona.

Concluyendo, para muros de la envolvente se puede sugerir el empleo de un muro basado en doble bloque de tierra comprimida con un espesor de 29 cms, con acabado al exterior y al interior de mortero cal arena de 1.5 cms y color exterior blanco con absorción solar de 0.1. La transferencia de energía de este sistema constructivo es 0.10 del valor del más usado en la zona y su costo es 76% del valor del más usado. Con un valor del parámetro costo-beneficio  $E*C=0.11$

Para techos de la envolvente se propone el sistema constructivo basado en una losa de concreto armado de 12 cms con una capa de espuma de poliuretano de 2.5 cms en la parte exterior con acabado de impermeabilizante acrílico de 1 cm color blanco con absorción solar de 0.10, y al interior con un aplanado de yeso de 1 cm. La transferencia de energía de este sistema constructivo es 0.1% del valor del más usado en la zona y su costo es 1% más bajo que el más usado. Con un valor del parámetro costo-beneficio  $E*C= 0.10$ . Se infiere en consecuencia, establecer o desarrollar algunas propuestas de materiales alternativos o tradicionales que han sido relegados de la edificación que permitan obtener resultados con un mejor parámetro costo-beneficio.

Para la zona sur de Tamaulipas y alrededores, donde prevalece un clima cálido húmedo, ha sido una solución predeterminada, que cuando la vivienda es habitada, el usuario pretenda mejorar el confort térmico de la misma, usando sistemas electro-mecánicos de ventilación, en particular mediante el uso de aire acondicionado. El estudio demostró que los sistemas constructivos propuestos y mencionados anteriormente, aún bajo la condición de estar sin aire acondicionado, fueron eficientes en cuanto a su comportamiento térmico, pudiendo con esto demostrar que es posible diseñar viviendas confortables sin uso de ningún sistema de aire acondicionado convencional.

## Referencias

- ALMANZA S. R., Cajigal R. E., Barrientos A. J. (1997) “Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana, Reportes de insolación de México”. Southwest Technology Development Institute, NMSU, (1999) (En red) Disponible en: <http://www.econotecnia.com/radiacion-solar.html>
- BARRIOS G., ELÍAS P., Huelsz G. y Rojas J. (2010) “Selección de los materiales de muros y techos para mejorar el confort térmico en edificaciones no climatizadas” en Marincic I. *Estudios sobre Arquitectura y Urbanismo del Desierto*, Volumen III. Número 3 Octubre 2010 pág. 70-84 (En red) Disponible en: <http://www.arq.uson.mx/esaud/PDF/ESAUD3-Cap4.pdf>
- HUELSZ, G., “Altos valores de la resistencia térmica no aseguran un buen desempeño térmico de la envolvente de una edificación”, A.A.V.V., *Memorias de la XXXIII Semana Nacional de Energía Solar*, ANES, Guadalajara, Jal., 2009, ABC-050, págs. 237-240
- OLGYAY Víctor. (2008). *Arquitectura y clima. “Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas”*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.
- ROSAS LUSETT, Mireya Alicia; ROUX GUTIÉRREZ, Rubén Salvador; ESPUNA MUJICA, José Adán; GARCÍA IZAGUIRRE, Víctor Manuel, (2013a) “Evaluación del costo energético de los sistemas constructivos utilizados en la zona de Tampico”, *Informe Técnico entregado al CONACYT-SENER de la etapa 3*, . Febrero 2013.
- ROSAS LUSETT, Mireya Alicia; ROUX GUTIÉRREZ, Rubén Salvador; ESPUNA MUJICA, José Adán; GARCÍA IZAGUIRRE, Víctor Manuel, (2013b) “Propuestas de sistemas constructivos para la envolvente de edificación en la zona de Tampico, estudio técnico-económico” *Informe Técnico entregado al CONACYT-SENER de la etapa 3*. Febrero 2013.
- ROUX GUTIÉRREZ, Rubén Salvador (2010): “Los bloques de tierra comprimida BTC en tierras húmedas” Editorial Plaza y Valdés, México.

ROUX GUTIÉRREZ, Rubén Salvador; ESPUNA MUJICA, José Adán; GARCÍA IZAGUIRRE, Víctor Manuel (2011) “Manual normativo para el desarrollo de vivienda sustentable de interés social en México”; Editorial Plaza y Valdés, México.

Sistema Meteorológico Nacional. Normales climatológicas por estación. 1981- 2010 (En red) Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=166&tmpl=component](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=166&tmpl=component)

