

**EVALUACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE CONFORT  
EN VIVIENDAS CON Y SIN AISLAMIENTO TÉRMICO, EN EL CLIMA  
SEMIÁRIDO DEL NORTE DE MÉXICO**

**Martín Domínguez I.R.\*, Alarcón Herrera M.T.\*\***

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Miguel de Cervantes 120,  
Complejo Industrial Chihuahua. 31109 Chihuahua, Chih. México, Fax 52(614)439-4884

\* Sistemas Térmicos y Energía Renovable, División de Ingeniería y Procesos de  
Manufactura. Tel. 52(614)439-1148 ignacio.martin@cimav.edu.mx

\*\* División de Ciencia y Tecnología Ambiental. Tel. 52(614)439-1121  
teresa.alarcon@cimav.edu.mx

**RESUMEN**

Se analiza el comportamiento térmico de viviendas de tipo económico (de interés social) en las condiciones climáticas del semi-desierto de la zona norte del Altiplano Mexicano. Se evalúa el efecto de dos tipos de materiales de construcción con y sin aislamiento térmico, en una misma vivienda. El estudio se lleva a cabo mediante simulación numérica, utilizando el paquete informático TRNSYS. Se estudia un año típico de operación y cuatro orientaciones geográficas de la vivienda. Se reportan resultados de niveles de confort y cargas térmicas para un año de operación de la vivienda.

**PALABRAS CLAVE:** Uso de energía en edificaciones, simulación, aislamiento térmico.

**ABSTRACT**

The thermal behavior of low-cost houses in the climatic conditions of the semi-arid northern Mexican plateau is analyzed. The effect of two different construction materials, with and without thermal insulation, is studied for the same house design. The study was performed by numerical simulation in TRNSYS. The operation during a year of typical weather and four geographic orientations for the house were studied. Comfort profiles and thermal loads for one year of house operation are reported.

**KEYWORDS:** Energy Use in Buildings, Simulation, Thermal Insulation

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas del semidesierto del norte de México son más severas que en otras regiones del país; sin embargo, el uso de aislamiento térmico no es aún una práctica común. En la provincia Mexicana tradicionalmente se utilizaban materiales de construcción con buenas características de aislamiento térmico, tales como el adobe (bloque de barro), y se construían casas con diseños masivos y espaciosos que hacían confortable la vivienda. La creciente presión por un mayor número de viviendas de bajo costo y dimensiones reducidas, el uso cada vez mayor de materiales basados en concreto, la relativa facilidad para disponer de equipos de acondicionamiento climático y el bajo costo de los energéticos han originado la aparición de gran número de viviendas con características térmicas muy pobres, que obligan a sus moradores a hacer uso excesivo de recursos energéticos para tratar de climatizarlas, sin llegar a lograrlo satisfactoriamente. En este trabajo se evalúa el efecto de utilizar dos materiales de construcción para muros (ladrillo rojo y bloque de concreto hueco), como se muestra en la Fig. 1, así como techumbres de losa sólida de concreto y de losa aligerada, con y sin aislamiento adicional, (Fig. 2).

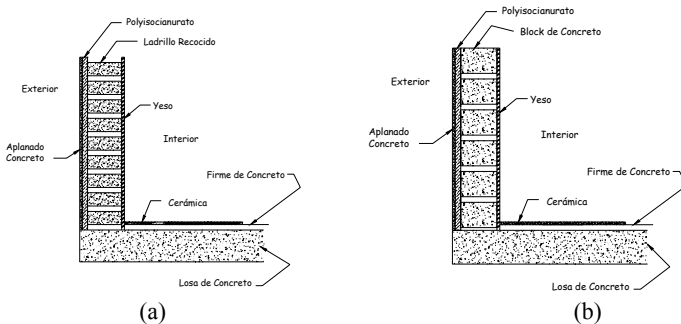


Fig.1. Sección Transversal de Muros, (a) Ladrillo, (b) Bloque de Concreto.

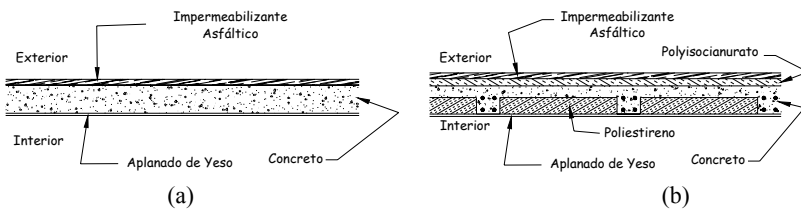


Fig.2. Sección Transversal de Losas de Techo, (a) Sólida, (b) Aligerada y Aislada

El estudio se llevó a cabo mediante simulación numérica, utilizando el paquete informático TRNSYS. Las condiciones climáticas utilizadas corresponden la zona semidesértica del norte de la república Mexicana, específicamente a la ciudad de Chihuahua, capital del estado Mexicano del mismo nombre. Se simuló un año típico de operación y se presentan

resultados promediados semanalmente y totales anuales. El objetivo fue determinar el comportamiento de las principales variables de confort, que son la temperatura operativa, humedad relativa y porcentaje de personas insatisfechas, así como estimar la reducción en las cargas térmicas de calefacción y de enfriamiento a lo largo del año. Los resultados pueden servir al usuario de este tipo de vivienda para juzgar la conveniencia de incorporarle aislamiento térmico, comparando los niveles de confort alcanzados al aislar la vivienda, la reducción en las cargas térmicas de calefacción y refrigeración incurridas, y la consecuente reducción en el costo de operación de la vivienda.

## CONDICIONES CLIMÁTICAS

El altiplano Mexicano tiene una altitud media de 1700 m sobre el nivel de mar, y en los Estados Federados situados en su zona norte, tales como Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas, predominan el clima semiárido y las condiciones ambientales extremas. Durante los meses de verano, las temperaturas diurnas pueden llegar a los 40°C o más, mientras que en invierno se pueden tener temperaturas de 10°C bajo cero, Fig. 2 (a). Debido a la baja humedad del aire y la altitud sobre el nivel del mar, la temperatura ambiental sufre fuertes variaciones entre el día y la noche que, por ejemplo, en la ciudad de Chihuahua, Chih. promedian anualmente 23°C, Fig. 2 (b).

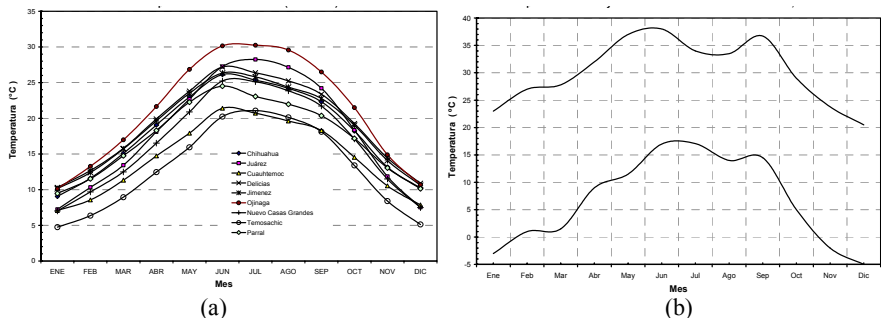


Fig. 2. Temperaturas Promedio Mensual, (a) Media Diaria en Varias Ciudades del Estado de Chihuahua, (b) Máxima y Mínima Diaria en Chihuahua, Chih.

## CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

La vivienda analizada consta de dos plantas, con aproximadamente 50 m<sup>2</sup> de construcción por planta. El área total de muros fue de 138 m<sup>2</sup>, con un total de 11 m<sup>2</sup> de ventanas de vidrio sencillo, localizadas en las fachadas frontal y trasera. Los detalles de muros y techos se muestran en las Fig. 1 y 2.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados que se muestran corresponden a simulaciones realizadas para las condiciones climáticas de la ciudad de Chihuahua, Chih. Las simulaciones realizadas produjeron resultados horarios para un año típico de operación de la vivienda, y se analizaron muros construidos con ladrillo y con bloque de concreto, con y sin aislamiento. Tomando como referencia el frente de la vivienda, se simuló orientaciones de la misma

hacia los cuatro puntos cardinales principales, y se hicieron simulaciones con y sin acondicionamiento climático. Al simular la operación de la vivienda con acondicionamiento, fue posible cuantificar la cantidad de energía requerida para calentar la vivienda y mantenerla a cuando menos 20°C, como se muestra en la Fig. 4. Las cargas térmicas de enfriamiento necesarias para mantener la vivienda a un máximo de 25°C no se muestran por falta de espacio, pero están disponibles en la literatura (Martín Domínguez, 2004). De la simulación sin acondicionamiento climático se obtiene el comportamiento térmico natural de la vivienda, que permite observar qué tanto o qué tan poco confortable puede llegar a ser la vivienda a lo largo del año.

### Carga de Calefacción

En la Fig. 4 se muestran las cargas térmicas de calefacción, totalizadas por semana, para viviendas construidas con losa sólida y sin ningún aislamiento, (a), y con losa aligerada y aislamiento adicional de 2.54 cm de polisocianurato en muros y techo, (b). Como puede apreciarse, la vivienda aislada requiere durante la temporada de frío casi una tercera parte de la energía requerida por la vivienda sin aislamiento.

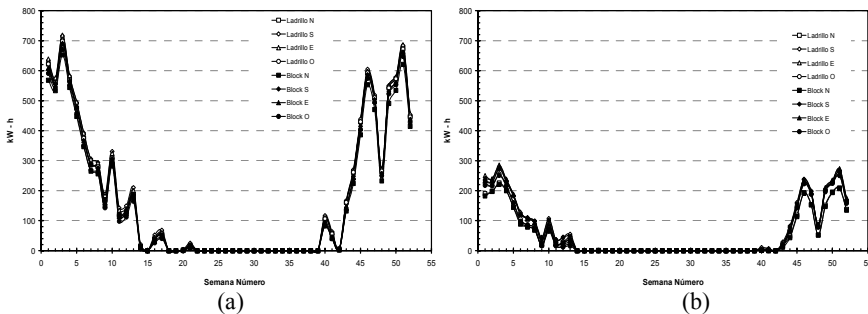


Fig.4. Carga Térmica Calefacción, (a) Losa Sólida sin Aislamiento, (b) Losa Aligerada, Todo Aislado.

### Nivel de Confort

En la Fig. 5 se muestran los valores esperados del Porcentaje de Personas No Satisfechas, PPD (ASHRAE, 1992; ASHRAE, 2001), para viviendas sin acondicionamiento climático. El PPD es una medida de la falta de confort habitacional. La condición ambiental más confortable corresponde a un valor de PPD de 5%, pues siempre se tiene al menos un 5% de personas no totalmente satisfechas. Valores superiores de PPD indican condiciones menos confortables para los ocupantes de un espacio habitacional. La Fig. 5 muestra los valores semanales promedio de PPD para la planta alta de las viviendas simuladas, operando sin acondicionamiento climático. En el caso (a) se observa que la vivienda con losa sólida y sin aislamiento presenta niveles igualmente altos de desconfort (falta de confort) para todas las orientaciones geográficas y materiales de muros. En el caso (b) se observa que, si bien los niveles de desconfort siguen siendo altos, la adición de aislamiento térmico le confiere fuerte relevancia a la orientación geográfica de las viviendas, siendo las

orientaciones norte y sur las más favorables para la latitud de la ciudad de Chihuahua ( $28^{\circ} 38'$  Norte).

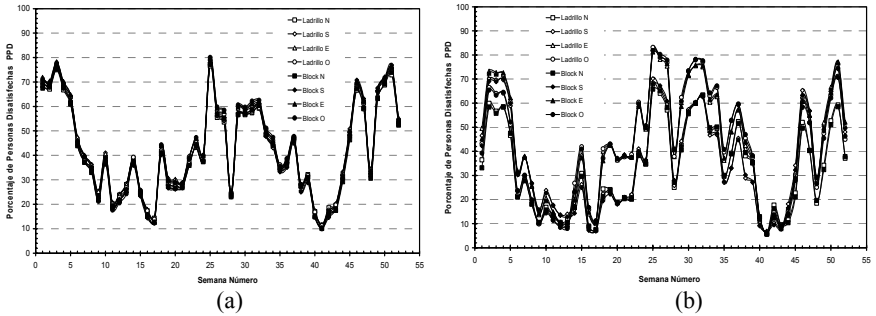


Fig. 5. Porcentaje de Personas No Satisfechas (PPD), Planta Alta, Sin Acondicionamiento, (a) Losa Sólida Sin Aislamiento, (b) Losa Aligerada y Muros Aislados.

La Fig. 6 muestra los niveles de confort para las mismas condiciones que la figura anterior, pero con acondicionamiento climático que mantiene la temperatura interior entre  $20^{\circ}\text{C}$  y  $25^{\circ}\text{C}$ . Aún con acondicionamiento ilimitado, la vivienda aislada ofrece mejores niveles de confort, pero el verdadero impacto se observa en el costo de mantener tales condiciones ambientales. Esto se muestra en la Fig. 4 con las cargas térmicas de calefacción.

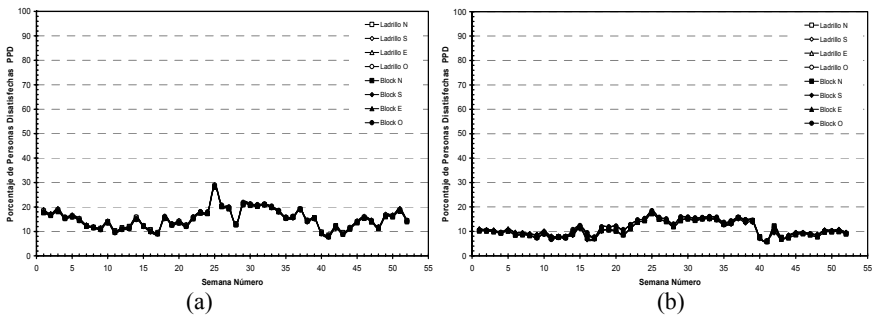


Fig. 6. Porcentaje de Personas No Satisfechas (PPD), Planta Alta, Acondicionamiento Ilimitado, (a) Losa Sólida sin Aislamiento, (b) Losa Aligerada y Muros Aislados.

### Costo de Operación

La Fig. 11 muestra la cantidad total de calor que es necesario suministrar y retirar anualmente de las viviendas para climatizarlas. La diferencia entre el caso menos favorable, (vivienda con losa sólida, ladrillo, sin aislamiento y orientada al Este), que requiere 17000 kW-h térmicos, y el caso más favorable (losa aligerada, bloque de concreto, todo aislado y orientada al Norte), que requiere 5500 kW-h, representa una reducción del 67.6% en las

cargas térmicas. El cálculo del costo involucrado requiere la asignación de precio por separado a las cargas de calefacción y refrigeración.

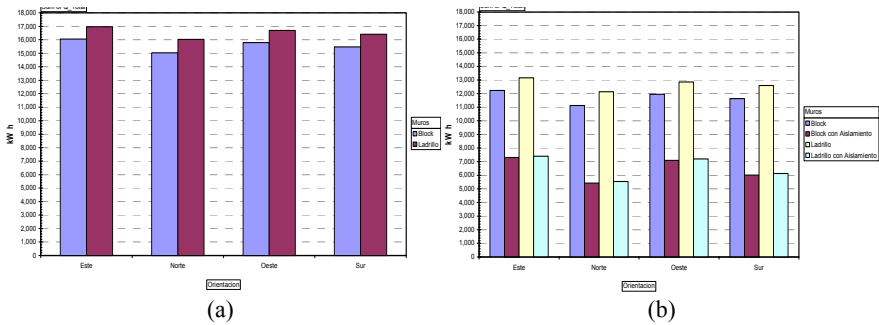


Fig. 11. Carga Térmica Total Anual, (a) Losa Sólida Sin Aislamiento, (b) Losa Aligerada y Aislada.

## CONCLUSIONES

Para lograr condiciones de confort aceptables en viviendas de interés social construidas en la región norte del semi-desierto Mexicano, que presenta condiciones climáticas severas, se requiere forzosamente recurrir a la climatización artificial. La adición de aislamiento térmico en la vivienda permite reducir las cargas térmicas en dos terceras partes, y aumenta aún más el nivel de confort.

La utilización masiva de aislamiento térmico, en combinación con el diseño arquitectónico bio-climático, merece ser explorada en mayor detalle para determinar hasta qué niveles de confort es posible llegar sin climatizar artificialmente la vivienda.

## REFERENCIAS

ASHRAE Standard 55-1992. (1992) *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Atlanta, GA USA

ASHRAE (2001) *Fundamentals Handbook, Cap. 8 Thermal Comfort*. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Atlanta, GA USA

Martín Domínguez I.R. (2004). *Desarrollo de un simulador para la optimización termo-económica de viviendas de interés social*. Reporte Final del Proyecto CONACyT - SIVILLA 2000-0404002. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Chihuahua, Chih. México