



ANÁLISIS DE HABITABILIDAD EN UNA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE DE TIERRA EN UN CLIMA SUBTROPICAL HÚMEDO

José Adán Espuna Mújica, Rubén Salvador Roux Gutiérrez, Víctor Manuel García Izaguirre, Eduardo Arvizu Sánchez

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
Campus Tampico, Madero, Tampico, Tamaulipas, México.

C. P. 89000 Tel: (+52833)2272828 jespuna@uat.edu.mx; rroux@uat.edu.mx; vgarcia@uat.edu.mx

Palabras clave: habitabilidad, comportamiento térmico, sustentabilidad

RESUMEN

El desarrollo de las viviendas desde una óptica económica o comercial ha sido causal, en la mayoría de las ocasiones, que las viviendas hubiesen reducido sus dimensiones, afectando no solamente la comodidad de los habitantes, donde las medidas mínimas utilizadas no permiten realizar algunas actividades de manera adecuada. Sin embargo, las condicionantes físicas del entorno natural, que siempre han influido en la sensación de bienestar y de nuestra capacidad para el trabajo físico y mental se han soslayado. Así como también en la capacidad de disfrutar, descansar y dormir. Las combinaciones de condiciones climáticas producen sensaciones de lasitud y depresión, que afectan no solamente a los individuos que habitan estos minúsculos cuartos.

El presente trabajo presenta los avances de la segunda etapa de la vivienda en donde se han utilizado los "Bloques de Tierra Comprimidos" (BTC), misma que se actualmente se encuentra en evaluación de la vivienda y su adecuación a un contexto de suyo caluroso en verano, con alta humedad relativa, con la intención de determinar de manera objetiva la influencia de los factores climáticos en los espacios diseñados de la misma, proponiéndose sistemas de medición higrotérmicos, así como su continua codificación. Los datos que se obtengan serán fundamentales para deducir si el prototipo de vivienda sustentable de tierra es adecuada, desde el punto de vista de habitabilidad que una convencional, en donde los datos que de ambas se recolecten permitirán concluir sobre las condiciones de bienestar al habitador de cada una de éstas.

1. INTRODUCCIÓN:

Se ha comentado siempre sobre la necesidad de vivienda en México para el 2030, se prevé que será de alrededor de 45 millones de hogares. Lo anterior, representa la necesidad de edificar a partir del 2001 un promedio de 766 mil viviendas anuales, según datos de la Comisión Nacional del Fondo de Vivienda (CONAFOVI, 2001) La construcción de vivienda ejerce un efecto multiplicador sobre la economía, "...a pesar de los esfuerzos realizados en 2004 por hacer las viviendas más accesibles, todavía existe un sector significativo que permanece desatendido" (CIDOC, 2005:5), además de ser un importante generador de empleos, al demandar una gran cantidad de bienes y servicios nacionales y ser un elemento articulador del crecimiento ordenado de las ciudades.

Estos factores, aunados a la incorporación de aspectos antropométricos, socioculturales, psicológicos, por mencionar algunos que influyen directamente en la arquitectura. Evans y de Schiller (1994), han sugerido que la fatiga climática es una de las causas principales del lento progreso de desarrollo tecnológico y económico de algunas de las regiones del trópico. Por el contrario, se puede relacionar el rápido crecimiento de ciertas naciones del lejano oriente con las mejoras de las condiciones en las viviendas y los lugares de trabajos como resultado de los progresos en el diseño de los edificios y la introducción de sistemas de acondicionamiento. El diseño bioambiental optimiza las condiciones de habitabilidad en las viviendas y su relación con los aspectos medioambientales en los espacios exteriores. El incremento de la población que se ha registrado en los últimos 30 años, ha originado la construcción de una gran cantidad de espacios habitacionales, en los cuales las condiciones

climáticas y biológicas han sido soslayadas, consecuentemente, se ha presentado la inadecuación de la arquitectura al medio físico.

Es conocido en el campo de la arquitectura que un ambiente sensiblemente cálido resulta incómodo para los habitantes de los espacios diseñados. Si a las condicionantes térmicas se le incrementa una elevada humedad relativa, se acentúa la incomodidad, ya sea en temperaturas elevadas, con la consecuente transpiración, como en clima frío, en donde se pueden presentar problemas de salud.

El buscar un concepto de arquitectura bioclimática se ha vuelto cada vez más complejo, por ser una preocupación retomada recientemente, la arquitectura de suyo es bioclimática, sin embargo, se ha ido olvidando que ésta debe estar en diálogo con su entorno natural, "... No existe una "arquitectura bioclimática", sino la arquitectura, simple y llanamente" (López de Asiaín, 1997: 19). Como consecuencia, se hace cada evidente que la estandarización de modelos de viviendas en diferentes puntos de la geografía del país es inadecuado y sobre todo, no es recomendable si se buscara una vivienda de calidad.

Las mediciones que se hagan a modelos espaciales tridimensionales, aportará una serie de datos que coadyuven a solventar los problemas de habitabilidad y comodidad a o los individuos que realicen sus actividades, buscándose las condicionantes que permitan adecuar las condiciones térmicas, de humedad y ventilación mediante la utilización de un sistema constructivo tradicional y ancestral, el adobe, en este caso, aplicando el BSC (Bloque de Suelo Cemento), estabilizado con 6% de cemento Portland Tipo I, como material de edificación en un lugar en buena medida adverso a las condiciones adecuadas de comodidad, específicamente un clima tropical subhúmedo como es el que incide en la zona sur de Tamaulipas. Con la presente investigación, se pretende contrastar los sistemas convencionales a la arquitectura de tierra y encontrar los parámetros que coadyuven a reducir las molestias provocadas por los agentes climáticos, así como determinar ciertos aspectos de diseño que atenúen el insumo de recursos energéticos, mediante la adecuación del proyecto al entorno físico, con la consecuente mejora de los espacios habitables.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La insuficiencia de modelos alternativos de vivienda de interés social, que coadyuven a reducir los consumos de energía, la producción de desechos y polución, así como evitar impactos negativos a la atmósfera son las premisas claves para la construcción sustentable, desarrollados en este caso mediante un modelo de vivienda que trata de ser adecuada a su entorno natural. Se pretende desarrollar modelos de viviendas alternativas, realizadas con tierra, que proporcionen una serie de datos a evaluar, basados en:

- La necesidad de reducir demanda pico de energía y temperaturas máximas en viviendas de alto consumo energético, debido al uso indiscriminado del aire acondicionado y refrigeración.
- La identificación de variables de diseño, materiales y procedimientos constructivos y su impacto en el medio ambiente regional.
- Preparación de datos de diseño: intensidad máxima de radiación solar, con base a mediciones, determinar las temperaturas de confort y la influencia del clima en el hábitat edificado.
- Desarrollo de herramientas de diseño para arquitectos durante el proceso de diseño.

Tratar de vincular los diferentes parámetros que impactan a la arquitectura habitacional, a partir del modelo de arquitectura de tierra y pensar en su adecuación al contexto tropical es al parecer adecuado e importante cuando se trata de desarrollar una arquitectura sustentable y acorde a su entorno. Cuando se pretende desarrollar modelos alternativos económicos y sustentables, la intención es desarrollar modelos o prototipos de vivienda de tierra adecuados al clima tropical subhúmedo originándose a partir del auge que han tomado las viviendas populares edificadas por promotores de vivienda particulares, en donde se ha

construido la mayor cantidad de vivienda con el mínimo de recursos económicos, respondiéndose al déficit cuantitativo de la vivienda, empero, se ha soslayado el aspecto de calidad, no tanto de los materiales utilizados así como de los procedimientos constructivos, sino más bien en lo referente a la comodidad o confort ambiental, donde el comportamiento climático al interior de los espacios.

Entendiéndose que se debe establecer un diálogo entre arquitectura y entorno, la denominada arquitectura bioclimática y sustentable, analiza las características del medio ambiente, buscándose con el aprovechamiento de las características de materiales de construcción de la vivienda, desarrollar espacios interiores con los elementos que mejoren el confort de sus habitantes. Sin embargo, los parámetros de sensación térmica son bastante subjetivos, a decir de Evans y De Schiller (1994), pero los que se consideran relacionados con el medio y que impactan las áreas habitables son: temperatura; humedad relativa; la radiación solar o soleamiento y el viento. A estos factores climáticos también es conveniente incluir las actividades físicas a realizar por el usuario, así como su metabolismo y, de ser posible, la adecuación corporal a las temperaturas.

Se puede decir que en esta etapa se centró el estudio en las condicionantes del medio natural y si el prototipo ofrece soluciones de diseño adecuadas, considerando el hábitat edificado como algo implícito o muy ligado a los factores climáticos de su entorno, además de su variabilidad en el tiempo y las estaciones del año que se presenten. Es lógico percibir que una de las premisas de diseño se dirigió a proteger el interior de los agentes climáticos, con la intención de protegerlo o creando defensas solares, mediante aislamientos térmicos, preponderando las técnicas y material de construcción de la misma, en este caso, bloques de tierra comprimida. La región subtropical húmeda es el punto de referencia para el análisis de la vivienda, desde la óptica del medio físico, así como del sitio en donde el prototipo se edificó y lugar donde los usuarios realizarán sus actividades.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DEL PROTOTIPO

Ubicado en la ciudad de Tampico, México, con un clima subtropical húmedo, el prototipo se desarrolló con una superficie de 78.43 m² con BTC (Roux, Espuna, García y Aranda, 2007) dentro del Campus Tampico-Madero de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. La vivienda tiene muros de carga de 28 cm de espesor y divisorios o de cerramiento de 14 cm, aplanados en ambas caras con mortero de cal-arena con mucílago de nopal. Está diseñado en dos plantas, en la planta baja se localiza el acceso, la sala-comedor, la cocina, las escaleras y un cuarto de baterías en la parte exterior, en la planta alta se localizan dos recámaras y el baño. En el espacio de la sala presenta una doble altura, misma que permite a una de las recámaras estar en contacto visual con esta área, esto fue con la intención de mejorar la ventilación entre las áreas. La losa de entepiso y el techo son de polines de 2" por 4" o tirantería de madera, recubierto de triplay marino, con aislamiento de cartón asfaltado con acabado de granillo plástico en color rojo. Se escogió este color, el rojo, por ser uno de los colores disponibles habitualmente en el mercado de materiales de construcción en la región, privilegiándose por ser de menor absorción calórica que si se hubiese colocado el mismo materia, pero en tonalidad negra, siendo ésta la otra opción de color. Los pisos son de losetas cerámicas adheridas con pegamento en el entepiso y en planta baja colocadas con mortero sobre un firme de concreto simple (figuras 1 y 2) (García, Roux, Espuna y Arvizu, 2007).

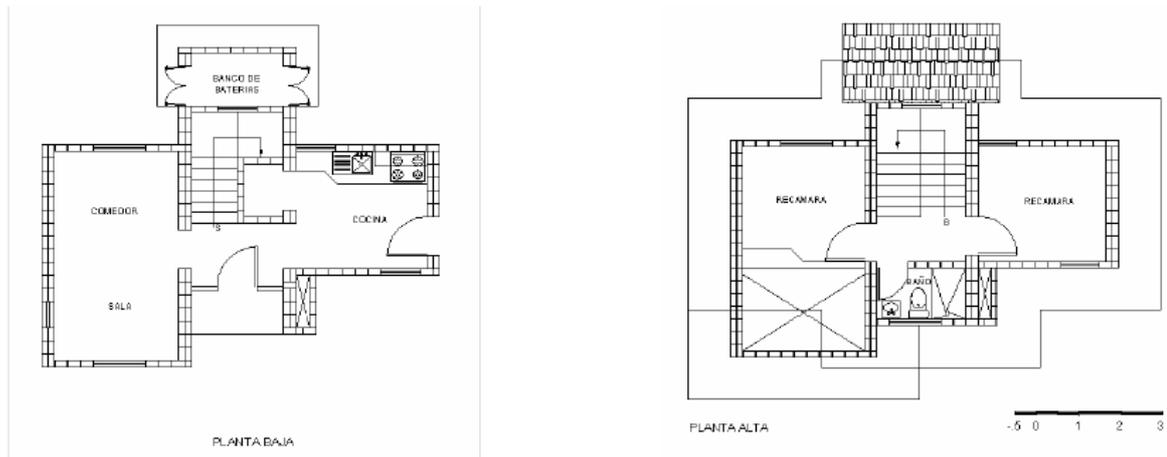


Figura 1 – Plantas del modelo de edificación sustentable con tierra



Figura 2 – Detalle en corte del modelo y fotografía actual del mismo.

4. OBJETIVOS

General

Analizar y evaluar los espacios habitables, del prototipo de vivienda sustentable de tierra, ubicada en un entorno climático subtropical húmedo, mediante los datos obtenidos durante el periodo comprendido de julio del 2007 a enero de 2008, en sus diversos habitáculos en lo que corresponde a temperatura, interior y exterior; humedad relativa y la intensidad de los vientos que afecten de manera directa a la casa, contrastándola con un modelo simulado de vivienda convencional de similares características, que permitan evaluar las condiciones de este diseño arquitectónico con sistemas constructivos adecuados económicamente y de bajo impacto al medio ambiente.

Particulares

- Desarrollar las condiciones de habitabilidad teórica y determinarlos en el prototipo de vivienda de BTC en la ciudad y puerto de Tampico, Tamaulipas,
- Evaluar las condiciones de confort del prototipo de vivienda sustentable de tierra, edificado en la zona sur de Tamaulipas.
- Evaluar el comportamiento físico del prototipo y la vivienda, además de las potencialidades del BTC en un clima tropical subhúmedo.
- Establecer y determinar las relaciones posibles entre los factores biofísicos y los factores de construcción.

Esto es con la intención de replantear teórica y prácticamente nuevos derroteros en lo referente a la construcción de arquitectura habitacional popular, rediseñando los elementos

y materiales, con soluciones medioambientales, con una propuesta alternativa en sus procedimientos constructivos, respetuoso de las necesidades de sus habitantes, utilizando productos que no produzcan emanaciones tóxicas buscando se adecue al contexto físico

5. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a García Chávez y Fuentes (2006), el mundo alcanzó una población de casi 7 mil millones de habitantes, que requirió aproximadamente 9,300 millones de toneladas de combustibles fósiles. En contraparte, las energías renovables y sistemas alternativos de construcción han crecido de manera significativa, sin que todavía impacten o influyan en los sistemas constructivos. El potencial de las viviendas alternativas, con procedimientos de construcción sustentable es enorme, sobre todo cuando existe la virtual ayuda a resolver los daños que se han causado al entorno.

La propuesta para la presente investigación sobre analizar la sustentabilidad en la arquitectura de tierra en una zona tropical y compararla con una vivienda convencional, que se refiere al sistema constructivo más utilizado en la zona, se debe a que ambas edificaciones, en comparación, sin tomar en solo los consumos energéticos o que la primera sea evidentemente “ecológica” en un análisis *a priori*, sino más bien porque en realidad ambos ejemplos habitacionales simplemente sean construidos, sobre todo el tipo convencional que seguirá continuará promoviéndose y edificando en el presente siglo, a menos que se desarrolle o invente una alternativa de solución económica, o hasta que existan cambios radicales en la planeación urbana, además de la consecuente inmigración del medio rural a la ciudad. La pregunta es ¿cómo el diseñador arquitectónico pueda desarrollar estos tipos masivos de viviendas además de responder de manera ecológica?

Para el caso del estudio la unidad de análisis corresponde a la denominada como “Modelo de edificación sustentable de Tierra”, ubicado en Tampico, Tamaulipas, en los terrenos de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cuando hablamos de este modelo se hace referencia a una vivienda de adobe, a las formas de construcción utilizadas, producto de una evolución de una técnica milenaria, que responde a un sistema constructivo sustentable, con propuestas particulares que se adecuan a su medio ambiente.

Los habitantes de la zona sur de Tamaulipas consideran los materiales utilizados como el adobe y la madera como materiales inadecuados para la zona, o bien, están estereotipados con viviendas marginales, sin embargo no existen estudios en la zona que comprueben si efectivamente se debe a estas características o son otras variables o aspectos específicos de estas viviendas los que aportan una adecuación al medio ambiente. La otra posibilidad es que la vivienda de adobe tenga mejor comportamiento o, al menos, un comportamiento similar a otra vivienda construida con materiales industrializados como el tabique o bloc de concreto y losas de concreto armado.

6. METODOLOGÍA

Se realizaron mediciones con registradores automáticos de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO U-12, de verano a invierno: entre julio 2007 y enero 2008. Dichas mediciones fueron comparadas con simulaciones numéricas realizadas por Patrone y Evans (2005), mediante la aplicación del programa “Quick” en Buenos Aires, Argentina a fin de evaluar su comportamiento térmico. Los registros exteriores de Tampico fueron obtenidos con datos del Programa Meteorológico “Underground Weather” coincidentes con los días en que se tomaron los registros en la vivienda. El programa Quick fue desarrollado en Sudáfrica para situaciones con acondicionamiento natural con climas similares a la Provincia de Buenos Aires. Los resultados de la comparación entre mediciones y simulaciones indican una variación máxima de 0,7°C en Tampico, según muestra la figura 3.

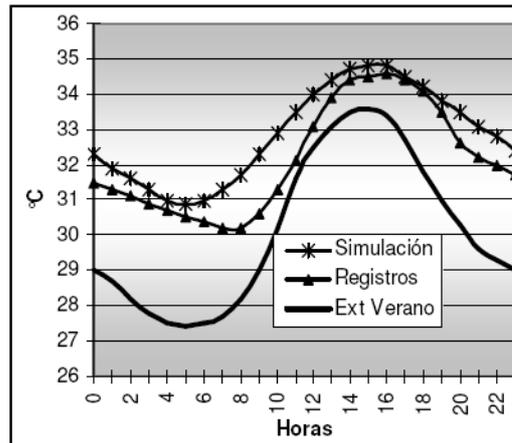


Figura 3 – Comparación entre temperaturas exteriores, interiores registradas con HOBO y temperaturas interiores obtenidas con el programa de simulación numérica. Realizado por Patrone y Evans (2005)

7. DESARROLLO

El objetivo de las mediciones es analizar las características térmicas y evaluar el comportamiento térmico de esta construcción y cuantificar las posibles ventajas de un elemento constructivo de gran densidad y capacidad térmica. Los muros de tierra BTC (bloques de tierra compactada) tienen una densidad estimada de 1900 kg/m^3 , una conductividad de $0,9 \text{ W/mK}$. De acuerdo a las mediciones realizadas y comentarios de Patrone, en un estudio de sus características térmicas (Evans, 2004) y las indicaciones de la Norma IRAM 11.601 (1996), la transmitancia térmica estimada de estas construcciones es $1.90 \text{ Watts/m}^2\text{K}$.

La vivienda se encuentra normalmente con poca gente en ella, se abre de las 9:00 a las 14:00 horas, de lunes a viernes, misma que se encuentra utilizándose como centro de trabajo del Cuerpo Académico de la FADU e investigadores de la misma. Los registradores de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO U-12, fueron colocados en las ubicaciones indicadas en la tabla 1.

Tabla 1 – Ubicación de los registradores de temperatura

REFERENCIA	UBICACIÓN	COMENTARIOS
1	Sala comedor	En el centro de la pared oriente, a una altura de 1.75 m
2	Cocina	En el centro de la pared poniente, a una altura de 1.75 m
3	Recámara principal	En el centro de la pared oriente, a una altura de 1.75 m
4	Cubo de escalera	En el centro de la pared del baño, a una altura de 1.75 m
5	Recámara 2	En el centro de la pared poniente, a una altura de 1.75 m

8. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el proyecto de investigación realizado sobre la vivienda, la metodología propuesta abarcó la investigación directa a base de la prospección y análisis del hecho arquitectónico, así como de la investigación documental, dentro de la cual se recurrió a las fuentes históricas, acervos de archivos, monográficos, estadísticos y censos, entre los que conviene destacar en su primera etapa:

- Medición y análisis de datos climáticos, con énfasis especial en la intensidad de la radiación solar, obtenida con mediciones sistemáticas y automáticas cada 15 minutos durante un año.
- Simulación del comportamiento térmico de espacios para oficinas a fin de obtener temperaturas interiores pico y máxima demanda de energía en épocas de calor.

- Presentación de resultados: método gráfico de evaluación de alternativas, análisis de conclusiones

A partir del mes de mayo se empezaron a hacer una serie de mediciones y recolección de datos a manera de ensayo, con la intención de establecer una metodología de trabajo, basándonos en la propuesta de González Sandino y López de Asiaín (1994) que permitiese en términos generales:

- La toma de datos y recolección de información, tanto del entorno como del interior de los espacios habitables.
- Valoración de los resultados, mediante la interrelación de los datos obtenidos.
- Interpretaciones parciales y globales del análisis, con la ulterior conclusión.

El análisis bioclimático que se realizarán, así como su vinculación o incidencia en los modelos de vivienda que se evaluarán estarán referidos a aspectos climáticos, como lo es la temperatura, humedad relativa, soleamiento, dirección y velocidad de los vientos. Para la toma y recolección de la información de los factores climáticos deberá haber una continua interrelación en los datos parciales obtenidos, con la intención de obtener conclusiones manejables en lo que respecta a los valores de bienestar o habitabilidad, tanto en el prototipo como en la vivienda convencional, mismos que estarán vinculados a determinar una zona teóricamente adecuada a las condiciones de un clima subtropical húmedo.

Mediciones en verano

Los registros en Tampico fueron tomados del 26 al 31 de julio de 2007, con mediciones de temperatura cada 15 minutos, los promedios horarios de 6 días se indican en la figura 4, las temperatura en la sala y la cocina, localizadas en planta baja, tienen una variación de 1°C mientras en el exterior el salto térmico es de 6,3°C, observándose una amortiguación de variación de temperatura en las recámaras. La carencia de aislamiento térmico en el techo, incrementó el salto térmico a 3,5°C y la temperatura máxima, 1°C superior a la del exterior, muestra que el comportamiento térmico del edificio en planta baja por el efecto de estratificación, no es alcanzada por el sobrecalentamiento producido en planta alta sin aislación, reforzando el concepto de amortiguación térmica en construcciones realizadas con materiales de gran densidad e inercia térmica.

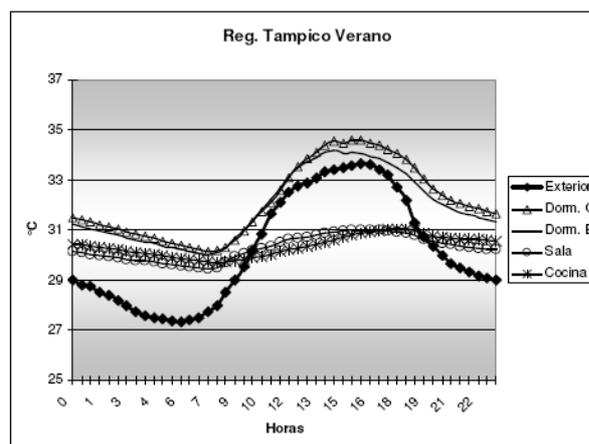


Figura 4 – Temperaturas promedio registrados durante los seis días de medición en verano

Mediciones en invierno

En el modelo de vivienda, las mediciones fueron tomadas entre el 26 y las 31 de diciembre de 2007, con registros de temperatura a cada 15 minutos, con 96 tomas cada 24 horas. Igual que en verano, se graficó con promedios horarios de 6 días (figura 5), se observa que las temperaturas de la sala y la cocina tienen una amplitud térmica de 1,5°C y 2,5°C mientras en el exterior la amplitud térmica es de 6,5°C y en los dormitorios la diferencia es de 4,7°C y 4,8°C respectivamente y con 1,5°C por encima de la máxima exterior, se repite

un comportamiento similar al verano donde se nota la amortiguación térmica de los muros de BTC y la distorsión producida por el techo sin aislación.

La influencia de la radiación solar se corroboran en los adelantos del pico máximo de temperatura de una hora en los ambientes con orientación Este y el retaso también de una hora en los cuartos orientados al Oeste, inclusive es perceptible que el efecto de estratificación en el dormitorio Este, que está sobre la sala provocando una doble altura, aumenta la temperatura $0,4^{\circ}\text{C}$ respecto del otro dormitorio que además no presenta retaso térmico. La temperatura pico interior fue $16,3^{\circ}\text{C}$ muy similar a la temperatura pico del aire exterior. La temperatura mínima a la noche fue $13,5^{\circ}\text{C}$ y $13,7^{\circ}\text{C}$ en el dormitorio y la cocina respectivamente, comparada con una temperatura mínima exterior de $9,5^{\circ}\text{C}$, demostrando nuevamente el efecto favorable de la amortiguación y la capacidad de almacenar calor de la radiación solar durante el día.

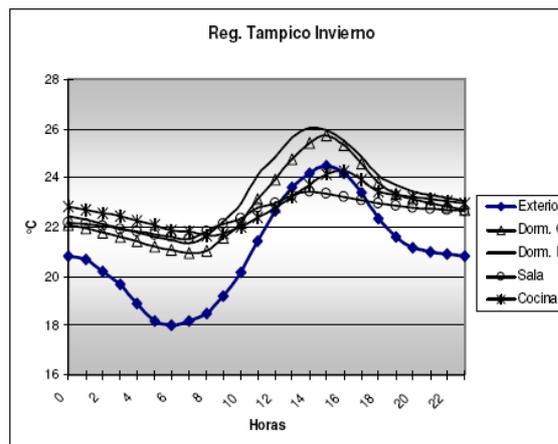


Figura 5 – Temperaturas promedio registrados durante los seis días de medición en invierno

Simulaciones

Se adopta la técnica de simulaciones calibradas para comparar el comportamiento térmico de las viviendas con alternativas constructivas convencionales y estrategias bioclimáticas. Las mismas se realizaron en base a la comparación de los resultados de una simulación numérica de los prototipos con los valores de temperatura registrada con los HOBO's (figura 6). Los registros exteriores de Tampico fueron obtenidos del sitio de Internet 'Weather Underground' coincidentes con los días en que se tomaron los registros en la vivienda.

Los datos de radiación fueron obtenidos de la estación de medición de radiación montada en el techo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires. Los datos de ventilación fueron estimados, considerando un deficiente grado de estanqueidad de las viviendas al momento de realizar las mediciones, habiéndose utilizado el programa Quick. Se con simulaciones de materiales constructivos convencionales, en lo particular, Patrone y Evans (2005) realizó una comparación en la vivienda de Tampico solo con bloques de hormigón (tabla 2) por ser los convencionales o mayoritariamente utilizados en la construcción de viviendas de interés social, priorizándose simulaciones de estrategias bioclimáticas.

Las simulaciones sobre la vivienda de Tampico priorizan las alternativas bioambientales. La figura 7 indica los resultados de las simulaciones de dos variantes constructivas en invierno y verano incluida una variante con ventilación cruzada. Si bien no alcanza la zona de confort en verano, la ventilación cruzada en horarios nocturnos reduce la temperaturas interior en $1,6^{\circ}\text{C}$, no se aprecia gran diferencia entre los distintos materiales pero igualmente la curva de la construcción con BTC registra $0,4^{\circ}\text{C}$ inferior al de bloques de concreto.

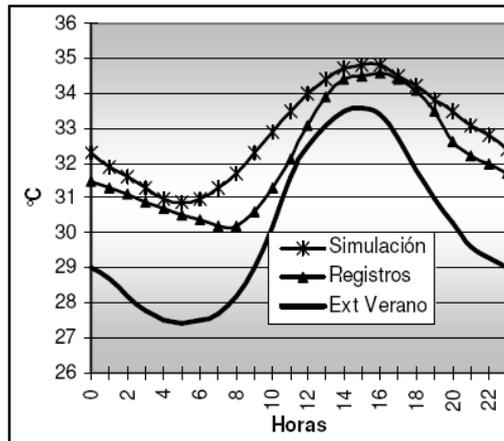


Figura 6 – Comparación entre temperaturas exteriores, interiores registradas con HOBO y temperaturas

Tabla 2 – Las alternativas convencionales adoptadas para estas comparaciones (Patrone y Evans, 2005)

Construcción	Espesor mm	Capas constructivas	K W/m ² K
Tapial	200	Tierra estabilizada compactada.	1,9 (No cumple)
Bloque	200	Bloque cerámico hueco de 180 mm con 4 cámaras y revoque ambos lados.	1,6 (Cumple)
Ladrillo	300	Ladrillo macizo de 270 mm y revoque ambos lados.	1,8 (Cumple)
Liviana	200	Placa cementicia exterior, cámara de aire, lana de vidrio de 25 mm, barrera de vapor y placa de yeso interior.	0,8 (Cumple)
BTC	310 - 170	Bloque de tierra compactada de 280 mm y revoque a ambos lados	1,9 (No cumple)
Bloque H°	310 - 170	Bloque de hormigón de 280 mm y revoque a ambos lados	

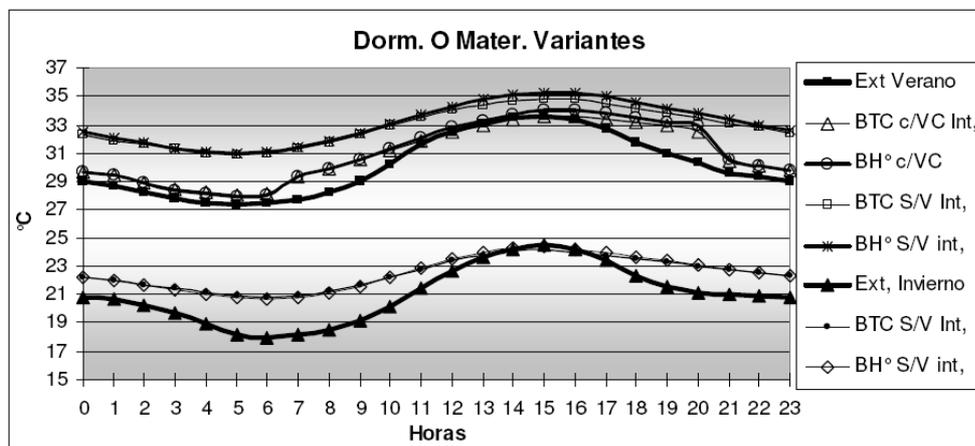
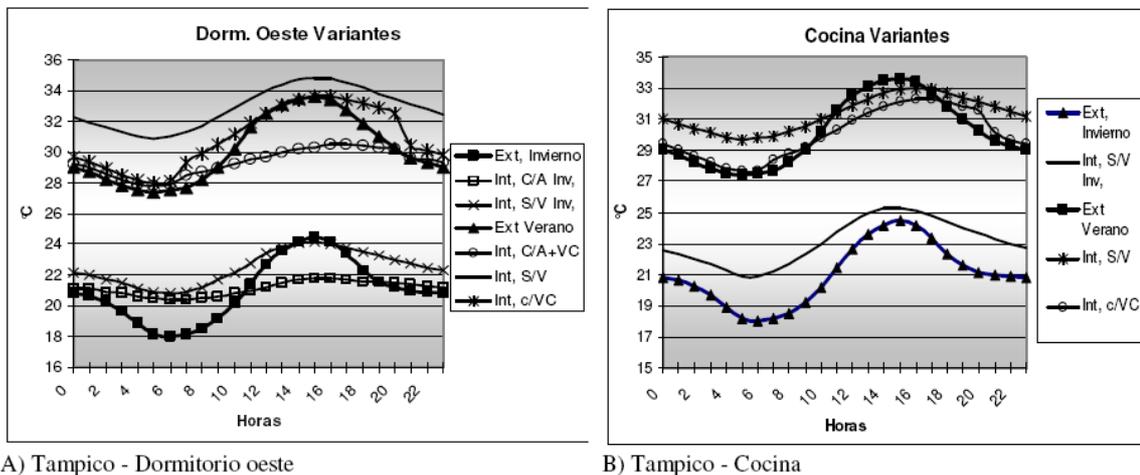


Figura 7 – Comparativa de variantes de construcción entre los BTC y bloques de concreto en invierno y verano con y sin ventilación.

En la figura 8 se presentan las simulaciones del dormitorio oeste y la cocina en invierno y distintas variantes: invierno con y sin aislación térmica, sin verano en la ventilación cruzada y verano con aislación, sin aislación y con aislación y ventilación cruzada. Patrone y Evans (2005) realizó con una propuesta de una cámara de aire de 50 mm de espesor, 50 mm de fibra de vidrio, barrera de vapor asfáltica y terciado fenolito de 5 mm de espesor, bajo la cubierta, aprovechando los espacios entre las vigas de madera del techo.

En invierno, si bien el exterior se encuentra dentro de la zona de confort, el salto térmico en el interior con aislación térmica en el techo, se reduce de 6,5°C a 1,4°C, lo que indica un buen comportamiento térmico de los muros construidos con BTC. En el gráfico de la figura 8 B se observa que, en verano, el salto térmico en la curva de la variante sin ventilación se

reduce de $6,2^{\circ}\text{C}$ en el exterior a $3,2^{\circ}\text{C}$ en el interior y con la variante de ventilación cruzada el salto térmico solo se reduce en $1,6^{\circ}\text{C}$ y la máxima se reduce de $33,6^{\circ}\text{C}$ a $32,3^{\circ}\text{C}$ con un retraso térmico de una hora. En invierno la curva de temperaturas interiores reduce su salto térmico de $6,5^{\circ}\text{C}$ a $4,4^{\circ}\text{C}$.



A) Tampico - Dormitorio oeste

B) Tampico - Cocina

Figura 8 – Comparativo entre variantes bioclimáticas en la cocina y dormitorio Oeste

9. CONCLUSIONES

En los resultados de las mediciones se manifiestan las condiciones de confort ofrecido por la construcción de tierra estabilizada con 6% de cemento Portland y compactada en Tampico durante los periodos de medición en verano e invierno. Las simulaciones de alternativas demuestran que las condiciones de confort en verano son mejores en el edificio de BTC que en edificios de bloques de concreto.

En síntesis, las simulaciones indican un buen comportamiento de la construcción con muros de BTC, en la figura 8 se aprecia que en el dormitorio donde la curva de temperatura sufre una gran distorsión por efecto de la carencia de aislamiento en el techo, pero se reduce la máxima en $1,2^{\circ}\text{C}$ s ventilación cruzada nocturna y en $4,3^{\circ}\text{C}$ con aislamiento en el techo y ventilación cruzada nocturna, el salto térmico se reduce respecto de la curva de temperaturas exteriores de $6,2^{\circ}\text{C}$ a $2,7^{\circ}\text{C}$, registrando una máxima de $30,5^{\circ}\text{C}$, que supera apenas el nivel de confort con ventilación cruzada en verano, pero teniendo en cuenta que la simulación está tomando un promedio de las temperaturas en la habitación y no la sensación de refrescamiento que se produce mediante la brisa en la piel humana, de esta manera, se encontraría dentro de los niveles de confort.

Los resultados de las simulaciones en la vivienda de Tampico indican que las construcciones con BTC tendrán mejores condiciones de confort si contasen con aislamientos mínimos, que se hacen indispensables para alcanzar los niveles de confort en verano.

Se puede constatar lo señalado antes sobre el comportamiento de estos materiales en zonas tropicales subhúmedas. Además, al recurrir a estrategias bioclimáticas permite aprovechar mejor las potencialidades del material para acrecentar los niveles de confort. Si bien la tecnología de construcción en tierra tiene una larga historia, todavía tiene el potencial de ofrecer soluciones a los problemas habitacionales actuales. El uso de la simulación numérica y la medición de su comportamiento térmico con instrumental moderno pueden demostrar y verificar sus aptitudes bioambientales.

BIBLIOGRAFÍA

CONAFOVI (2001). "Necesidad de vivienda". México: SEDESOL

CIDOC-Sociedad Hipotecaria Nacional, (2005). *Current Housing in Mexico*; Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda y Joint Center for Housing Studies of Harvard University.

EVANS, J. M.; de SCHILLER, Silvia (1994). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Buenos Aires: Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil, FADU, Universidad de Buenos Aires.

EVANS, J. M., (2004). *Construcción en tierra, aporte a la habitabilidad*. In: 1 Seminario Taller Construcción en Tierra. Buenos Aires: FADU UBA. p. 12-17

GARCÍA Chávez; FUENTES, (2006). *Viento y Arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico*. México: Ed. Trillas.

GARCÍA Izaguirre, ROUX Gutiérrez, ESPUNA Mújica y ARVIZU Sánchez, (2007). *Diseño modular una alternativa sustentable*. In: Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable: SICOT/SIIDS. Tampico: FADU UAT. p. 30-34

GONZÁLEZ Sandino; LÓPEZ DE ASIAÍN, (1994). *Análisis Bioclimático de la Arquitectura*. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla.

IRAM, Norma IRAM 11.601, (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios: métodos de cálculo*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

LÓPEZ DE ASIAÍN, (1997). *Arquitectura y clima en Andalucía*; Junta de Andalucía. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transportes.

PATRONE, J. C.; EVANS, J. M. (2005). *Evaluación térmica de una vivienda de suelo cemento comparada con simulaciones digitales*. In: V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Mendoza: INCHIUSA –CRYCYT. CD-ROM

ROUX Gutiérrez, ESPUNA Mújica, GARCÍA Izaguirre y ARANDA Jiménez (2007) *La construcción con tierra en Zonas Húmedas caso Tampico*. In: Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable: SICOT/SIIDS. Tampico: FADU UAT. p. 127-133.

RECONOCIMIENTO

Especial agradecimiento al Arq. Juan Carlos Patrone, por el apoyo brindado a esta investigación, el desarrollo de las simulaciones y gráficas de temperatura.

AUTORES

José Adán Espuna Mujica, Doctor en Arquitectura por la Universidad de Sevilla, España. Catedrático investigador y miembro del Cuerpo Académico de Edificación y Diseño Sustentable (CADyES) de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Rubén Salvador Roux Gutiérrez, Doctor en Arquitectura por la Universidad de Sevilla, España. Catedrático investigador, jefe de investigación y miembro del CADyES de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y del Sistema Nacional de Investigadores.

Víctor Manuel García Izaguirre, Doctor en Educación por la Universidad de Sevilla, España. Catedrático Investigador, jefe de la División de Estudios de Posgrado, miembro del CADyES de la FADU de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Eduardo Arvizu Sánchez: Arquitecto y Maestro en Valuación, catedrático de tiempo completo y colaborador del CADyES de la FADU de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.