



COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS CON MUROS DE SUELO CEMENTO COMPACTADO EN DOS CLIMAS

Juan Carlos Patrone¹, John Martín Evans²

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de Buenos Aires, Argentina

José Adán Espuna Mújica³, Rubén Salvador Roux Gutiérrez⁴, Víctor Manuel García Izaguirre⁵

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

Resumen:

Este trabajo, realizado conjuntamente en dos universidades latinoamericanas, analiza las características térmicas de dos viviendas experimentales de interés social construidas en contextos y geografías distintas. Una, construida en 2005 en el Municipio de Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina, con clima templado cálido costero con orientación NE, con muros de suelo cemento “tapial” de 20 cm de espesor, pisos de suelo cemento y techo con tirantería y entablado de madera, aislamiento térmico y chapa galvanizada. La otra, construida en 2006 en el Campus de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, México, con clima subtropical húmedo, en dos plantas, con orientación S, construida con muros de BTC de suelo cemento de 28 cm de espesor, con pisos y entrepisos de placas de madera sobre tirantería y techo similar mas aislación hidrófuga. El objetivo es proporcionar evidencia sobre el comportamiento térmico de edificios de suelo cemento a fin de evaluar estrategias de diseño bioambientales para mejorar el confort en viviendas de interés social con soluciones económicas y de baja complejidad tecnológica, comparar muros de suelo cemento con construcciones de materiales convencionales, estableciendo una metodología de simulaciones y evaluaciones térmicas para futuros monitoreos y auditorías. Se registraron mediciones de las condiciones térmicas en las viviendas, que fueron comparadas con simulaciones numéricas realizadas con el Programa Quick sobre la base de estos registros y las densidades de tierra compactada con suelo cemento, estudiadas en un trabajo previo. Los Resultados obtenidos en las mediciones y simulaciones de la vivienda de tapial y las simulaciones sobre la construcción de BTC complementadas con aislación térmica adecuada, dieron buenas condiciones de confort, con potencial para solucionar problemas habitacionales. Fundamenta la investigación la obtención de mediciones térmicas en prototipos de vivienda construidos con suelo cemento, para la realización de simulaciones con distintos materiales o comparaciones directas con construcciones tradicionales.

Palabras clave: Suelo cemento, simulación térmica, sustentabilidad, vivienda de interés social

Abstract

This research, carried out jointly in two Latinamerican universities, analyses the thermal characteristics of two experimental social housing units built in different contexts. One, built in 2005 by the Municipality of Florencio Varela, Greater Buenos Aires, Argentina, in temperate warm coastal climate, designed on one floor facing NE, with 20 cm soil cement walls, soil cement floors and wooden roof structure, with thermal insulation and galvanized roofing sheet. The other, built in 2006 in the Campus of the University of Tamaulipas, Tampico, Mexico, in subtropical humid climate with two stories facing south, with 28 cm soil cement compacted blocks in external walls, wooden floors and roof with wood boarding and waterproofing. The aim of the research is: 1. obtain evidence of thermal performance of soil cement buildings, evaluating bioclimatic strategies to improve comfort in social housing with low budget solutions and low technological complexity, 2. compare soil cement

¹Arq. Juan Carlos Patrone Investigador CIHE-FADU-UBA e-mail: arqpa@yahoo.es

²Dr. Prof. Arq. John Martin Evans Director CIHE-FADU-UBA e-mail: evansjmartin@gmail.com

³Dr. Prof. Arq. José Adán Espuna Mújica e-mail: tampaon@hotmail.com

⁴Dr. Prof. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez e-mail: rroux33@hotmail.com

⁵Dr. Prof. Arq. Víctor Manuel García Izaguirre e-mail: vgarcia@uat.edu.mx

walls with conventional materials construction, and 3. establish a simulation methodology and thermal assessment for future surveys and audits. Measurements of thermal conditions were recorded which were then compared with numerical simulations applying the program Quick, using the outdoor measurements and thermal characteristics based on density, obtained from a previous study. The results obtained from the measurements in the monolithic rammed earth structure and simulations with the compacted earth block construction, adding adequate thermal insulation, indicated good comfort conditions with potential to respond to the requirements of social housing. The research is based on thermal performance measurements of housing built with soil-cement, and simulations with different materials and direct comparisons with conventional construction.

Key words: Earth construction, thermal characteristics, measurements, simulations.

Introducción:

A partir de la construcción de un prototipo de vivienda de interés social situado en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires, Argentina, con clima templado cálido costero. Sobre esta vivienda, realizada por Patrone, se llevaron a cabo mediciones y evaluaciones térmicas orientadas a futuras certificaciones (Patrone, 2005), conjuntamente con el Centro de Investigación de Hábitat y Energía de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

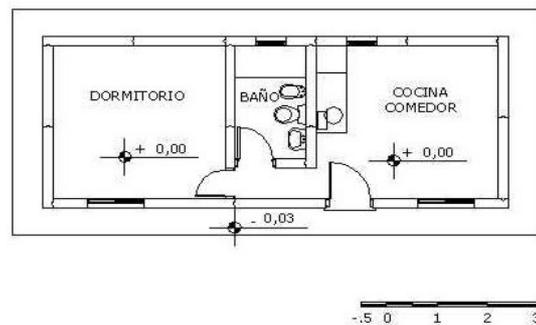


Figura 1. prototipo en Florencio Varela, Bs. As. Planta del prototipo, realizado por Patrone.

El prototipo, Figura 1, de 36 m² de superficie, con orientación NE, construido con muros portantes (tapial) de suelo cemento compactado (Merril, 1949) de 20 cm de espesor consta de un dormitorio, baño y cocina comedor, con pisos y contra-pisos de suelo cemento cal y una alternativa de aislamiento térmico no convencional en el techo del dormitorio, compuesta de una masa de pasto seco entre dos capas de barro de un espesor total de 7,50 cm, siendo la capa aislante del techo en el resto de la vivienda de poliestireno expandido de 4 cm de espesor. La conformación del techo es de tirantería de madera sobre la que apoya un entablonado de madera machihembrado, aislamiento hidrófugo, el aislamiento térmico descrito y chapa galvanizada. El mismo se materializó sobre un solar propiedad del Municipio de Florencio Varela con mano de obra provista por el Plan Trabajar y financiación del Municipio (Patrone y Cabezón, 2004).

En Tampico, México, con clima subtropical húmedo, se construyó una vivienda de 78.43m² en dos plantas, con BTC (Roux Gutiérrez, Espuna Mújica, García Izaguirre y Aranda Jiménez, 2007) dentro del Campus de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. La vivienda tiene muros portantes de 28 cm de espesor y cerramiento de 14 cm, revocados en ambas caras con mortero a la cal e impermeabilizante exterior. En planta baja se encuentra el acceso, sala, cocina, escalera y cuarto de baterías y, en planta alta, dos dormitorios y un baño. La losa de entrepiso y el techo son de tirantería de madera y entablonado con aislamiento hidrófugo el techo, los pisos son de baldosas cerámicas adheridas con pegamento en el entrepiso y en planta baja colocadas con mortero sobre contrapiso de concreto simple (García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mújica y Arvizu Sánchez, 2007), Figuras 2 y 3.

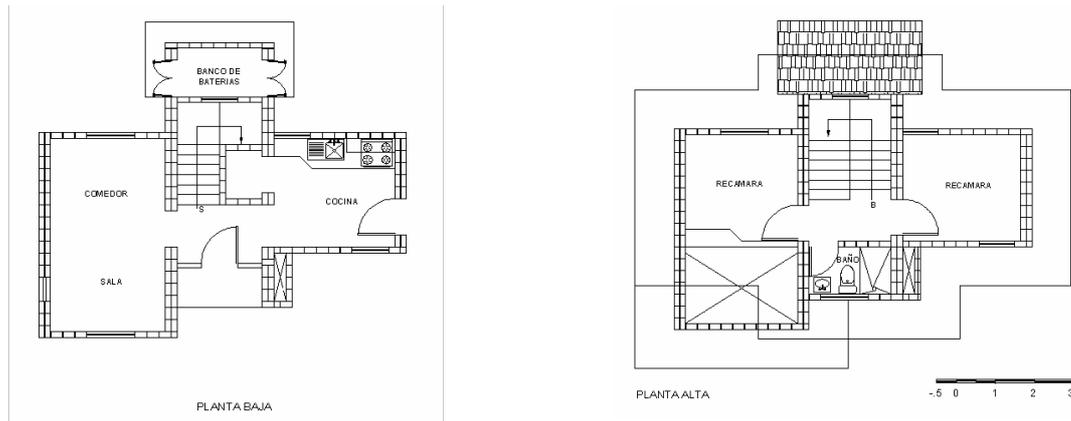


Figura 2. Vivienda de Tampico

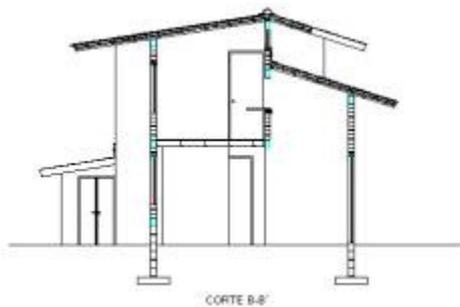


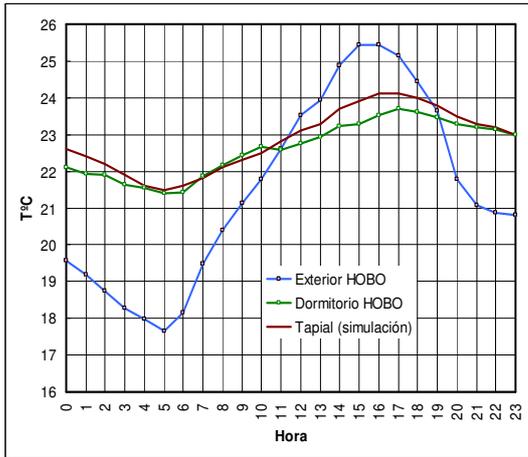
Figura 3. Vivienda en el Campus Universitario de la UAT, Tampico, México.

Metodología:

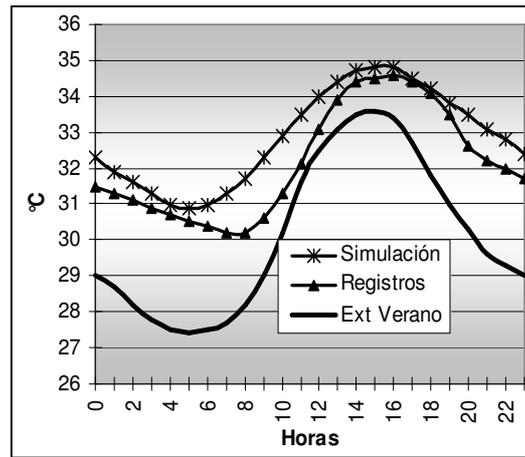
Se realizaron mediciones con registradores automáticos de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO, en verano e invierno: de diciembre 2005 a enero 2006 y de mayo a julio 2006 en Florencio Varela, y entre julio 2007 y enero 2008 en Tampico. Dichas mediciones fueron comparadas con simulaciones numéricas realizadas con el programa Quick, a fin de evaluar su comportamiento térmico. Los registros exteriores de Tampico fueron obtenidos del Programa Meteorológico “Underground Weather” coincidentes con los días en que se tomaron los registros en la vivienda. El programa Quick fue desarrollado en Sur África 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 $0,5^{\circ}\text{C}$ en Florencio Varela, precisión muy adecuada considerando los problemas de estimar la ventilación y la posible diferencia de radiación solar entre la estación de medición y el módulo de ensayo. En Tampico, la diferencia es un poco mayor, $0,7^{\circ}\text{C}$, precisión adecuada muy similar a la de Florencio Varela, según muestra la Figura 4.

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.



Florencio Varela, Buenos Aires.



Tampico, México.

Figura 4. Comparación entre temperaturas exteriores, interiores registradas con HOBO y temperaturas interiores obtenidas con un programa de simulación numérica.

Los muros de tierra estabilizada compactada o ‘tapial’ tienen una densidad estimada de 1900 kg/m³, una conductividad de 0,9 W/mK, similar a los BTC (bloques de tierra compactada) utilizados en los muros de la vivienda de Tampico, siendo en Florencio Varela de un espesor de 20 cm. y en Tampico los muros portantes tienen un espesor de 28 cm y los de cerramiento de 14 cm. Según 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 Watts/m²K, valor que no cumple con la Norma 11.605 (1996).

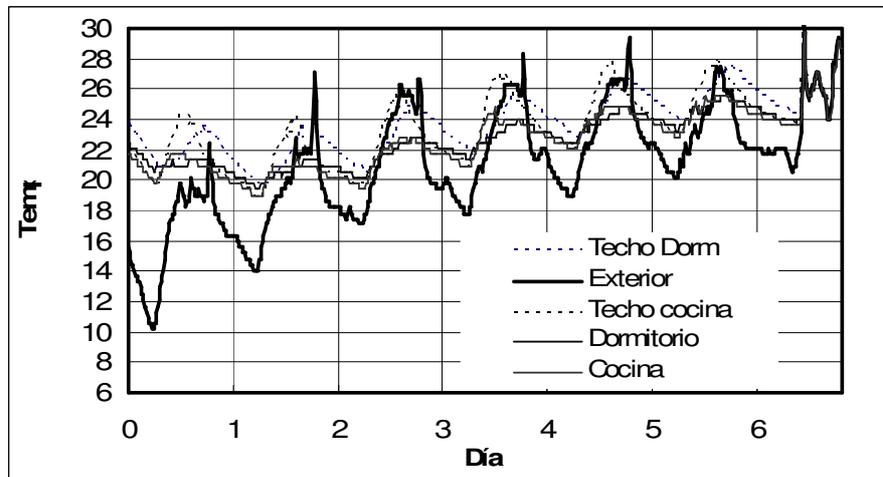


Figura 5: Indica las temperaturas, registradas cada 15 minutos durante un periodo de 6 días de verano en el módulo experimental de Florencio Varela, realizadas en una serie de días con temperatura ascendente y variaciones similares en cada día, con una diferencia de temperatura entre máximo y mínimo diario de 9°C y máximos que alcanzan 26,5°C.

Las viviendas se encuentran desocupadas, en Florencio Varela se abre durante la mañana de lunes a viernes, dejando la puerta abierta para el ingreso de luz para permitir la elaboración de prototipos de baldosas que se producen para otra investigación, en Tampico permanece cerrada. Los registradores de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO, fueron colocados en las ubicaciones indicadas en la Tabla 1.

Referencia	Ubicación	Comentarios
S	Exterior	Bajo un árbol para evitar el impacto de sol directo
D	Techo dormitorio	En contacto con la sup. interior del techo
F	Techo cocina	En contacto con la sup. interior del techo
R	Dormitorio	En el centro del local a una altura de 1,5 m
T	Cocina	En el centro del local a una altura de 1,5 m

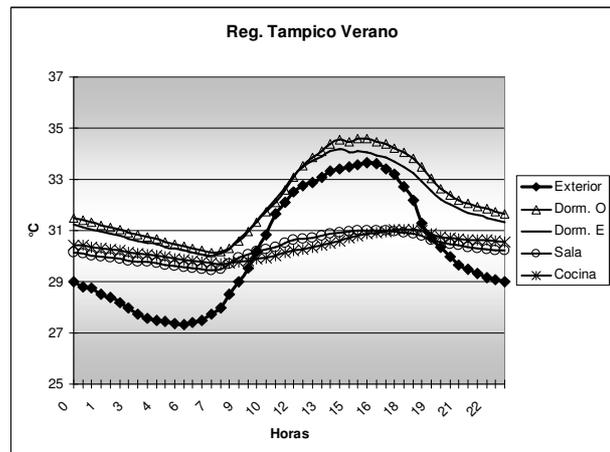
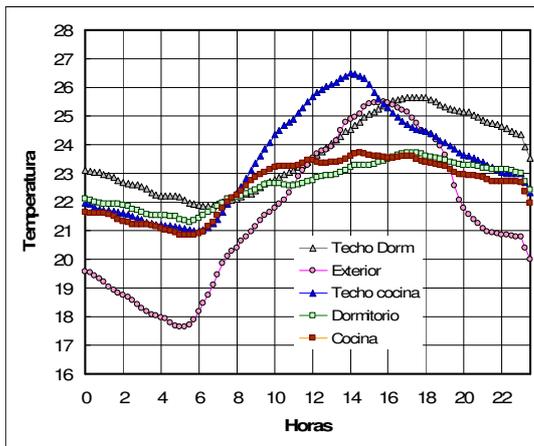
Tabla 1. Ubicación de los puntos de medición en Florencio Varela

Mediciones en verano:

En Florencio Varela el periodo de mediciones de verano fue del 10 al 16 de diciembre de 2005, con mediciones de temperatura cada 15 minutos, y 96 registros cada 24 horas. A fin de visualizar el comportamiento térmico y reducir el impacto aleatorio de periodos de nubes u otras variaciones, se realizó un gráfico con los promedios horarios de 6 días, Figura 6 -A. Las curvas permite establecer las siguientes características del módulo: La temperatura interior en la cocina y dormitorio tiene una variación de 2,4° a 2,9° C, mientras la temperatura exterior tiene una amplitud de 7,9° C mostrando una favorable amortiguación de la variación de la temperatura. La temperatura pico interior fue 23,7 comparado con una temperatura pico del aire exterior de 25,5, aunque con radiación solar, la sensación de confort en el exterior es todavía menos confortable en días de calor en verano. La temperatura mínima a la noche fue 20,8° y 21,3° C en el dormitorio y la cocina respectivamente, comparada con una temperatura mínima exterior de 17,6° C, demostrando nuevamente el efecto favorable de la amortiguación.

La comparación de alternativas de techo merece un estudio especial, considerando que el módulo con el mismo material en los muros tiene distintas construcciones del techo: la cocina tiene techo de chapa ondulada exterior, cámara de aire levemente ventilada, aislación liviano de poliestireno expandido de 40 mm, y cielorraso de tablonces de madera de 12 mm, con una transmitancia térmica calculada de 0,50 y 0,53 W/m²K en verano y invierno respectivamente. Este valor cumple con la Norma IRAM 11.605 (1996). El techo del dormitorio consta de chapa ondulada, cámara de aire levemente ventilada, capa de pasto seco compactado entre dos capas de barro, formando una capa aislante de 75 mm aproximadamente, cielorraso de madera de 12 mm. La transmitancia térmica calculada con el valor de la conductividad estimada solo alcanza 0,97 y 1,07 W/m²K en verano e invierno respectivamente, valor que no cumple con la transmitancia máxima admisible de la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel C. Esta construcción permite la comparación entre un aislante liviano con materiales convencionales que cumple con la norma y un aislante de mayor peso y capacidad térmica de materiales no convencionales que no cumple con la Norma IRAM 11.605 (1996). Figura 7 -A, se aprecia un retraso térmico de la temperatura máxima interior, de 1 hora con el exterior y 2 horas con la cocina y 1° C menos, en el techo del dormitorio no convencional, respecto del de la cocina. Las temperaturas mínimas, registradas a las 6:00 horas son 21 y 22 en el dormitorio y la cocina respectivamente. En verano, el techo de construcción no convencional que no cumple con la Norma IRAM es más confortable que un techo convencional con materiales aislantes livianos.

Los registros en Tampico fueron tomados del 26 al 31 de julio con mediciones de temperatura cada 30 minutos, y 48 registros cada 24 horas, los promedios horarios de 6 días se indican en la Figura 7 -B, las temperaturas 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 los dormitorios. La falta de aislación térmica en el techo, incrementa 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, siendo este caso similar y mejor al de Florencio Varela, reforzando el concepto de amortiguación térmica en construcciones realizadas con materiales de gran densidad e inercia térmica.



A - Registros en Florencio Varela

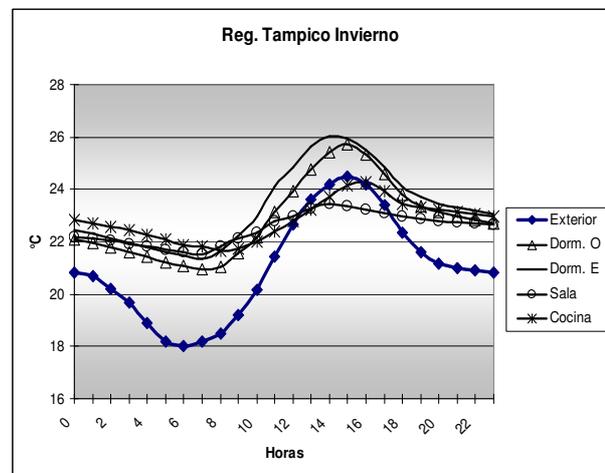
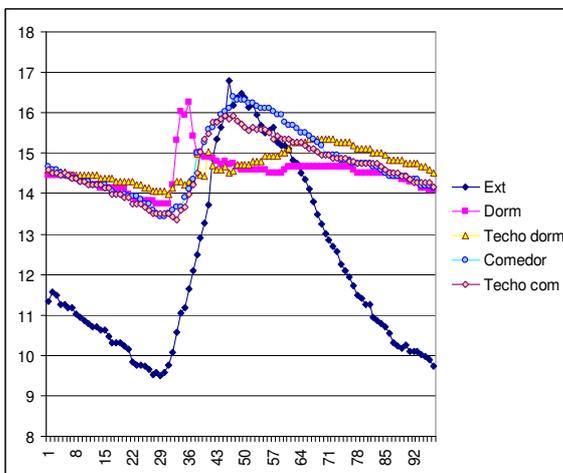
B - Registros de Tampico

Figura 6. Temperaturas promedio registradas durante los seis días de medición en verano

Mediciones en invierno:

En Tampico, las mediciones fueron tomadas entre el 26 y el 31 de diciembre de 2007, con registros de temperatura cada 15 minutos y 96 tomas cada 24 horas. Igual que en verano, se graficó con promedios horarios de 6 días, Figura 7 -B, y 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 evidencia 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 se ve que el efecto de estratificación en el dormitorio Este, que balconea sobre la sala, aumenta la temperatura 0,4° C respecto del otro dormitorio que además no presenta retaso térmico.

El periodo de mediciones de invierno en Florencio Varela fue del 27 al 31 de mayo de 2006, con mediciones de temperatura cada 15 minutos, y 96 registros cada 24 horas, también se realizó un gráfico con los promedios horarios de 5 días, Figura 7 -A. Se observa que: La variación de temperatura en la cocina y dormitorio es de 2,4° a 2,9° C, al exterior la amplitud térmica es de 7,9° C mostrando una favorable amortiguación de la variación de la temperatura.



A) Registros de Florencio Varela

B) Registros de Tampico

Figura 7. Temperatura exterior, y temperaturas interiores en invierno.

La temperatura pico interior fue 16,3° C muy similar a la temperatura pico del aire exterior. La temperatura mínima a la noche fue 13,5° y 13,7° C en el dormitorio y la cocina respectivamente, comparada con una temperatura mínima exterior de 9,5° C, demostrando nuevamente el efecto favorable de la amortiguación y la capacidad de almacenar calor de la radiación solar durante el día.

La Figura 7 -A indica un aumento abrupto de la temperatura interior alcanzando picos de 18° C debido al ingreso de radiación solar por la puerta. En esta estación, la comparación de alternativas de techo también merece mas estudio. La temperatura interior del techo del comedor, con aislante convencional de poliestireno expandido, alcanza un valor máximo de 16,4°C y un mínimo de 13,4°C, mientras el techo no convencional, que no cumple con la Norma IRAM 11.605, Nivel C, tiene un máximo de 15,3 y un mínimo de 14°C. Así el techo no convencional, con variación térmica de 1,5°C, ofrece mayor confort a la noche comparado al techo convencional con una variación de 3°C. En invierno, el techo de construcción no convencional, aun sin cumplir con la Norma IRAM 11.605, Nivel C, es más comfortable que uno convencional con materiales aislantes livianos, especialmente en horas nocturnas.

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. Figura 4. 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 compararon las simulaciones del modulo con la construcción de tapial (Florencio Varela), con simulaciones de materiales constructivos convencionales, respecto a la vivienda de Tampico se comparó solo con bloques de hormigón (Tabla 2) por ser los mas usados en la construcción de viviendas de interés social, priorizándose simulaciones de estrategias bioclimáticas.

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	

Tabla 2. Las alternativas convencionales adoptadas para estas comparaciones.

La Figura 8 indica los resultados de las simulaciones de las cuatro construcciones alternativas. Los valores de la ventilación, radiación solar, temperatura exterior, geometría edilicia, y orientación son iguales en todas las alternativas. Las características térmicas de los materiales convencionales fueron obtenidas de la Norma IRAM 11.601 (1996) con valores obtenidos de ensayos en laboratorios de INTI.

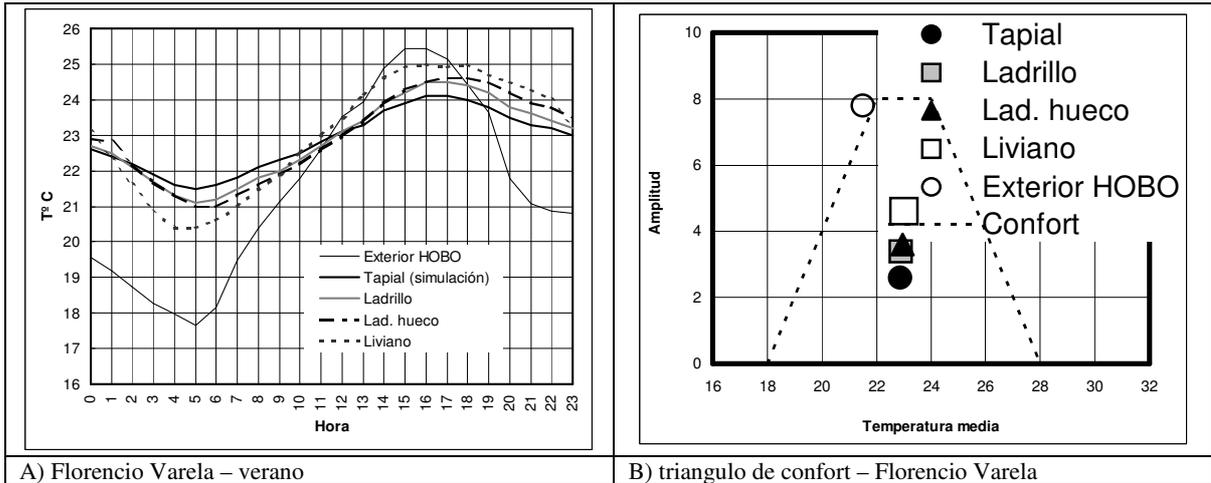
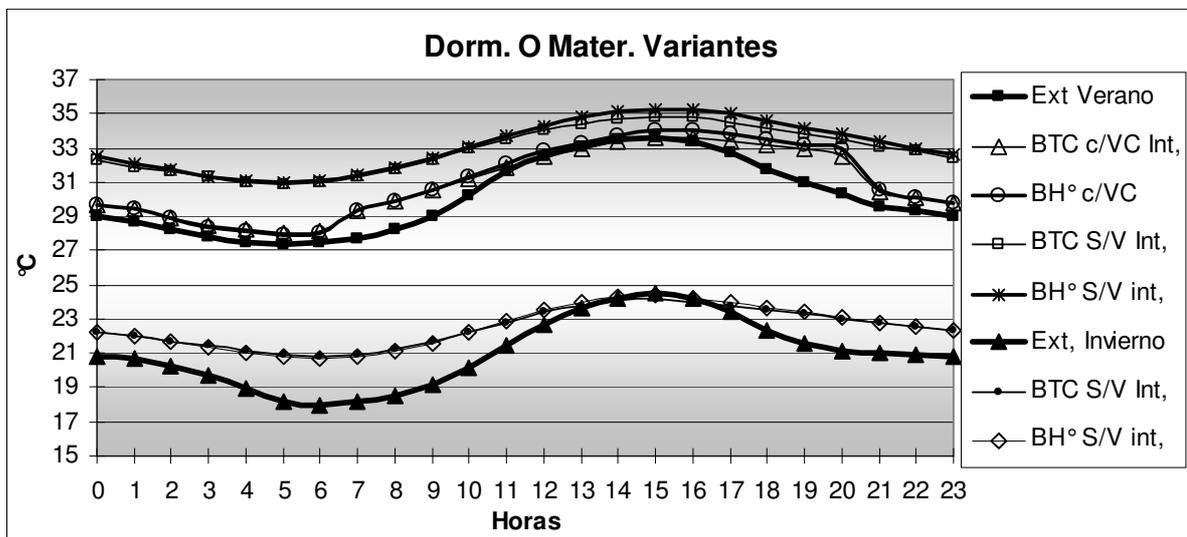


Figura 8. Temperaturas interiores con distintas construcciones, condiciones simuladas de la temperatura interior y exterior en el prototipo de Florencio Varela en verano.

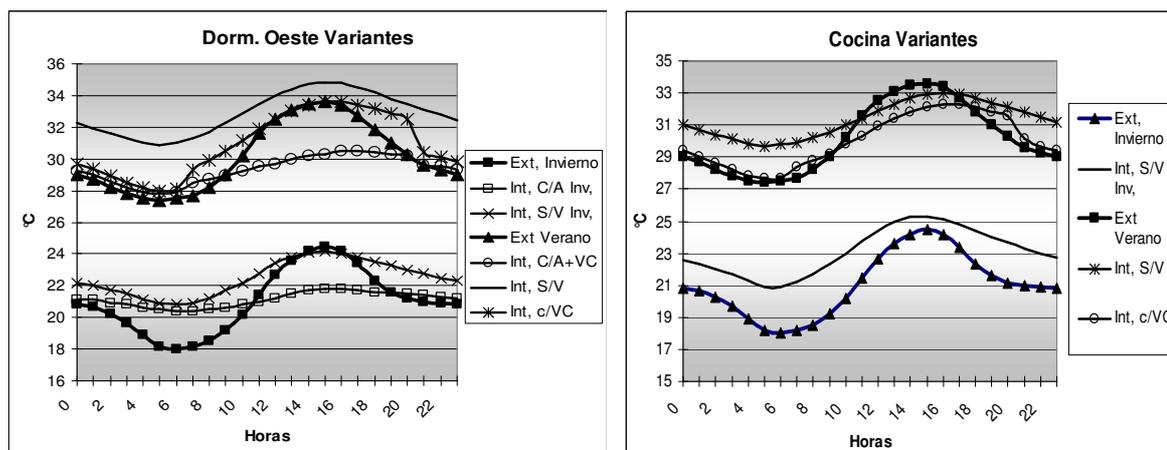
Los resultados de las simulaciones indican el buen comportamiento de la construcción con muros de tapial en verano. El gráfico de amplitud térmica y temperatura media permite visualizar más claramente la variación en el comportamiento térmico de alternativas en régimen periódico. El mismo gráfico indica el triangulo de confort donde la combinación de temperatura promedio y la amplitud térmica estén adentro de límites favorables para confort térmico para actividades sedentarias. Las simulaciones sobre la vivienda de Tampico priorizan las alternativas bioambientales, la Figura 9 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° C, no se aprecia gran diferencia entre los distintos materiales pero igualmente la curva de la construcción con BTC registra 0,4° C inferior la de bloques de hormigón.



Tampico - Simulaciones en verano e invierno

Figura 9. Compara variantes de construcción con BTC y bloques de hormigón en invierno y verano con y sin ventilación.

La Figura 10 muestra las simulaciones en el dormitorio oeste y la cocina en invierno y distintas variantes: invierno con y sin aislamiento térmico, sin verano en las ventilación cruzada y verano con aislamiento, sin aislamiento y con aislamiento y ventilación cruzada. La aislación propuesta consta de cámara de aire de 50mm de espesor, 50mm de fibra de vidrio, barrera de vapor asfáltica y terciado fenolito de 5mm de espesor, bajo la cubierta, aprovechando los espacios entre la tirantería del techo.



A) Tampico - Dormitorio oeste

B) Tampico - Cocina

Figura 10. Comparación entre variantes bioclimáticas en la cocina y dormitorio Oeste.

El periodo de mediciones de invierno en Florencio Varela fue del 27 al 31 de mayo de 2006, con mediciones de temperatura cada 15 minutos, y 96 registros cada 24 horas. También se realizó un gráfico con los promedios horarios de 5 días, Figura 7 -A. Se observa que la variación de temperatura en la cocina y dormitorio es de 2,4° a 2,9° C, al exterior la amplitud térmica es de 7,9° C mostrando una favorable amortiguación de la variación de temperatura.

En general, las simulaciones indican un buen comportamiento de la construcción con muros de BTC, en la figura 10 A se aprecia que en el dormitorio donde la curva de temperatura sufre una gran distorsión por efecto de la carencia de aislación en el techo, pero se reduce la máxima en 1,2° C adoptando ventilación cruzada nocturna y en 4,3° C adoptando aislación en el techo y ventilación cruzada nocturna, el salto térmico se reduce respecto de la curva de temperaturas exteriores de 6,2° C a 2,7° C, registrando una máxima de 30,5° 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 produce una brisa sobre la piel humana, nos encontraríamos dentro de los niveles de confort. 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 nos está indicando un muy buen comportamiento térmico de los muros construidos con BTC. En el gráfico de la figura 10 B se observa que, en verano, el salto térmico en la curva de la variante sin ventilación se reduce de 6,2° C en el exterior a 3,2° C en el interior y con la variante de ventilación cruzada el salto térmico solo se reduce en 1,6° C y la máxima se reduce de 33,6° C a 32,3° C con un retraso térmico de una hora. En invierno la curva de temperaturas interiores reduce su salto térmico de 6,5° C a 4,4° C.

Conclusiones:

Los resultados de las mediciones indican claramente las buenas condiciones de confort ofrecido por la construcción de tierra estabilizada y compactada en Gran Buenos Aires durante los periodos de medición en verano e invierno. A pesar de la alta transmitancia térmica de construcción con tapial, los resultados de invierno fueron favorables, aunque no se considera recomendable la construcción con tapial en zonas bioambientales más frías, Zonas IV, V y VI según la Norma IRAM 11063 (1998). Se considera que en las zonas bioclimáticas I, II y III, de igual o mayor calor, y sub-zonas con mayor amplitud térmica, los beneficios verificados en este estudio serán similares o mejores. A pesar del incumplimiento de la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel C, las simulaciones de alternativas demuestran que las condiciones de confort en verano son mejores en el edificio de tapial que en edificios de ladrillo macizo, de bloque cerámico hueco o de construcciones livianas.

Otro resultado importante es la evaluación comparativa de dos alternativas de techos. Aquí también la construcción no convencional del techo, que no cumple con la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel C, es más confortable que la construcción convencional que cumple con la norma. Estos resultados y conclusiones aportan evidencia para la evaluación y posible ajuste de dicha Norma. Los resultados de las simulaciones en la vivienda de Tampico indican que las construcciones con BTC tienen buenas condiciones de confort si se complementan con aislaciones mínimas indispensables para alcanzar los niveles de confort en verano.

Se constata lo señalado antes sobre el comportamiento de estos materiales en zonas más cálidas que Gran Buenos Aires. Además, 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 puede demostrar y verificar sus aptitudes bioambientales.

Reconocimientos:

Secciones de este trabajo fueron desarrolladas en el marco del proyecto de Investigación UBACyT A-020 "Certificación de edificios sustentables", Programación Académica 2004-2007, SECyT-UBA. Especial agradecimiento al Arq. Vanrell, Secretario de Obras y Servicios Públicos, Municipalidad de Florencio Varela, por el aval brindado a esta investigación.

Referencias:

- Evans, J. M. (2004) *Construcción en tierra, aporte a la habitabilidad*, 1 Seminario Taller, Construcción en Tierra, FADU UBA, Buenos Aires.
- García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mújica y Arvizu Sánchez, (2007) *Diseño modular una alternativa sustentable*, SIIDS - Tampico
- IRAM, Norma IRAM 11,601, (1996) *Acondicionamiento térmico de edificios: métodos de cálculo*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.
- IRAM, Norma IRAM 11.603, (1998) *Zonificación Bioambiental de la República Argentina*, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.
- IRAM, Norma IRAM 11.605, (1996) *Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en viviendas, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires,.
- Patrone J. C. y Cabezón M, (2004) *Tierra Estabilizada Apisonada en el Gran Buenos Aires*, 1er. Seminario Taller, Construcción con Tierra, FADU UBA, Buenos Aires.
- Patrone J. C. (2005) *Gestión y Desarrollo en la Construcción de la Vivienda de Interés Social con empleo de suelo estabilizado*, Construcción con Tierra 1, FADU UBA, Buenos Aires.
- Roux Gutiérrez, Espuna Mújica, García Izaguirre y Aranda Jiménez (2007) *La construcción con tierra en Zonas Húmedas caso Tampico* SIACOT - Tampico
- Merrill A. F.(1949) *Casas de Tierra Apisonada y Suelo Cemento*. Windsor. Argentina.