

Construcción en tierra: aporte a la habitabilidad.

Arq. John Martin Evans.

Resumen.

Este trabajo analiza las características térmicas de construcción con tierra, basado en las densidades de tierra compactada o suelo cemento y ladrillos tradicionales de adobe. Se hace referencia a la escasez de datos y las dificultades de realizar ensayos normalizados para obtener valores de conductividad, situación que atenta contra la aceptación e institucionalización del material y los sistemas constructivos correspondientes. Se enfatiza la importancia de evitar el ingreso de agua por el aumento significativo de conductividad, adicionalmente a la modificación de sus propiedades estructurales. Con valores de conductividad de 0,9 Watts/m²K de suelo cemento y 0,6 para adobes, se evalúa la transmitancia térmica de paredes a fin de estimar el espesor mínimo necesario para cumplir con las características térmicas establecidas en las Normas IRAM. Se analizan y simulan las características favorables de inercia térmica para demostrar que la construcción con tierra puede ofrecer mejor confort en interiores que construcción liviana con la misma transmitancia térmica.

Palabras clave: construcción con tierra, edificación sustentable, características térmicas, habitabilidad.

Abstract.

Earth building: the contribution to better living conditions.

This paper analyses the thermal characteristics of earth construction, based on the densities of compacted earth with small additions of cement, soil cement, and traditional unfired earth blocks such as adobes. The scarcity of data is discussed together with references to the difficulties of undertaking standard tests to obtain conductivity values, which hinders the acceptance and institutionalisation of both materials and construction systems. The importance of avoiding the ingress of moisture in earth construction is stressed as this increases conductance significantly as well as reducing the load-bearing capacity. With a conductivity of 0,9 Watts/m²K for soil cement and 0,6 for adobes, the transmittance of walls with earth construction is evaluated to obtain the minimum thickness required to comply with the thermal requirements established in the IRAM Argentine National Standards. The favourable properties of thermal inertia are analysed and simulated to show that earth construction can effectively provide better indoor comfort than lightweight construction of the same thermal transmittance.

Key words: earth construction, sustainable building, thermal characteristics, comfort.

(*) John Martin Evans - Arquitecto graduado y docente en la Architectural Association Londres, se especializó en diseño bioambiental en el DPU. Fue Vice-Decano del Bouwcentrum International Education, Rotterdam, y Asociado Visitante del Martin Centre, Universidad de Cambridge. Es Profesor Titular de Arquitectura en la FADU-UBA desde 1984 e Investigador de la problemática energético-ambiental en el hábitat construido. Dirige el Centro de Investigación Hábitat y Energía FADU-UBA y dicta cursos de posgrado en universidades argentinas y del exterior.
Correo electrónico: evans@fadu.uba.ar

Introducción.

La construcción en tierra fue durante siglos la principal forma constructiva en Argentina y otros países de la región. Con la introducción del ladrillo cocido y, posteriormente, el bloque cerámico hueco y el bloque de hormigón, la construcción en tierra queda relegada a un muy reducido segmento del mercado, ofreciendo una respuesta de apariencia casi 'folklórica' por un lado, o una posible solución para grupos sociales aislados de muy escasos recursos por el otro. La imagen de la construcción en tierra, queda así influenciada por la degradación de ejemplos antiguos sin mantenimiento adecuado y la idea de un material relacionado con la pobreza y el pasado.

En este marco, es necesario investigar las maneras de lograr edificios sustentables con buena durabilidad, atractivo aspecto y favorable habitabilidad, que permitan revertir las desventajas antes mencionadas y promover las bondades de la construcción en tierra. A tal fin, esta presentación pretende evaluar el potencial aporte de la construcción en tierra a la habitabilidad higo-térmica considerando las características térmicas del material y su comportamiento en distintas regiones bioclimáticas de la República Argentina.

En el pasado, las características térmicas de la construcción fueron evolucionando en un proceso lento de prueba y error, para lograr adecuados niveles de confort y habitabilidad con los limitados recursos disponibles. Hoy, con nuevos y variados materiales de la construcción, es necesario evaluar la habitabilidad con cálculos de las condiciones mínimas de habitabilidad establecidas en normas o bien simular el comportamiento térmico con las nuevas herramientas de computación, a fin de verificar los resultados antes de construir.

Medición de características térmicas.

Mientras las normas de acondicionamiento térmico de edificios indican las características térmicas de los materiales, que hoy son denominados 'convencionales', no incluyen datos

para construcción en tierra. Esto es resultado de la dificultad de medir las características térmicas de construcción en tierra en ensayos convencionales y la falta de demanda de datos.

Los dos ensayos para establecer las características térmicas de materiales y elementos constructivos son respectivamente el método de la placa caliente y el método de la caja caliente.

El ensayo con placa caliente establece la conductividad térmica de materiales homogéneos con muestras de 30 cm por 30 cm y reducido espesor. Además, es necesario secar la muestra en un horno, hasta que se estabiliza su peso, a fin de eliminar el agua. Estas limitaciones dificultan o imposibilitan la preparación de muestras de tierra para este ensayo.

El ensayo de la caja caliente establece directamente la transmitancia térmica de un elemento constructivo, utilizando una muestra de la construcción de importantes dimensiones, 2.40 m x 2.40 m, con el espesor total del elemento constructivo. El ensayo se realiza aplicando cajas aisladas a ambos lados de la construcción, donde se mantienen temperaturas estables y diferentes, midiendo el flujo de calor a través del elemento constructivo. Este ensayo dura varios días a fin de lograr un equilibrio térmico y condiciones estables. Por el tamaño de la muestra y la duración del ensayo, el costo es significativamente mayor que el ensayo con caja caliente.

Otra dificultad que presentan los ensayos es la variabilidad de las características de construcción en tierra. El fabricante de un panel prefabricado con materiales convencionales puede controlar la calidad de los materiales empleados y asegurar una razonable uniformidad de sus características, y el costo del ensayo se amortiza rápidamente con la producción de miles de paneles de igual comportamiento. La construcción en tierra, en cambio, utiliza materiales locales con características de mayor variabilidad, mientras es más limitado el número de construcciones

en cada sitio. Además, las construcciones se realizan frecuentemente en zonas alejadas de los grandes centros urbanos y los laboratorios de ensayos. Todos estos aspectos dificultan la obtención de datos sobre las características térmicas de tierra y limitan la institucionalización del material.

Sin embargo, se pueden estimar las características térmicas de construcciones en tierra y evaluar su aptitud según distintas regiones climáticas, utilizando los limitados datos disponibles y aplicando analogías con materiales similares.

Características térmicas de la construcción en tierra.

En la Tabla 1 se muestran las características térmicas indicativas de suelos en un estado seco y húmedo, según la Norma IRAM 11.601 (1995). La primera conclusión que surge de estos datos es la importancia de controlar la humedad y evitar el ingreso de agua en la construcción. Es importante considerar que con solamente un 2 % de humedad en la construcción en tierra, casi se duplica la conductividad, y con 10 % de humedad, este valor se triplica, aumentando proporcionalmente las pérdidas de calor en invierno. Otros materiales absorbentes, como el ladrillo macizo, también comparten esta característica.

Tabla 1.

Material	Densidad kg/m ³	Conductividad W/mK
Arcilla seca	1200	0.37
Suelo natural seco liviano	1600	0.28
Suelo natural seco mediano	1750	1,40
Suelo natural húmedo denso	1900	2,80
Arena seca	1500	0.3
Arena del río, humedad 2%	1500	0.58
Arena del río, humedad 10%	1500	0.93
Arena del río, humedad 20%	1500	1,33

La Figura 1 indica gráficamente el aumento indeseable de la conductividad de arena debido a las pequeñas cantidades de agua entre las partículas del suelo, aumentando el contacto térmico entre ellos. La curva correspondiente al ladrillo demuestra un comportamiento similar, aunque con menor conductividad con altos porcentajes de humedad.

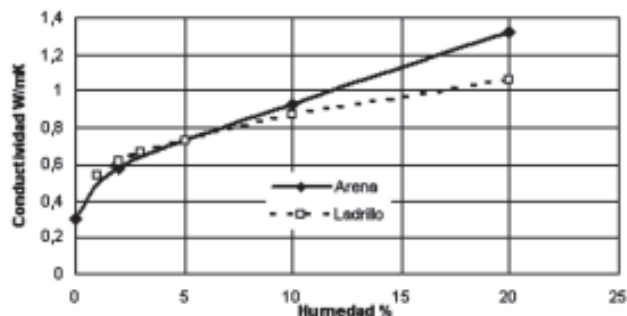


Figura 1. Variación de la conductividad de arena según el porcentaje de humedad.

El contenido de humedad en construcciones de tierra es resultado de un equilibrio con la humedad relativa del ambiente, con valores típicos que oscilan entre 2 y 4 %, cuando los muros tienen una buena capa aisladora para controlar el ingreso de agua de la tierra por capilaridad y eficaces aleros y otros detalles constructivos para reducir el impacto de la lluvia. Así, se consideran valores de 3 % en los siguientes análisis de las características térmicas de construcción en tierra.

La tierra compactada tiene una densidad de aproximadamente 1900 kg por metro cúbico, mientras los bloques de adobe con paja tienen una densidad menor de aproximadamente 1500 kg/m³. En general, la conductividad de los materiales, es decir su capacidad de transmitir un flujo de calor, está directamente relacionada con su densidad, Figura 2.

La Figura 2 también indica las características comparativas estimadas de ladrillos de adobe y tierra compactada, resumidas en la Tabla 2, estimando una conductividad levemente menor que la de otros materiales, debido a su consistencia, características de las partículas y los espacios de aire entre ellos. Cabe aclarar que

los valores son solamente estimados e indicativos, debido a la necesidad de realizar más ensayos y de la variabilidad de la materia prima y su colocación en obra.

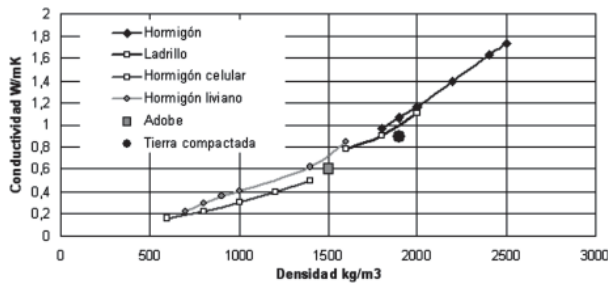


Figura 2. Relación entre densidad y conductividad para distintos materiales.

Tabla 2. Características térmicas de la construcción en tierra.

Material	Densidad kg/m ³	Conductividad W/mK	Humedad %
Adobe	1500	0.6	3%
Tierra compactada	1900	0.9	3%

Construcción en tierra y habitabilidad.

Utilizando los valores de la Tabla 2, se puede verificar el cumplimiento de las Normas Mínimas de Habitabilidad, de la Secretaría de Vivienda, y la Norma IRAM 11.605, considerando la transmitancia térmica máxima admisible para muros con nivel C 'mínimo'. Para la zona del Gran Buenos Aires, un muro de adobe de 30 cm cumple holgadamente con las exigencias, mientras un muro de tierra compactada con 10 % de cemento requiere un espesor de 35 cm debido a su mayor densidad y conductividad térmica.

Adicionalmente, con una planilla electrónica desarrollada en el CIHE, se pueden estimar otras características térmicas complementarias de la construcción en tierra, tales como admitancia, retraso térmico y riesgo de condensación superficial e intersticial.

La densidad de la construcción en tierra proporciona importante inercia térmica y capacidad de absorber y restituir calor al aire interior, reduciendo las variaciones de temperatura. La Figura 3 indica las temperaturas su-

periciales interiores de un muro de tierra compactada, con una temperatura exterior que fluctúa entre 6 y 16° C en invierno, y una temperatura del aire interior que se mantiene a 20° C con calefacción convencional. Se pueden comparar entonces los resultados respecto a un muro liviano con mayor variación de temperatura superficial interior. La diferencia es más notable en las primeras horas de la mañana, cuando la temperatura del muro de tierra es un grado mayor que la del panel liviano con igual transmitancia.

Tabla 2. Características térmicas de tierra compactada en la Zona Bioambiental III b.

Material	Adobe	Tierra compactada
Espesor mínimo (IRAM 11.605)	250 mm	350 mm
Transmitancia térmica (máxima 1.85)	1.71 W/m ² K	1.79 W/m ² K
Atraso térmico	8.4 horas	11.4 horas
Admitancia	4,3 W/m ² K	4,9 W/m ² K
Condensación superficial (IRAM 11.625)	No	No
Condensación intersticial (IRAM 11.625)	No	No

Figura 3. Comportamiento térmico de un muro de tierra compactada en un día típico de invierno.

Temperatura superficial interior:

Máxima 18,1
Mínima 17

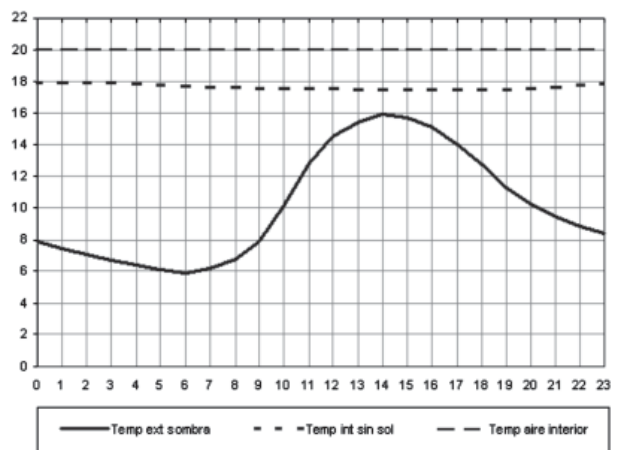
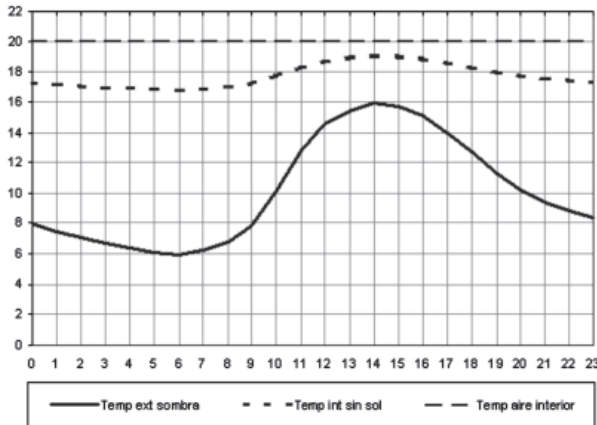


Figura 4. Comportamiento térmico de un panel liviano en un día típico de invierno.

Temperatura superficial interior:

Máxima 19,2
Mínima 16,7



Evaluación de las características térmicas.

La inercia presenta ventajas y desventajas en invierno, dado que el calentamiento de la construcción pesada de tierra es más lento, por ejemplo, cuando los ocupantes regresan a la vivienda al atardecer, después de un día de trabajo, pero la construcción mantiene el calor por más tiempo, reduciendo la caída de temperatura a la noche después de apagar la calefacción.

Una importante ventaja de la construcción en tierra es el potencial de combinar su masa y capacidad térmica con materiales aislantes livianos a fin de lograr gran estabilidad de la temperatura interior con mínimas pérdidas. Con diseños apropiados, que optimicen la captación de energía solar, se pueden lograr altos niveles de habitabilidad con mínimo uso de combustibles convencionales. Experiencias realizadas por el Instituto Nacional de Energías No Convencionales, INENCO, de la Universidad Nacional de Salta, demuestran el gran potencial de esta combinación. Entre ellas, se destacan las viviendas en Cachi y un puesto sanitario en Castro Tolay, ambos en climas fríos de gran amplitud térmica de Jujuy.

Por otro lado, es importante notar que las características térmicas de la construcción en

tierra son muy favorables en verano, especialmente en climas con gran amplitud térmica. Aún en Buenos Aires, esta construcción mantiene condiciones de frescura en el interior, con temperaturas menores alrededor de medio día y levemente mayores a la noche, cuando las temperaturas exteriores son más bajas.

Para aprovechar plenamente las características térmicas de la construcción en tierra, es necesario incorporar estrategias de diseño bioambiental y de acondicionamiento natural en el diseño de edificios. La selección de orientaciones favorables, formas y volumetrías apropiadas para el clima específico, protección solar, y aventanamientos aptos para la captación de sol invernal y la ventilación natural, son todos recursos que complementan las ventajas térmicas de la construcción en tierra.

Conclusiones.

Resulta interesante notar que la construcción en tierra permite cumplir con las normas mínimas de habitabilidad y los niveles mínimos de la Norma IRAM 11.605. Sin embargo, para lograr estos valores, es importante limitar el porcentaje de humedad en el material a través del diseño y los detalles constructivos. Asimismo, las condiciones de habitabilidad y confort también dependen fuertemente del diseño arquitectónico.

El diseño de la forma, ubicación y orientación de edificios en tierra son fundamentales para asegurar condiciones térmicas favorables. El diseño de las aberturas, su ubicación, tamaño y forma de operarlas son también importantes, considerando las limitaciones de este método constructivo.

Finalmente, la combinación de construcción en tierra con aislantes livianos en edificios con sistemas de captación de radiación solar en invierno permiten maximizar el confort térmico y reducir el consumo de energías convencionales. La capacidad térmica de la construcción en tierra ofrece una alternativa económica y adecuada para aprovechar la energía solar en arquitectura.

Por lo tanto, la construcción en tierra proporciona una alternativa no convencional de muy bajo impacto, considerando la baja demanda de energía para transformar y transportar la materia prima y colocar el material en obra. La implementación de criterios bioclimáticos en el diseño de edificios en tierra. Por lo tanto, la construcción en tierra proporciona una alternativa no convencional de muy bajo impacto, considerando la baja demanda de energía para transformar y transportar la materia prima y colocar el material en obra. La implementación de criterios bioclimáticos en el diseño de edificios en tierra contribuye además,

y sustancialmente, a disminuir la demanda de energía y los impactos ambientales resultantes, mientras favorece la calidad térmica y la habitabilidad de los espacios interiores. El aprovechamiento de estas ventajas promueve una alternativa constructiva de gran sostenibilidad en la producción de hábitat.

Referencias

Norma IRAM 11.601
Norma IRAM 11.603
Norma IRAM 11.605
Norma IRAM 11.625