

Blanca Gutiérrez y Fabio Aldana

LOS CERRAMIENTOS VERTICALES EN TIERRA Y SU EFICIENCIA ECONOMICO - TECNOLÓGICA Y TÉRMICO - ENERGÉTICA EN TUCUMÁN - ARGENTINA

RESUMEN

En todos los casos de vivienda popular rural, está presente el aprovechamiento de los materiales que proporciona la región; lo que a su vez expresa su acomodación al sitio en el que se encuentra. Un ejemplo de esto, lo constituyen las técnicas de construcción con tierra cruda, utilizadas en 2 comunidades rurales de la provincia de Tucumán - Argentina: Balderrama y Colalao del Valle. El entramado de caña revestido de barro - empleado en la primera - y la mampostería de adobe, usada en ambas, son los cerramientos verticales típicos de estas localidades. Se trata, entonces, de recuperar y revalorizar: a) una práctica constructiva ancestral y b) presentar una nueva propuesta tecnológica, de modo que planteen el uso "tradicional" y "reformulado", respectivamente, de sus materiales componentes, constituyendo sistemas tales como las mamposterías de adobe y los paneles de madera, caña y tierra - cemento. Se describe la adecuación bioambiental de las soluciones autóctonas y las características económico - tecnológico - constructivas, consumo energético de producción y la determinación de la eficiencia ecológica - térmico - energética de las alternativas planteadas, la verificación según normas de comportamiento térmico y su comparación con relación a los sistemas tecnológicos convencionales, con los cuales se resuelven - en la mayoría de los casos - las viviendas de interés social, planteadas para estas comunidades desde otros sectores (oficial, privado, etc.).

1. CARACTERIZACION DE LA PROBLEMÁTICA

El índice de necesidades habitacionales insatisfechas en la Argentina es del 17,7%, y para Tucumán, este indicador asciende al 23,9% de la población¹. El total de hogares con viviendas deficitarias (según condiciones de habitabilidad, superficie, conservación, etc.) y que no cuentan con servicios sanitarios adecuados (calefacción, enfriamiento, agua caliente, sistemas de cocción y horneado, etc.) es de un 26,2%, correspondiendo para nuestra provincia el 40,6%². Un dato relevante es que un 90% de los sectores de menores ingresos padece algún tipo de problema habitacional (tenencia de la tierra, hacinamiento, viviendas de inferior calidad, infraestructura y servicios menos desarrollados o en deterioro). Además, la distribución geográfica de la pobreza es muy desigual: Departamentos como Simoca y Tafí del Valle rozan el 24% y 35%, respectivamente³. Por otro lado, la producción de la vivienda popular rural - en general - es autogestionaria y es la modalidad predominante, produciéndose, generalmente, por autoconstrucción y sin una valoración del capital invertido (al menos en el sentido estrictamente capitalista), puesto que no tiene fines de lucro y se produce para satisfacer las necesidades de "cobijo".

Por otra parte, las familias de menores recursos confían en su autogestión; es así que en nuestro país, más del 60% de las viviendas ejecutadas se realizan de esta manera. Además, estos sectores, frecuentemente, están fuera del alcance de las políticas crediticias, ya sea por: la orientación de éstas, por sus ingresos o por la propia inestabilidad laboral, entre otros factores, teniendo escasas posibilidades de insertarse en el mercado formal de la vivienda. Este sistema opera en el marco de la informalidad.

En otro sentido, si se analizan los modos de implementación de las políticas sociales y habitacionales, aunque se encuentran claras tendencias para solucionar el déficit y la descentralización, la Nación sigue conservando los niveles principales de decisión. Del mismo modo, si se analizan las experiencias llevadas a cabo, las cuales muestran que para el mantenimiento de las condiciones de habitabilidad en una vivienda de interés social, se requiere de un consumo energético y, por ende, de un costo elevado para el sector, con el objeto de satisfacer el confort térmico, la higiene personal, la cocción, etc. Es decir, que tomando en consideración las condiciones descritas, se observa la necesidad de plantear soluciones alternativas para esta problemática.

¹ Cartilla de Indicadores Básicos para Argentina y Tucumán 2004, publicado por el Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación y por la Organización Panamericana de la Salud, en base a datos del INDEC.

² Situación Habitacional Año 2001, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001, Dirección Nacional de Políticas Habitacionales, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Secretaría de Obras Públicas, Presidencia de la Nación. 2003.

³ Los Municipios de la Provincia de Tucumán: Estadísticas Básicas, publicado por el Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación y la Organización Panamericana de la Salud, en base a datos del INDEC. 1998.

2. PROPÓSITO Y OBJETIVOS

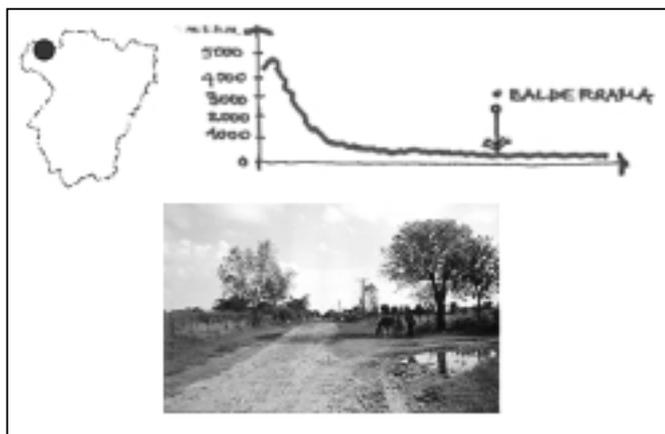
En tal sentido, este trabajo tiene como **propósito**: "presentar el desarrollo y evaluación bioambiental de sistemas alternativos en tierra, apropiados y apropiables - diseñados por la autora- cuyos **objetivos** apuntan a: 1) brindar respuesta a uno de los componentes constructivos del hábitat doméstico rural: los cerramientos verticales; 2) elevar la calidad de vida de las personas, en general, y de los sectores de escasos recursos, en particular; y 3) disminuir el impacto sobre el ambiente.

3. ÁREA GEOGRÁFICA EN CONSIDERACION

Se han tomado en consideración para el estudio de los beneficios de esta propuesta 2 zonas de la provincia de Tucumán:

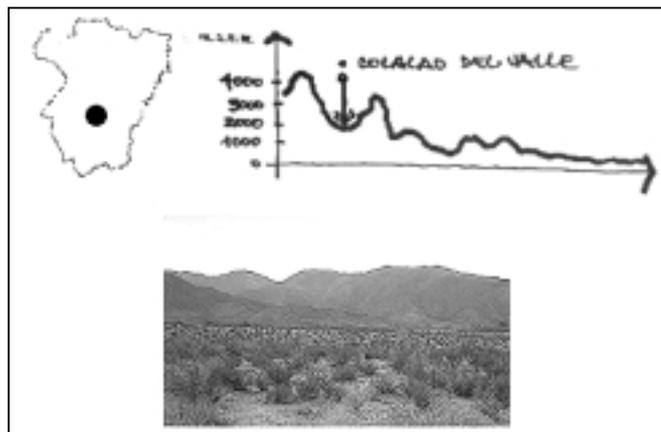
- El área cañera, particularmente, la localidad de Balderrama en el Departamento Simoca. Esta población se halla en la llanura, al Sudeste de la provincia y a una altitud de 400 m m.s.n. Su clima se caracteriza por un período estival muy cálido y húmedo (las temperaturas mensuales máximas absolutas alcanzan los 41°C, los niveles de humedad relativa, aproximadamente, el 85% y las precipitaciones, los 200 mm mensuales. Cuenta con una época invernal más seca y con temperaturas relativamente bajas, con registros absolutos de -2°C, con humedad relativa del 50% y precipitaciones de 26 mm mensuales. Posee una moderada amplitud térmica (entre 10 a 14°C)

Gráfico 1. Localización geográfica Balderrama



- El área montañosa, específicamente, la localidad de Colalao del Valle en el Valle Calchaquí Tucumano, en el Departamento Tafí del Valle. Esta población se encuentra al Noroeste de la provincia y a una altitud de 1900 m.s.n. El clima se caracteriza por un período estival cálido y seco, donde las temperaturas mensuales máximas absolutas alcanzan los 38°C; los niveles de humedad relativa el 60% y las precipitaciones, los 65 mm mensuales. Posee también una época invernal más seca y con temperaturas bajas, con registros absolutos de -9°C, con humedad relativa del 50% y precipitaciones que no superan los 5 mm mensuales. Posee una gran amplitud térmica (entre 16 y 19 °C).

Gráfico 2. Localización geográfica Colalao del Valle



4. CERRAMIENTOS VERTICALES EN TIERRA TÍPICOS DEL ÁREA RURAL DE LA PROVINCIA DE TUCUMÁN - ARGENTINA

Los casos analizados son:

4.1. La tierra como material de construcción

La tierra en la arquitectura se presenta desde las primeras manifestaciones constructivas del hombre, dependiendo, en parte de los materiales disponibles y de la voluntad formal de los pueblos, a fin de generar diversas técnicas constructivas que aprovecharon sus características y propiedades para emplearla con exclusividad o en combinación con otros materiales de procedencia animal, vegetal y mineral.

4.2. Los Cerramientos en Tierra

Entre los sistemas presentes en las áreas rurales de Tucumán, los cerramientos verticales en tierra son los predominantes y entre ellos - en particular - se hallan los de adobe, los entramados de caña y barro, etc.

Presencia de Algún Cerramiento Vertical en Tierra en Viviendas Rurales de Tucumán

LOCALIDADES	BALDERRAMA	COLALAO DEL VALLE
Caña +barro	72 %	-----
Adobe	18 %	87 %

Fuente: Garzón, B.; 2004.





Fotos 1 y 2. Entramado de caña y barro en Valderrama.



Fotos 3 y 4. Mampostería de Adobe en Valderrama y en Colalao del Valle.

5. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS PROPUESTOS

Como se observa, ante la crítica situación que amenaza a los sectores rurales socialmente desfavorecidos, es necesario generar alternativas tecnológicas que apuesten a una concepción integral de desarrollo. De este modo, se presentan aquí cerramientos verticales en tierra con el objeto de: 1) reconsiderar aquellas apreciaciones que versan sobre la temporalidad, pobreza y precariedad, revalorizando sus

propiedades y ventajas, buscando así resolver sus limitaciones y desventajas; 2) promover la utilización de elementos modulares y simples, que posibiliten su "difusión" y "apropiación" por parte de la comunidad destinataria y cuyo mantenimiento, así como reparación puedan ser hechos por los mismos usuarios. Entre las características tecnológicas podemos citar las siguientes:

5.1. Paneles de tierra-cemento / caña / madera

Están modulados cada 1,10 m de ancho y tienen 2,10 m de alto (panel simple). Se construyen con un bastidor de madera y 2 capas exteriores de tejido de caña.

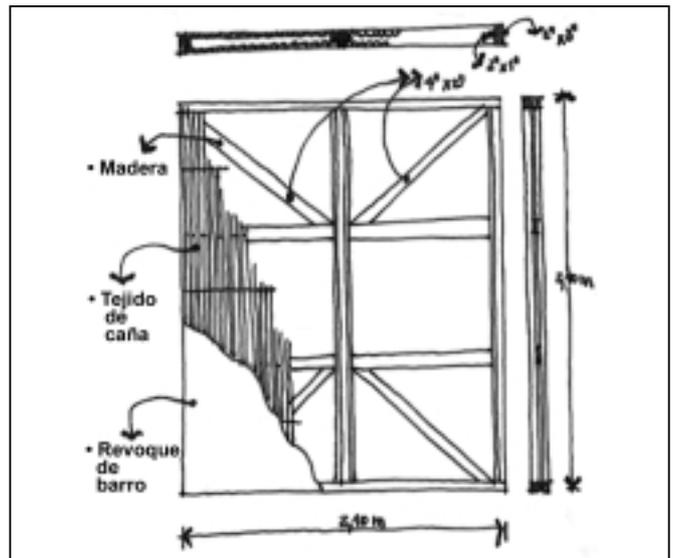


Gráfico 3. Propuesta para panel doble.

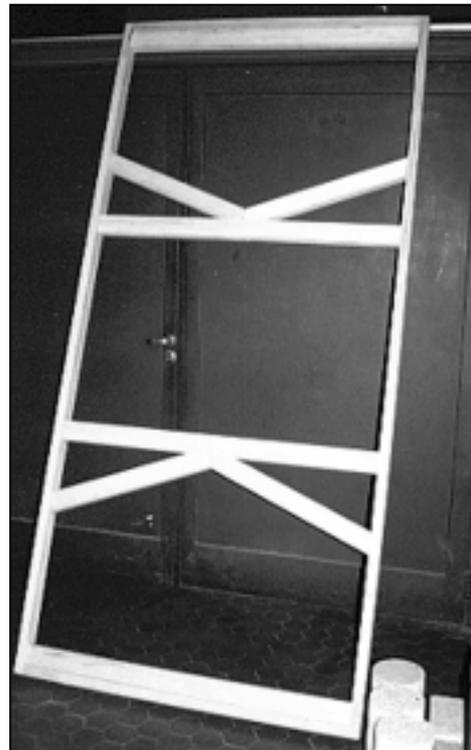


Foto 5. Marco de madera para panel simple.

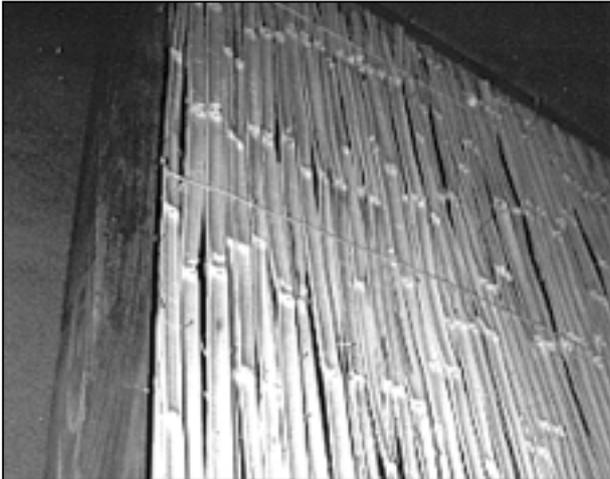


Foto 6. Entramado de caña.

En su interior cuentan con una aislación térmica de poliestireno expandido de 0,05 m y como barrera de vapor e hidrófuga: pintura asfáltica y polietileno. Las capas tejidas se revisten con tierra - cemento y, por último, se aplica una capa de revoque de tierra y cal para proporcionar protección contra la lluvia y los agentes atmosféricos.

5.2. Mampostería de adobe

El barro para la ejecución de adobes debe ser preparado, preferentemente, con tierra arcillosa y mezclado con arena más estiércol de caballo – pues, a diferencia de otros, tiene mayor materia orgánica semidigerida - y aserrín. La mezcla debe reposar varios días y debe estar, constantemente, húmeda para alcanzar un elevado poder “ligante”. Luego, con un molde de Madera “adobera” se realizan los adobes especiales y se dejan secar al sol. Las dimensiones adoptadas son: 40 cm (lado) x 40 cm x 10 cm (altura) y de 20 cm x 40 cm x 10 cm. Los primeros poseen una hendidura en 2 lados y los segundos - en el más largo - permitirán alojar el refuerzo vertical de caña del muro, con lo cual se ejecuta la mampostería y – finalmente - para mejorar el aislamiento térmico, se realiza una capa de revoque grueso de barro y una de revoque a la cal para resguardo del agua y otros agentes exteriores.



Foto 7. Preparación del barro.



Foto 8. Adobes especiales.



Foto 9. Ejecución de una “probeta” de mampostería.

6. METODOLOGÍA UTILIZADA

Se utilizó el análisis comparativo y la determinación del impacto bio-ambiental de 2 cerramientos verticales propuestos en tierra: 1) Mampostería de adobe, y 2) Paneles de tierra-cemento/caña/madera, a través de la consideración de ciertas variables que intervienen en su definición y permiten verificar su adecuación al sitio: Económico - Tecnológicas, Ecológicas, Energéticas y Bio-climáticas. Las técnicas utilizadas para tal fin son las siguientes:

- Análisis bibliográfico y de antecedentes.
- Selección de las variables bioambientales a considerar.
- Formas de producción de cerramientos verticales en tierra.

Determinación de:

- Consumos energéticos para la producción de materiales.
- Valor de sus propiedades termo – físicas.
- Valor de los coeficientes de transmisión térmica (K, w/m²°C; Kmp, w/m²°C) y su verificación para una valor máximo admisible según Normas (IRAM, 1996) para muros en:

- Zona Bio-ambiental II y para el Nivel C de confort (nivel mínimo para la situación verano: $K \text{ máx. adm.} = 1,80 \text{ w/m}^2\text{°C}$).
- Zona Bio-ambiental III y para el Nivel C de confort (nivel mínimo para la situación verano: $K \text{ máx. adm.} = 2 \text{ w/m}^2\text{°C}$).
- Tablas y gráficos comparativos de los resultados, así como de los valores alcanzados.

7. EFICIENCIA BIOAMBIENTAL EN RELACIÓN AL SITIO

Para verificar su ajuste bioambiental, se consideraron las siguientes variables:

7.1. Paneles de tierra – cemento / caña / madera

Económico-Tecnológicas:

Este sistema permite la revitalización de la "ayuda mutua" y el "esfuerzo propio", así como también propicia la racionalización de la construcción tradicional mediante la prefabricación en un "pequeño taller" o "in situ" de elementos simples y de fácil traslado, apilado y montaje. Asimismo, posibilita el uso de mano de obra no calificada y la mínima utilización de herramientas y maquinarias. Por otro lado, la tierra utilizada debe ser de la zona para reducir al mínimo los costos de transporte y ahorrar dinero, además de energía.

Ecológicas:

Su uso es conveniente, ya que se constituye en un componente biodegradable y reciclable.

Energéticas:

El gasto de energía que se presenta para su producción y reciclaje es reducido.

Energía necesaria para la producción de materiales

BLOQUE HORMIGÓN	LADRILLO	MADERA	REVOQUE DE BARRO
3830 kcal/unidad	379 kcal/unidad	160 kcal/unidad por m ²	28 kcal por m ²

Fuente: MacKillop, A. "Low energy housing".

Bioclimáticas:

La baja conductividad de este sistema en tierra brinda un comportamiento adecuado para la construcción de cerramientos verticales.

Valores de Propiedades Térmicas de Materiales

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD [W/m ² K]	MASA ESPECÍFICA [kg/m ³]
ENTRAMADO DE CAÑA	0,13	400
LADRILLO HUECO	0,49	1200

Fuente: Norma IRAM 11601. 1996.

Se verificó su transmisión térmica (K) mediante: 1) ensayo con "caja caliente y caja fría", según Norma (IRAM96) y 2) cálculo con planillas computacionales. Se ha comprobado también su comportamiento para la situación climática de verano y se han comparado los valores obtenidos ($K=0,48 \text{ W/m}_\text{°C}$) según los siguientes parámetros: Normas (IRAM96), para zona bioambiental (II) y nivel adoptado para los valores máximos admisibles ($K_{\text{Nivel C}} = 1,80 \text{ W/m}_\text{°C}$; $K_{\text{Nivel A}} = 0,45 \text{ W/m}_\text{°C}$).

Se ha contrastado su comportamiento en relación con una mampostería de ladrillo cerámico hueco de 0,18 cm de espesor ($K=1,74 \text{ W/m}_\text{°C}$), debido a que es el cerramiento vertical comúnmente usado por los organismos oficiales para la ejecución de viviendas de interés social.

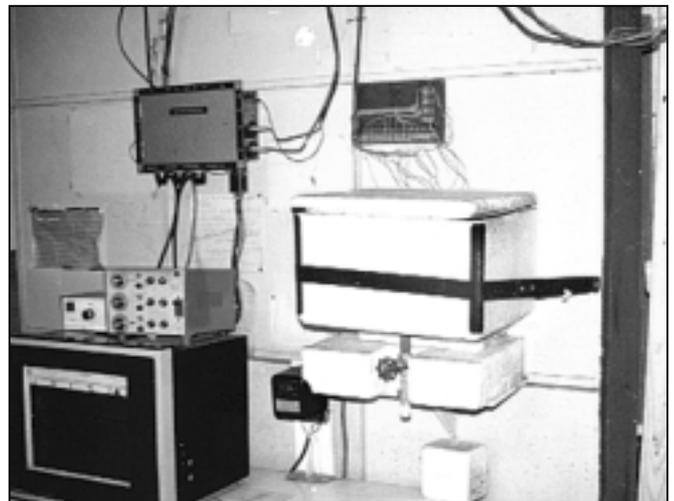


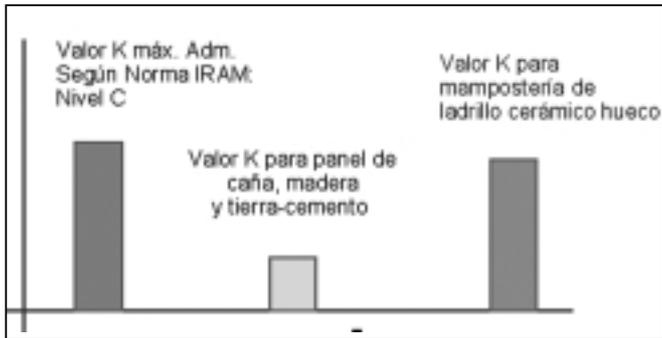
Foto 10. Instrumentos de medición del equipo para el ensayo de transmisión térmica.



Foto 11. Ubicación del panel en la caja fría - caja caliente.

De este modo, se verifica su aislación resistiva al paso del calor.

Gráfico 4. Comparación de la Transmisión Térmica (K) de cerramientos verticales



7.2. Mampostería de adobe

Económico - Tecnológicas:

Este componente constructivo es inmejorable para realizar obras por el sistema de autogestión y ayuda mutua, por su tecnología sencilla y la facilidad operativa que brinda. No requiere mano de obra especializada (teniendo en cuenta, tanto la masculina como la femenina). La diferencia con la construcción tradicional de ladrillos macizos o huecos es que su fabricación es factible en el obrador porque no precisa ni herramientas, ni equipamientos complejos. Además, se puede confeccionar un número determinado de mampuestos, dejar y comenzar nuevamente sin grandes complicaciones (esta operación debe realizarse al pie de la obra). Al igual que el sistema anterior, la tierra a utilizar debe ser del lugar para disminuir al mínimo los costos de transporte y realizar, por lo tanto, un ahorro de dinero.

Ecológicas:

Este mampuesto permite su reutilización y es biodegradable.

Energéticas:

El uso de la mampostería de adobe es conveniente, debido a que posibilita la disminución del costo y gasto energético en su producción, al no utilizar leña como combustible en el proceso de su elaboración, como en el caso de los ladrillos cocidos. Por otro lado, con la energía necesaria para fabricar un bloque de hormigón, se pueden fabricar 300 adobes de barro (Wright, D.; 1983).

Energía necesaria para fabricar mampuestos

BLOQUE HORMIGÓN	LADRILLO	BLOQUE TIERRA-CEMENTO	ADOBE
3830 kcal/unidad	379 kcal/unidad	94 kcal/unidad (10% cemento)	13 kcal/unidad

Fuente: MacKillop, A. "Low energy housing".

El gasto de energía para su transformación es cero. Además, al usar tierra del lugar se consigue el ahorro de energía y dinero por la reducción de los costos de transporte.

Bioclimáticas:

La baja conductividad de estas mamposterías en tierra brindan un comportamiento adecuado para la construcción de cerramientos verticales pues, si se analiza la tabla a continuación, se puede deducir que la conductividad del adobe es un 37.5% de la del ladrillo cocido.

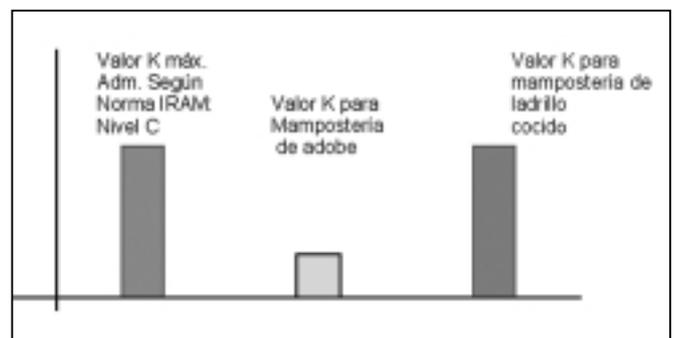
Valores de propiedades térmicas de mampuestos

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD [W/m ² K]	MASA ESPECÍFICA [kg/m ³]	CALOR ESPECÍFICO [J/kg °K]
ADOBE	0,25	1000	840
LADRILLO	0,67	1700	840
COCIDO			

Fuente: Alfonso Alvarenga, M. A. 1998.

La verificación de su transmisión térmica (K) se hizo sólo mediante cálculo con planillas computacionales. Se ha verificado su comportamiento para la situación climática de verano y se han comparado los valores obtenidos (K=0,52 W/m²°C) según Normas (IRAM96), para zona bioambiental (III) y nivel adoptado para los valores máximos admisibles (KNivel C= 2 W/m²°C; K Nivel A=0,50 W/m²°C). Igualmente, se ha confrontado su comportamiento en relación con la mampostería de ladrillo cocido de 0,20 de espesor (K=1,74 W/m²°C), ya que es, también, comúnmente usada por los organismos oficiales para la ejecución de viviendas de interés social. De este modo, se verifica su aislación capacitiva al paso del calor.

Gráfico 5. Comparación de la Transmisión Térmica (K) de cerramientos verticales



Su gran inercia térmica posibilita su capacidad de acumular y retener el calor por más tiempo, absorbiéndolo en su masa y transfiriéndolo luego en forma lenta al ambiente, pudiendo así ser aprovechado para calefaccionar los espacios durante las

noches frías. La superficie externa de los mismos nunca alcanza elevadas temperaturas, según las experiencias desarrolladas por distintos investigadores.

8. CONSIDERACIONES FINALES

Con este trabajo se ha logrado:

- Adaptar las técnicas tradicionales mencionadas a las necesidades de producción de la vivienda popular rural, apreciando fundamentalmente esos principios de construcción y revalorizando la artesanía e ingenio popular.
- Responder a los principios de cuidado del ambiente.
- Cumplir con las exigencias de las normas de confort térmico para alcanzar condiciones habitables superiores.
- Enriquecer el bagaje de conocimientos y tecnologías apropiables.
- Socializar instancias de la investigación.

Por otro lado, permitirá:

- La promoción y difusión de estos componentes tecnológicos para su adopción.
- La satisfacción integral de necesidades concretas (económicas, sociales, culturales, habitacionales, etc.).
- El aprovechamiento y uso racional de los recursos locales disponibles.
- Un estímulo al desarrollo local.

A partir del rescate y promoción de las habilidades, capacidades y potencialidades de estas comunidades, con el fin de encarar la rehabilitación y construcción del hábitat popular rural en general y de la vivienda en particular, se plantean sistemas que se adaptan a una real autonomía de acción, a condiciones bioambientales ventajosas, así como al ahorro y uso racional de la energía.

9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- GARZÓN, Beatriz. *Eficiencia térmico-energética de cerramientos verticales en tierra en Tucumán, Argentina*. Tesis en Redacción: "Criterios Alternativos para la Formulación de un Modelo Conceptual de Vivienda Rural con Eficiencia Energética para Tucumán, Argentina". Director: Arq. Jorge R. Negrete. 2005.
- GARZÓN, Beatriz. *Mamposterías de adobe*. Proyecto: "Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario". FAU-SeCyT, UNT - CONICET. 2001.
- GARZÓN, Beatriz. *Cerramientos verticales en caña, madera y barro*, Proyecto: "Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario". Facultad de Arquitectura y Urbanismo. FAU, UNT. Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán – SeCyT - y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Argentina –CONICET. 2000.

- NEGRETE, Jorge. *Planillas de cálculo para la verificación de: transmitancia térmica en cerramientos verticales y riesgo de condensación de vapor en cerramientos*. FAU, UNT. 1998.
- GARZÓN, Beatriz. *Análisis Ecológico – Térmico - Energético de un Prototipo de Vivienda de Interés Social en Tierra - Cemento*. Proyecto: "Alternativas Tecnológicas para el Mejoramiento del Hábitat Popular". FAU - SeCyT, UNT - CONICET. 1997.
- NORMAS del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales de Argentina - IRAM. Normas N ° 11601, 11603, 11605, 11564. Buenos Aires, Argentina. 1996.

Para mayor información sobre este artículo, contactarse con:

Beatriz Garzón.

Proyecto PROTERRA y Red de Uso de Energías para Viviendas y Edificios de Interés Social.
Programa CYTED.
Secretaría de Ciencia y Técnica – CONICET.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
Universidad Nacional de Tucumán.
Av. Roca 1900 P.O.B. 143. 4000
San Miguel de Tucumán. C.P. 4000
Tucumán - Argentina.
Tel: +54.381.4364093 ó +54.381.4344588
Fax: +54.381.4364141

E-Mails: garzon@cgcet.org.ar
jjjimenez@cgcet.org.ar



HIDRO MOTOR

Utilizando la fuerza directa del agua para productividad en el área rural.

Una solución para la crisis energética mundial.

CAMPO NUEVO
Calle 4355 Telf: 591-2-2493545
Cel: 70651709 • La Paz - Bolivia
watermotor@yahoo.com
www.watermotor.net

BATEBOL
