

MONTAJE DE PROTOTIPOS DE VIVIENDA A TRAVÉS DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN TIERRA: ADOBE, FAJINA Y BTC

Arq. Rosario Etchebarne(1)

Universidad de la República - Rivera y Misiones – Salto – Uruguay
00598 73 29149 – e mail: rueche@yahoo.com

Tema 4: Investigación, Enseñanza y Formación/Capacitación/Transferencia

Palabras clave: Adobe, Fajina, BTC

Resumen

Exponemos la investigación que desarrollamos desde la Universidad de la República (Pública) del Uruguay, Ciudad de Salto. Refiere al diseño y montaje actual de tres casas experimentales y las respectivas instancias de capacitación y transferencia de innovación tecnológica a partir de la tierra como material contemporáneo de construcción. Como cierre exponemos la última obra construida entre enero y junio de 2005 utilizando técnica de adobe.

Esta investigación consolida un hito de la arquitectura de tierra en el Uruguay, ya que el resultado de la misma formará parte de nuevas políticas sociales del nuevo Gobierno del Uruguay, en referencia al acceso al hábitat. A su vez consolida la recuperación de culturas constructivas olvidadas, iniciando el proceso de radicación (2) del patrimonio intangible del saber hacer del hombre rural.

1. La Municipalidad de Montevideo aprobó la casa experimental a construirse en fajina, con la expectativa de evaluar la experiencia en agosto de 2005 y aplicarla a la solución de viviendas para sectores de bajos recursos económicos, en la modalidad de cooperativa de ayuda mutua.
2. La Municipalidad de Artigas (600 kilómetros al norte de Montevideo), aprobó la casa experimental a construirse en BTC.
3. La Facultad de Agronomía aprobó la casa experimental a construirse en adobe en su Estación Experimental, en San Antonio a 20 km de Salto.
4. El Proyecto Demostrativo GUYUNUSA de PROTERRA, se está construyendo formalmente con los permisos correspondientes y financiación del Ministerio de Vivienda.
5. La casa de chacra en Paysandú, cumple con las normativas exigidas y se construyó a través de la modalidad de contrato de un equipo de mano de obra.

Queremos expresar nuestro empeño en formalizar y gerenciar múltiples trámites hacia la propuesta de la tierra como un material más en el mercado de la construcción.

1 - Montaje de Tres Prototipos

El PDT 16/15 (Proyecto Desarrollo Tecnológico) aprobado por el Ministerio de Educación y Cultura del Uruguay se ha iniciado en marzo de 2004 y tiene fecha de finalización en abril de 2006. A través del mismo, dirijo el diseño y montaje de tres casas experimentales, utilizando técnicas de tierra, en tres lugares diferentes del territorio uruguayo:

- Casa de adobe en Salto.
- Casa de fajina en Montevideo.
- Casa de BTC (bloque de tierra comprimida) en Artigas.

Los 3 proyectos ejecutivos son el resultado de la investigación del equipo *PROYECTO TERRA URUGUAY*(3).

Nos interesó utilizar el **ADOBE** como elemento base de todo el prototipo bioclimático de vivienda rural. Partimos de disparadores geométricos en el replanteo, una modulación y el concepto de autoconstrucción. Los cerramientos laterales tienen un espesor de 40 cm (adobe de 40 cm x 17 cm x 10 cm). El cerramiento superior es una bóveda núbica. La segunda propuesta en adobe son las 10 casas Guyunusas (figura 1). Dos pisos, exteriores de adobe e interiores de fajina. Ensayos realizados: adobe a compresión debe ser superior a 20 kgf/cm².

En el caso de la **FAJINA** (figura 2), el desafío está en el armado de los paneles a pie de obra, dentro del Taller y luego el montaje de los mismos sobre el sobrecimiento. Es necesario

controlar el replanteo a los efectos de facilitar la colocación de paneles de fajina. Luego de terminado el techo, se coloca el panel exterior, se embarra a la vez por dentro y fuera y a posteriori se coloca el panel interior. Este se embarra solo por dentro, quedando una pequeña cámara de aire. El cerramiento lateral exterior es de 20 cm.

Costo de los materiales para 55m² (incluidos muros) = 4 mil dólares.

Esta investigación tiene como finalidad cumplir el siguiente objetivo general:

Comprobar la eficiencia de los paneles de fajina como sistema constructivo prefabricado de bajo costo, desde el punto de vista del montaje, de la durabilidad, la islamiento térmica y acústica, para poder ser utilizados como tecnología base de un sistema racionalizado en viviendas.

Fajina: técnica constructiva artesanal basada en la utilización de materiales naturales, conocida con nombres varios: encañizado, quincha o bahareque.

Panel de fajina: consiste en una estructura independiente de madera que recibe una trama de cañas o listones, a la cual se aplica un relleno de barro estabilizado en estado plástico.

En Latinoamérica se ha utilizado desde tiempos precolombinos (600 D.C.), en construcciones rurales y urbanas (por ejemplo en la ciudad de Trujillo), incorporando luego algunas técnicas traídas por los conquistadores; y se sigue empleando hoy día como un sistema constructivo que resuelve técnicamente la necesidad de vivienda tanto de sectores de bajos ingresos económicos que autoconstruyen sus viviendas sin asesoramiento técnico, como sectores de clase media y alta, asistidos técnicamente por profesionales especializados en el tema.

La Estructura: Conformada por una estructura principal independiente cuyos componentes son piezas de madera natural (rolos o varejones) o aserradas (escuadrías), verticales y horizontales. Se habla de estructura independiente porque se construyen paneles individuales que unidos a otros iguales conforman una habitación.

La Trama: Enrejado o trama de cañas, listones o ramas, atadas o clavadas, dispuestas generalmente en dos sentidos: "horizontal y vertical" o "diagonal y diagonal". Esta trama también puede estar constituida por mallas metálicas del tipo usado para gallinero o de descarte de tapas de botellas.

El Relleno: Los espacios de la trama se rellenan con una mezcla de tierra trabajada en estado plástico, con adición de estabilizantes, recubriendo en sucesivas capas la trama por una o ambas caras.

Tiempo de armado de paneles: 4 módulos se construyen en 3 horas de trabajo de una persona, lo que da un tiempo aproximado de 45 minutos por módulo (70 cm x 170 cm).

Ensayos realizados: estanqueidad y cuerpo blando.

Ensayo de estanqueidad al agua: método de ensayo del Instituto de Pesquisas Tecnológicas N° 15, San Pablo, Brasil: "Determinación de estanqueidad al agua de paredes externas".

Se proyecta un caudal de agua indicado, sobre la cara que estará expuesta al exterior. El objetivo consiste en constatar al cabo de 7 horas si se produce pasaje de agua hacia la cara interior y de ser así, que porcentaje de la superficie del muro es afectada.

Dispositivo de ensayo: Batería de rociadores.

3 líneas: 1 línea superior con rociadores de proyección plana horizontal.

1 línea intermedia con rociadores de proyección cónica + 1 línea baja idem

A través de una bomba que suministra un caudal continuo de 2L/min/m². Esto significa para la duración total del ensayo un gasto de unos 3500 L. Es deseable que el agua proyectada pueda recogerse en un tanque y rebombearse. Para realizar este ensayo se organiza una batería de rociadores que colocados a 20 cm del panel deben cubrir la superficie de estos, (paneles terminados, pintados, con todas sus capas aplicadas y secas).

Ensayo de penetración de agua de lluvia: método de ensayo del Laboratorio de Ensayo de Aberturas y Cerramientos N° 01.

Una vez sometido el panel al ensayo de estanqueidad (figura 3) y no habiéndose producido pasaje de agua a la cara interior del mismo, este segundo ensayo tiene como objetivo medir la profundidad a que pudo haber penetrado el agua. El ensayo se realiza midiendo con un higrómetro digital el porcentaje de humedad relativa existente en la superficie del panel y en sucesivas perforaciones de profundidades a elegir en función de los materiales componentes.

Ambos ensayos persiguen el objetivo de ver el comportamiento del panel frente al agua. Al ser ensayos destructivos nos permiten sacar conclusiones sobre el diseño de la trama y las capas de embarrado. Al ser un tabique heterogéneo, las profundidades de medición con el higrómetro indicadas en el ensayo teórico, nos permiten tomar decisiones de diseño.

Ensayo de choque por cuerpo blando y pesado: método de ensayo de ISO 7892 – “Vertical building elements – Impact resistance test – Impact bodies and general test procedures”. Anexo 1: Desempenho Estrutural Relatório Técnico N° 33.800 – “Impactos de corpo mole del IPT”.

El objetivo de este ensayo (figura 4) consiste en observar el comportamiento de los paneles frente al impacto, característica que interesa analizar al momento de evaluar el sistema constructivo propuesto. Para ello se deja caer un peso desde diferentes alturas que impacta sobre la superficie externa del panel.

Aspectos térmicos – Cámara de aire: la solución del panel con cámara de aire es más eficiente térmicamente que el panel macizo. La resistencia de la cámara es superior al equivalente espesor de barro macizo. No es significativo el cambio que se produce si se varía el espesor de la cámara entre 5 cm y 10 cm, siempre y cuando este espesor no sea inferior a 5 cm ni superior a 10 cm, donde la convección del aire le quita eficiencia a la cámara. Los paramentos que conforman la cámara deben ser lisos. Esto plantea un punto crítico en el procedimiento constructivo. Es importante definir la uniformidad de la cámara que depende de la terminación de la superficie interior, lo que sería sencillo lograrlo con la colocación de una malla más cerrada que la trama junto a ésta antes de embarrar. Como alternativa de diseño bioclimático se puede aumentar aún más la eficiencia de aislamiento llenando la cámara con materiales aislantes naturales como pueden ser la cáscara de arroz o la viruta de madera.

Como todo cerramiento, estos paneles tienen que cumplir con dos propiedades importantes desde el punto de vista térmico: resistencia e inercia térmica. Lo óptimo desde el punto de vista térmico es diseñar una capa aislante (resistencia) del lado exterior y una capa maciza de mayor espesor (inercia) del lado interior. Esta propuesta incluye el uso de pinturas claras como terminación exterior, con ellas se aumenta la reflexión de la radiación solar.

Para el caso de un tabique macizo de barro:

Capas del cerramiento	Espesor e (m)	Densidad ρ (kg/m ³)	Masa e x ρ (kg/m ²)	Conductividad λ (W/m K)	Resistencia Térmica e / λ (m ² K/W)
Rsi					0,13
Barro	0,20	1600	320	0,45	0,44
Revoque exterior	0,02	2100	42	1,40	0,014
Rse					0,04
TOTAL	0,22		362		Rt = 0,62
Transmitancia U = 1/Rt	U = 1,6 W/m ² K				
Transmitancia recomendada	U = 1,6 W/m ² K *				

e = espesor del cerramiento

ρ = densidad del material que compone el cerramiento

Masa = nos indica cuánto pesa 1 m² de ese cerramiento

λ = conductividad térmica. Propiedad de conducir el calor inherente a cada material.

Rsi = Resistencia térmica superficial interior

Rse = Resistencia térmica superficial exterior

Los valores de Rsi y Rse nos indican la resistencia térmica que ofrece la capa de aire de 1 cm de espesor que se encuentra contra la superficie del cerramiento. Son valores aportados por las Normas ISO ya que son determinados en laboratorio.

* El Banco Hipotecario del Uruguay recomienda el valor de transmitancia de 0,85 W/m².K, al otorgar préstamo hipotecario.

Aspectos acústicos – El elevado peso de los muros exteriores (debido a la densidad del barro: 1600 kg/m^3) los hace particularmente buenos aislantes a los ruidos aéreos, cualidad mejorada por el uso de aberturas de dimensiones reducidas.

La opción por el **BTC**, se debió al tipo de tierra arcillosa colorada encontrada en el lugar. En este caso la máquina bloquera queda a disposición de la comunidad y ellos se apropian de la técnica. La tipología es igual al prototipo en fajina. A posteriori compararemos los resultados, ventajas y desventajas entre la fajina y el BTC.

Ensayos realizados: BTC a compresión debe ser superior a 20 kgf/cm^2 .

2 – Proyecto Demostrativo de Proterra

Previo a la construcción de los prototipos, se realizan jornadas de capacitación y transferencia de las tecnologías, en el Proyecto Demostrativo de Proterra de Cytod: la Cooperativa de viviendas Guyunusa (figura 1).

- Inicio de la obra en diciembre de 2003: se implementan las primeras jornadas.
- Abril 2005: capacitamos en el montaje de paneles de fajina y en la confección y colocación de adobes. En junio de 2005 la obra está avanzada (4 casas techadas).

3 – Casa en Paysandú

Por último la presentación de una casa unifamiliar en zona de chacras de Paysandú y el avance del catálogo de casas de tierra en el Uruguay. Con 200 metros cuadrados de techo y 90 m^2 de área habitable, esta casa de adobe da costos muy razonables (material y mano de obra total = 32 mil dólares).

4 – Consideraciones finales

Este grupo de investigación tiene un principio: la digna equidad del hábitat.

Es necesario articular escenarios que permitan crear las estrategias planificadas para la construcción del hábitat:

- 1- **Invertir en investigación** desde las políticas públicas. Tanto en el dominio de la investigación científica como en la aplicación de la técnica.
- 2- **Participar desde el sector privado**. Con altísima calidad de diseño y desempeño profesional. Es necesario el aporte de diseñadores, de proyectistas.
- 3- **Formar a nivel de posgrado regional**. La voluntad de ampliar la capacitación académica y profesional a través de cursos especializados nos ha llevado a trabajar en conjunto con Facultades de la Región (Santa Fé, Tucumán). Tenemos por delante el desafío de consolidar esta propuesta de formación.

La profundización en el dominio de las culturas constructivas, contribuirá en el desarrollo sostenible de las comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

MATERIAL RECOMENDADO DISPONIBLE EN SALTO – PROYECTO TERRA URUGUAY

- PFENNIGER y SOLUGEREN. CETAL (1987). “Autoconstrucción con madera y barro”.
- DOAT, HAYS, HOUBEN, MATUK, VOTOUX. CRATERRE. “Construir con Tierra. Tomo I”. Francia.
- DOAT, HAYS, HOUBEN, MATUK, VOTOUX. CRATERRE. “Construir con Tierra. Tomo II”. Francia.
- HOUBEN y GUILLAUD. “Traite de Construction en Terre”. Francia.
- MINKE, Gernot (1994). “Manual de Construcción en Tierra”. Alemania.
- INSTITUTO EDUARDO TORROJA. “Bases para el Diseño Solar Pasivo”. España.

Notas

(1) Arq. Rosario Etchebarne es investigadora de la Universidad de la República del Uruguay y coordina un equipo especializado en tareas de capacitación y transferencia de tecnologías de tierra. Es miembro de Proterra – Cytel. Construye casas de tierra en varias ciudades del País, desde el año 1994, utilizando adobe, fajina y BTC.

(2) Nos referimos a radicación porque en el Uruguay el único programa referido a la vivienda rural se llama MEVIR y significa movimiento de erradicación de la vivienda insalubre rural. Se ha culpado injustamente a la casa de tierra (adobe, terrón, fajina) de la insalubridad del hábitat y hasta la fecha no se han creado planes nacionales de capacitación en la bioarquitectura.

(3) PROYECTO TERRA URUGUAY: responsable científico: arq. Rosario Etchebarne; investigadora: arq. Gabriela Piñeiro; ensayos estructurales: arq. Domingo Robinson; estudios higrotérmicos: arq. Juan Carlos Silva; apoyo en diseño y catálogo: arqts: L. Vlaeminck, A. Machado, E. Rodríguez.

Foto 1 - TÉCNICA ADOBE – CANELONES – COOPERATIVA DE VIVIENDAS GUYUNUSA



Foto 2 - TÉCNICA FAJINA – MONTEVIDEO – COOPERATIVA DE VIVIENDAS VAIMACA



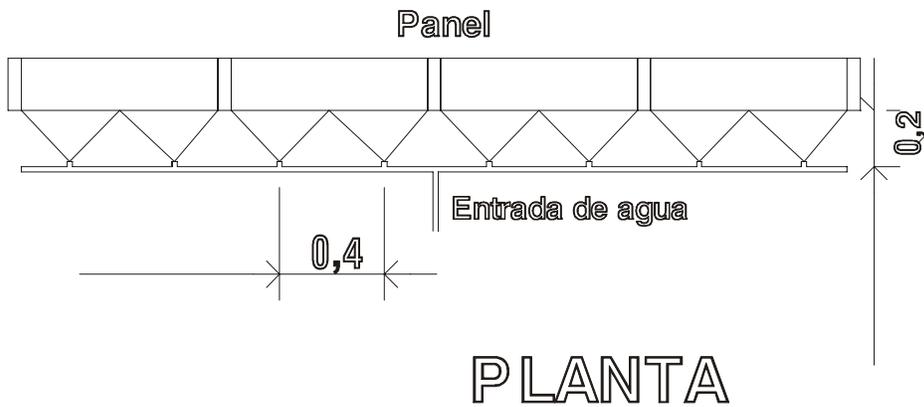
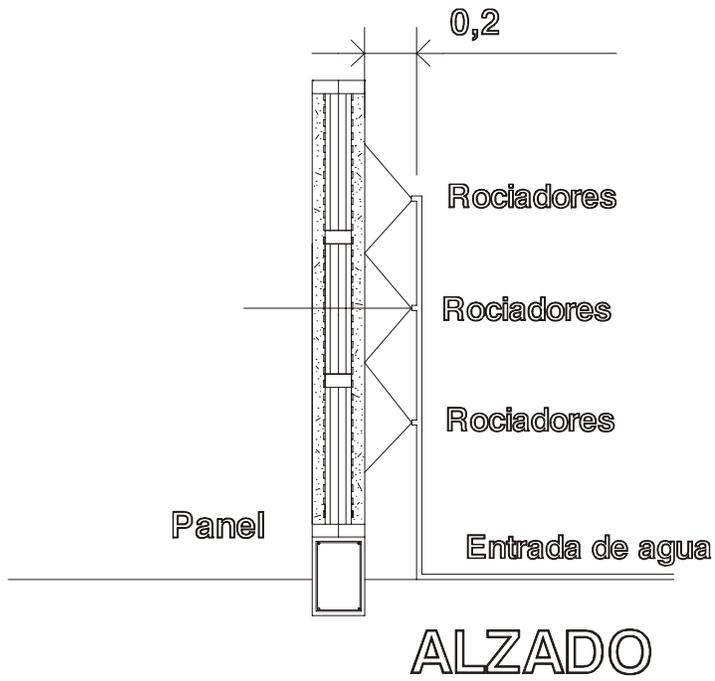


Foto 3 – ALZADO Y PLANTA DE PANELES EN ENSAYO ESTANQUEIDAD

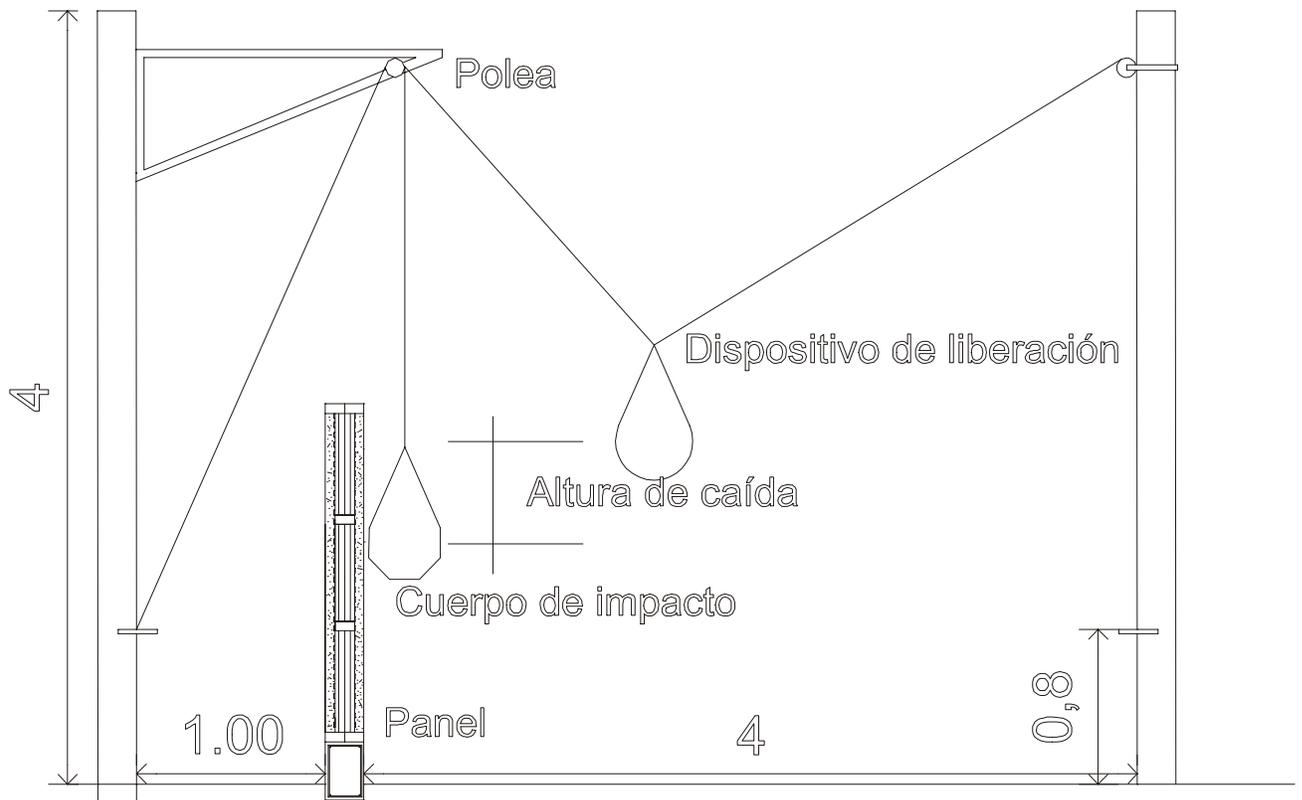


Foto 4 – PANELES EN ENSAYO CUERPO BLANDO