

Vivienda sustentable para un área rural de la provincia de Tucumán

Jorge Mas¹, Carlos Kirschbaum¹, Jesús Obando¹

Resumen

Se propone un prototipo de Vivienda Rural, para familias minifundistas. El mismo no solo responde a las necesidades económicas, sociales, culturales y climáticas de la zona donde habitan, sino que también considera los tres pilares fundamentales de la Arquitectura Sustentable: 1.- ECONÓMICO, debido a que en su construcción se utilizan recursos naturales disponibles en el área, caña de bambú para estructura de techo y cielorraso, totora como aislante térmico y tierra cruda para muros. 2.- AMBIENTAL, porque se estudiaron las orientaciones más convenientes, para ello se dimensionaron las persianas para posibilitar el ingreso de radiación solar en invierno, impidiendo el ingreso en verano. Los espesores de la envolvente de la vivienda fueron determinados para obtener condiciones de confort térmico óptimas. 3.- SOCIAL debido a que se promovió la participación de los pobladores en las distintas etapas del proceso. Además, se estudió el uso de los espacios domésticos. Mediante la incorporación de un fogón mejorado se propone mejorar la calidad del aire en la cocina y disminuir el consumo de leña para cocción y calefacción. Además, se realizaron talleres de capacitación promoviendo la construcción a cargo de los pobladores como medio de transferencia tecnológica.

Palabras clave: vivienda rural sustentable, bloque de suelo-cemento, estructuras de bambú, cocina a leña, transferencia tecnológica.

Sustainable housing for a rural area of the province of Tucumán

Abstract

A prototype of Rural Housing to smallholder families is proposed. It not only responds to economic, social, cultural and climatic needs of the area where they live, but also considers the three pillars of sustainable architecture: 1. ECONOMIC because available natural resources are used in its construction in the area, bamboo cane roof structure and ceiling, reed as thermal insulation for walls and raw land. 2. ENVIRONMENTAL, because the most convenient orientations were studied, for it

¹ Depto. de Luminotecnia, Luz y Visión (UNT) – Instituto de Investigación en Luz, Ambiente y Visión (CONICET)

Jorge Mas. Doctor Arquitecto. Jefe de Trabajos Prácticos en la Catedra de Acondicionamiento Ambiental II. Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNT. jorgemmas@gmail.com

Carlos Kirschbaum. Doctor Ingeniero. Investigador Principal CONICET. Profesor Emérito UNT – UNT. ckirschbaum@gmail.com

Jesús Obando. Especialista Arquitecto. Becario Doctoral CONICET. nanoobando@gmail.com

blinds were sized to allow the entry of sunlight in winter, preventing the entry in summer. The thicknesses of the housing envelope were determined for optimal thermal comfort conditions. 3. SOCIAL because the participation of people at different stages of the process are promoted. Furthermore, the use of domestic spaces was studied. By incorporating an improved stove aims to improve air quality in the kitchen and reduce the consumption of firewood for cooking and heating. In addition, training workshops were held to promote the construction by the settlers as a means of technology transfer.

Keywords: Sustainable rural housing, soil-cement block structures of bamboo, wood stove, technology transfer.

Introducción

En el marco del proyecto de investigación sobre desarrollo de poblaciones rurales, PICTO 2004 N°870 “Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán” financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) y del convenio entre “Unidad de Cambio Rural (UCAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) 2012” se realizó un estudio con el objetivo de desarrollar un Prototipo Sustentable de Vivienda Rural destinado a familias minifundistas. El mismo responde a necesidades económicas, sociales, culturales y climáticas de la zona.

El área de análisis y estudio es la comuna rural El Puestito (26°24'00" Sud, 64° 47'00" Oeste), ubicada en el departamento Burruyacu, a 75 km al Noreste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia de Tucumán, Argentina (Figura 1). Ocupa, en su mayor parte, el piedemonte de las Sierras de Medina, zona de la selva húmeda denominada Las Yungas. Hacia el Este se vincula con la llanura chaqueña. El clima es cálido con lluvias principalmente en el verano. Las precipitaciones varían de 400 a 800 mm por año. La zona es apta para una variada actividad agropecuaria compuesta por cultivos como caña de azúcar, maíz, trigo, citrus, palta, etc. y también para actividades de granja como el cultivo de hortalizas y la cría de aves de corral, tales como gallinas y pavos. El lugar posee un importante patrimonio en flora y fauna natural en los cerros, valles y bosques.

Teniendo en cuenta las necesidades del área en estudio, se diseñó un prototipo de vivienda rural sustentable que responda a las necesidades de los pobladores construida con recursos naturales disponibles en la zona y además tiende a responder a los tres pilares fundamentales de la Arquitectura Sustentable: 1.- ECONÓMICO, debido a que en su construcción se utilizan recursos naturales disponibles en el área, caña de bambú para estructuras de los techos y cielorrasos, totora como aislante térmico y tierra cruda para muros utilizada en forma de bloques comprimidos de suelo-cemento. 2.- AMBIENTAL, mediante el uso de materiales naturales, el estudio de las orientaciones más convenientes para dimensionar los parasoles para que permitan la entrada de la radiación solar en el invierno y la bloqueen en verano y se estudiaron los espesores más adecuados para la envolvente de tal manera de obtener condiciones de confort térmico óptimas. 3.- SOCIAL debido a que se brindó participación a los pobladores en las distintas etapas del proceso, se consideró la manera en que se usan los espacios y se incorporó una cocina a leña mejorada. Además, se realizaron talleres de capacitación y se utilizó la autoconstrucción como medio de transferencia tecnológica.

La transferencia tecnológica, generó un impacto social importante, despertando el interés de los habitantes en técnicas constructivas con recursos naturales para producir componentes para construcción y también para comercializarlos, aumentando el ingreso familiar y generando fuentes de trabajo.

El estudio y diseño forma parte de una tesis doctoral defendida por el primer autor en la Universidad Nacional de Tucumán como becario doctoral del CONICET (Mas J., 2011). Además, la propuesta obtuvo una Mención Especial en la Bienal Internacional de Arquitectura de Buenos Aires 2013, en el Premio Carrier/Bienal de Arquitectura a “la Arquitectura Sustentable”.

Figura 1. Vista satelital del área en estudio



Fuente: Google Earth

Objetivos

Mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona a través de la selección de innovaciones, desarrollo de tecnologías, construcción y equipamiento de locales, integración, optimización del consumo y aprovechamiento de recursos naturales, valorización y modernización de técnicas y recursos locales, tanto naturales como humanos.

Se pretende contribuir a:

- Introducción y desarrollo de tecnologías adecuadas para viviendas de población rural dispersa.
- Capacitar mano de obra local en técnicas conservacionistas.
- Racionalizar el uso de energía.

Estas contribuciones pueden traducirse en innovaciones tecnológicas en cuanto al calentamiento del agua, el uso de los combustibles para la cocción de los alimentos, la organización espacial de la vivienda, el uso de recursos naturales y técnicas en construcción.

Metodología

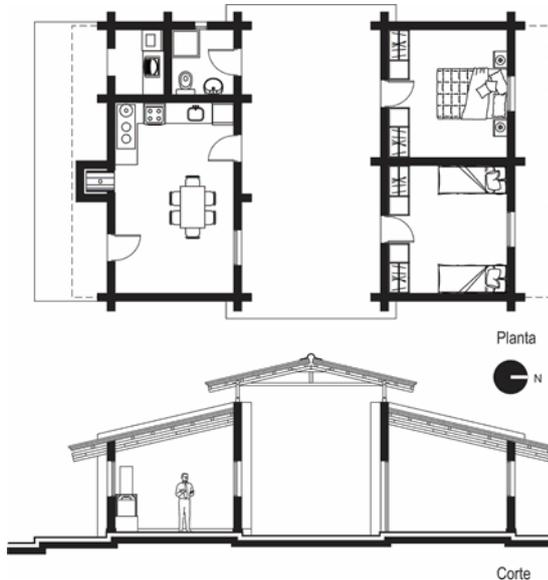
El trabajo se desarrolló en varias etapas. En la primera se realizó un diagnóstico, en el cual se consideró la relación de los habitantes con el medio ambiente y el paisaje, efectos de las condiciones de las viviendas en la salud y bienestar de los ocupantes, necesidades, demandas y deseos de los habitantes del lugar, analizando las características socio-culturales que hacen a la apropiación del espacio y de la vivienda por parte de los moradores, es decir a su modo de vivir (Mas J., 2007, Tonello G., Mas J., Raitelli M. y Kirschbaum C., 2007). Además, se realizó un relevamiento físico de los locales, materiales y métodos constructivos, tanto de los espacios cubiertos y como los semicubiertos. Los resultados demostraron que el hábitat construido en la zona, no responde a las condiciones ambientales externas para lograr un ambiente interior confortable.

A partir de los datos obtenidos se procedió al diseño y construcción del prototipo de vivienda.

Programa de vivienda

El diseño consta de dos módulos rectangulares separados. Uno de ellos contiene la zona social y servicio, es decir, cocina/comedor, baño y lavadero. El otro la zona privada, que consta de dos dormitorios. Estos módulos se vinculan mediante una galería con cubierta a dos aguas (Mas J., 2008).

Figura 2. Planimetría general de la vivienda.



Fuente: Figura realizada por los autores

Figura 3. Estado actual de la obra.



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Uso de recursos naturales para la construcción

El cerramiento vertical se materializa mediante el uso de la tierra en forma de Bloques de Suelo-Cemento (BSC) (mezcla de tierra, cemento y agua, que se compacta a presión mediante prensa manual tipo CINVA RAM). El cerramiento horizontal se conforma a través de 3 cubiertas cuya estructura principal y cielorraso son de caña de bambú y se utiliza totora como aislante térmico.

Mampostería de bloques de suelo cemento (BSC)

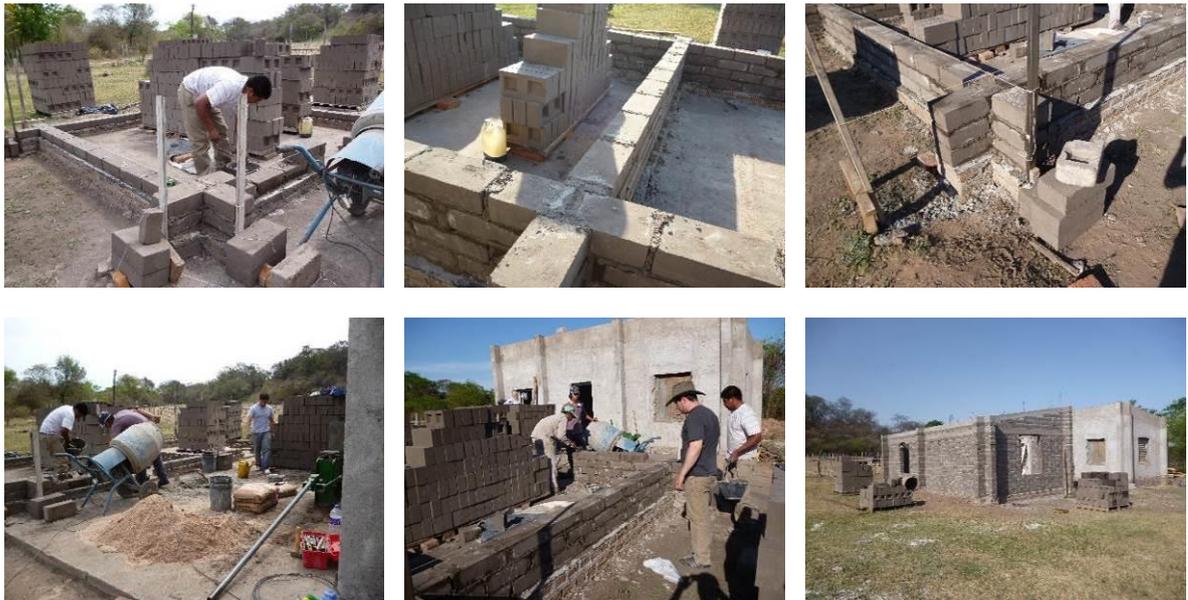
Tierra cruda, en forma de bloques comprimidos de suelo-cemento sirven como mampuestos para materializar la componente opaca de los cerramientos verticales exteriores e interiores (Figura 4).

Figura 4. Proceso de fabricación de Bloques de Suelo Cemento



Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Figura 5. Proceso de fabricación de mampostería de BSC



Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Las dimensiones de los bloques (11 x 18 x 36 cm) se determinaron teniendo en cuenta que los mismos deben:

- Tener las condiciones adecuadas de aislamiento térmico. En un muro construido con ellos, $1,80 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ se obtiene de Transmitancia Térmica², valor mínimo recomendado por NORMA IRAM 11601:1996 para la zona bioclimática a la que pertenece el sector en estudio.

² Este valor surge de considerar que según Norma IRAM 11601.1996, la Conductividad Térmica de los BSC varía entre $0,32$ a $0,62 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, para pesos específicos de 1500 a 1800 Kg/m^3 . Considerando que el peso promedio

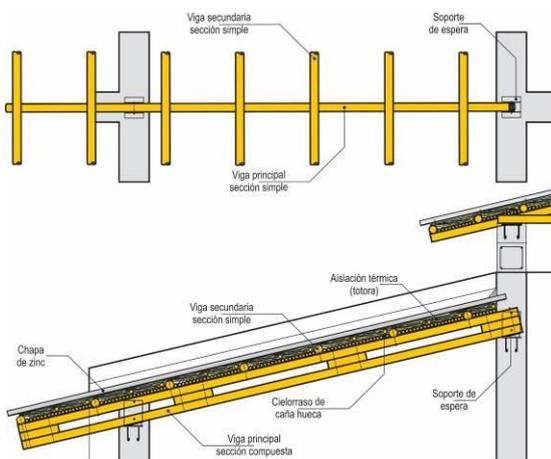
- Su peso, tamaño y manejabilidad sean adecuados para los operarios de la obra.
- Dosificación determinada 1(cemento): 8(tierra) y muy poca agua para la mezcla de elaboración. El ínfimo uso de este último recurso es importante destacar ya que escasea en la zona.
- Resistencia adecuada. Ensayos de laboratorio, realizados por los autores en el CRIATIC³ muestran una resistencia promedio de 55,90 kg/cm². Considerando que la resistencia mínima de un ladrillo cerámico común, clase C es de 60 kg/cm² (según Norma IRAM 12586), los valores de resistencia alcanzados son adecuados.

Cubiertas de estructuras de bambú

El bambú es recurso muy común en las construcciones realizadas por los pobladores de la zona. Sin embargo, no se le realiza ningún tipo de tratamiento, lo cual lo hace propenso al ataque de hongos e insectos xilófagos. Para sanear esta situación, es necesario someter a las cañas a procesos de curado. Una sencilla y económica manera de curar las cañas, es sumergirlas en una solución de agua, bórax y ácido bórico durante 48 hs. Luego, se las coloca al aire libre durante 90 días para el proceso de secado. Se usaron dos tipos de cañas en esta construcción: *Bambusa Vulgaris*, de 12 cm de diámetro para construir las estructuras resistentes de la cubierta y *Bambusa Tuldoides*, de 4 cm de diámetro para materializar el cielorraso. Se usaron dos tipos de estructuras para las cubiertas de la vivienda:

- **Vigas de sección compuesta** en los módulos que contienen las zonas privada y social y de servicio. Esta alternativa sirve para aumentar el momento de inercia y, por lo tanto, la resistencia del conjunto (Figuras 6 y 7).

Figura 6. Viga de sección compuesta



Fuente: Figura realizada por los autores

Figura 7. Montaje de viga de sección compuesta



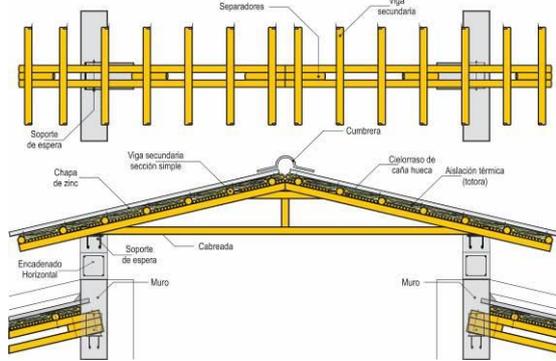
Fuente: Fotografía tomada por los autores

de los bloques fabricados es 11,05 Kg y el volumen 0,0065 m³, se puede valorar fácilmente el peso específico. El mismo surge de dividir 11,10 Kg/0,0065 m³ = 1707,69 Kg/m³. Interpolando los valores se puede estimar que la conductividad térmica de los bloques fabricados es de 0,53 W/m² °C.

³ Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

- **Reticulado** (cabreada de bambú) cubierta a dos aguas en galería, responde al diseño formal, a las solicitaciones a las que están sometidos los elementos estructurales y luces a salvar (Figuras 8 y 9).

Figura 8. Reticulado (cabreada de bambú)



Fuente: Figura realizada por los autores

Las uniones entre cañas se realizaron mediante varillas roscadas para conformar cada tipo de estructura. Mientras que las uniones de las estructuras de bambú y encadenados de cerramiento a través de pañuelos metálicos.

Para evitar generar ambientes calurosos en verano y fríos en invierno, se estudió la posibilidad de utilizar paja (en este caso totora, que crece en pantanos cercanos) como aislante térmico natural. La misma se colocó encima del cielorraso de cañas de bambú (Figura 10 y 11).

Figura 10. Totora (aislante térmico)



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Figura 9. Montaje de reticulado



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Figura 11. Colocación de totora en cubierta

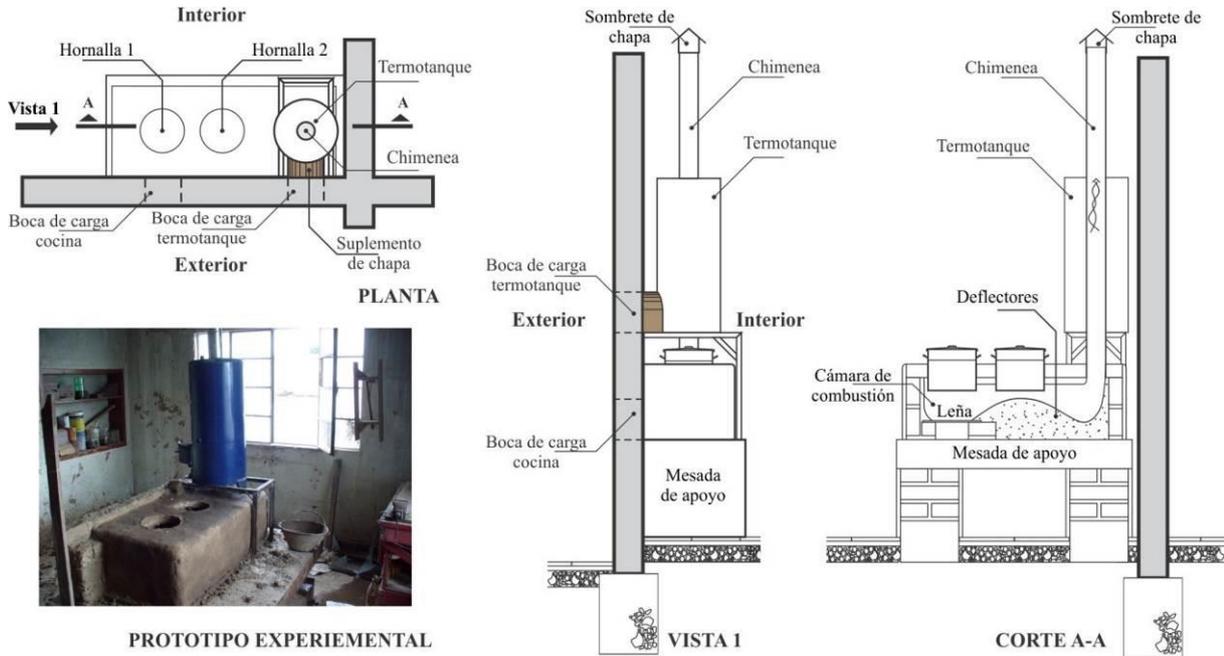


Fuente: Fotografía tomada por los autores

Además, se incorporó en esta vivienda una cocina a leña mejorada (Figura 12), que utiliza alrededor de un 25% menos de leña, que el fogón a fuego abierto. Por otro lado, reduce la contaminación del ambiente interior generada por los fogones existentes en la zona. El calor residual expulsado por la chimenea (Figura 13), se utiliza para elevar la temperatura del agua que contiene un calentador a leña ubicado sobre la cocina (Mas J., Kirschbaum. & Obando J., 2013). Es importante resaltar que en la prueba de funcionamiento de la cocina se detectaron pequeñas fugas de humo entre las ollas y los

orificios donde van ubicadas, para ello se eliminaron las fugas provisoriamente esparciendo arena en las juntas (Figura 14). Otra alternativa por probar es el uso de burletes de alta presión en lugar de arena. También se previó en la vivienda la incorporación de un horno ecológico y un calentador solar. Respecto a este último, se está estudiando un colector con manguera negra y envases plásticos, elementos de bajos costos (Figura 15).

Figura 12. Cocina a leña mejorada



Fuente: Figuras realizadas por los autores

Figura 13. Prueba de funcionamiento de cocina



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Figura 14. Solución provisoria de fuga de gases



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Figura 15. Ubicación de tanque y prototipo de colector de manguera negra y botellas de plástico



Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Resultados

- Los resultados muestran que los BSC cumplen con las condiciones de aislamiento térmico y resistencia adecuada que los hace apropiados para materializar los cerramientos verticales de las viviendas de los pobladores con un bajo costo, prácticamente impermeables, estables en el tiempo. Además, se diseñaron para ser colocados “de soga”, con lo que se construyen más m² de mampostería en menor tiempo.
- El curado del bambú logra evitar el ataque de insectos lo cual lo pueden degradar.
- Las vigas de sección doble aumentan el momento de inercia y por lo tanto la resistencia del conjunto.
- La cocina mejorada posibilita un mejor aprovechamiento de la leña y reduce la contaminación interior. Por otro lado, usa el calor residual para calentar agua contenida en el termotanque que abastece la vivienda.
- Según comentarios de los pobladores la casa, en la estación de verano, es más fresca que las que poseen.

Para transmitir en la zona la tecnología del suelo-cemento, el correcto uso del bambú e inserción de la cocina a leña mejorada se organizaron capacitaciones a los pobladores para que se apropien de dichas técnicas (Figuras 16, 17, 18 y 19).

Figura 16. Capacitación en BSC





Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Figura 17. Capacitación en bambú – Viga de sección compuesta



Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Figura 18. Capacitación en bambú - Cabreada





Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Figura 19. Capacitación en construcción de cocina a leña mejorada



Fuente: Fotografías tomadas por los autores

Exponiendo la existencia de estas tecnologías, describiendo sus ventajas y demostrando la factibilidad del proceso de construcción, se consiguió despertar el interés de los habitantes. La transferencia tecnológica, generó un importante impacto social y despertó el interés de algunos habitantes de usar técnicas conservacionistas, pretendiendo producir componentes para la construcción con recursos naturales de la zona, no solo para construir y/o ampliar su vivienda, sino también para comercializarlos en la zona y lugares cercanos, aumentando de esta forma el ingreso familiar y generando fuentes de trabajo.

Conclusiones

Se demostró que, mediante el correcto uso de los recursos naturales, es posible alcanzar condiciones adecuadas de confort, durabilidad y habitabilidad en viviendas de bajo costo. Intentando responder a los tres pilares que componen la arquitectura sustentable es que se utilizaron de la forma antes descrita, los recursos naturales de la zona (Componente Económico), se aprovechó de la mejor

manera posible el capital social y cultural existente en el área (Componente Social) y se aplicaron pautas de diseño bioclimático (Componente Ambiental).

Se piensa que, con las estrategias utilizadas, las innovaciones insertadas en la zona y capacitación de pobladores, se está ayudando a mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas la zona estudiada y por lo tanto contribuyendo a mejorar la calidad de vida de sus pobladores.

Bibliografía

- Arias L., Alderete C. & Mellace R. (2004). Variación de la resistencia del BTC según distintos estados hídricos. En *Libro de Memorias III Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra (II SIACOT)* (págs. 235-244). Tucumán, Argentina.
- Mas J. (2007). Análisis de viviendas en un área rural de la provincia de Tucumán. *Terceras Jornadas de la Asociación Argentino Uruguaya de Economía Ecológica ASAUUE*. Tucuman, Argentina.
- Mas J. (2008). Prototipo de vivienda para un área rural de la provincia de Tucumán. Segundas Jornadas de Jóvenes Investigadores. Tucumán, Argentina.
- Mas J. (2011). Innovación y desarrollo tecnológico para unidades productivas familiares en áreas rurales de la provincia de Tucumán.
- Mas J., Kirschbaum C. & Obando J. (2013). Diseño y evaluación de una cocina a leña. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (ISSN: 0329-5184). Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 17, 01-09.
- Negrete J. (2006). Software: Visual_K. Proyecto CIUNT 26/B 309. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- NORMA IRAM 11601:1996. (s.f.). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en regimen estacionario.
- R, Arias L. Alderete C. & Mellace R. (2003). Control de la absorción de agua en bloques comprimidos de suelo-cemento. Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra cruda FAU-UNT.
- Saleme H. (11 de 01 de 2011). Proyecto Bambú. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Tucumán (1995). Obtenido de http://www.pro-bambu.com.ar/index.php?option=com_content&view=category&id=2&Itemid=4
- Tonello G., Mas J., Raitelli M. & Kirschbaum C. (2007). Factores ambientales en viviendas de una zona rural y su efecto en las personas. *V Congreso de Medio Ambiente*. La Plata, Buenos Aires, Argentina.