

## **ESTUDIOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE SUELO-CEMENTO**

J. M. Mas<sup>1</sup>, C. F. Kirschbaum<sup>2</sup>

Instituto de Luz, Ambiente y Visión (ILAV) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Universidad Nacional de Tucumán

Av. Independencia 1800, C.P. 4000 – Tucumán

Tel. +54 381 4364093, Int. 316/176 – Fax +54 381 4361936. E-mail: ilum@herrera.unt.edu.ar

*Recibido: 10/08/12; Aceptado: 05/10/12*

**RESUMEN:** Se describe un trabajo de investigación y transferencia, realizado en El Puestito (Burruyacu, Tucumán), cuyo objetivo principal es determinar la dosificación más adecuada para fabricar bloques de suelo-cemento que se utilizaran para la construcción de un prototipo de vivienda que responde a las características socio-culturales de los habitantes del lugar. Con dos muestras de suelo, se fabricaron probetas, haciendo dosificaciones con la mezcla de las dos muestras a la vez y con cada una por separado. Teniendo en cuenta lo indicado en Norma IRAM 1546, a los 28 días fueron sometidas a la compresión hasta la primera fisura, incrementando la misma hasta la rotura. Los resultados muestran que a medida que aumenta la presión de fabricación, aumenta la resistencia a la compresión y por otro lado, las dosificaciones en las cuales se aumenta la relación entre la cantidad de suelo 1 con respecto a la de suelo 2, producen un aumento de la resistencia a la rotura.

**Palabras clave:** suelo-cemento, vivienda rural, transferencia tecnológica.

### **INTRODUCCION**

En el marco de un proyecto de investigación sobre desarrollo de poblaciones rurales, denominado PICTO N° 870<sup>3</sup> “Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán”, se diseñó un prototipo de vivienda para familias minifundistas.

El trabajo se desarrolló en varias etapas. En la primera se realizó un diagnóstico general del área, considerando 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. et. al. 2007).

Teniendo en cuenta las características climáticas del lugar, los materiales disponibles en la zona, los saberes populares y conociendo las demandas y necesidades de la población, se procedió a diseñar un prototipo de vivienda. El mismo consta de dos módulos rectangulares unidos por un espacio semicubierto que los vincula (Ver Figura 1). Está pensado para ser construido utilizando recursos naturales disponible en el área, tal como caña de bambú para estructura del techo y cielorraso, totora como aislante térmico y tierra para los muros (Mas J. 2008).

Los objetivos específicos de esta investigación son mejorar la calidad de vida y las condiciones laborales de los pobladores de la zona de análisis a través de la selección de innovaciones, desarrollo de tecnologías vinculadas a la construcción y equipamiento de locales, optimización del consumo y aprovechamiento de energía en los ciclos productivos y domésticos, valorización y modernización de técnicas y recursos locales, tanto naturales como humanos.

Se pretende contribuir en la introducción y el desarrollo de tecnologías adecuadas para viviendas de población rural dispersa, contribuciones que 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, y en el uso de los materiales y técnicas constructivas.

En la actualidad, en la localidad analizada, el trabajo continúa mediante la construcción de un prototipo modelo de la vivienda diseñada. Esta etapa se enmarca en dentro del proyecto “Promoción del Desarrollo Local en la localidad de El

---

<sup>1</sup> Doctor en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente. Arquitecto. Jefe de Trabajos Prácticos. Cátedras de: Introducción Técnica y Acondicionamiento Ambiental II. Facultad de Arquitectura y Urbanismo –Universidad Nacional de Tucumán.

<sup>2</sup> Doktor Engineer. Licenciado en Física. Investigador Principal CONICET. Profesor Titular. Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología –Universidad Nacional de Tucumán. Director del Instituto de Luz, Ambiente y Visión (ILAV) CONICET/UNT.

<sup>3</sup> Los resultados del mencionado proyecto se describen en un libro de reciente edición (Kirschbaum, 2011)

Puestito”, financiado por la Unidad para el Cambio Rural (UCAR) dependiente del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la nación.

La mencionada construcción sirve como medio para la inserción y la transferencia de la tecnología propuesta para la construcción de viviendas. Además, posibilita la asistencia técnica y capacitación de grupos de emprendedores, conformados por pobladores de la zona que se dedican a producir y comercializar bloques de suelo-cemento y elementos estructurales de bambú.

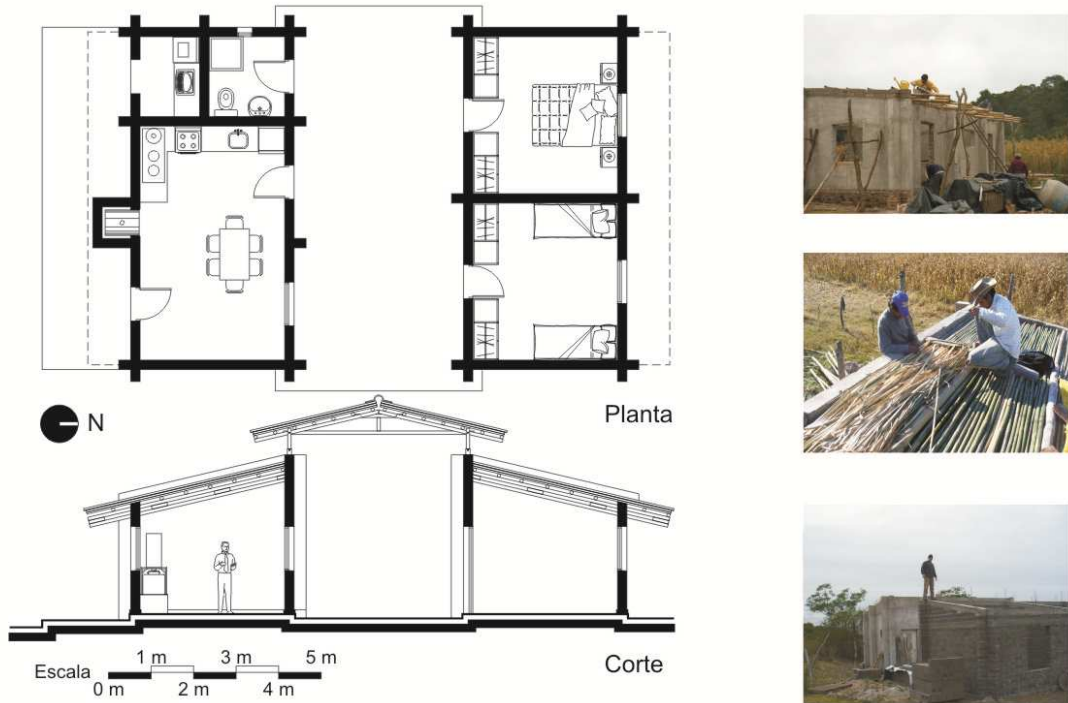


Figura 1. A la izquierda: Planimetría general de la vivienda diseñada. A la derecha: Construcción de un prototipo piloto en el área estudiada.

El presente artículo se refiere específicamente a la manera en que se realizó el estudio para definir la dosificación más adecuada para la fabricación de bloques comprimidos de suelo-cemento utilizados para la construcción de muros, las consideraciones que fueron tenidas en cuenta para definir las dimensiones de los mismos y la manera en que se realizó la transferencia de esta tecnología.

#### AREA DE ESTUDIO

El área de estudio y análisis es la comuna rural El Puestito (26° 24' 0" Sud, 64° 47' 0" Oeste), ubicada en el departamento de Burruyacu, a 75 Km al noreste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia de Tucumán, Argentina. Ver Figura 2.

La comuna 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 600 mm por año.

La zona es apta para una variada actividad agropecuaria compuesta por cultivos como caña de azúcar, maíz, trigo, citrus, palta y los introducidos en los últimos años con importante crecimiento de la soja y la cría de vacunos, cerdos y caballos. Es zona propicia para las actividades de granja como el cultivo de hortalizas y la cría de aves de corral, tales como gallinas y pavos, que en gran proporción están orientadas a atender la subsistencia familiar.

El lugar posee un importante patrimonio en flora y fauna natural en cerros, valles y bosques. La existencia de terrenos quebrados y la presencia de pequeños propietarios en la mayor parte del territorio, distribuidos en pequeños y medianos predios de entre 0,5 a 50 hectáreas, actúan también como barrera para la explotación extensiva de los suelos y recursos naturales.

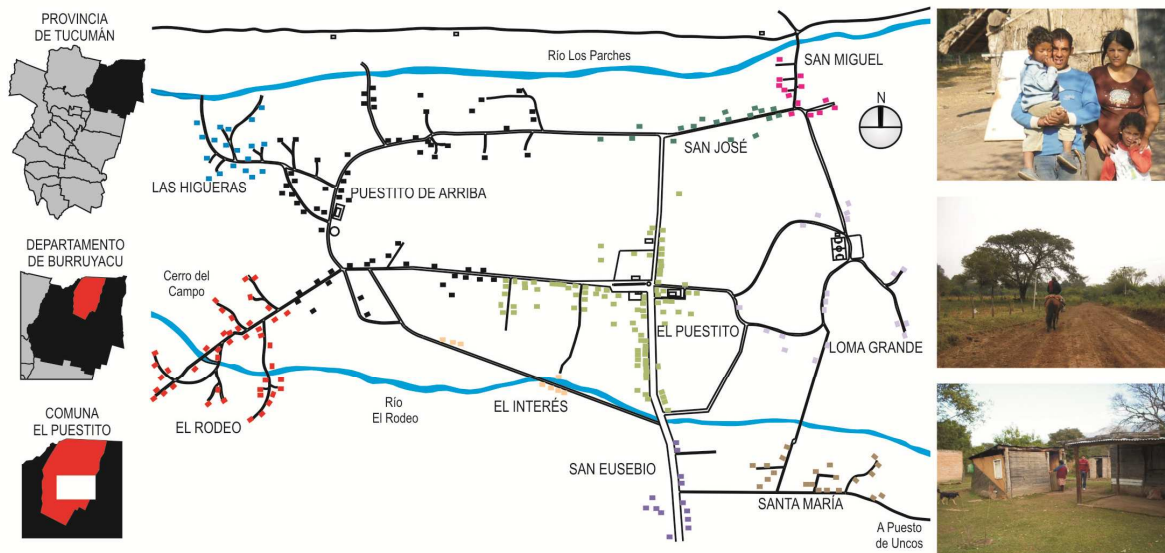


Figura 2: Plano de ubicación del área en estudio.

## LA ENVOLVENTE

La envolvente de un edificio tiene, entre otras, las funciones de actuar como elemento moderador de las condiciones ambientales externas y delimitar los espacios arquitectónicos en donde se desarrollan las distintas actividades humanas, con el fin de lograr un ambiente interior confortable, eficiente y saludable, en otras palabras, debe estar preparada para brindar a sus ocupantes protección contra las agresiones externas: lluvia, ruido, radiación solar, por nombrar solo algunas.

Está compuesta por cerramientos horizontales y verticales. Entre los horizontales encontramos al techo y al piso. Los verticales se refieren a los muros y aberturas. Los primeros pueden ser realizados con diferentes materiales y métodos constructivos, como por ejemplo, mampuestos de ladrillos cerámicos comunes, bloques de hormigón, piedra, etc. Se conocen como mampuestos, a aquellos que son colocados en forma manual y superpuestos.

Las mamposterías constituyen sistemas constructivos realizados mediante técnicas de ejecución simples. Estas se basan en la superposición ordenada de mampuestos unidos con mezclas de asiento, formando juntas horizontales y verticales, con el objeto de obtener un comportamiento monolítico frente a la acción de cargas exteriores. (Arias L., Alderete C. y Mellace R. 2004).

Cada uno de los elementos de la envolvente debe estar diseñado para soportar los esfuerzos o sollicitaciones a las que están sometidos. Mientras que, por ejemplo, una losa está sometida a esfuerzos de flexión y corte, un muro generalmente trabaja a la compresión. Por ello es de suma importancia que los mampuestos con los que se pretende materializar la envolvente vertical, en nuestro caso en particular, bloques de suelo-cemento, tengan una adecuada resistencia a esta sollicitación, de tal manera que les permita soportar convenientemente los esfuerzos a los que se ven sometidos.

Los bloques de suelo-cemento comprimidos, tienen la ventaja frente a otros conformados por materiales industrializados como son los ladrillos cerámicos comunes o huecos, de poder ser diseñados para responder a las necesidades de cada caso en particular. (Arias L., Alderete C. y Mellace R. 2003). Por este motivo, es que el diseño de un bloque de suelo-cemento comprende la cuantificación o dosificación de la cantidad necesaria de cada uno de los componentes que forman la mezcla a emplear en la fabricación. Las variaciones en las cantidades a utilizar de cemento, tierra y agua, modifican la resistencia del elemento.

La geometría de los bloques es otro factor a tener en cuenta, ya que a mayor espesor (de un material cualquiera), menor transmisión de calor y por lo tanto mejor comportamiento desde el punto de vista térmico.

Estos bloques, además de ser de bajo costo, tienen otra ventaja interesante de destacar que es el uso de la tierra que, al mismo tiempo de ser una material fácil de obtener, tiene un impacto ecológico muy importante ya que, por ejemplo, para la cocción de ladrillos cerámicos comunes se quema leña, lo que provoca daños al medioambiente. Una ventaja adicional es que en la construcción, el costo del flete es elevado, por lo que el uso de la tierra del lugar donde se planea edificar posibilita reducir costos.

## METODOLOGÍA

Según indicaciones del delegado comunal del área estudiada, se identificaron zonas pertenecientes a terrenos propios de la comuna de los cuales podía extraerse muestras de suelo para estudiarlas. Se extrajeron dos muestras de suelo que fueron ensayadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, con el fin de determinar el tipo de suelo extraído. Para ello se estableció, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad y granulometría. Los resultados obtenidos de en estos ensayos se detallan en Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de los ensayos de plasticidad y granulometría.

Suelos	Plasticidad (%)			Ensayo granulométrico (% que pasa)		
	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de plasticidad	Tamiz N° 10	Tamiz N° 40	Tamiz N° 200
Muestra 1	29,5	12,3	11,2	97,3	89,4	68,6
Muestra 2	No plástico	No plástico	No plástico	98,7	93,6	22,3

Teniendo en cuenta el sistema unificado de clasificación de suelos (Casagrande), utilizando la carta de plasticidad y colocando los valores de límite líquido e índice de plasticidad correspondientes a ambas muestras se deduce que la muestra N°1 corresponde a arcilla de baja plasticidad grupo CL y la muestra N° 2 a arena fina grupo SC.

Una vez conocidas las características de los suelos, se fabricaron probetas de suelo-cemento, se dosificó con la mezcla de las dos muestras a la vez, (considerando dosificaciones de 1:8:2, 1:7:3, 1:6:4), y con cada una por separado (1:10:0, 1:8:0, 1:0:10, 1:0:8), mezclando los materiales en volúmenes aparentes en estado seco, adicionando la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla de bajo tenor de humedad y de aspecto casi seco. Las dosificaciones se indican de la siguiente manera: Cemento: Suelo 1: Suelo 2. Es decir que, 1:8:2, indica una mezcla realizada con 1 parte de cemento Portland, 8 partes de la muestra del suelo 1 y 2 partes de la muestra del suelo 2. De la misma manera, una dosificación de 1:10:0, indica una mezcla realizada con 1 parte de cemento Portland, 10 partes de la muestra de suelo 1 y 0 partes de muestra de suelo 2.

Luego de elaboradas las mezclas, se llenaron probetas cilíndricas de 6 cm de diámetro por 6 cm de altura y se las sometió a dos presiones distintas de fabricación: 5 Kg/cm<sup>2</sup> y 10 Kg/cm<sup>2</sup>. Para cada una de las variables utilizadas se realizaron 5 probetas. Teniendo en cuenta lo indicado en Norma IRAM 1546, a los 28 días y luego del proceso de secado, las probetas fueron sometidas a la compresión con una prensa manual, para determinar la resistencia a la compresión de cada una de ellas.

En cuanto al secado, consiste simplemente en estibar las probetas en un local a temperatura ambiente.

## RESULTADOS

Los datos obtenidos muestran que el aumento de la resistencia a la compresión depende de dos variables, por un lado del aumento de la presión de fabricación y por otro, del aumento de la proporción de tierra de la muestra 1 con respecto a la de la muestra 2. Como resultado, con una dosificación igual a 1:8:2 y a 5 Kg/cm<sup>2</sup> como presión de fabricación, se obtiene una resistencia a la rotura de 41,9 Kg/cm<sup>2</sup>. Al mantener la misma dosificación y aumentar la presión de fabricación hasta los 10 Kg/cm<sup>2</sup> se incrementa la resistencia a la rotura en aproximadamente 15,9% con respecto al valor anterior, es decir que se eleva hasta los 48,6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Al variar la dosificación y utilizar una igual a 1:7:3, se mantuvo la misma tendencia, es decir hubo un incremento de la resistencia a la rotura conforme aumenta la presión de fabricación. Para 5 Kg/cm<sup>2</sup> de presión de fabricación, el valor de la resistencia a la rotura fue de 32,6 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para 10 Kg/cm<sup>2</sup>, 38,0 Kg/cm<sup>2</sup>, lo que muestra un incremento del 14,2% la resistencia de la segunda contra la primera.

Al utilizar una mezcla de dosificación igual a 1:6:4, manteniendo constantes las mismas presiones de fabricación, se obtuvieron resistencias a la rotura con valores de 28,3 Kg/cm<sup>2</sup> y 32,7 Kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa un incremento de 15,5%.

Para mezclas en donde la cantidad de tierra de la muestra 2 es mayor que la de muestra 1, es decir dosificaciones de 1:2:8, 1:3:7 y 1:4:6, se obtuvieron, para presiones de fabricación de 5 Kg/cm<sup>2</sup>, 26,9 Kg/cm<sup>2</sup>, 30,2 Kg/cm<sup>2</sup>, 36,6 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión, para presiones de fabricación de 10 Kg/cm<sup>2</sup> resistencias de 31,8 kg/cm<sup>2</sup>, 35,4 kg/cm<sup>2</sup> y 42,7 kg/cm<sup>2</sup>, lo que se traduce en incrementos de 15,4%, 14,6% y 14,2%.

Los mejores resultados se obtuvieron con mezclas preparadas con el suelo 1, ya que la resistencia a la compresión siempre es mayor en las probetas fabricadas con ella. Así se tiene que para una dosificación 1:10 de la muestra 1, se obtienen, a 5 Kg/cm<sup>2</sup> de presión de fabricación, 59,5 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la misma dosificación y presión de fabricación pero con muestra del suelo tipo 2, nos da 32,8 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia. En el caso de utilizar una dosificación de 1:8, se obtiene 75,4 Kg/cm<sup>2</sup> para el suelo 1 y 39,8 Kg/cm<sup>2</sup> para el suelo 2.

Cabe aclarar que, si se mantienen las dosificaciones y se aumenta la presión de fabricación, aumenta también la resistencia a la rotura. Es así que una dosificación de 1:10 a 10 Kg/cm<sup>2</sup>, genera una resistencia de 64,9 Kg/cm<sup>2</sup> para el suelo 1 y de 39,6 Kg/cm<sup>2</sup> para el 2. Por último, con una mezcla de 1:8 a 10 Kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvo, para el suelo 1, 84,5 Kg/cm<sup>2</sup> y para el 2, 45,6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Como era de esperar y como puede entenderse por los resultados obtenidos, a medida que aumenta la proporción de cemento con respecto a la tierra, aumenta también la resistencia a la compresión, sin importar la muestra utilizada ni la presión de fabricación.

En Figura 3, se grafican los valores obtenidos para cada prueba realizada. En rojo están representadas las probetas fabricadas con presiones de 5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en verde las fabricadas con presiones de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las dosificaciones utilizadas en cada caso se indican en la parte inferior de la misma figura.

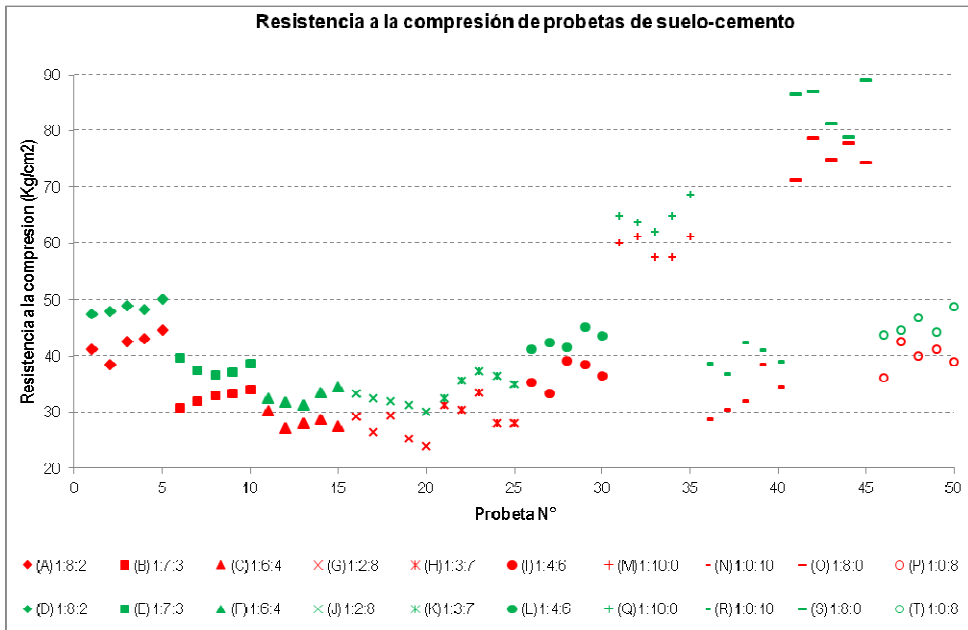


Figura 3. Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento. En rojo probetas fabricadas con presiones de 5 Kg/cm<sup>2</sup>, en verde con presiones de 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los mejores rendimientos se obtuvieron utilizando para la fabricación de las probetas, morteros realizados con la muestra de suelo 1. Se recomienda no utilizar para este caso particular mezclas de los dos suelos, ya que las resistencias obtenidas son menores que se si utiliza el suelo 1 solamente.

El suelo 2 utilizado por separado no da buenos resultados en cuanto a las resistencias a la compresión logradas.

Comparando los valores de resistencia a la compresión obtenidos en los ensayos se determina que es conveniente utilizar el suelo 1 con proporciones de cemento de entre 10 y 12,5%, esto es dosificaciones de 1:8 a 1:10.

### BLOQUES DE SUELO-CEMENTO

Una vez obtenidos la dosificación más conveniente para el tipo de suelo a utilizar, se procedió a realizar la fabricación de los mampuestos mediante una prensa manual. Las dimensiones de cada bloque se determinaron teniendo en cuenta que:

- El espesor debe ser suficiente para lograr un adecuado comportamiento desde el punto de vista térmico.
- Las dimensiones del mampuesto y su peso sean apropiados para lograr un manejo simple.

Del diagnostico realizado surge que, en el área estudiada, son muy utilizados los muros de ladrillos cerámicos comunes colocados "de sogá", vulgarmente conocidos como pared de 15. Tomando en cuenta los valores máximos admisibles de transmitancia térmica definidos en Norma IRAM 11605:1996, según la clasificación Bioclimática de la República Argentina, Norma IRAM 11603:1996, este tipo de muro no brinda condiciones adecuadas de aislamiento térmico, ya que tiene una transmitancia térmica de 2,77 W/m<sup>2</sup>°C, mientras que el mínimo recomendado es de 1,80 W/m<sup>2</sup>°C.

Es sabido que al aumentar el espesor del cerramiento colocando los ladrillos "en tizón", vulgarmente conocido como muro de 30, disminuye la transmitancia térmica, por lo que mejora el comportamiento en cuanto a la transmisión del calor. Las desventajas están en que esto incrementa los costos, su puesta en obra es más complicada y requiere mano de obra más experimentada. Es probable que estas cuestiones incidan en los habitantes de menores recursos a utilizar los ladrillos cerámicos "de sogá" y no "de tizón" al momento de construir los muros exteriores, con las consecuencias antes descriptas.

La unidad propuesta está pensada para ser replicada por los propios habitantes del área estudiada, es por ello que se adoptó como pauta importante para determinar las dimensiones de los bloques, el hecho de obtener un mampuesto que, colocado "de sogá", brinde las condiciones necesarias de aislamiento térmico recomendadas por las normas IRAM.

Si se diseñan bloques cuyas dimensiones estén pensadas para ser colocados de "de tizón", se corre el riesgo de que ocurra lo que pasa actualmente con los ladrillos cerámicos comunes, es decir, ser mal utilizados, debido a que en la mayoría de las viviendas relevadas se construyen los muros exteriores colocándolos de sogá, con lo que se obtiene un espesor inadecuado para brindar condiciones mínimas de acondicionamiento térmico.

Mediante la aplicación de un software que sirve para calcular la Transmitancia Térmica K (Negrete J. 2006), se calculó la transmitancia térmica para distintos espesores de muros de bloques de suelo-cemento. Ver Figura 4.

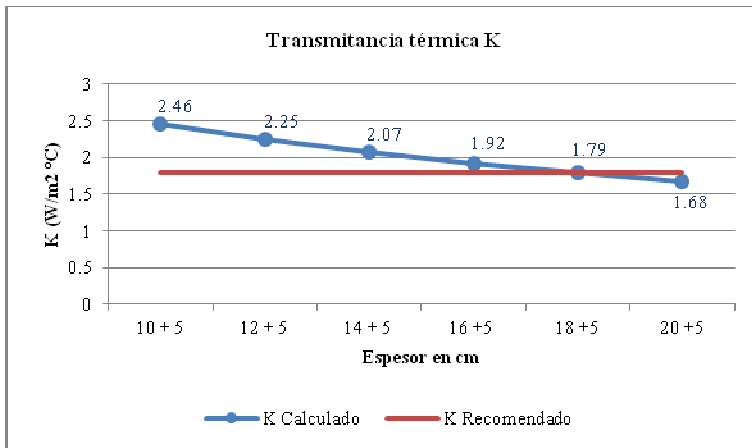


Figura 4. Valores de transmitancia térmica para distintos espesores de muros de bloques de suelo-cemento.

El primer número del eje horizontal indica el espesor del bloque, mientras que el segundo el espesor del revoque de ambas caras.

En la Figura 4, la línea bordo representa la transmitancia térmica recomendada según Normas IRAM para la zona bioclimática en estudio, mientras que la línea azul representa la transmitancia térmica para distintos espesores de muros. Puede apreciarse que a medida que aumenta el espesor, disminuye la transmitancia térmica. El espesor mínimo necesario para cumplir con las recomendaciones es de 18 cm, valor que será adoptado como el espesor de los mampuestos.

En general, en todos los ladrillos, el largo es el doble que el ancho, lo que en este caso en particular son 36 cm.

Se considera que un mampuesto de 0,18 cm x 0,36 cm x 11 cm de alto, cumple convenientemente con las pautas de diseño planteadas en un principio, ya que:

- Los valores de aislamiento térmico obtenidos cumplen con los recomendados por Normas IRAM.
- Su peso, tamaño y manejabilidad de colocación, según los operarios que trabajan en la obra, son adecuados.

## PRODUCCIÓN DE BLOQUES PARA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO

Determinada la dosificación adecuada al tipo de tierra a usar y las dimensiones convenientes según las pautas planteadas, se procedió a fabricar bloques de suelo-cemento mediante el uso de una prensa manual tipo CINVA RAM.

Para difundir en la zona la tecnología del suelo-cemento, se organizó y coordinó un seminario tipo taller dictado en la sede de la comuna. Exponiendo la existencia de esta tecnología, contando sus ventajas y demostrando la facilidad del proceso de fabricación, se consiguió despertar el interés de los habitantes.

El seminario se estructuró en dos partes, la primera fue una exposición oral a cargo del Arq. Rafael Mellace, Director del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán quien tiene amplia trayectoria en el tema. La segunda, fue una actividad práctica, mediante la cual los presentes tuvieron la oportunidad de utilizar una prensa manual CINVA RAM y fabricar algunos mampuestos. La amplia difusión otorgada, coordinando tareas con el delegado comunal, realizando publicidad en una radio local y pegando afiches en lugares estratégicos de la comuna, fue fundamental para lograr el éxito. Muchos pobladores, tanto hombres como mujeres, asistieron y participaron, mostrándose muy satisfechos por las características de la tecnología expuesta. Ver Figura 5.



Figura 5. Seminario taller llevado a cabo en la sede de la comuna, destinado a pobladores.

A continuación, una vez concluida la etapa de fabricación de la prensa para elaborar bloques de las dimensiones especificadas anteriormente, se organizó, coordinó y dirigió un segundo taller, destinado específicamente a pobladores y obreros que trabajarían produciendo bloques para la obra. Su fin fue afianzar los conocimientos y las técnicas brindadas anteriormente, evacuar dudas y prepararlos para la tarea que debían realizar.

En cuanto a la transferencia del conocimiento, no se presentaron mayores inconvenientes, puesto que la técnica de fabricación de los bloques y la utilización de la prensa son sencillas. Además se contó con un grupo de gente de excelente predisposición y con muchas ganas de aprender. El equipo de trabajo rápidamente estuvo preparado para comenzar con la producción de bloques. Ver Figura 6.



*Figura 6. A la izquierda: Taller desarrollado en el terreno, destinado a obreros que trabajaron en la producción de bloques para el prototipo. A la derecha: Bloques producidos para el prototipo*

Luego del proceso de secado, se seleccionó una muestra aleatoria de bloques y se los sometió a la compresión, con el fin de comprobar su resistencia a la rotura y de esta manera comparar los valores de resistencia obtenidos durante las primeras pruebas (probetas) y los valores reales obtenidos en los mampuestos fabricados en el lugar. El proceso de secado consistió en estibar los bloques fabricados al aire libre durante 28 días.

En Figura 7, se puede apreciar la realización de los ensayos. Los mismos se llevaron a cabo utilizando una prensa hidráulica perteneciente CRIATiC.



*Figura 7. Ensayos de resistencia a la compresión de bloques de suelo-cemento.*

Los resultados demostraron que los bloques fabricados, tienen un valor de resistencia promedio de 55,90 Kg/cm<sup>2</sup>. Considerando que la resistencia mínima de un ladrillo cerámico común, clase C es de 60 Kg/cm<sup>2</sup>, los valores de resistencia alcanzados son adecuados.

## CONCLUSIONES

La utilización de bloques de suelo-cemento en la construcción de viviendas de interés social es una manera simple de aprovechar uno de los recursos naturales más abundante con los que cuentan los sectores más desprotegidos de la sociedad. Entre sus principales ventajas se destacan que:

- La materia prima principal es tierra, material natural, abundante, económico, no contaminante, fácilmente extraíble y al alcance de todos.
- El uso de prensas manuales como técnica de fabricación de bloques de tierra cruda, no solo requiere menor energía de transformación respecto de otros materiales "industriales" como por ejemplo los ladrillos cerámicos comunes, sino que además, permite desarrollar numerosas variantes en los procedimientos constructivos, en las dimensiones de los mampuestos, por lo que son fácilmente adaptables a diversos requerimientos de los usuarios y de las condicionantes ambientales del lugar. Otra ventaja es que posibilita a los beneficiarios intervenir en los procesos constructivos de su propio hábitat, desarrollando procesos de autoconstrucción, con la consecuente economía en mano de obra.

La resistencia a compresión simple en bloques de suelo-cemento depende de muchos factores tales como: contenido y tipo de cemento; eficiencia del mezclado; cantidad de materia orgánica y sales existentes en el suelo; cantidad y calidad del agua usada.

A nivel general la resistencias obtenidas para suelos arenosos y gravosos varía entre 28 y 70 Kg/cm<sup>2</sup>, para suelos limosos 21 a 63 Kg/cm<sup>2</sup> y para suelos arcillosos de 17 a 42 Kg/cm<sup>2</sup>. En el caso del estudio descrito a lo largo de este trabajo, el promedio de resistencia conseguido es de 55,90 Kg/cm<sup>2</sup>. Por ello es posible afirmar que existe correlación con valores alcanzados en investigaciones similares.

Un correcto análisis de la situación en cuanto a la dosificación de las mezclas a utilizar según el tipo de suelo disponible, la adaptación a las dimensiones adecuadas para garantizar no solo un buen comportamiento térmico sino también una excelente manejabilidad y la enseñanza y transferencia de conocimientos sobre esta tecnología, son necesarias para obtener los resultados esperados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Arias L., Alderete C. y 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). Tucumán, Argentina. pp.: 235-244.
- Arias L., Alderete C. Y 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).
- Kirschbaum C., Galindez E., Gonzalo G., Mellace R. y Negrete J. (2011). Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales. 1ª edición, 224 p. EDUNT. Tucumán, Argentina.
- Negrete J. (2006). Software: Visual\_K\_2.006. Proyecto CIUNT 26/B 309. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- NORMA IRAM 11.601:1.996. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. 48 p.
- Mas J. (2011). Innovación y desarrollo tecnológico para unidades productivas familiares en áreas rurales de la provincia de Tucumán. Tesis Doctoral. Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Mas J. (2008). Prototipo de vivienda para un área rural de la provincia de Tucumán. En: Segundas Jornadas de Jóvenes Investigadores. Tucumán, Argentina.
- Mas J. (2007). Análisis de viviendas en un área rural de la provincia de Tucumán. En: Terceras Jornadas de la Asociación Argentino Uruguaya de Economía Ecológica ASAUUE. Tucumán, Argentina.
- Tonello G., Mas J., Raitelli M. y Kirschbaum C. (2007). Factores ambientales en viviendas de una zona rural y su efecto en las personas. En: V Congreso de Medio Ambiente. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

**ABSTRAC:** We describe a research project and transfer, put in practice in El Puestito (Burruyacu, Tucumán), which main objective is to determine the proper dosage to produce soil-cement blocks that will be used for the construction of a housing prototype which meets to the socio-cultural characteristics of the local people. With two soil samples, specimens were made, with dosages of the mixture from both samples at a time and of each one of them separately. As indicated in IRAM 1546, after 28 days, they were subjected to compression until the first crack, increasing it to fracture point. The results show that with increasing pressure of manufacture, resistance to compression also increases and, on the other hand, dosages in which the amount of soil 1 vs. the amount of soil 2- ratio increases, end up producing an increased resistance to breakage.

**Keywords:** soil-cement, rural housing, technology transfer.