

PROPUESTAS DE MEJORAS PARA CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN HÁBITATS ÁRIDOS Y SÍSMICOS

Irene Blasco Lucas

RESUMEN

Con el fin de brindar alternativas de diseño y constructivas que permitan mejorar el hábitat de pobladores de zonas áridas y sísmicas, se materializa con el apoyo del Gobierno de San Juan, Argentina, un Salón Comunitario (SC) y una Letrina Solar Seca (LSS) destinados a la Unión Vecinal de Balde de Leyes, localidad aislada ubicada en el Sureste de la Provincia, conformada por 10 familias con un alto nivel de pobreza, que sobreviven a través de actividades ganaderas. La LSS y el SC constituyen prototipos experimentales que componen respectivamente la primera y la segunda etapa constructiva del Centro Comunitario (CC) proyectado en forma participativa con los habitantes del pueblo. En base a estudios previos sobre los modos de vida y constructivos de una amplia muestra de la región, se desarrollaron las tecnologías apropiadas utilizadas para muros, techos y aberturas, que resuelven con sencillez problemas detectados en esos componentes. Las mismas consisten en mampuestos de suelo-cemento, losetas de hormigón para techos, y marcos de hormigón para ventanas y puertas. Su evaluación empírica es presentada en este artículo y consiste por un lado en realizar la prueba de autoconstrucción y por otro en analizar la respuesta higrotérmica mediante comparación de mediciones de temperatura y humedad relativa simultáneamente en el exterior, en el SC, en la LSS y en tres viviendas de adobe del lugar durante períodos de 20 días, en invierno y en verano. Se describe el proyecto, el sistema y proceso constructivo, como también las metodologías y técnicas usadas. Se concluye que los resultados son muy satisfactorios, pues demuestran que las propuestas tienen un buen desempeño higrotérmico, y es factible implementar programas de autoconstrucción con ellas, para mejorar viviendas de los habitantes en extensos territorios del país, que se hayan expuestos a condiciones de elevada vulnerabilidad ambiental. La investigación forma parte del programa de doctorado de la Universidad de Mendoza. También ha sido parcialmente financiada por la UNSJ, la SECYT, y la Secretaría Nacional de Políticas Universitarias.

Palabras Clave: suelo-cemento, losetas, marcos de hormigón, experiencia piloto

INTRODUCCIÓN

La construcción espontánea con tierra es una realidad permanente para vastas regiones de países latinoamericanos, y representa una solución sustentable en lo social, económico y ambiental a los requerimientos habitacionales. Sin embargo, el característico alto nivel de pobreza ocasiona numerosos vicios constructivos implicando un grave riesgo para sus habitantes en áreas cuyas cualidades ambientales predominantes son la extrema aridez y la elevada sismicidad. La precariedad constructiva resultante está presente tanto en hábitats suburbanos como rurales, alcanzando su máxima expresión en este último, por la escasa infraestructura de servicios básicos (redes viales, eléctrica, agua, gas, telecomunicaciones, salud, educación, etc.), lo cual genera condiciones sociales muy singulares.

Propuestas de soluciones parciales de la compleja problemática planteada, surgen a partir de investigaciones relacionadas principalmente con la construcción en tierra (*Blondet, et al., 2002 y 2003; Rael, 2009; Ibstock, 2011*), el uso de energías renovables en sus diferentes formas (*Mattone et al., 2003; Wüstenhagen et al., 2007*), y modalidades participativas para facilitar la apropiación de las nuevas tecnologías (*Akella et al., 2009; Díaz et al., 2010; Kaygusuz, 2011*).

En estas líneas se sitúa el presente trabajo, a través del cual se construyó con ayuda del Gobierno de la Provincia de San Juan, Argentina, prototipos experimentales para una Letrina Solar Seca (LSS) y una pequeña Sala Comunitaria (SC) que componen las dos primeras etapas de las cuatro previstas para el Centro Comunitario (CC) de Balde de Leyes (*Blasco Lucas et al., 2006*). Este es un pueblo aislado típico del sudeste de la Provincia de San Juan, actualmente habitado por 10 familias cuya subsistencia se basa en actividades de ganadería extensiva.

El proyecto aprovechó el efecto multiplicador que tienen las actividades comunitarias, para demostrar las posibilidades que brindan los sistemas y modalidades propuestos, tanto a los habitantes del lugar, como a los organismos gubernamentales encargados de implementar programas de promoción para este sector deprimido de la población, a fin de transferirlos luego a la construcción de viviendas.

Las distintas instancias de la investigación, que forma parte de la Tesis Doctoral en Arquitectura de la autora en la Universidad de Mendoza (*Blasco Lucas, 2013*), fueron desarrolladas en el período 2005-2013, subsidiadas parcialmente por la Universidad Nacional de San Juan, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, y la Secretaría Nacional de Políticas Universitarias.

MEJORAS PROPUESTAS

Las debilidades constructivas se identifican a partir del análisis de encuestas y relevamientos sobre una muestra representativa conformada por 71 familias (400 hab.) dispersa en tres Departamentos del Sureste de la Provincia de San Juan localizados en la zona desértica denominada “Ecorregión del Monte”.

El estudio abarcó aspectos sociales, económicos y físicos en la materialización del hábitat de los pobladores conocidos como “puesteros”, y permitió determinar los problemas de mayor frecuencia en cada uno, como también la valoración de los mismos por los lugareños.

En lo referido a sus moradas, se detectó que la mayoría habían sido realizadas por autoconstrucción con tierra sin capacidad sismo-resistente, y con muchos vicios constructivos en muros, techos y aberturas, debido a procesos de a-culturización provocados por influencias foráneas y a la precariedad originada en la pobreza.

Cada componente mencionado reviste una gran importancia en el sistema total que conforma la unidad habitacional a fin de brindar una adecuada protección de la vida y la salud de sus usuarios. Las propuestas de solución tecnológica deben estar al alcance de los destinatarios desde el punto de vista económico, y ser a la vez suficientemente sencillas para que los mismos puedan asimilarlas a través de procesos participativos.

MUROS DE SUELO-CEMENTO

Para los muros se rescataron las prácticas conocidas por los pobladores sobre el adobe, a través de mampuestos cuadrados de suelo-cemento (18,5 x 18,5 x 8,5cm) aplicados en aparejos simple para la LSS(Fig. 1) y compuesto para la SC(Fig. 2). El aparejo compuesto permite obtener una Transmitancia Térmica inferior al K_{maxadm} recomendado para la zona Bioambiental II en la Norma IRAM 11604 (2004), siendo apropiado para usarlo en paredes exteriores de espacios habitables. Contrariamente, el simple lo supera, por lo cual conviene utilizarlo sólo en locales no habitables o en muros divisorios (Blasco Lucas, 2009 y 2011). La dosificación óptima de los mampuestos con la tierra del lugar fue 1:7,5:1 (cemento: suelo arenoso: agua). Dos operarios, trabajando 8 horas diarias, podían producir entre 200 y 250 mampuestos por prensa. Para construir 1m² de muro simple se utilizan 54 mampuestos y 75 en el compuesto. Se los debe dejar reposar durante 7 días a la sombra cubiertos con nylon para su fraguado y endurecimiento, y durante 28 días adicionales hay que humedecerlos permanentemente para aumentar su resistencia mecánica.

El **aparejo simple** fue desarrollado en el IRPHa (Albarracín y Blasco Lucas, 2002) y se aplicó en la LSS principalmente para verificar su factibilidad de autoconstrucción, dado que no se habían llevado a cabo experiencias con este objeto. En la Figura 1 se representan en dos y tres dimensiones sus dos hiladas básicas con los tipos de mampuestos que las conforman a fin de alojar la armadura vertical, como también imágenes de los pobladores usando la prensa IRPHa-RAM, e iniciando el muro de la LSS. Se verificó que el sistema constructivo posee una resistencia aceptable, mediante ensayos destructivos al corte diagonal (en muretes) y al esfuerzo horizontal (en paño completo de muro con contrafuertes) realizados en el Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la UNSJ (Saldívar et al., 2005).

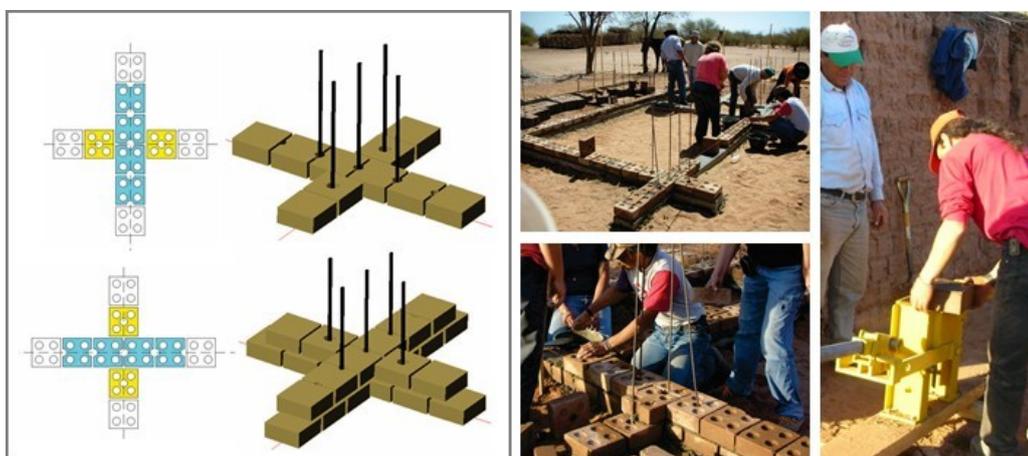


Figura 1. Primera (Sup.) y segunda (Inf.) hiladas del aparejo simple de mampuestos de suelo-cemento, fabricados con la prensa IRPHa-RAM (Der.). Dibujo 3D: Re G. Fotos: Blasco Lucas I.

El diseño del aparejo compuesto(Blasco Lucas, 2009 y 2013) fue desarrollado principalmente para mejorar la Transmitancia Térmica del muro, aprovechando la prensa IRPHa-RAM. Su nombre surge a raíz que la unidad de traba está conformada por dos mampuestos de sogá y uno de panderete dando lugar a cuatro hiladas básicas, Figura 2. Las caras de los mampuestos son diferentes en cada tipo de bloque, siendo necesarios distintos pares de accesorios, Figura 3, (Albarracín y Blasco Lucas, 2002; Blasco Lucas y Carestia, 2011), correspondiendo los pares 2 y 4 a 8, a los nuevos diseños fabricados para resolver la traba del aparejo compuesto.

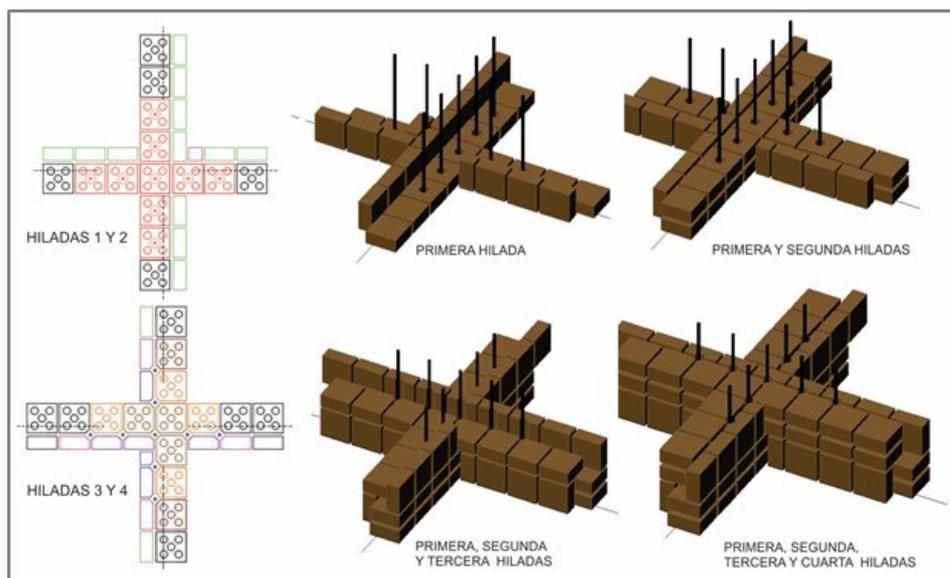


Figura 2. Primera y segunda (Sup.) hiladas, y tercera y cuarta hiladas (Inf.) del aparejo compuesto de mampuestos de suelo-cemento. Dibujo 3D: Re G. Elaboración personal.

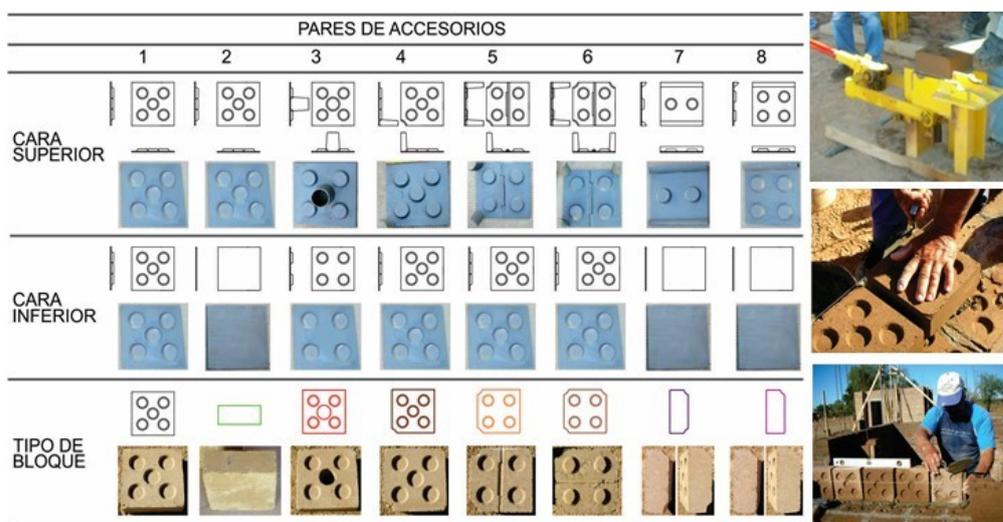


Figura 3. Pares de accesorios por tipo de mampuesto necesario para el aparejo compuesto (Izq.). Fabricación de un mampuesto con accesorio en la prensa IRPha-RAM (Der. Sup.) y ejecución del muro de 28,5cm de espesor en Balde de Leyes (Izq. Centro e Inf.). Fotos y dibujos: Blasco Lucas I.

En las esquinas se utilizan 9 hierros verticales de 10mm de diámetro, cuyo eje de ubicación se desplaza 5cm del eje del muro. Cuando se trata de encuentros de contrafuertes situados en tramos medios de la pared, se reduce la armadura a 5 hierros de 10mm, omitiendo los que se ubican en los extremos en la situación anterior. La armadura horizontal se realiza a nivel de antepecho de ventana y a altura de dintel con dos hierros de 8mm diámetro y estribos de 6mm cada 50cm, vinculándola a la vertical con alambre N°17. Se aplica mortero cementicio en proporción 1:4 (cemento: arena). Se realizaron ensayos normados en dos instancias: de los mampuestos en forma individual en el Instituto de Materiales y Suelos de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, y de las unidades de traba del muro compuesto en el INPRES, Figura 4.

En esta última se utilizó un equipo *UH-1000kNA-Shimadzu*, al cual se le adicionó un control con rayo laser para detener la medición al momento que se iniciaba la más mínima grieta, aunque luego se continuara ejerciendo fuerza de compresión, para analizar la forma en que se producía la rotura. La interpretación de los resultados obtenidos indica que según la Norma *INP-CIR 103-III* (ex *IRAM 12518*) los mampuestos alcanzarían la clase C de ladrillos cerámicos macizos, encontrándose muy próximos a la clase B (*Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013*).



Figura 4. Ensayos destructivos en los laboratorios del INPRES: de mampuestos individuales (*Der.*) y unidades de traba del aparejo compuesto (*Centro e Izq.*). Fotos: *Blasco Lucas I.*

LOSETAS DE HORMIGÓN.

Se desarrolló un procedimiento para aplicar un sistema constructivo para saneamiento de techos, conformado por losetas modulares de hormigón con doble curvatura, las cuales se comportan como cáscaras livianas de 2cm de espesor sin armadura, resistentes por su forma. Las mismas pueden ser fabricadas inclusive por mujeres y niños, utilizando un molde de chapa (*Albarracín y Blasco Lucas, 2002*) adaptado del original de madera desarrollado en el *INPRES*, sumándole accesorios especialmente diseñados para facilitar el amarre de las losetas a los rollizos (*Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013*). Para adaptar el sistema a los modos constructivos rurales se cambiaron levemente las dimensiones de la loseta (a 59 x 60cm), y se utilizaron rollizos con una superficie cepillada de 6cm de ancho en su cara superior, en cuyo eje central se colocaron clavos de 4” frente a los orificios de las losetas, para sujetarlas a ellos con alambre 14 atado al clavo y enhebrado por los orificios, *Figura 5*.

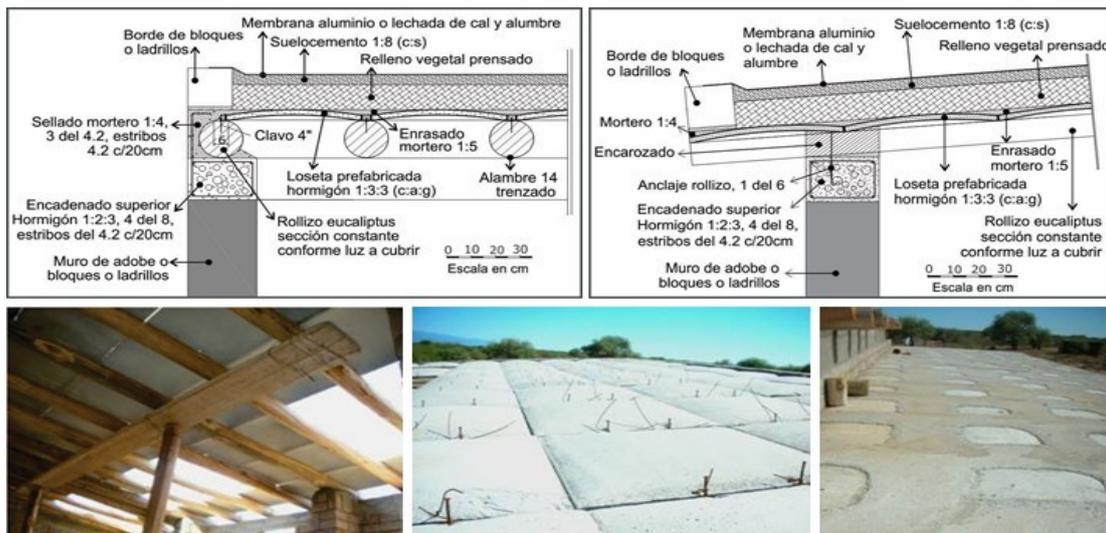


Figura 5. Sistema constructivo de techo con losetas de hormigón de doble curvatura. Vistas del montaje en *Balde de Leyes* (*Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013*).

El molde para fabricación de las losetas posee cuatro partes principales: el marco, el sobremarco, la base y los accesorios, y se complementa con una lona de arpillera sintética, que se coloca doble por encima del marco, perfectamente tensada y sujeta en cada lateral mediante las planchuelas encajadas en los pernos de las tuercas con las cuales se ajusta, Figura 6). Para esta investigación se resolvió el sistema de sujeción de las losetas a los rollizos del techo, mediante el diseño de los accesorios para los orificios y del modo constructivo correspondiente a la producción y al montaje.

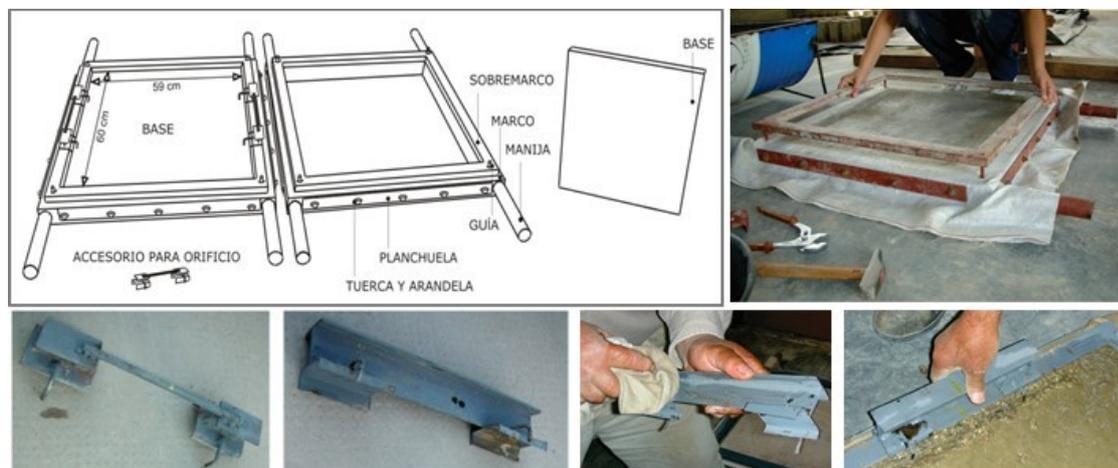


Figura 6. Componentes de moldes para fabricar losetas de hormigón de doble curvatura y accesorios para hacer orificios de amarre (Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas et al., 2012; Blasco Lucas, 2013).

Todos los componentes del molde deben pintarse con aceite de auto diluido con gasoil para facilitar el desmolde posterior. El llenado se realizó con pastonada de hormigón en proporción 1:3:3:2 (cemento: arena gruesa: grancilla: agua). La grancilla fue previamente pasada por una zaranda de calibre 8mm. La mayoría de las tareas debieron ser realizadas al menos por dos personas. En total son necesarios diez días para estibar las losetas, de ellos, tres días transcurren hasta el desmolde y al menos siete días adicionales para el curado, cuando las losetas deben permanecer sumergidas en agua. El proceso de fabricación está descrito detalladamente en el manual elaborado con la participación de los pobladores de Balde de Leyes, el cual consta de un cuaderno impreso y dos láminas tamaño A0 en lona. Se testearon diferentes dosificaciones y materiales a través de ensayos destructivos a la compresión realizados en el INPRES según el procedimiento de la Norma IRAM para losas cerámicas, Figura 7. La muestra correspondiente se formó con 9 losetas, a las cuales se les variaron las proporciones de materiales utilizados y el tipo de lona del molde, totalizando 8 posibilidades de fabricación (Blasco Lucas, 2013).



Figura 7. Pruebas llevadas a cabo en el INPRES. Vistas del Ensayo de la loseta 2B. (Blasco Lucas, 2009b; Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013)

La loseta estándar de 19,6 Kg, cuya masa se trató de alivianar, resistió 275 Kg. Fue fabricada sobre lona plástica con dosificación 1:3:3:2 (cemento: arena: grancilla: agua). Se comprobó que alcanza la mayor resistencia, permaneciendo muy cercana a la exigida a los ladrillos cerámicos huecos para techos (300Kg), por ello se adoptó para la experiencia piloto. La combinación de pomeca con arena fina superó levemente los 200Kg, pudiendo considerarse aceptable para el tipo de construcciones a las cuales están destinadas, pues aliviana la carga propia entre 2 y 5Kg. El resto de las dosificaciones disminuyó demasiado la resistencia de las losetas, no siendo aconsejable su uso.

MARCOS DE HORMIGÓN.

Partiendo del análisis de modelos desarrollados por el Centro Experimental de la Vivienda Económica de CONICET en Córdoba (CEVE, 2003), se diseñaron en el IRPHa-FAUD-UNSJ nuevos moldes para fabricar marcos de hormigón armado para puertas y ventanas adaptados a las condiciones locales de áreas desérticas (Albarracín et al., 2011). Esta experiencia se amplió desarrollando nuevos moldes de chapa no solo para ventanas sino también para puertas (Blasco Lucas y Carestia, 2011b; Blasco Lucas, 2013), con objeto de optimizar los resultados previamente obtenidos en laboratorio, y realizar una experiencia real de auto-construcción. Específicamente en la aplicación edilicia, las finalidades de los marcos de hormigón armado son: por un lado, aportar resistencia estructural con mejor terminación en los vanos para proteger los muros, y por otro, brindar seguridad mediante la incorporación de rejas en las ventanas.

Los moldes desarmables fueron hechos en chapa doblada DD21 de robustez suficiente, con accesorios para su armado rápido por personas sin conocimientos específicos. Son muy sencillos de usar y pueden ajustarse a diferentes dimensiones de vanos. La sección permite carpinterías con mínimo material y adecuada resistencia. El sistema está conformado por un conjunto de piezas con funciones de soporte, moldes y accesorios (Fig. 8), las cuales se numeraron para facilitar su armado. Las piezas de soporte comprenden: las canaletas de ensamble lateral montadas en el separador de las jambas del marco de puerta, y los esquineros-escuadra para ambos tipos de marco. Las partes de los moldes son los travesaños superior e inferior, y cada pierna de las carpinterías, que en el marco para puerta están divididas en dos tramos.). Las piernas de los moldes tienen un sistema de guía-encastres para trabar cada elemento.

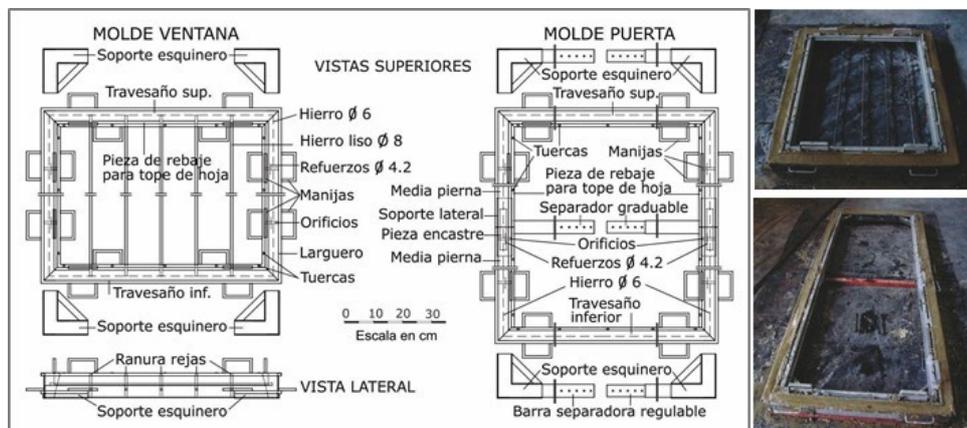


Figura 8. Moldes de chapa para fabricar marcos de hormigón armado para ventanas y puertas. (Blasco Lucas y Carestia, 2011b; Blasco Lucas, 2013).

Los accesorios van atornillados y están compuestos por piezas que permiten el rebaje de apoyo para la hoja en ambos tipos de marco, y tapar las ranuras de las rejas en los correspondientes a los de ventana, Figura 9.

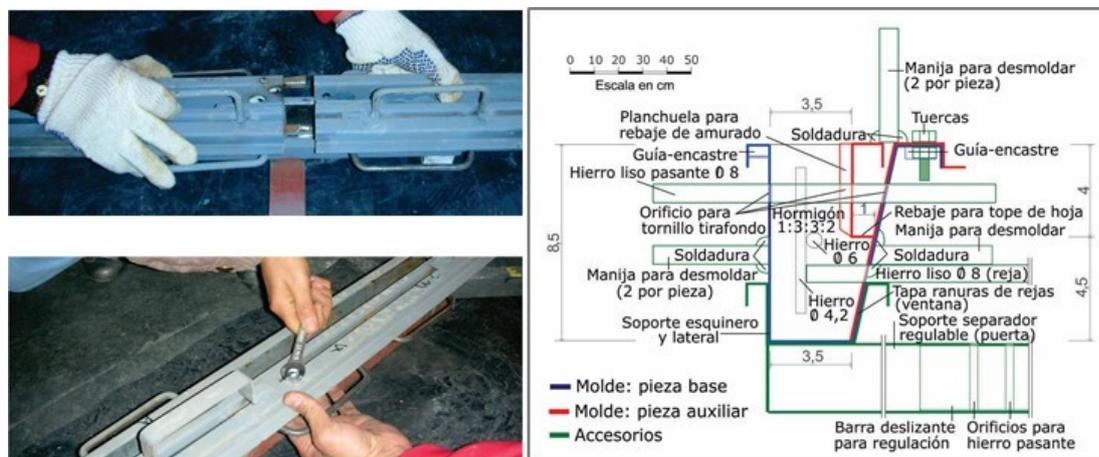


Figura 9. Moldes de chapa para fabricar marcos de hormigón armado para ventanas y puertas. (Blasco Lucas y Carestia, 2011b; Blasco Lucas, 2013).

La prueba de autoconstrucción del proceso completo (fabricación y montaje) se realizó con personal no especializado del Obrador Central de la Dirección de Arquitectura de la Provincia de San Juan, Figura 10, habiendo necesitado mínima asistencia técnica.



Figura 10. Pruebas de autoconstrucción para el montaje de los marcos de hormigón armado de ventanas y puertas (Blasco Lucas y Carestia, 2011, Blasco Lucas, 2013).

PROTOTIPO EXPERIMENTAL.

Balde de Leyes fue seleccionado en el conjunto de la muestra por cumplir todas las condiciones necesarias a los efectos de la investigación. Está ubicado a 160 km al Este de la Ciudad de San Juan, en el Departamento de Caucete, y es accesible a través de 18 Km de huella casi intransitable, hacia el Sur de la ruta 141. Los centros poblados vecinos distan a 30 km (Marayes), 130 km (Colon), y 100 Km (Chepes). Sus coordenadas geográficas son: latitud $-31^{\circ} 41' 06''$, longitud $-67^{\circ} 21' 37''$, 557m snm. La comunidad se originó 70 años atrás, y actualmente la forman 10 familias (30 personas) que viven en viviendas precarias construidas con adobe, cañas, ramas y barro, dispersas en un radio de 1,5 Km, y cada una posee un pequeño sistema domiciliario solar desde el año 1994.

Como equipamiento comunitario, el lugar cuenta con una escuela, una capilla, un tanque elevado y uno australiano que son alimentados por una planta de bombeo solar y/o un pozo con motor diesel, además a 1 Km del pueblo hay una represa natural para abreviar el ganado (caprino, bovino, ovino y equino). Aun así, los lugareños sufren siempre la escasez del preciado líquido, en especial durante los prolongados períodos de sequía, cuando el Municipio debe abastecerlos de agua con camiones. Durante el verano quedan aislados por las aguas de escorrentías de las típicas lluvias torrenciales. En instancias previas de la investigación se llevó a cabo el proceso de diseño participativo del CC con los pobladores (Blasco Lucas et al., 2006a y 2006b), habiendo realizado ajustes para la fase aquí descrita, tanto en las modalidades aplicadas como en las herramientas elaboradas, haciéndolas extensivas a la articulación interinstitucional para abordar la construcción, fundamentalmente de la segunda etapa del mismo. La Figura 11 muestra la planta del CC, y la Figura 12, fotografías de la SC y la LSS construidas.

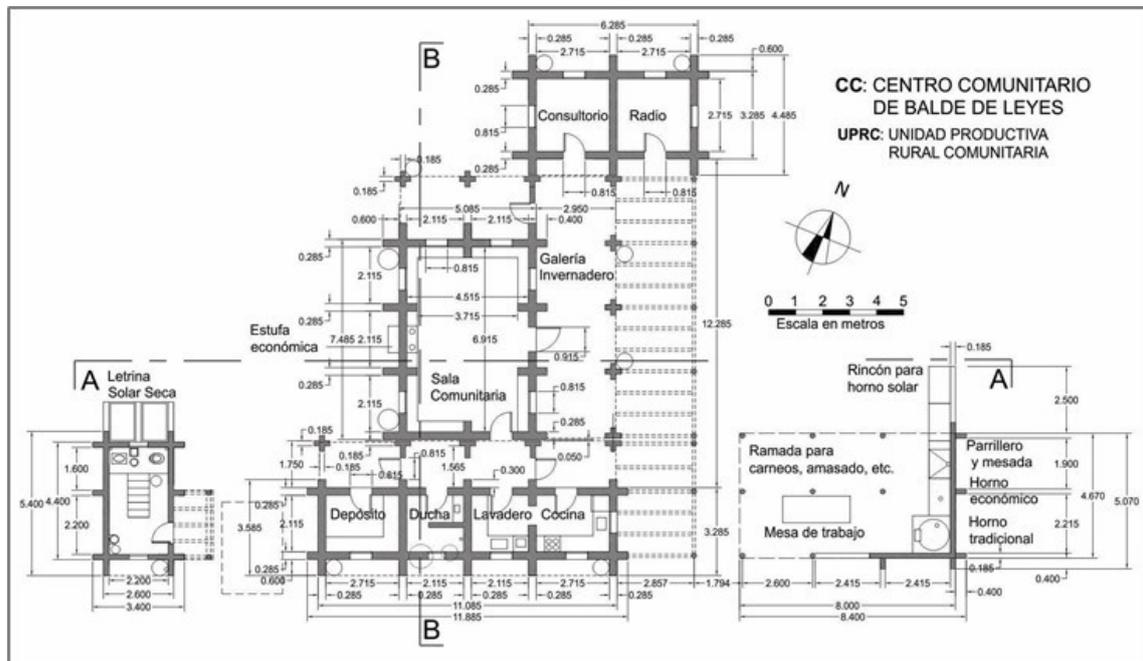


Figura 11. Planta general del proyecto de CC en Balde de Leyes (Blasco Lucas, 2013).



Figura 12. Vistas Este (Izq. superior), Noroeste (Izq. inferior) y Sudeste (Der. superior) de la SC y Noreste de la LSS (Der. inferior) del CC para Balde de Leyes. Fotos: Blasco Lucas I. (2011)

TESTEO HIGROTÉRMICO.

El monitoreo higrotérmico y lumínico se llevó a cabo en dos oportunidades durante veinte días de invierno y de verano respectivamente, con data-loggers HOBO U12 y una estación meteorológica DAVIS instalada en el lugar. Las mediciones se realizaron simultáneamente en la SC, la LSS y tres locales en viviendas con muros de adobe de 30cm de espesor y techo de ramas, cañas y barro, a los fines de poder comparar sus respectivos desempeños (Blasco Lucas, 2012 y 2013). El procesamiento de las mediciones se realizó mediante el modelo PROMEDI-HTL (Blasco Lucas, 2013). Las viviendas tuvieron un régimen de ventilación y calefacción acostumbrado por sus usuarios, este último mediante brasas. La V1 estuvo ocupada con dos adultos y la V3 con un matrimonio y sus tres hijos adolescentes. La V4 estuvo habitada durante los días laborales por tres operarios del *Obrador Central de la Dirección de Arquitectura*, quienes contaban con un anafe donde preparaban sus alimentos. La SC permaneció cerrada por lapsos prolongados, sin ser ventilada en forma regular, ni calefacionada con ningún tipo de fuente. En julio, la LSS tuvo cerradas sus banderolas con planchas de *telgopor*, y abiertas las puertas de inspección interiores de las cámaras (aún sin utilizar), recibiendo en forma indirecta abundante ganancia solar. Los sensores se identificaron con la letra "S" y la misma numeración de las viviendas.

Las gráficas de dispersión que relacionan temperatura y humedad relativa se representan en la Figura 13. En invierno, S3 tuvo 4,5°C de amplitud térmica, S4 9,4°C y S1 19,4°C, cuyos promedios de temperatura fueron 14,3°C, 15°C y 14,2°C respectivamente, mientras que SC presentó una amplitud de 13°C y una temperatura media de 15,4°C, y LSS con un promedio similar (14,6°C), tuvo una amplitud de 7,6°C. La máxima temperatura fue alcanzada por S1 (26°C) seguida por la SC (23,7°C). En verano, SC tuvo la menor amplitud térmica (10,1°C), con un promedio de 30°C, muy similar a S1 pero ésta con 13,7°C de amplitud, además cuando en S1 la máxima alcanzó 37,5°C, SC tuvo 34,9°C. V3 y V4 tuvieron respectivamente amplitudes de 13,3°C y 14,9°C, y promedios de temperatura de 28°C y 31°C, con máximos superiores en 1,8°C y 3,6°C a los de SC. La demarcación de la zona de confort estricta y ampliada, demuestra que solo un escaso período tuvo condiciones exteriores de bienestar, también alcanzadas brevemente por los locales de las 3 viviendas y la LSS (hasta 20°C) y, en mayor grado, por la SC (hasta 24°C) en invierno. En verano, S3 permaneció el 20% del tiempo en la zona estricta (entre 22°C y 25°C) pero junto con S1 y S4 superó los 36°C, con SC en 24,8°-34,9°C, con un tercio del tiempo en la zona de confort ampliada, cuando la temperatura exterior excedió los 40°C.

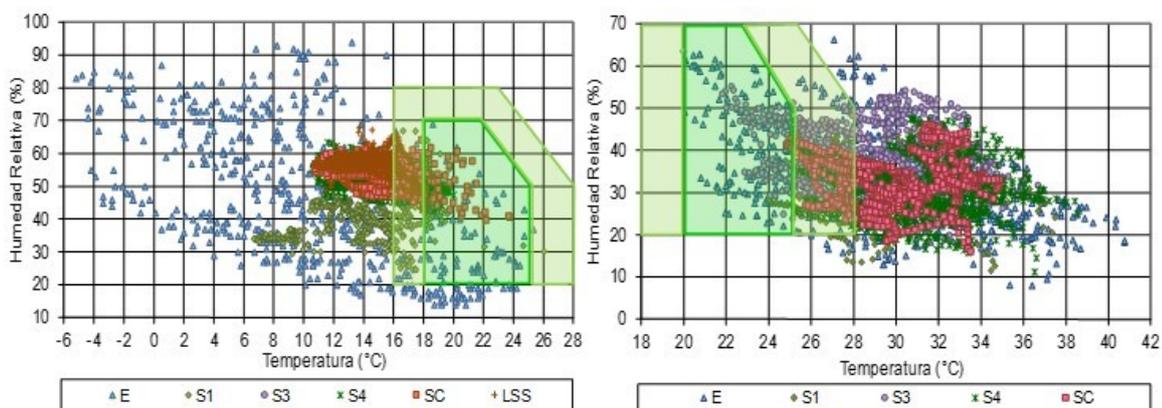


Figura 13: Dispersión higrotérmica en invierno (Izq.) y en verano (Der.). (Blasco Lucas, 2012 y 2013)

En la Figura 14 se muestra la evolución temporal de los datos de temperatura durante los días de julio y de noviembre, cuando se produjeron las situaciones exteriores extremas. La SC es la única que alcanzó en julio durante algunos momentos -aún cuando hubo temperaturas bajo cero grado- la zona de confort estricto, aparentemente asociados a la ganancia solar directa, principalmente por las ventanas orientadas al Oeste y permaneció la mayor parte del tiempo dentro de la zona ampliada (entre 15°C y 18°C). La LSS estuvo un poco menos en la misma, en general con valores más bajos que SC pero superándolos levemente en algunos períodos, comportamiento que también tuvo S4 con mayores amplitud y retardo. S3 se mantuvo bastante estable alrededor de los 13°C y 15°C, y S1 alcanzó los valores más bajos. El desplazamiento de la onda térmica de SC osciló alrededor de 11hs., el de S4 y S3 de 12hs., el de S1 de 8hs. y el de LSS de 6hs. La SC se mantuvo con las temperaturas más bajas durante el período diurno comprendido alrededor de las 10hs. y las 21hs. en el mes de noviembre (5°C por debajo de la exterior), y al no haber tenido ventilación nocturna permaneció desde la medianoche hasta las 10hs. entre 1°C y 2°C sobre los demás casos, principalmente S3, el cual alcanzó la zona de confort ampliada cuando en el exterior hubo menos de 30°C, como también durante menos tiempo lo hizo S1, y aún menos S4. SC presentó los mayores desplazamientos de la onda térmica, en el día entre 8hs. y 9hs. y en la noche entre 4hs. y 6hs.

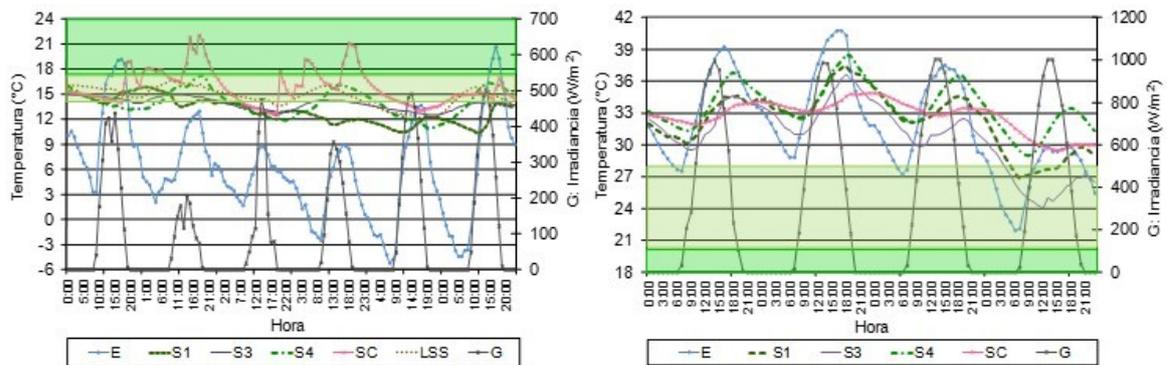


Figura 14. Evolución temporal de temperaturas y radiación solar durante días críticos en julio (Izq.) y en noviembre (Der.). (Blasco Lucas, 2012 y 2013)

CONCLUSIONES.

Las experiencias realizadas con las propuestas de mejora para cada componente constructivo permiten afirmar que éstas representan soluciones adecuadas desde el punto de vista físico y social para responder a las cualidades de aridez y sismicidad de la zona de implantación, y al nivel de carencias de sus pobladores, pues todas brindan un buen equilibrio entre economía, bienestar y seguridad, requiriendo mínima capacitación y apoyo técnico. En los mampuestos de suelo-cemento se comprueba que reviste gran importancia tanto la exacta dosificación, como la perfecta mezcla de los agregados y la justa medida de la cantidad de material vertido en la matriz para asegurar un correcto prensado en la fabricación. El sistema para saneamiento de techos es apropiado para cumplir las cuatro funciones principales de los cerramientos horizontales: la resistente, la aislante térmica e hidrófuga y la higiénica, brindando además una buena estética. El único elemento diferente a los comúnmente empleados en cubiertas precarias lo constituyen las losetas, las cuales demandan una mínima cantidad de cemento y el resto de los materiales se consiguen en el lugar. Los marcos de hormigón proporcionan buen nivel de terminación en las aberturas y son manipulables por un solo operario.

La evaluación del comportamiento higrotérmico y lumínico de las dos primeras etapas del CC, realizada a escaso tiempo de su puesta en funcionamiento y sin un uso regular, se puede considerar muy aceptable, pues en general mejora la performance de las construcciones locales. Se constata que los cambios para incrementar la calidad de construcciones con tierra en la zona de estudio, deben estar conformados por desarrollos para el diseño, la estructura, las tecnologías y los procedimientos, de muros, techos y aberturas, y ser evaluados comparándolas en forma analítica y experimental con arquitecturas vernáculas de viviendas locales. Los resultados obtenidos son altamente satisfactorios, habiendo demostrado que las variantes elaboradas son aptas para elevar el estándar de vida de pobladores del hábitat rural de la zona árido-sísmica del sitio, en un marco de sustentabilidad socio-económica, ambiental e institucional.

REFERENCIAS.

- Akella A., Saini R., Sharma M. (2009). *Social, economic and environmental impacts of renewable energy systems*. Renewable Energy, Volume 34, Issue 2, Pages 390-396.
- Albarracín O., Blasco Lucas I. (2002). *Suelo-cemento: Mejoramiento de técnicas para la autoconstrucción en áreas rurales arido-sísmicas*. Simposio de la Vivienda de Hoy, trabajo 3.2, 9 páginas. UTM.
- Albarracín O., Manganeli J., Scognamillo A., Pringles A. (2011). *Tecnologías apropiadas, enseñanza-aprendizaje*. IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura, 146-151. FAU-UNNE.
- Blasco Lucas I., Ruiz G., Vega L., Fábrega M., Carestia C., Simon Gil L., Pignatari G., Merino N. (2006a). *Sustainable architecture applied in a communal center located in rural habitat of seismic-arid zone*. LEA27. World Renewable Energy Congress IX, Elsevier Science, Florence, Italy.
- Blasco Lucas I., Carestia C. (2006b). *Dry solar latrine for rural habitat in arid zone*. ST53. World Renewable Energy Congress IX, Elsevier Science, Florence, Italy.
- Blasco Lucas I. (2009). *Aparejo compuesto con mampuestos cuadrados de suelo cemento*. Memorias del VIII° Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, pp. 188 a 197. FADU-UNT.
- Blasco Lucas I., Carestia C. (2011a). *Tecnología de autoconstrucción para saneamiento de techos*. Libro de Ponencias del IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura, pp. 152-159. FAU-UNNE.
- Blasco Lucas I., Carestia C. (2011b). *Marcos de hormigón armado*. Libro de Ponencias del IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura., pp. 160-167. FAU-UNNE.
- Blasco Lucas I. (2012). *Comparative analysis of appropriated architecture and vernacular buildings: a case located in arid-seismic habitat of Argentina*. Proceedings of the 28th International PLEA Conference (Passive and Low Energy Architecture), 6hojas. Lima, Perú.
- Blasco Lucas I. (2013). *Arquitectura sustentable en hábitat rural de zona árido-sísmica: Aportes teórico-metodológicos*. Tesis Doctoral en Arquitectura. Universidad de Mendoza.
- Blondet M., Torrelva D., Villa García G. (2002). *Adobe in Peru: Tradition, research and future*. In: Modern Earth Building 2002. International Conference and Fair, Berlin, Germany.
- Blondet M., Villa García G., Brzev S. (2003). *Adobe use in seismic areas, earthquake-resistant construction of adobe buildings: a tutorial*. EERI, Oakland, California.
- CEVE (2003). *Vamos a fabricar ventanas de hormigón. Sistema MAS. Manual para auto-construcción*. Centro Experimental de la Vivienda Económica, CONICET, Córdoba.
- Díaz P., Arias C., Peña R., Sandoval D. (2010). *FAR from the grid: A rural electrification field study*. Renewable Energy, Volume 35, Issue 12, December, Pages 2829-2834.
- Ibstock (2011) *Ecozone: Eco products*. Ecoterre Earth Bricks. <http://www.ibstock.com/sustainability-ecozone.asp>
- Kaygusuz K. (2011). *Energy services and energy poverty for sustainable rural development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 2, February, Pages 936-947.
- Rael R. (2009). *Earth architecture*. Princeton Architectural Press. NY.
- Saldívar M., Pereyra A., Albarracín O., Blasco Lucas I. (2005). *Verificaciones experimentales de sistema constructivo en suelo-cemento para zona sísmica*. Congreso Nacional sobre Políticas de Vivienda y Asentamientos Humanos en el Medio Rural, 9 páginas. Colegio de Arquitectos de Santiago del Estero.
- Wüstenhagen R., Wolsink M., Bürer M. (2007). *Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept*. Energy Policy, 35, 2683-2691.