

**CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES DE
ARQUITECTURA DE TIERRA CRUDA (CRIATiC) -FAU-UNT**

**Rafael Francisco Mellace * – Carlos Eduardo Alderete –Stella Maris Latina
Lucía Elizabeth Arias – Mirta Eufemia Sosa – Irene Cecilia Ferreyra**

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC)

Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán

Av. Roca N° 1900 - Tucumán - Tel. 0381-4364093 - int. 7912/19

rfmellace@arnet.com.ar, rfmellace@herrera.unt.edu.ar

Palabras clave: Construcción con Tierra-Tecnología Apropiada-bajo costo

Resumen

La definición de pautas de diseño y la evolución de técnicas constructivas de bajo costo orientadas a la construcción de viviendas de interés social, iniciadas en trabajos previos - proyectos financiados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) y el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT)- se incorporan en la construcción de la sede del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC), un prototipo arquitectónico y tecnológico en el que se combina el uso de materiales naturales locales y técnicas tradicionales, con materiales y técnicas urbano-industriales.

El CRIATiC, órgano académico de la FAU, tiene como principal objetivo la realización de todas aquellas actividades de investigación difusión y transferencia vinculadas al desarrollo de materiales, componentes y elementos constructivos basados en tecnología de tierra, propendiendo a su aplicación masiva en la resolución de viviendas de interés social, tanto en el medio urbano como rural. Pretende ofrecer alternativas tecnológicas que contribuyan a la reducción del actual déficit habitacional en la región y el país. Tiene por finalidad además, la formación de recursos humanos en la disciplina, mediante la capacitación, actualización y perfeccionamiento continuo de técnicos y profesionales, participando en proyectos experimentales de investigación, cursos, seminarios-taller, jornadas etc.

El informe resume los fundamentos conceptuales en los que se basa la construcción del CRIATiC:

- generación de nuevos conocimientos sobre materiales no contaminantes, factibles de aplicar en el diseño y construcción de viviendas de interés social
- sistematización y normalización de componentes y elementos constructivos en el marco de una acción sustentable en términos de cuidado y respeto del ambiente natural
- Experimentar sistemas y componentes constructivos y sus características técnicas particulares (propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas, forma de producción, etc.)

Se expone la evolución constructiva del proyecto, concebido como un conjunto edilicio (laboratorio, taller, depósito, patio de exposiciones, torre de servicios, aula y oficinas), en el que cada sector se resuelve conforme a su propia funcionalidad y con una técnica constructiva particular.

Introducción

Marco institucional:

El proyecto, la construcción y puesta en funcionamiento de la obra que se presentan en este trabajo se desarrollan en el marco de una gestión inter-institucional, que incluye a organismos del sistema científico-tecnológico y organismos oficiales de la provincia.

En efecto, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) y la Municipalidad de San Miguel de Tucumán, otorgaron el apoyo financiero para hacer posible su concreción.

El Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda CRIATiC es un organismo académico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UNT) que desarrolla actividades de investigación, difusión y transferencia vinculadas a la producción de materiales, componentes y elementos constructivos basados en el uso intensivo de la tierra cruda. Pretende ofrecer alternativas tecnológicas que contribuyan a la reducción del actual déficit habitacional en la región, propendiendo a su aplicación masiva tanto en el medio urbano como rural. Tiene por finalidad además, la formación de recursos humanos en la disciplina, mediante la capacitación, actualización y perfeccionamiento continuo de técnicos y profesionales, participando en proyectos experimentales de investigación, cursos, seminarios, y talleres de capacitación etc.

En el campo de la investigación desarrolla diversos proyectos financiados por la Agencia Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (ANPCYT), el Consejo de Investigaciones de la UNT (CIUNT) y la Secretaría de Innovación Productiva de la Provincia de Tucumán (SIDETEC) dirigidos a generar nuevos conocimientos sobre materiales naturales locales, ecológicos, no contaminantes y su aplicación en el diseño y construcción de viviendas y edificios de interés social. Procura asimismo la sistematización y normalización de la construcción con tierra, en el marco de una acción sustentable en términos de cuidado y respeto del ambiente natural, de la riqueza cultural y de la progresividad del hábitat popular.

Mediante convenios de cooperación y asistencia técnica, lleva a cabo la transferencia de conocimientos y tecnologías constructivas de bajo costo mediante talleres de capacitación técnica, seminarios y charlas dirigidas a profesionales y técnicos de organismos públicos y privados, centros vecinales, organizaciones del tercer sector y pobladores de Tucumán y de otras provincias argentinas.

Ámbito físico y Objetivos

La obra se emplaza en predios de la FAU, dentro del "Campo de Construcciones Experimentales" en el que se proyecta ejecutar en el futuro todas las pruebas de campo vinculadas al diseño y construcción con tierra y materiales naturales locales (piedra, madera, bambú, etc.), con participación de estudiantes, docentes y potenciales usuarios.

En este contexto, los principales objetivos propuestos son:

- Recuperar y actualizar tecnologías tradicionales locales y potenciar el uso de la tierra cruda como eficaz material de construcción.
- Desarrollar y promover mejoras tecnológicas y nuevas propuestas arquitectónicas tanto para viviendas de interés social, como para edificios públicos o privados de bajo costo en la región.
- Transferir los resultados en el ámbito regional y formar RRHH en el tema de la Arquitectura y Construcción con tierra

Independientemente de la función, las propuestas arquitectónicas desarrolladas en la obra respetan la volumetría de los edificios circundantes incorporando dos conceptos no tradicionales en edificios de tierra: diseño sismorresistente y bioclimático.

Antecedentes de Construcción con Tierra en la Argentina

Tradicionalmente en la Argentina la tierra cruda fue uno de los materiales más empleados en la construcción tradicional del hábitat popular; sin embargo, con el correr del tiempo las tradiciones fueron afectadas por diversos impactos que produjeron cambios importantes en los paradigmas de la sociedad y éstos en los patrones arquitectónicos y constructivos. Ello marcó un proceso de progresiva desvalorización de la arquitectura tradicional, particularmente la construida con tecnología de tierra, al atribuírsele la incapacidad de alcanzar apropiados niveles de calidad sanitaria, resistencia mecánica y durabilidad; en el común de los casos, sin ser debidamente analizadas con el rigor y la profundidad requerida.

A pesar de todo, sea por la facilidad de su ejecución, sea por la economía de recursos requeridos, las diferentes técnicas tradicionales son todavía utilizadas en vastos asentamientos humanos y seguramente seguirán vigentes mientras se mantengan las condiciones económicas y sociales que hoy promueven su difusión; consecuentemente, se mantiene el uso de la tierra cruda tanto en la construcción de la vivienda popular como en el equipamiento rural y periurbano. En distintas regiones geográficas y socioculturales del país, se manifiesta con una gran diversidad de estilos arquitectónicos y constructivos conforme a las costumbres locales, a las habilidades desarrolladas y al clima propio del lugar.

Por otra parte, la falta de una adecuada articulación entre diferentes sectores y quehaceres de la sociedad -universidad (investigación, desarrollo tecnológico y transferencia); organismos estatales (turismo y conservación); municipios, comunas y líderes políticos etc.- dificulta el desarrollo de acciones dirigidas a revertir la depreciación de la arquitectura y construcción con tierra, corrientemente asociada con la pobreza y consecuente desprestigio social, con enfermedades endémicas como el mal de Chagas, o con las consecuencias de eventos naturales -sismos, inundaciones, etc.

Técnicas constructivas tradicionales

En el país continúan empleándose distintas técnicas en la construcción vernacular de muros de tierra, sean portantes o de simple cerramiento. Entre ellas, la más difundida es la mampostería de adobe, con variantes en su resolución (referidas tanto a la forma y dimensiones de los adobes, como al modo de incorporarlos al muro) según se trate de regiones del NOA, del Centro o de Cuyo; esta técnica está presente en la construcción de viviendas, casonas, postas y equipamiento rural y urbano; iglesias, cabildos, hoteles y bodegas, en todo el país. Otra técnica que se registra en algunas áreas de las regiones del NOA y NEA, aunque sin mayor incidencia dentro del sistema mampostería, es la ejecución de muros con *champa* (bloque cortado directamente del terreno natural) como componente básico.

En la actualidad, resultado de las acciones de transferencia tecnológica llevadas a cabo por diversos centros de investigación y organismos del estado, la construcción de mampostería con bloques de tierra comprimidas (BTC) -técnica introducida inicialmente en el país el Instituto Argentino del Cemento Pórtland (ICPA) a comienzos 1950- ha tomado un nuevo impulso en la última década del siglo pasado, constituyendo al presente una de las más extendidas geográficamente. La tierra utilizada en la elaboración del BTC es normalmente estabilizada con la adición en porcentajes variables de cemento y eventualmente cal hidráulica. Aunque no se mantuvo en el tiempo, también se registran antecedentes de estabilización con emulsiones asfálticas en obras de la década de 1960.

Sistema Monolítico

Los muros monolíticos (*tapia o tapial*), aunque con menor frecuencia que en el caso anterior, forman parte de la tradición constructiva en más de la mitad del país. De distintos espesores, en general el procedimiento constructivo empleado es idéntico: compactar tierra húmeda en capas horizontales sucesivas, dentro de un molde de madera, empleando pisones manuales cuya forma y peso varían según las costumbres de cada región. Con esta técnica se han construido iglesias, museos, conventos, casonas, viviendas populares y equipamiento doméstico; un ejemplo histórico relevante lo constituye la Iglesia de Santa Fe La Vieja, edificada a fines del siglo XVII con paredes de más de un metro de espesor. Más contemporáneos, se registran también algunos ejemplos de tapias tecnificadas en la construcción de edificios públicos y equipamiento rural.

Investigación, enseñanza y difusión

Existen en la Argentina, diversos centros de investigación que realizan tareas sistemáticas vinculadas con el tema, en especial en las regiones del NOA, Centro y Cuyo. Además del CRIATiC, algunos pueden citarse como ejemplo:

- Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios (LEME – Universidad Nacional de Tucumán)
- Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) - Universidad Tecnológica Nacional, regional Santa Fe
- Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA) - Universidad Nacional de San Juan
- Centro de la Vivienda Económica (CEVE), Córdoba
- Centro de Tecnología Apropriada para la Patagonia (CENPAT), Chubut
- Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP), Buenos Aires

Relacionado con la difusión de la tecnología de construcción con tierra, y como consecuencia del III° SIACOT (Tucumán. 2004) se refundó la Red Argentina para el Desarrollo y la Promoción de Arquitecturas de Tierra (PROTierra), con el objeto de vincular, coordinar y articular acciones que desarrollan los diferentes grupos en la Argentina. Integra en la actualidad a más de veinte organismos públicos y privados y a numerosos técnicos y profesionales de la disciplina.

Panorama actual de la tecnología de construcción con tierra

En el contexto de una incipiente recuperación económica, la tecnología de construcción con tierra es considerada hoy como alternativa eficaz para abordar el problema del creciente déficit habitacional y validada por organismos gubernamentales y ONGs locales en planes de autoconstrucción asistida y por universidades y centros de I+D, que proponen innovaciones tecnológicas tendientes a mejorar el comportamiento de las construcciones, particularmente ante las acciones sísmicas y de la humedad.

Muchos son los esfuerzos realizados tratando de demostrar que es posible construir, sin desvirtuar las ventajas económicas y posibilidades de auto-construcción que la técnica ofrece, viviendas seguras y durables con la aplicación de mejoras en el material, en el diseño arquitectónico-constructivo-estructural y en los procesos de producción. Ejemplo de ello son los diversos proyectos ejecutados por los Institutos Provinciales de Vivienda con la aprobación técnico-financiera por parte de la Subsecretaría de Obras Públicas de la Nación, a través de los que se construyeron viviendas de interés social en provincias del NOA, Centro y Sur del país (Jujuy, Salta, Catamarca, San Juan, Chubut) basados en componentes básicos, elementos y sistemas constructivos que incluyen las técnicas de mampostería de adobe tradicional y de BTC estabilizado para muros; cubiertas de torta de barro mejoradas para techos y el aprovechamiento de energía solar mediante sistemas pasivos (muro Trombe), ganancia directa etc.

El CRIATiC: Proyecto y construcción

El edificio sede del CRIATiC se construye actualmente en el campus de la FAU-UNT, donde se centralizarán todas las actividades de investigación difusión y capacitación y transferencia previstas. Dado el carácter de prototipo arquitectónico y constructivo en el que se pretende verificar las pautas de diseño y tecnológicas desarrolladas, todos los cuerpos que lo integran combinan el uso la tierra cruda y materiales naturales locales con materiales industriales mediante la aplicación de los siguientes sistemas constructivos:

- Muros monolíticos (tapial)
- Mampostería en muros y techos (BTC) y Bloques comprimidos, articulados (BaTc Sistema LAMARS)
- Mixto (quincha y entortado en techos).



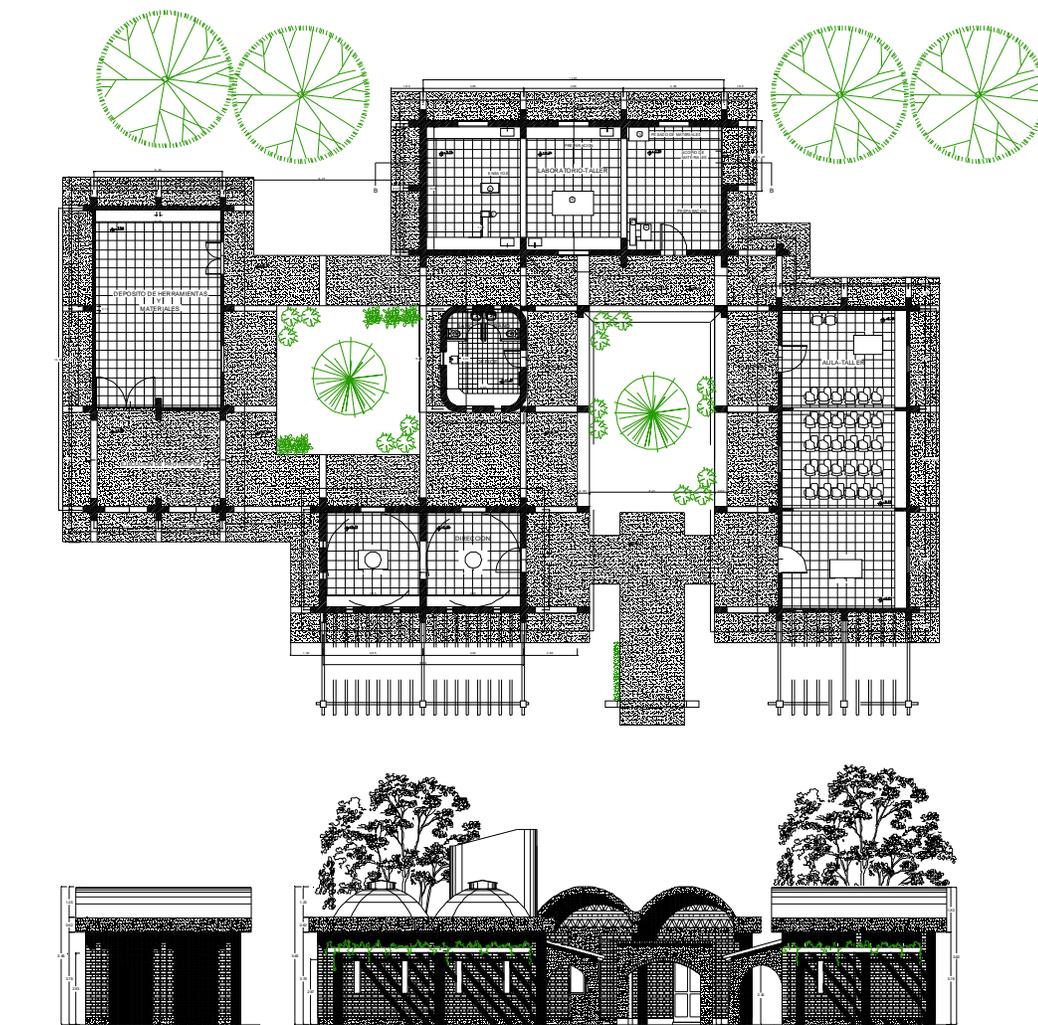
(Fig.1) Vistas: Acceso principal; Patio central; Aérea del conjunto

Diseño Arquitectónico y estructural

Desde el punto de vista funcional los cinco cuerpos que integran el conjunto, definen en una superficie total aproximada de 500,00 m², las áreas de administración (dirección y biblioteca- BTC mejorados), de docencia (aula-taller: bloques articulados BaTc), de experimentación y producción (laboratorio: bloques BTC), de mantenimiento (depósito y taller: bloques articulados BaTc) y de servicios (torre sanitarios: tapial estabilizado), articuladas a través de una galería que bordea un patio central donde se prevé realizar exposiciones de los trabajos que se realizan tanto en la FAU como en los centros y organismos integrantes de la Red PROTierra (Arg.) con los que el CRIATiC mantiene directas vinculaciones. (Fig.1).

Dado que el edificio se construye en una zona sísmica (zona II, riesgo moderado. INPRES), se tuvieron en cuenta para definir la configuración arquitectónica y estructural los siguientes aspectos:

- Geometría del terreno: sin restricciones desde el punto de vista topográfico y dimensional.
- Programáticas: todas las actividades a desarrollar se distribuyen en forma horizontal permitiendo diseñar un edificio bajo, de un solo nivel y plantas sencillas.
- Estéticas: satisfacer los requerimientos funcionales integrando el conjunto desde el punto de vista formal, a las características edilicias del entorno.
- Estructurales: adoptar para cada elemento del conjunto, una estructura que soportara sin colapsar las acciones de eventuales sismos, aún cuando eventualmente sufriera mínimos daños controlados que pudieran repararse.



(Fig.2)Planta y vista general del Conjunto

Aspectos constructivos

a. Generales

Concordante con los criterios expuestos, todos los cuerpos del conjunto presentan en planta una forma rectangular (relación 1:2), manteniendo la continuidad de los muros perimetrales a fin de no presentar variaciones de rigidez y resistencia. Asimismo se los prolonga en esquinas y cruces, formando contrafuertes para mejor transferencia de los esfuerzos sísmicos en las dos direcciones principales.

Para el caso de mamposterías de BTC y BaTc se aplican refuerzos consistentes en encadenados horizontales de hormigón armado (inferiores sobre cimientos y superiores en el arranque de techos) vinculados por encadenados verticales ubicados en esquinas y cruces de muros. En el módulo de servicio, los muros monolíticos de tapial estabilizado se refuerzan internamente con barras de acero (\varnothing 10 mm.) desde el encadenado horizontal inferior, hasta el de nivel de coronamiento.

En los módulos laboratorio, aula y depósito-taller, el techo en forma de bóveda de simple curvatura, se realiza con BTC utilizando una cimbra metálica deslizante diseñada en el CRIATIC. En el módulo dirección-administración, el techo se resuelve con cúpulas semicirculares de de BTC y ladrillos cerámicos comunes dispuestos en hiladas avanzadas desde el arranque hasta el lucernario cenital (método del compás).



(Fig. 3) Construcción Techos de bóvedas y cúpulas

El techo de la galería que circunda el patio central, consta de un entramado estructural de madera y cañizo sobre el que se aplica un forjado de tierra (torta o entortado), soportado por vigas y columnas de quebracho colorado de sección compuesta. Tanto para el acabado interior como exterior, se ensayan diferentes tratamientos en base a materiales tradicionales (tierra; tierra-cal) y productos industriales.

b. Particulares

En la construcción de los módulos de aulas y depósito-taller, se aplica el sistema constructivo “LAMARS” informado en el I^{er} SIACOT (Mellace; Alderete; Arias. Bahía 2002) que propone una innovación tecnológica en la resolución de los muros portantes con mamposterías de bloques articulados.

El componente básico (BaTc-I) se incorpora al muro directamente en seco, sin mortero de asiento lográndose la estabilidad del conjunto mediante encastres horizontales y verticales que, a modo de articulaciones “macho-hembra”, vinculan a unos con otros en una misma hilada y en entre hiladas sucesivas, asegurando la inmovilidad y homogeneidad de la mampostería.

Caracterización del Sistema LAMARS

a) Materiales utilizados

Conforme al tipo y propiedades particulares de las tierras disponibles, las mezclas de suelo-cemento se dosifican en volúmenes aparentes y se preparan con un contenido óptimo de agua según determinaciones previas en laboratorio (ensayos Próctor) y verificación por métodos normalizados de los índices de resistencia a compresión axial, de tracción por compresión diametral; de absorción de agua y desgaste por abrasión



(Fig. 4) Producción de bloques comprimidos BTC y BaTc-I

b) Producción del Componente (BaTc)

Para la producción de los bloques articulados (Fig. 4) se emplea una prensa mecánica simple, diseñada a partir de la máquina CINVA-RAM. Accionada manualmente por un solo operario, comprime la mezcla de s-c con una presión dinámica de 2,20 kgf/cm². El BaTc-I obtenido resulta resistente a solicitaciones de compresión, corte, impacto y desgaste por abrasión; estable ante la acción del agua; de baja absorción (17 % máximo: 24 h. inmersión en agua fría s/ IRAM 12536) y buen comportamiento térmico, apto para cualquier tipo de clima (Alderete, C; Arias, E. 2001).

c) Construcción de los CV (Muros)

La cimentación de los muros se resuelve con macizos corridos de hormigón ciclópeo de 200 kg de cemento por m³; sus dimensiones -ancho y profundidad- se determinan en función de las características resistentes del terreno ($\sigma = 1,7 \text{ Kgf/cm}^2$). A los efectos de evitar el contacto directo con aguas superficiales, la construcción del muro se inicia a partir del encadenado inferior de hormigón armado (0,30 m. de altura y 300 kg/m³ de cemento), asentando la primera hilada de bloques sobre un lecho de mortero cementicio (1:3 + aditivo hidrófugo), que permite rectificar posibles deficiencias en el nivelado asegurando la horizontalidad de las hiladas subsiguientes.



(Fig. 5) Elevación muros de BTC y BaTc-I

A partir de la primera hilada los bloques se colocan sin mortero, teniendo cuidado en intercalar en cada caso la pieza correspondiente para lograr las adecuadas trabas en los encuentros y terminaciones de muros. Los encastres "macho-hembra" horizontales y verticales con que se vinculan los bloques aseguran, además de la estabilidad estructural, la necesaria estanqueidad de las juntas impidiendo toda posibilidad de paso de agua o aire exterior.

A los fines de su comportamiento sismorresistente, los muros se vinculan en su parte superior con un encadenado horizontal o "viga collar" de hormigón armado, de 0,30 m. de ancho y altura equivalente a dos hiladas (0,20 m.), que distribuye uniformemente las cargas del techo, evita el posible desplazamiento lateral de los muros y asegura el trabajo solidario del conjunto. En el sentido vertical, el arriostramiento se logra mediante encadenados de hormigón armado y contrafuertes que, integrados a la mampostería, transmiten las fuerzas de corte a la cimentación.

Conclusión

Referida a la tecnología de construcción con tierra en áreas sísmicas, la realidad existente en la Argentina, es que más de la mitad de la población residente en zonas áridas que presentan de moderado a elevado riesgo sísmico (alrededor del 75% del territorio) sigue construyendo sin contar con asistencia técnica adecuada.

Un posible camino que lleve al mejoramiento de esta situación es, por una parte, el trabajo sistemático en la educación y formación de recursos humanos en diversos campos y niveles y, por otra, desarrollar experimentar sistemas y componentes constructivos ajustados al rigor técnico-científico exigido para los sistemas convencionales.

En esa dirección van dirigidas obras y proyectos que como la presentada encarada el CRIATiC en el campo académico, interactuando con organismos público y organizaciones del tercer sector de la sociedad. En este sentido, se considera que los objetivos planteados en este caso, se alcanzaron plenamente, abriendo además la posibilidad avanzar luego en la propuesta de emprendimientos productivos para facilitar la incorporación de mano de obra desempleada al mercado laboral, promoviendo la creación de fuentes de trabajo como forma de contribuir a la disminución de otro de los problemas que indirectamente incide en la aceptación de alternativas tecnológicas apropiadas: la capacidad económica de los usuarios.

Bibliografía

*MELLACE, Rafael; ROTONDARO, Rodolfo; SOSA, Mirta; LATINA, Stella; ARIAS, Lucía; ALDERETE, Carlos. *Mejoras de bajo costo para muros de tierra cruda – Tucumán-Argentina Etapa II: Construcción y monitoreo de prototipos*. Edición LEME – FAU/UNT. Serie: Arquitectura de Tierra Cruda. Tucumán, Argentina. 2003.

*MELLACE, Rafael; ROTONDARO, Rodolfo; SOSA, Mirta; LATINA, Stella; ARIAS, Lucía; ALDERETE, Carlos. *Mejoras de bajo costo para muros de tierra cruda – Tucumán-Argentina -Etapa I: diseño y ensayos previos*. Edición LEME – FAU/UNT. Serie: Arquitectura de Tierra Cruda. Tucumán, Argentina. 2003.

*ARIAS, Lucía E; ALDERETE, Carlos E; MELLACE, Rafael F. *Mampostería de bloque comprimidos de tierra-cemento con junta de asiento*. Edición LEME. Serie: "Componentes constructivos de la envolvente" (ISSN: 0328-3240). Tucumán, Argentina. 2002.

*ALDERETE, Carlos E; ARIAS, Lucía E; MELLACE, Rafael F. *Control de la absorción en bloques comprimidos de suelo-cemento*. Edición LEME. Serie: "Componentes constructivos de la envolvente" (ISSN: 0328-3240).

*Tucumán, Argentina. 2002.

MELLACE, Rafael F; ALDERETE, Carlos E.; ARIAS, Lucía E. *Centro Regional de Investigaciones de Tierra Cruda: Sistema Constructivo "LAMARS*. I Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra (I SIACOT). Salvador- Bahía- Brasil, 2002.

*MELLACE, Rafael F; ALDERETE, Carlos E. *Ensayos físico-mecánicos de suelo y componentes constructivos de tierra cruda*. *Salón de Fiestas K-Sama - Santa María, Catamarca*. Edición LEME. Serie: "Componentes constructivos de la envolvente" (ISSN: 0328-3240). Tucumán, Argentina. 1996.