

REFUERZO ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS DE ADOBE

Eje 3: Extensión universitaria y transferencia tecnológica

Martínez Selva

Herrera Laura

Romarión Ricardo

Herrera José Luis

CIRCOT–FI–UNSJ, Argentina, circot@unsj.edu.ar

CeReDeTeC–UTN–Facultad Regional Mendoza, Argentina, ceredetec@frm.utn.edu.ar

RESUMEN

Jáchal, el tercer departamento más extenso de la provincia de San Juan, es reconocido como un férreo defensor de tradiciones que en él se conservan y que le dan una fuerte identidad a su gente. En él se desarrolla una excelente producción agrícola, donde se destaca la plantación de cultivos estacionales, y por ello es extensa la zona de viviendas rurales, 98% de ellas construidas en adobe.

La situación problema que se plantea es la baja resistencia sísmica y el deterioro sufrido por esas viviendas. La realidad socioeconómica del lugar no permitió el mejoramiento y reparación de muchas de ellas. Esta baja resistencia pone en peligro latente a la población que en ellas habita.

Proponemos como objetivo general: Reforzar la estructura de viviendas de adobe, atendiendo a la realidad socioeconómica de los usuarios y a la sismicidad de la zona en la que están emplazadas; y como objetivos específicos: proponer técnicas de refuerzo basadas en ensayos experimentales; capacitar en la construcción de viviendas de adobe siguiendo pautas más seguras; capacitar en las técnicas constructivas de refuerzo ; promover la autogestión y fortalecer la identidad social de la zona rural de Jáchal.

Para el logro de los objetivos planteados se diseñaron y construyeron prototipos, los que se sometieron a ensayos destructivos para analizar, evaluar y transferir los resultados, permitiendo su divulgación.

Estos ensayos nos determinan qué tipo de refuerzo estructural da respuesta satisfactoria a la capacidad de resistencia que deben tener las viviendas construidas con adobe, para resguardar la vida humana ante los movimientos sísmicos que caracterizan a la región.

El resultado de los ensayos, volcado en un documento gráfico y audiovisual, permite su transferencia a los usuarios de este tipo de viviendas.



Está prevista la capacitación a los habitantes, a través de cursos, que además de enseñar la técnica constructiva, concienticen sobre el estado de vulnerabilidad de sus viviendas y las bondades del refuerzo que brinda seguridad a la vivienda y, por lo tanto, a la familia que la habita.

PALABRAS CLAVES: ADOBE - REFUERZO ESTRUCTURAL - VIVIENDA RURAL - JÁCHAL - SISMO

1. INTRODUCCIÓN

Ha finalizado el Proyecto "*Refuerzos constructivos en viviendas de adobe del área rural de Jáchal. Una tecnología para la inclusión social.*" Llevado a cabo por el Centro de Investigación para la Racionalización de la Construcción Tradicional - CIRCOT. Corresponde a una Convocatoria del Programa "Consejo de la Demanda de Actores Sociales" - PROCODAS

Tenía como objetivo proponer un refuerzo para hacer *más segura* desde lo sísmico, a la vivienda de adobe, sin llegar a ser sismoresistente según parámetros del IMPRES CIRSOC vigente. Nos basamos en antecedentes externos a nuestro país, como los estudios avalados por CERESIS, Centro Regional de Sismología para América del Surⁱ. También en antecedentes internos como los estudios llevados a cabo por el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la FAUD de la UNSJ.

Se propuso reforzar con mallas metálicas, revocadas con cemento, los encuentros entre muros, tanto en el interior como en el exterior de la vivienda. El proyecto tuvo como elemento de estudio a viviendas existentes, no fue un prototipo de vivienda de adobe. Su meta fue dar respuesta a las viviendas construidas con este material en las zonas rurales de San Juan, frente a la sismicidad de la provincia. Su objetivo fue soportar de pie a la vivienda —un tiempo prudencial más que la vivienda sin refuerzo— permitiendo la evacuación de sus habitantes en caso de fuertes sismos y por lo tanto, salvar vidas.

Una vez comprobado el resultado de esta propuesta con ensayos en mesa vibratoria, comienza una segunda etapa. Esta vez con el Proyecto "*Refuerzo estructural en viviendas de adobe*" de una Convocatoria del Consejo Interuniversitario Nacional-CIN.ⁱⁱ Consiste en ensayar diversos materiales existente en el mercado local, para el refuerzo estructural propuesto, y analizar las variables resistencia/costo. Lo proponemos porque el refuerzo está destinado a viviendas de interés social.

Como extensión del Proyecto, se brindan cursos de capacitación para capacitar la mano de obra que lleve a cabo estos refuerzos. Generalmente los mismos habitantes de las viviendas o quienes quieran hacer de esta capacitación, un oficio. En el curso se hace entrega de un manual con texto sencillo ejemplificado con gráficos. Continúa la extensión del Proyecto con el asesoramiento de las obras que se lleven a cabo.

2. DESARROLLO

Los proyectos tienen, como objetivo principal, hacer estructuralmente más seguras a las viviendas rurales de adobe construidas en el área rural del Departamento Jáchal. Se proponen obtener técnicas de refuerzo sísmico basadas en ensayos experimentales.



El modelo a escala 1:2 fue construido con muros de adobe de 10 cm. de espesor, dinteles de madera y techo de rollizos de madera con machimbre. Los encuentros de muros fueron reforzados, por dentro y por fuera, con malla metálica. En las Fig. 1 a Fig. 3, se muestran la planta, vistas y cortes.

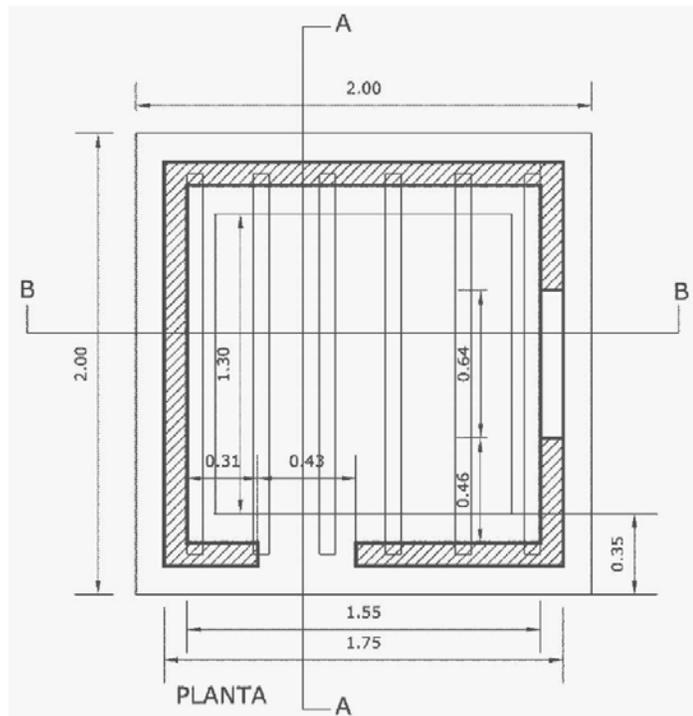


Figura 1: Planta del prototipo

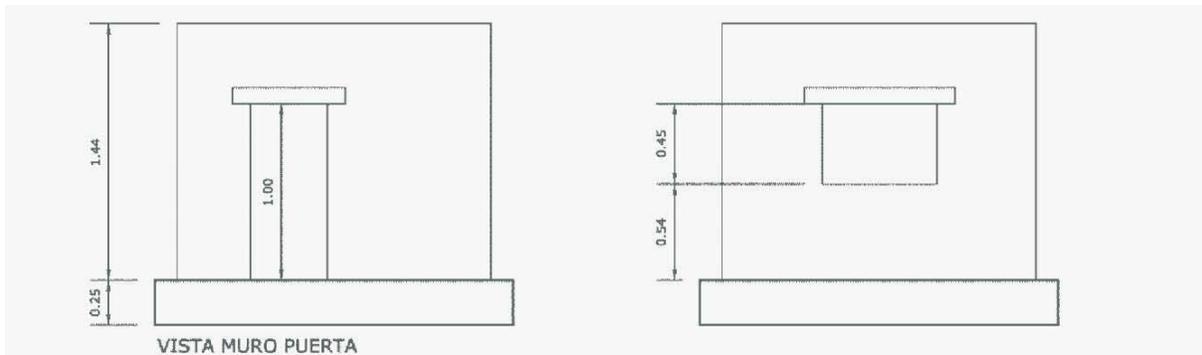


Fig. 2: Vistas del modelo

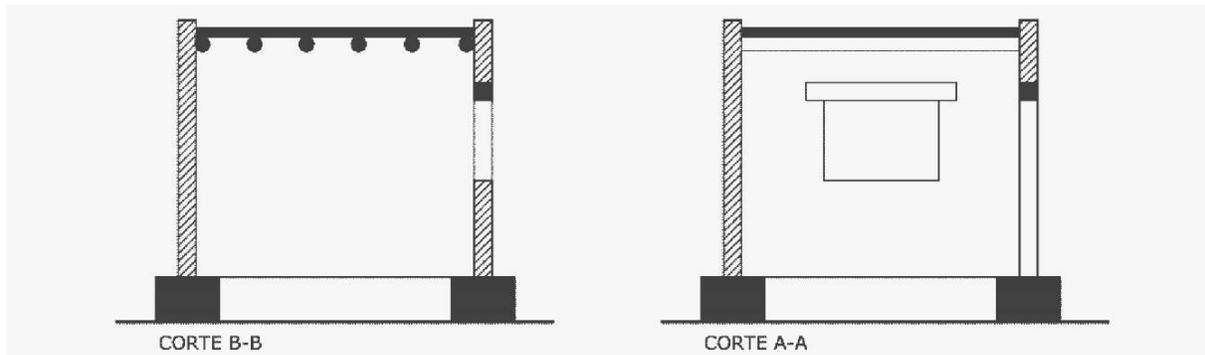


Fig. 3: Cortes del modelo

El modelo se montó sobre la mesa vibratoria del IDIAⁱⁱⁱ. Instituto que llevó a cabo los ensayos, utilizando una grúa. En la operación de montaje, el modelo sufrió algunos daños menores en la parte superior, debido a la presión provocada por las eslingas.

Una vez colocado sobre la mesa vibratoria, se procedió al anclaje de la base, se repararon los daños, se revocó la malla metálica con mezcla cementicia y se pintó de color blanco, como se aprecia en las Fotos 1, 2 y 3.

A modo de carga, el techo se cubrió con una capa de tierra húmeda de aproximadamente 10 cm de espesor.



Fotos 1 y 2: malla de refuerzo a la vista



Foto 3: Refuerzo de mallas revocado.

El ensayo propuesto fue de carácter destructivo y estuvo enmarcado en el programa de estudios teóricos y experimentales del comportamiento de estructuras y componentes bajo cargas dinámicas con énfasis en la acción sísmica. En esa mesa vibratoria también se ensayaron dos prototipos materializados en adobe, construidos por el IRPHA^{iv}. Uno de los prototipos totalmente libre de refuerzo y el otro reforzado en geo membrana. Este antecedente permitió relacionar los prototipos a ensayar del CIRCOT con los ensayados por el IRPHA, teniendo a los mismos como línea de base y extremos de referencia. Por eso todos los modelos respetaron la escala 1:2 y fueron construidos en adobes elaborados con material de la zona bajo estudio.

El ensayo consistió en aplicar a la estructura un movimiento en su base, mientras se mide y registra la respuesta de la estructura a ese movimiento. El tamaño y peso de los modelos a ensayar dependen de las características de la instalación, este es el motivo por el cual se ensayan modelos a escala reducida y luego los resultados se extrapolan a escala natural.

La mesa vibratoria del IDIA, permite aplicar al modelo a ensayar un movimiento horizontal en una sola dirección y, de ser necesario, también permite la aplicación de un movimiento vertical simultáneamente, mediante la adición de un actuador vertical.

Canal	Sensor	Posición	Dirección
1	LVDT	Mesa	Longitudinal
2	SIN USO	-	-
3	LVDT	S	Diagonal muro sur
4	LVDT	N	Diagonal muro norte
5	Acelerómetro	Mesa	Longitudinal
6	SIN USO	-	-
7	Acelerómetro	Techo esquina N-O	Longitudinal
8	Acelerómetro	Techo esquina N-O	Transversal
9	Acelerómetro	Techo esquina S-O	Longitudinal
10	Acelerómetro	Techo esquina N-E	Longitudinal
11	Acelerómetro	Techo esquina N-O	Vertical
12	Acelerómetro	Techo esquina S-E	Vertical
13	Acelerómetro	Techo esquina S-E	Longitudinal
14	Acelerómetro	Techo esquina S-E	Transversal

Tabla 1: Instrumental utilizado

El modelo se instrumentó con cuatro acelerómetros, ubicados cada uno de ellos en una esquina del techo. Se utilizaron dos sensores de desplazamiento (LVDT), instalados en forma diagonal en la cara externa de los muros longitudinales, en la dirección del movimiento de la mesa vibratoria. La distribución de los sensores utilizados se muestra en la Tabla 1. En la Fig. 4 se presenta un esquema de la instrumentación del modelo.

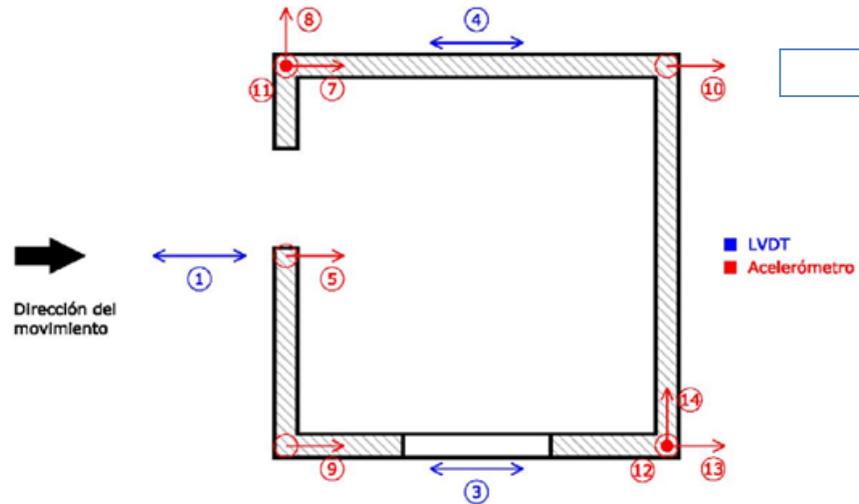
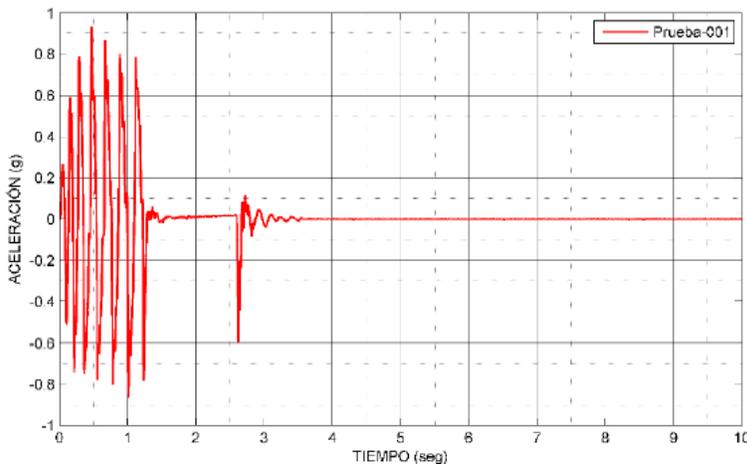


Fig. 4: Esquema de la instrumentación del modelo

El plan de ensayos original, consistía en realizar un barrido de frecuencias con una aceleración muy pequeña, con el fin de conocer las características dinámicas del modelo. Luego, se aplicaría una serie de movimientos, con aceleración creciente, hasta producir el colapso del modelo.

Debido a un problema en el sistema de control de la mesa vibratoria, durante un movimiento de prueba, las aceleraciones fueron muy altas y dañaron el modelo en los primeros ensayos. Uno de estos movimientos es el que se presenta con el nombre de "Prueba-001".

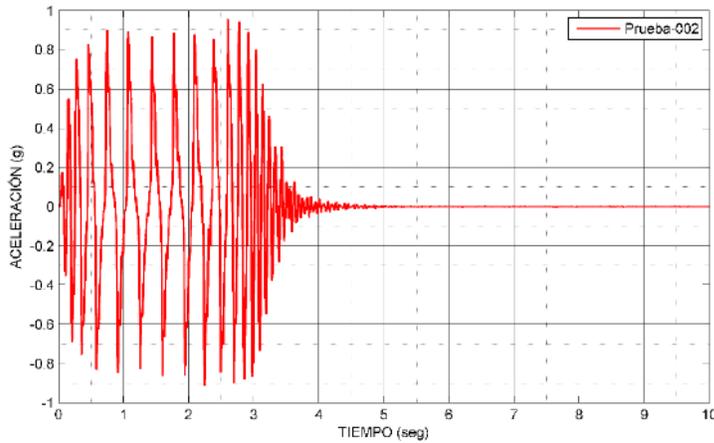


Posteriormente, se ensayó el modelo hasta su colapso parcial. Los movimientos finales se denominaron: "Prueba-002" y "Prueba-003".

Se puede suponer, que el periodo propio del modelo era cercano 0.1seg, basándose en ensayos realizados en modelos similares en colaboración con el IRPHA.

Luego de instalados los sensores en el modelo, se aplicó un movimiento con una frecuencia predominante de 4.6Hz y una amplitud de aceleración de 0.93g.

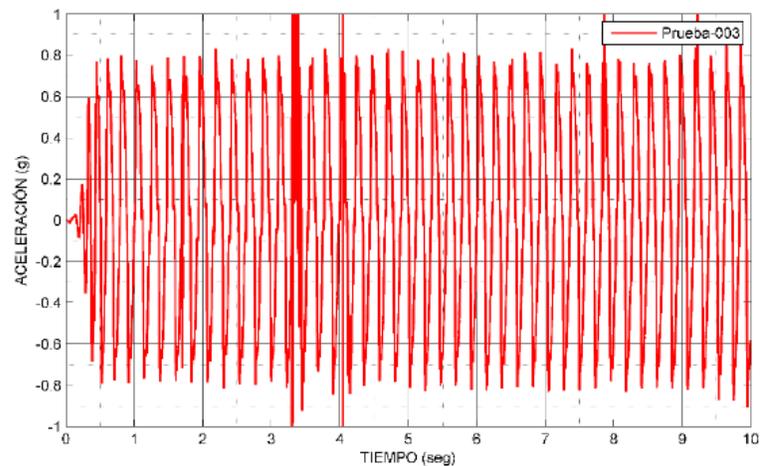
Posteriormente se procedió a ensayar el modelo hasta su colapso parcial. Se aplicó un movimiento armónico, con una frecuencia predominante de 3.2Hz, y picos de aceleración de 0.96g.



El último ensayo, el cual provocó la caída de gran parte de los muros laterales del modelo y grietas importantes en los restantes, correspondió a un movimiento armónico, con una frecuencia predominante de 4.5Hz y una amplitud de aceleración de 0.8g y algunos picos de 1g.

3. CONCLUSIONES

Se ensayó un modelo de adobe reforzado, a escala reducida, en mesa vibratoria. El modelo fue sometido a aceleraciones muy intensas comparadas con los terremotos registrados a escala mundial, con espectros de pseudo-aceleración muy demandantes y un gran número de ciclos de alta intensidad aunque de una frecuencia relativamente alta. Se considera



que bajo estas sollicitaciones sufrió un colapso parcial sin perder la capacidad de soportar la carga del techo. Las esquinas reforzadas se comportaron bien manteniendo vinculados los muros en las dos direcciones ortogonales lo mismo que el refuerzo aplicado en la puerta. No se ha ensayado el modelo con una acción diagonal no paralela a sus dos direcciones ortogonales que pudiera abrir estas esquinas. Se ha observado rotura por corte y también

falla de los muros, con caída de adobes, por acción de fuerzas fuera de su plano en la parte superior del modelo, siendo este comportamiento de gran riesgo para las vidas que deben protegerse como objetivo del diseño.

Luego de rastrear antecedentes, analizar sistemas y ensayar el prototipo, surgió la propuesta de este modelo de refuerzo estructural, considerando también el refuerzo del coronamiento superior por los resultados del ensayo. Propuesta de nuevo ensayo, para lo cual ya se construyó el prototipo y está a la espera de la disponibilidad de la mesa vibratoria del IDIA. Fotos 4, 5 y 6.

Foto 4: Prototipo colapsado





Es un refuerzo parcial que tiene en cuenta el equilibrio costo/resultados, ya que va dirigida a un segmento social de bajos recursos económicos. Dadas las características de la región, las costumbres locales y conocimientos de construcción tradicional, la propuesta respeta y considera la idiosincrasia del lugar y las características de materiales disponibles en el mercado local. Trabajos encarados por

Varum y Figueiredo en Portugal, Cortez y Sakakibara en Chile, Díaz Riveros en Colombia, Blondet y Vargas en Perú, y de manera especial Quiun y San Bartolomé en distintos lugares de Latinoamérica, han verificado la eficiencia de este tipo de soluciones de refuerzo.

Cabe destacar que los antecedentes estudiados llevaron al conocimiento de trabajos similares a los planteados en el proyecto fueron realizados por el IRPHA, también en el IDIA, que nos permite ensayar con sus instrumentales y contar con la capacidad de su gente.

Queremos destacar la colaboración entre los Institutos que permitió la optimización de recursos, compartiendo ensayos y comparando resultados, aunque los objetivos de los Institutos y sus proyectos difieran.

La conexión lograda con CERESIS es muy beneficiosa porque se obtuvieron valiosos antecedentes y el aliciente necesario para trabajar en la temática propuesta.



Foto 5: Nuevo prototipo reforzado



Foto 6: Nuevo prototipo preparado para el ensayo

4. EXTENSIÓN PROPUESTA

El proyecto se propone fomentar la autoconstrucción del refuerzo. Para ello prepara cursos de capacitación para los usuarios y la entrega de un manual “ad hoc”. Junto a ello, la entrega de un Kits de herramientas (balde de albañil, cuchara de albañil, plomada, fratacho, tenaza y martillo) a los usuarios que encaren la tarea, a modo de incentivo, y el asesoramiento de los profesionales durante la ejecución de las obras. Para extraer experiencia se puso en práctica el refuerzo en una vivienda piloto. El proyecto compró los materiales y el propietario puso la mano de obra.

Autoridades del Municipio de Jáchal se comprometieron a colaborar con esta proyección de tareas.

A través de las Instituciones Adoptantes^v se llega a los habitantes del área rural de Jáchal y se progresa en la concientización sobre la necesidad de reforzar las viviendas de adobe en bien de la seguridad de las personas que las habitan. A pesar del cambio de gestión en la Municipalidad del departamento, ha sido bienvenido el proyecto por parte de las nuevas autoridades. Las relaciones humanas fueron armoniosas y dieron su fruto, puestas al servicio del bienestar de los usuarios de



las viviendas construidas en adobe, fortaleciendo la vivienda, y con ella la identidad de la zona rural de Jáchal.

BIBLIOGRAFÍA

Blondet, M.; Vargas, J.; Tarque, N.; Soto, J.; Sosa, C. y Sarmiento, J. (2015). *Refuerzo sísmico de mallas de sogas sintéticas para construcciones de adobe*. Cuenca (Ecuador). Actas del 15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra Coord. por María Cecilia Achig Balarezo, págs. 67-80. ISBN 978-9978-14-313-1.

Cortez Alvarez, M. y Sakakibara Romero, M. (2015). *Reparación sismoresistente en construcciones de adobe*. Comuna de Coinco, Chile, 2011. Cuenca (Ecuador). Actas del 15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra Coord. por María Cecilia Achig Balarezo, págs. 351-358. ISBN 978-9978-14-313-1.

Diaz Riveros, C. (2011). *En la rehabilitación de la Arquitectura en adobe incide la huella del objeto valorado desde la perspectiva del patrimonio cultural en el centro antiguo de Villavicencio: puntualizando procedimientos*. Bogotá (Colombia). Cap & Cua, vol. 6.

Quiun Yong, D.; San Bartolomé, A.; Zegarra, L.; Giesecke, A. (2011). *Comportamiento exitoso de construcciones de adobe reforzadas en Ica ante el terremoto de Pisco 2007. La Sismología en Sudamérica y los mecanismos de prevención y mitigación del peligro y riesgo sísmico*. Homenaje a Alberto Giesecke. Lima (Perú). Editor Daniel Huaco Editor, págs. 167-175. ISBN: 978-612-46107-0-7.

Yamín Lacouture, L.; Phillips Bernal, C.; Reyes Ortiz, J. y Ruiz Valencia, D. (2007). *Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas de adobe y tapia pisada*. Bogotá (Colombia). Editorial Revista Apuntes, vol. 20, n° 2, págs. 286-303. ISSN-e 2011-9003, ISSN 1657-9763.

Varum, H.; Figueiredo A.; Silveira, D.; Martins, T. y Costa, A. (2011). *Investigaciones realizadas en la Universidad de Aveiro sobre caracterización mecánica de las construcciones existentes en adobe en Portugal y propuestas de rehabilitación y refuerzo*. Resultados alcanzados. Informes de la Construcción, vol. 63, n° 523, págs. 127-142. ISSN 0020-0883. eISSN 1988-3234. doi 10.3989/ic. 10.016.

Visintainer, L. (2015). Terremoto Chile 2010. *Reconstrucción/Restauración patrimonial: proceso de validación de la tierra como material vigente*. BALANCE DE LAS INTERVENCIONES EN LA VI REGIÓN. Sevilla (España). Tesis doctoral dirigida por Pablo Díaz Rubio y Eduardo Mosquera Adell. Universidad de Sevilla, 629 págs.

¹ Es un organismo internacional creado en 1966 por un convenio entre la UNESCO –Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura– y el gobierno del Perú, por ello tiene su sede en Lima. Está integrado por once países miembros: Argentina (representado por el INPRES –Instituto Nacional de Prevención Sísmica–), Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, España, Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago, y Venezuela. Sus metas son reducir el número de víctimas y el monto de las pérdidas materiales, disminuyendo la vulnerabilidad estructural, ambiental, social y cultural de nuestras sociedades ante fenómenos naturales destructivos y recurrentes. CERESIS elaboró una propuesta para reforzar viviendas de adobe en distintos lugares de América Latina. A través de su Director Ejecutivo: Lic. Leandro Rodríguez el CIRCOT recibió todo el apoyo necesario para los proyectos planteados y el incentivo institucional y científico para seguir trabajando en esta temática.



El Dr. Ing. Daniel Quiun Yong, Director de la Organización que representa al Perú ante el CERESIS y autor de varios trabajos referidos a las construcciones de adobe reforzadas, también manifestó su apoyo y colaboración al CIRCOT. Viviendas reforzadas por los métodos de Quiun Yong en Perú, tuvieron respuesta exitosa ante el terremoto ocurrido en junio de 2001 en Moquegua, Tacna y Arica y ante el terremoto de Pisco en 2007.

ⁱⁱ Lo desarrolla el CIRCOT junto al Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología y la Ingeniería Sísmica –CeReDeTeC– de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Mendoza, dirigido por la Dra. Ing. Noemí Graciela Maldonado.

ⁱⁱⁱ Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, dirigido por el Dr. Ing. Francisco Zavala.

^{iv} Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat– de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan, dirigido por la Dra. Arq. Mirtha Romero.

Los Adoptantes son:

^v Los Adoptantes son:

- Asamblea Rural de Jáchal. Es una ONG –organización no gubernamental– representada por Irene Urrithe primero y por Elena Mabel Leiva y Verónica Lorena Díaz después.
- Asociación Quillay. Es una ONG abocada al desarrollo de Jáchal, representada por Héctor Fabián Olivares.
- Municipalidad de Jáchal, a través de la Secretaría de Obras y Servicios. Representada por sus Secretarios a través de las distintas gestiones: Arq. Héctor Leiria primero, Arq. Walter Bustelo luego y Arq. Andrés Cuello después.