

TEMATICA 5

INVESTIGACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIÓN EN ZONAS SÍSMICAS

5.1 Reforzamiento de estructuras de adobe con mallas metálicas. Osvaldo Albarracin/ Mary Saldivar Lucas Garino Libardi/ Gustavo Navarta

Osvaldo Albarracin¹; Mary Saldivar²; Lucas Garino Libardi³; Gustavo Navarta⁴
Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan, Argentina
1osvaldo_albarracin@yahoo.com.ar; 2msaldivar@speedy.com.ar
Instituto de Investigaciones Antisísmicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina; 3lgarino@unsj.edu.ar; 4gnavarta@unsj.edu.ar

Palabras claves: Construcciones espontáneas, vulnerabilidad sísmica, desarrollo tecnológico

Resumen

El Gran San Juan es el conglomerado de ciudades y localidades agrupadas en el valle de Tulum, con una población de 470.000 habitantes y con la particularidad de pertenecer a la zona de mayor peligrosidad sísmica de Argentina. Desde la década del 70 rigen en el país las normas de diseño estructural INPRES-CIRSOC103¹ que brindan prescripciones sismorresistentes para la construcción con mampostería encadenada. Sin embargo, en la actualidad existen áreas urbanas y suburbanas con diferentes grados de vulnerabilidad sísmica debida, principalmente, al carácter precario y espontáneo de las construcciones, muchas de ellas construidas por sus propios dueños.

Un problema adicional de este sector lo constituye la construcción de viviendas empleando adobes. Este tipo de construcciones con tierra ha presentado comportamientos inaceptables durante los terremotos de mayor magnitud registrados en la ciudad de San Juan en el año 1944 y en la ciudad de Caucete en el año 1977 ($M_s = 7,4$ y $M_s = 7,5$ respectivamente).

Con el objetivo principal de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe existentes, se han realizado ensayos dinámicos de modelos de vivienda a escala 1:2 utilizando la mesa vibratoria del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Universidad Nacional de San Juan.

En una primera instancia se ensayó un modelo sin reforzar cuyos resultados constituyen una situación basal, para luego ensayar un modelo reforzado con mallas metálicas y revoque de mortero cementicio.

Los primeros análisis de los resultados muestran la viabilidad de la metodología empleada como reforzamiento, permitiendo que la vivienda no colapse ante las acciones dinámicas impuestas.

1. INTRODUCCIÓN

El Gran San Juan es el aglomerado urbano formado como consecuencia de la extensión de la ciudad de Ciudad de San Juan sobre los cuatro departamentos limítrofes, Rawson, Rivadavia, Santa Lucía y Chimbabue y sobre los departamentos de Nueve de Julio y Pocito. Cuenta con una población de 471.389 habitantes y sísmicamente constituye conjuntamente con la región norte de la provincia de Mendoza, la zona de mayor peligrosidad sísmica de la República Argentina.

Cuando ocurren terremotos de carácter destructivo son cuantiosas las pérdidas de vidas humanas y de bienes producidas por el colapso de edificaciones que no están concebidas para responder adecuadamente a tales eventos. En San Juan el terremoto del año 1944, destruyó aproximadamente el 80% de la ciudad y causó cuantiosas pérdidas humanas, se estima que 10.000 personas murieron y otras 20.000 resultaron heridas de una población total cercana a los 80.000 habitantes. En el año 1977 otro terremoto de similar magnitud tuvo su epicentro en la ciudad de Caucete, ubicada 25 km al SE de la ciudad de San Juan, causando 65 víctimas fatales y alrededor de 300 heridos, la mayoría de ellos por el colapso de viviendas de adobe en la zona epicentral.

Este último evento causó menor número de fatalidades debido principalmente a la menor densidad poblacional de la ciudad de Caucete y a que ya se encontraban vigentes normas sísmicas de construcción, desarrolladas a partir de la reconstrucción de la ciudad de San Juan luego del terremoto de 1944.

Actualmente rige en el país el reglamento INPRES-CIRSOC 1031 con prescripciones sismorresistentes para la construcción de edificios, además existen organismos provinciales de control de proyectos y ejecución de obras. Sin embargo hay áreas urbanas y suburbanas con diferentes grados de vulnerabilidad sísmica.

El hábitat de los sectores poblacionales con necesidades básicas insatisfechas es el que presenta mayores niveles de vulnerabilidad sísmica. La limitada inserción del sector en el conjunto social formal ha dificultado en las pasadas décadas, el acceso tanto a planes gubernamentales de viviendas, al servicio profesional específico como a materiales de construcción de cierto costo al momento de materializar el hábitat familiar.

Resulta usual que familias de bajos recursos construyan sus viviendas con adobes pasando a formar parte de la fracción más vulnerable frente a sismos destructivos (Figura 1).

Puede afirmarse que si bien existe en el sector cierta cultura constructiva producto de la necesidad, no está desarrollada una marcada conciencia sobre los efectos que un sismo destructivo pueda ocasionar en las viviendas. Por lo tanto, constituye un desafío proponer soluciones innovativas de orden tecnológico que resulten aptas para la recuperación o rehabilitación de viviendas espontáneas ejecutadas sin asistencia técnica ni control de los organismos pertinentes.

Esta publicación aborda las problemáticas de viviendas autoconstruidas en forma espontánea por sus habitantes en terrenos propios y que no obstante su vulnerabilidad

son susceptibles de ser recuperadas con la aplicación de recursos tecnológicos de mitigación del riesgo de colapso.



Figura 1 – Viviendas auto construidas utilizando adobes

2. MARCO TEÓRICO

Tecnologías apropiadas o sustentables, aplicadas a la materialización del hábitat humano, son aquellas cuya adopción ofrece ventajas comparativas respecto de otras alternativas en los planos económicos, sociales y del ambiente físico. Posibilitando el máximo aprovechamiento de los recursos físicos disponibles en términos de materiales y equipos empleados, a la vez que capitalizan recursos humanos y potencian conocimientos técnicos y capacidades, en un todo armónico que articula aspectos productivo-culturales con el mejoramiento de la calidad de vida tanto de los futuros usuarios de los espacios en construcción, como la de los sectores involucrados directa o indirectamente en su materialización.

Una tecnología constructiva resulta apropiada cuando emplea óptimamente recursos locales en una forma amigable al ambiente y cuando es recomendable para las circunstancias ecológicas, económicas y socio-culturales de un país o región. Las tecnologías apropiadas por lo tanto promueven un desarrollo sustentable².

La problemática de los desastres ha transitado durante los últimos 20 años una fuerte evolución conceptual. Los desastres dejaron de ser vistos como un sinónimo de eventos naturales, el sencillo resultado, casi automático, de estar expuestos a estos, o la falta de la respuesta física frente a tales eventos y comenzaron a comprenderse como una orientación guiada por el reconocimiento del riesgo.

Se define como amenaza, a la posibilidad de que ocurra un fenómeno o un evento adverso que podría generar daño en las personas o su entorno, derivado de la naturaleza, de la actividad humana o de una combinación de ambos y que puede manifestarse en un momento y un lugar específicos con una magnitud determinada.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de un elemento o de un sistema de ser afectado gravemente (por ej.: un edificio o un conjunto de viviendas). Es el factor interno del riesgo, debido a que esta situación depende de la actividad humana. La vulnerabilidad debe entenderse en función de cada tipo de amenaza. Una vivienda o cualquier otro tipo de construcción pueden ser vulnerables a los terremotos si no cuenta con un diseño adecuado, por ejemplo.

La interacción de la amenaza y la vulnerabilidad en determinado momento y circunstancia genera un riesgo, es decir, la probabilidad de la generación de daños por la

presentación del fenómeno esperado, en un lugar específico y con una magnitud determinada.

Desde una perspectiva cuantitativa la vulnerabilidad edilicia en el campo de la vivienda resulta uno de los aspectos de relevancia a considerar en la evaluación del riesgo sísmico. Por su parte, la mitigación de la misma aparece como requerimiento de primer orden en cualquier acción relativa a la gestión del riesgo a escala urbana.

Factores de orden tecnológico, económico y social se conjugan en la génesis de todo edificio, particularmente en los destinados a vivienda y son estos factores los que inciden en los niveles de vulnerabilidad sísmica resultante, y es por ello que deben considerarse en toda acción que tenga como objetivo la mitigación del riesgo ante sismos de diferente intensidad.

En la región, la sismorresistencia constituye un factor de fuerte incidencia en la habitabilidad de las viviendas. Sumado a ello, dentro de los niveles de exclusión social de los sectores aludidos se manifiestan físicamente en la materialización de barrios de viviendas autoconstruidas con índices de habitabilidad considerablemente bajos.

Esta situación, tiene origen en la dificultad de sus habitantes para acceder tanto al servicio profesional especializado como a materiales de construcción "nobles". El resultado son agrupamientos de viviendas de construcción espontánea realizadas sin asistencia técnica ni control estatal que se localizan en áreas periurbanas. Las normas de construcción, nacionales y provinciales (INPRES CIRSOC – Código de Edificación de San Juan), prescriben consideraciones estructurales para que una construcción pueda ser considerada habitable. Tales normas no resultan aplicables a los casos de las viviendas existentes mencionadas ya que su aplicación estricta induciría a la demolición con el consecuente impacto social que afectaría a un sinnúmero de pobladores.

No obstante, en Latinoamérica, se han desarrollado métodos de consolidación de edificios construidos con tierra cruda. Países como Perú, Colombia o México cuentan con normativas para la construcción de viviendas con adobe y para la rehabilitación de viviendas ubicadas en zonas donde la sismicidad constituye una amenaza. Avances tecnológicos desarrollados principalmente por investigadores de la Pontificia Universidad Católica de Perú – PUCP (Bariola et al, 1986; Corazao et al, 1973; Vargas et al, 1983a; 1983b; 1984; Zegarra et al 1997, 1999; Blondet et al, 2005; Torrealva et al, 2005) podrían ser de aplicación a la problemática local, posibilitando la disminución del riesgo de colapso por comportamiento

frágil, al tiempo que propicie un comportamiento elástico de la construcción, retardando de esta manera el tiempo de colapso ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable.

La sustentabilidad económica de las soluciones de rehabilitación sísmica podría encontrar en la autoconstrucción asistida un recurso viable.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de la investigación, cuyos resultados preliminares se muestran en esta publicación, es el de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe existentes en zonas suburbanas del Gran San Juan, utilizando técnicas de reforzamiento que impidan el colapso de dichas construcciones durante eventos sísmicos de importancia.

Se pretende además poder avanzar en el conocimiento de diferentes técnicas de reforzamiento utilizadas en otras regiones y en la posibilidad de aplicación local. Por otro lado se plantea la necesidad de evaluar la capacidad de llevar adelante la técnica de reforzamiento por la mano de obra local, principalmente por los propietarios de las viviendas.

4. METODOLOGÍA

La metodología aplicada, de carácter experimental, consiste en la verificación empírica de la respuesta sísmica de una técnica de reforzamiento de mamposterías de adobes mediante el empleo de mallas y revoques cementicios. Si bien hay experiencias en el mundo, en la rehabilitación de edificios declarados de interés patrimonial e histórico utilizando geomallas (polímeros), el costo de las mismas hace que su aplicación no sea viable cuando se trata de viviendas autoconstruidas. Por esta razón se han empleado mallas metálicas electrosoldadas que son elementos usuales en la construcción de elementos de hormigón armado (losas).

Innovaciones tecnológicas como la presente, aun tratándose de reelaboraciones de modos constructivos conocidos, requieren la constatación experimental de sus propiedades en relación con la problemática que se proponen atender y los aspectos contextuales.

En este caso en particular la técnica de reforzamiento empleada (malla metálica + revoque cementicio) deberá por un lado incrementar la capacidad de respuesta frente a acciones dinámicas y además poseer aptitudes técnicas y económicas que posibiliten la auto-rehabilitación.

4.1 Capacidad de respuesta dinámica

Con respecto a esta variable se requiere conocer la capacidad de respuesta de la estructura en su conjunto frente a movimientos dinámicos de características comparables con eventos sísmicos ocurridos en la región o bien probables según recomendaciones reglamentarias. Para alcanzar este objetivo se realizaron dos ensayos dinámicos de un modelo a escala 1:2 en la mesa vibra-

toria de 1 grado de libertad del Instituto de Investigaciones Antisísmicas 'Ing. Aldo Bruschi' de la Universidad Nacional de San Juan. El primero de estos ensayos se realizó en un modelo sin reforzar por lo que los resultados obtenidos constituyen una línea base sobre la cual se pudieron cuantificar la mejora del comportamiento del modelo reforzado.

4.2 Aptitud para la autoconstrucción

Tal como se señalara, las soluciones constructivas de reforzamiento están dirigidas básicamente a viviendas de adobes autoconstruidas por sus moradores en áreas periurbanas. Debe suponerse entonces cierta capacidad de la mano de obra en el manejo de técnicas relativas a la construcción con tierra cruda. No obstante de estudios de campo previos al presente trabajo se infiere que tales capacidades son limitadas respecto al dominio de técnicas observables en áreas rurales donde existe una cultura constructiva heredada. Esta limitación se manifiesta particularmente en la dificultad en la ejecución de revoques de barro que tienden a desprenderse y/o agrietarse.

Los estudios sobre reforzamiento con geomallas realizados en la PUNC sugieren el revoque con barro sobre las mallas vinculadas entre sí, a través del muro, (Zegarra et al, 1997). No obstante, y en mérito a las dificultades señaladas para la ejecución de revoques de barro, se optó por la inclusión de revoques cementicios, por resultar estos de más fácil ejecución para mano de obra de baja calificación y además para preservar en el tiempo la integridad de la malla metálica seleccionada.

Los materiales utilizados para el reforzamiento de viviendas de adobe son variados. Maderas, geomallas, mallas sintéticas y metálicas, bandas formadas por recortes de neumáticos radiales, etc. constituyen alternativas para el reforzamiento de muros de adobes, cada uno atendiendo a los materiales regionalmente disponibles (Torrealva; Acero, 2005; Blondet et al, 2006). En Argentina las mallas metálicas electrosoldadas constituyen un material de producción nacional y de uso cotidiano formando parte del refuerzo de losas conformadas con elementos pretensados. La disponibilidad, difusión en el ámbito de la construcción y costo frente a las geomallas de origen importado ha justificado el uso de este material para el reforzamiento propuesto.

Un problema constructivo que surge de la utilización de revoques cementicios sobre mampostería de tierra cruda es la conocida falta de adherencia. En esta investigación se ha buscado minimizar esta problemática mediante la previa saturación de los paramentos de adobe con una mezcla de agua y cemento haciendo las veces de puente de adherencia. Posteriormente se realizó un azotado con mortero de relación volumétrica 1:3 (cemento/arena gruesa). Para estudiar la efectividad de

esta técnica se realizaron ensayos de extracción de mallas sobre probetas de adobe donde la adherencia entre el mortero y mampuesto fue tratada de diferentes maneras, (Albarracín et al, 2013).

Sobre la superficie rugosa lograda con el azotado cementicio se apoyó por ambos lados del paramento una malla metálica formada por varillas de acero de 3 mm de diámetro separados 0,10 m soldados entre sí. Ambas mallas fueron vinculadas por pasadores confeccionados con alambres galvanizados. Finalmente, las mallas se cubrieron con revoque cementicio cuya relación volumétrica es 1:6 (cemento/arena gruesa). La técnica constructiva y los materiales empleados presentan las siguientes ventajas comparativas:

- Facilidad en la realización de los procedimientos constructivos por la mano de obra con baja capacitación, ya que los materiales empleados son usados habitualmente en el medio local.
- Estabilidad de los revocos, optimizando la adherencia y minimizando la fisuración.
- Contribución al reforzamiento efectivo de las mamposterías.

Es importante mencionar que los enlucidos cementicios dificultan la eliminación del agua absorbida por el muro, haciendo que la calidad del muro de adobes se deteriore con el transcurso del tiempo. Esto no sería un inconveniente significativo en la Provincia de San Juan (Argentina), dado que presenta un clima árido desértico, con mínimas precipitaciones anuales.

5. ENSAYO EN MESA VIBRATORIA

Para poder estudiar el comportamiento de modelos físicos y evaluar la mejora que implica el uso de mallas metálicas de refuerzo, se llevó adelante un plan de ensayos en mesa vibratoria. El ensayo consiste en aplicar al módulo de

vivienda seleccionado un movimiento en su base y registrar su respuesta a ese movimiento en forma visual y mediante los sensores instalados.

5.1 Modelo de vivienda

El modelo físico representa un módulo de vivienda cuyas características y dimensiones se encuentran presentes en las viviendas objeto de esta investigación. La capacidad de la mesa vibratoria, definida por sus dimensiones, peso máximo permitido y potencia del cilindro hidráulico, establecen las dimensiones máximas del modelo físico a ensayar. La escala física elegida entre el prototipo y el modelo es 1:2. En la figura 2, se muestran detalles de la geometría y dimensiones del modelo a ensayar.

que descansa una capa de tierra de 0,10m de espesor de tal forma que el peso transmitido sea el determinado en el análisis de semejanza en función de la escala del modelo.

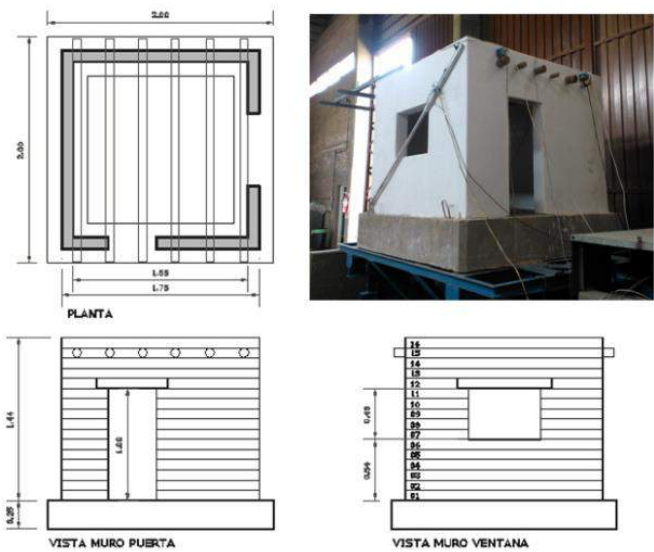


Figura 2. Geometría del modelo ensayado en mesa vibratoria.

El modelo se construyó con adobes cuyas medidas son 0,10 m de lado, 0,1 m de altura y 0,20 m de lago. De los cuatro muros, dos son ciegos, un tercero presenta una ventana de 0,64 m de ancho y 0,45 m de alto, y el restante una puerta de 0,43 m de ancho y 1,00 m de alto. El cerramiento horizontal (techo) esta materializado con palos de sección circular de 0,04m de diámetro sobre los



Figura 3. Construcción de los modelos a escala.

La figura 3 muestra distintos grados de avance en la construcción del modelo sin reforzamiento y el reforzado.

Si bien ambos modelos se revocaron con mortero cementicio, en el modelo reforzado sobre la superficie rugosa lograda con el azotado cementicio se apoyó por ambos lados del paramento una malla metálica formada por varillas de acero de 3 mm de diámetro separados 0,10 m soldados entre sí. Ambas mallas fueron vinculadas por pasadores confeccionados con alambres galvanizados. Finalmente, las mallas se cubrieron con revoque cementicio cuya relación volumétrica es 1:6 (cemento/arena gruesa) (Figura 4).

Figura 4.
Colocación de
mallas metálicas
y revoque
cementicio.



5.2 Mesa vibratoria

La mesa vibratoria utilizada es esencialmente una estructura metálica de 2,90 m de largo por 2,10 m de ancho. La plataforma superior está vinculada verticalmente a la fundación por dos planos verticales biarticulados. Sobre su plataforma se pueden ensayar

componentes o modelos estructurales completos cuyo peso no exceda las 10t. En posición horizontal está dispuesto un actuador hidráulico de doble efecto que es accionado por una electroválvula comandada por un control de lazo cerrado.

5.3 Instrumentación

Los modelos ensayados fueron instrumentados con cuatro acelerómetros, ubicados uno en cada esquina a altura del techo. Dos de estos acelerómetros tienen capacidad para medir las dos componentes horizontales y la componente vertical, mientras que los restantes solo miden la componente longitudinal del movimiento. Dos reglas magnéticas ubicadas sobre los muros paralelos a la

dirección del movimiento fueron utilizadas para determinar los desplazamientos del techo y dos transformadores diferenciales de variación lineal (LVDT, por sus siglas en inglés) se colocaron en forma diagonal en los muros longitudinales, para registrar la deformación de éstos.

5.4 Fases de los ensayos dinámicos

En primera instancia y para ambos modelos, se realizó un barrido de frecuencias con niveles de aceleración horizontal baja ($0,02 a = 0,20 \text{ m/s}^2$) con el objeto de obtener la frecuencia característica de los modelos sin reforzar y reforzado. Una vez identificada la frecuencia para la cual se registran las mayores amplificaciones a nivel de techo se adoptó este valor como frecuencia de ensayo para la segunda fase.

Para el modelo sin reforzar, en primer lugar, se lo sometió a un movimiento senoidal con una frecuencia 10 Hz (primer modo de vibración) incrementándose la aceleración desde $0,02 a$ hasta $0,10 a$ ($\sim 0,20\text{-}1,00 \text{ m/s}^2$). En esta primera etapa no se observaron daños.

Posteriormente se aplicó una aceleración de tipo senoidal controlada por otra senoide, de tal forma que en un medio ciclo de una entran cinco ciclos de la otra, movimiento llamado batido 5x1. La frecuencia de este movimiento fue de 9,5 Hz y se incrementó la aceleración desde $0,10 a$ a $0,40 a$ ($\sim 1,00\text{-}4,00 \text{ m/s}^2$) logrando un nivel de daño en la estructura que impedía continuar con aceleraciones mayores (Figura 5).

El mecanismo de falla del modelo sin reforzar, es fundamentalmente de corte, es decir un mecanismo de tipo frágil, de ahí el nivel de daño observado. Se asocia al final del mismo con flexión originando la rotura de las esquinas y llevando el modelo al colapso.

Para el modelo reforzado, el aumento en la rigidez provocó cambios en la frecuencia propia, que paso a ser

de 20,0 Hz. En la fase de rotura se aplicó un batido 5x1 con un nivel de excitación igual al máximo alcanzado por el modelo sin reforzar. La configuración final del modelo se muestra en la figura 6. El mecanismo de falla que se evidenció en este ensayo fue muy distinto del observado en el modelo sin reforzar.



Figura 5. Daños observados al final del ensayo en el modelo sin reforzar.

Los muros no se separaron, tampoco hubo daño significativo en los dinteles de las aberturas. La disipación de energía se concentró en la unión de los adobes con la estructura de base, que hace las veces del cimiento en la vivienda. Las grietas a 45°, aparecen al final del proceso y sin provocar el desprendimiento de los mampuestos.

Si bien el modelo queda inestable al perder la vinculación inferior y por lo tanto la transferencia de esfuerzos al terreno, situación que motiva la suspensión del ensayo, no se produce la caída del techo, ni desprendimiento de mampuestos.

La respuesta del modelo reforzado, con un mecanismo de falla más dúctil nos permite inferir, que el refuerzo colocado mejora el comportamiento global del módulo a escala ensayado.



Figura 6. Daños observados al final del ensayo en el modelo reforzado.

6. CONCLUSIONES

La tecnología utilizada para el reforzamiento del modelo de vivienda construido con adobes evitó el colapso frente a excitaciones dinámicas que resultaron de carácter destructivo en el modelo sin reforzar.

Partiendo de la filosofía del diseño sismorresistente para viviendas: 'Seguridad de Vida', el mecanismo de colapso es fundamental para garantizarlo. Las mejoras propuestas dieron origen a un mecanismo de colapso con mayor disipación de energía, con daños en la parte inferior de los muros (cabeceo). De esta manera se retarda el colapso de la vivienda y por lo tanto se disminuye su vulnerabilidad sísmica.

La colocación de mallas metálicas y revocos cementicios resultó de buena calidad teniendo en cuenta que fue ejecutada por personas sin mayor experiencia en la

construcción con adobes, lo cual hace suponer que puede ser implementada para la auto rehabilitación de viviendas existentes.

Con el objeto de profundizar el análisis del grado de mejora que la aplicación de un refuerzo tipo malla otorga a un muro de adobes, se están preparando modelos de adobe reforzados y sin reforzar, en escala 1:1 sobre los cuales se ejecutarán ensayos pseudo-estáticos.

Los ensayos preliminares realizados sobre los mampuestos y la mampostería, el ensayo dinámico sobre mesa vibratoria, presentado en este trabajo, y los ensayos pseudo-estáticos que se están en vías de materialización, nos van a permitir verificar la tecnología de rehabilitación propuesta y establecer su campo de aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, O.; Saldivar, M.; Garino Libardi, L. (2013). Disminución de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones espontáneas de adobes. XIII SIACOT, Valparaíso, Chile.
- Bariola, J.; Blondet, M.; Torrealva, D.; Vargas, J. (1986) Comportamiento dinámico de viviendas de adobe (Dynamic behavior of adobe dwellings). VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Cajamarca, Perú.
- Blondet, M.; Torrealva, D.; Villa-García, G.; Ginocchio, F.; Madueño, I. (2005). Uso de materiales industriales para la construcción de viviendas seguras de adobe (en inglés). Memorias del Congreso Internacional EarthBuild 2005, p. 76-90. NSW: Faculty of Design, Architecture and Building, University of Technology, Sydney, 2005.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Tarque, N.; Velásquez, J. (2006). Estudio experimental de mallas sintéticas como refuerzo sísmico en muros de adobe (en inglés). Memorias del SAHC2006, p. 709-716. Macmillan India Ltd. Vol 2, New Delhi, 2006.
- Corazao, M.; Blondet, M. (1973). Estudio experimental del comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a solicitaciones sísmicas. Banco Peruano de los Constructores, Lima, 1973.
- Torrealva, D.; Acero, J. (2005). Refuerzo sísmico de vivienda de adobe con malla exterior compatible. Memorias del Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones en Tierra en Áreas Sísmicas, SismoAdobe2005, PUCP, Lima, Perú.
- Vargas, J., Bariola, J., Blondet, M., Villa-García, G., Ginocchio, F. (1983a). Propiedades del suelo para elaborar albañilería de adobe. Memorias del Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismo-Resistentes de Tierra. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, PUCP, 585-626, Lima, 1983.
- Vargas, J.; Bariola, J.; Blondet, M.; Villa-García, G.; Ginocchio, F. (1983b). Investigación científica innovativa: Edificaciones de adobe en áreas sísmicas. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, Proyecto AID 936/5542, PUCP, Lima, 1983.
- Vargas, J.; Bariola, J.; Blondet, M. (1984) Resistencia sísmica de la mampostería de adobe. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, Publicación DI-84-01, PUCP, Lima, 1984.
- Zegarra L.; Quiun D.; San Bartolomé A.; Giesecke A. (1997). Reforzamiento de viviendas de adobe existentes. 1era Parte: Ensayos sísmicos de muros 'U' (Reinforcement of existing adobe houses. 1st Part: Seismic tests of "U" shaped walls, and 2nd Part: Seismic tests of housing modules). Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Peru.
- Zegarra, L.; Quiun, D.; San Bartolomé, A.; Giesecke, A. (1999). Reforzamiento de viviendas existentes de adobe. Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Huanuco, Perú.

NOTA

¹ INPRES-CIRSOC 103 trata del Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes.

² Manifiesto adaptado de la Sociedad para la Transferencia de Tecnología de Alemania GTZ (GATE) por el equipo de investigación. Albarracín, O. et al (2001-2003) Proyecto de viviendas económicas. Informe Final. IRPHA, FAUD, UNSJ.

AUTORES

Osvaldo Albarracín, Arquitecto, Candidato a Doctor en Arquitectura (U.M.) Docente del Área de Tecnología de la FAUD. Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Vivienda de Interés Social" Secretario Técnico de la FAUD. Miembro de la Red Proterra.

Mary Saldivar, Magister en Estructuras Sismorresistentes, Ingeniero Civil. Docente del Área de Tecnología de la FAUD. Co-Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Estructuras I" de la FAUD. Docente de la asignatura "Estructuras Especiales" de la FI. Docente de "Estructuras Sismorresistentes de Edificios I" de la Maestría en Estructuras Sismorresistentes de la FI.

Lucas Garino Libardi, Ingeniero Civil, Candidato a Doctor en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Juan. Docente de la asignatura "Estructuras I" de la FAUD. Investigador del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la UNSJ, programa: "Seguridad Sísmica de Estructuras Especiales".

Gustavo Navarta, Ingeniero Civil, Candidato a Doctor en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Juan. Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat y del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Universidad Nacional de San Juan.