



ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Osvaldo Albarracin, Mary Saldivar, Lucas Garino Libardi

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat – Fac. de Arquitectura Urbanismo y Diseño –
Universidad Nacional de San Juan, Argentina
Av. Ignacio de la Roza y Meglioli– Rivadavia – CP 5400 San Juan Argentina
Tel. (+54) 0264 4232395/4233259
irpha@faud.edu.ar; osvaldo_albarracin@yahoo.com.ar

Palabras claves: Construcciones espontáneas, vulnerabilidad sísmica, desarrollo tecnológico

Resumen

La construcción de adobes en lugares con alta peligrosidad sísmica es tan desaconsejable por parte de la ingeniería como difundida en las prácticas constructivas espontáneas de los sectores sociales con necesidades básicas insatisfechas.

En países de la región, con problemáticas socioeconómicas agudas, se han desarrollado métodos de reforzamiento de edificios construidos con tierra cruda que posibilitan la disminución del riesgo de colapso por comportamiento frágil, al tiempo que propician un comportamiento elástico de las construcciones, retardando de esta manera el tiempo de colapso ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable.

No obstante, tales desarrollos no resultan de aplicación directa para la resolución de las problemáticas singulares del hábitat de sectores sociales de bajos recursos en la provincia de San Juan.

El trabajo que se presenta adquiere características de informe de avance del proyecto bianual en desarrollo: “Mejoramiento de la Respuesta Sísmica de Construcciones de Adobes”, que cuenta con financiamiento de la UNSJ. La investigación tiene como unidades ejecutoras al Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA) y al Instituto de Investigaciones Antisísmicas (IDIA), ambas unidades de la UNSJ.

El proyecto se propone desarrollar alternativas constructivas sustentables, económica y socialmente, para el mejoramiento sísmico de tipos constructivos de adobes de carácter espontáneo. Es decir se busca proponer y evaluar distintos métodos y técnicas de reforzamiento de construcciones existentes, susceptibles de ser ejecutadas por autoconstrucción manteniendo su viabilidad económica.

La metodología aplicada, de carácter experimental, consiste en la verificación empírica de la respuesta sísmica comparada de distintas técnicas de reforzamiento de mamposterías de adobes mediante el empleo de diferentes tipos de mallas y revoques.

Al efecto se realizan ensayos destructivos pseudo-estáticos de mamposterías reforzadas y sin reforzar en muro reactivo, ensayos dinámicos en mesa vibratoria de modelos escala 1:2, ensayos de resistencia mecánica de pilas y muretes, etc.

1. INTRODUCCION

El Gran San Juan se encuentra ubicado en el Valle de Tulúm, que a su vez se localiza en la provincia de San Juan, caracterizada como la región de mayor peligrosidad sísmica de la República Argentina. Su superficie se desarrolla en zonas definidas como 3 y 4, en una escala creciente que va de 0 a 4, según la clasificación del INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica).

En ocasiones de ocurrencia de 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 al evento.

Si bien rige en el país la norma INPRES-CIRSOC 103 con prescripciones sismorresistentes para la construcción de edificios, existen 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.

Puede afirmarse que si bien existe en el sector cierta cultura constructiva producto de la necesidad, no existe una marcada conciencia sobre los efectos que un sismo destructivo pueda ocasionar en las viviendas.

Por lo tanto, constituye un desafío proponer soluciones innovadoras de orden tecnológico que resulten aptas para la recuperación de viviendas con intervenciones espontáneas de sectores sociales con necesidades básicas insatisfechas.

Se trata entonces de abordar la problemáticas de viviendas autoconstruidas y realizadas sin asistencia técnica ni control de los organismos pertinentes. Construidas 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.

2. MARCO TEORICO

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.

La sociedad para la transferencia y tecnología de Alemania *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*, conocida como GTZ, entiende que una tecnología es considerada apropiada cuando emplea óptimamente recursos locales en una forma amigable al ambiente y cuando es recomendable para circunstancias ecológicas, económicas y socioculturales de un país. Las tecnologías apropiadas promueven un desarrollo sustentable.

La problemática de los desastres ha transitado durante los últimos 20 años una fuerte evolución conceptual. Los desastres se 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 existen métodos de consolidación de edificios construidos con tierra cruda, desarrollados por investigadores de la PUCP, que podrían ser de aplicación a la problemática, 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 (Zegarra et al, 1999).

La sustentabilidad económica de las soluciones factibles podría encontrar en la autoconstrucción asistida un recurso posibilitante. Entendida aquella como los métodos y/o técnicas de construcción que con apoyatura técnica, permitan, el mejoramiento de la sismorresistencia de la vivienda, mediante el esfuerzo propio o la ayuda mutua, con la adopción de procedimientos y sistemas constructivos de baja complejidad.

3. OBJETIVOS

- Determinar las características mecánicas de mampuesto y mamposterías de adobe, propias de nuestra región (Saldivar et al, 2004).
- Determinar las características mecánicas de los materiales factibles de emplearse en el reforzamiento de construcciones existentes y/o a construir.
- Comparar el comportamiento frente a sismos severos de la mampostería de adobe sin reforzar y reforzada con geomallas, malla de acero y mallas plásticas.

4. METODOLOGIA

La metodología aplicada, de carácter experimental, consiste en la verificación empírica de la respuesta sísmica de distintas técnicas de reforzamiento de mamposterías de adobes mediante el empleo de diferentes tipos de mallas y revoques.

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 verificación de los desarrollos debe hacerse al menos en dos aspectos de relevancia:

- Su capacidad de respuesta en relación al sismo
- Sus aptitudes para la autoconstrucción

4.1 En relación al sismo

Con respecto a esta variable necesitamos conocer, la capacidad de respuesta frente a eventos sísmicos de características destructivas, de diferentes alternativas constructivas. Esto implica determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del sistema resistente a cargas laterales en su estado actual (muros de adobe) y con las mejoras propuestas (muros reforzados).

Para alcanzar este objetivo se propone la realización de una serie de ensayos que van desde los elementos individuales del sistema constructivo (adobe, mallas) hasta un modelo en escala 1:2 de un módulo de vivienda.

Los ensayos previstos a realizar para alcanzar los objetivos propuestos son:

- Ensayo de mallas plásticas y geomallas
- Ensayo de mampuestos de adobe a compresión.
- Ensayo a compresión diagonal de muretes de adobe, solos y reforzados (Figura 1).

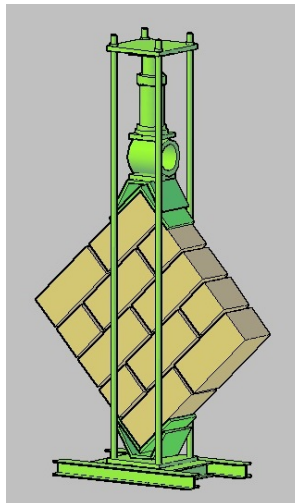


Figura 1. Ensayo de compresión diagonal de murete

- Ensayo en muro reactivo de muro de adobe en escala 1:1, solo y reforzado con geomalla, con mallas plásticas del mercado local y malla metálica.
- Construcción de un modelo correspondiente en escala 1:2 de un módulo prototipo, verificando los procedimientos utilizados en nuestro medio. Se construirá un modelo con la mampostería de adobe sola, otros con la mampostería reforzada con los materiales que presenten mejor comportamiento en los ensayos anteriores.
- Ejecución de ensayos dinámicos a baja amplitud para determinar características dinámicas del modelo.
- Ensayo dinámico del modelo comenzando con niveles bajos de aceleración y que se incrementan hasta que se produzca el estado último del modelo.

De cada ensayo se obtendrán los siguientes datos:

- Por observación directa:
 - o Grado de agrietamiento
 - o Mecanismo de falla
- Por medición mediante transductores:
 - o Registro de deformación lateral del modelo ensayado.
 - o Registro de Carga asociado al nivel de deformación en el modelo.
 - o Registro de deformaciones diagonales.
 - o Obtención de lineamientos para el diseño de técnicas de mejoramiento de la construcción de adobes.

4.2 Aptitudes 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 de Perú sugieren el revoque con barro sobre las mallas vinculadas entre sí, a través del muro. No obstante, y en mérito a las dificultades señaladas para la ejecución de revoques de barro, se optará por la inclusión de revoques cementicios por resultar estos de más fácil ejecución para mano de obra de baja calificación.

Se buscará resolver la conocida falta de adherencia entre la mampostería de adobes y el revoque cementicio mediante la previa saturación de los paramentos con agua-cemento como puente de adherencia para la realización posterior de un azotado con mortero 1:3 cemento/arena gruesa.

A continuación se colocará la malla (geomalla, de acero o plástica) y se procederá a la ejecución del revoque cementicio 1:6 cemento/arena gruesa.

Se esperan de esta manera buenos resultados en términos de:

- facilidad en la realización de los procedimientos constructivos.
- estabilidad de los revoques. (adherencia, fisuración)
- contribución al reforzamiento efectivo de las mamposterías.

5 ENSAYO DE MALLAS

La sustentabilidad económica de las soluciones constructivas supone, dentro de lo posible, el uso de materiales fácilmente obtenibles en el mercado local.

Las geomallas, si bien se presentan como la alternativa ya ensayada con buenos resultados en el reforzamiento de mamposterías de adobes, no son producidas por la industria nacional y su importación supone costos adicionales. Se trata entonces de encontrar materiales alternativos que contribuyan a la sostenibilidad económica de las soluciones propuestas.

La existencia en el mercado local de mallas plásticas y de acero electrosoldadas, ambas de fabricación nacional, induce a buscar en estos materiales una alternativa a las geomallas y evaluar su eficiencia como elemento de reforzamiento.

De acuerdo a la metodología presentada se comienza con el ensayo de los elementos individuales que forman parte, tanto de la mampostería, como del refuerzo. Como elemento de refuerzo se proponen diferentes mallas plásticas existentes en el mercado local, y mallas metálicas electrosoldadas.

El objetivo, de esta etapa, es determinar las características mecánicas de estos materiales: carga de rotura, deformación alcanzada en el momento de la rotura, la curva carga-deformación que nos muestra la respuesta del material y nos permite obtener los datos para su posterior modelado.

6 ENSAYO PSEUDO-ESTATICO

Con el objeto de estudiar el grado de mejora que la aplicación de un refuerzo tipo malla otorga a un muro de adobes en escala 1:1 sometido a acciones dinámicas, se ejecutarán ensayos pseudo-estáticos sobre muros sin reforzar y reforzados con geomallas, mallas plásticas y de acero (Zegarra et al, 1997a; 1997b; Saldivar et al, 2006).

Estos ensayos consisten en la aplicación de desplazamientos horizontales cíclicos en la parte más alta del muro y en su plano, midiendo la reacción a este desplazamiento a través de una celda de carga ubicada entre el actuador hidráulico y el muro reactivo.

El muro por su parte, se encuentra rígidamente vinculado a la losa de carga por su parte inferior y recibe en su parte superior peso linealmente distribuido que simula ser una reacción de techo. Esta reacción se aplica a través de una viga metálica que está conectada a la losa de carga por medio de dos columnas que poseen cada una un juego de actuadores hidráulicos y sendas celdas de carga.

Los desplazamientos son medidos por medio de transductores de posición (LVDT), especialmente el desplazamiento vertical es el que alimenta el circuito de control de lazo cerrado.

La figura 2 muestra un esquema de un ensayo de muro de adobes y la Figura 3 el muro reactivo que pertenece al Instituto de Investigaciones Antisísmicas (IDIA).

La curva carga vs deformación de piso (drift) en ciclos realizados cambiando la dirección de la aplicación de la carga, permite estudiar el cambio en la rigidez del muro en función del grado de degradación o daño y la capacidad de deformación previa al colapso.

Los datos experimentales obtenidos serán de utilidad para calibrar parámetros utilizados en la caracterización dinámica de muros de adobe en modelos matemáticos.

Al ser moderada la velocidad de aplicación de la carga y en escalones progresivos, el ensayo permite además el relevamiento del avance y distribución del patrón de grietas y el mecanismo de colapso dominante.

Partiendo de la filosofía del diseño sismorresistente para viviendas, es la "Seguridad de Vida", el mecanismo de colapso es fundamental para garantizarlo. Las mejoras propuestas deben permitir un mecanismo de colapso más dúctil que el que presentan las viviendas de adobe, como se las construye actualmente, garantizando de esta manera la vida de sus moradores, de ahí la importancia de los resultados arrojados por ensayos pseudo-estáticos y dinámicos como los presentes en la metodología propuesta.

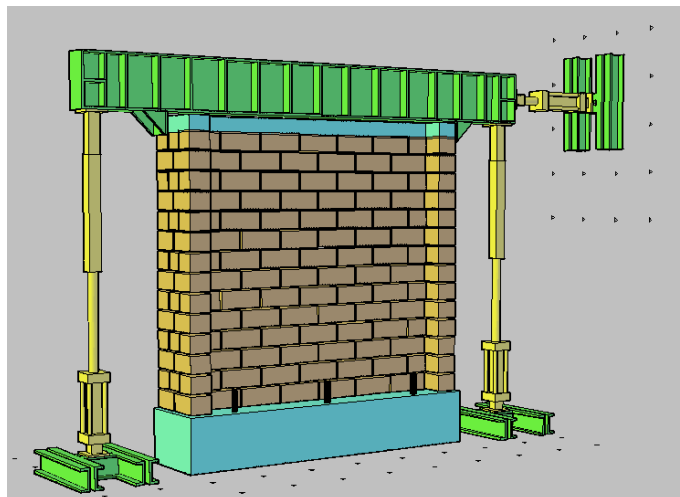


Figura 2. Modelo digital de ensayo



Figura 3. Losa de carga y muro reactivo

7 ENSAYO EN MESA VIBRATORIA

Para poder estudiar el comportamiento de modelos físicos y evaluar la mejora que implica el uso de mallas de refuerzo, se llevarán adelante ensayos en mesa vibratoria. El ensayo consiste en aplicar al módulo de vivienda seleccionado un movimiento en su base y medir y registrar su respuesta a ese movimiento. Es decir, simular un movimiento sísmico con el objetivo de evaluar el comportamiento global de la estructura.

Este tipo de ensayo se limita a modelos no muy pesados, grandes o rígidos, dependiendo de las capacidades de la instalación, por lo cual se ensayan normalmente modelos a escala reducida y luego se extrapolan sus resultados a la escala natural.

El modelo físico representa un módulo de dimensiones normalmente presente en las viviendas objeto de estudio. Será construido con la técnica tradicional, de forma que los valores obtenidos reflejen la situación real. El cerramiento horizontal, estará compuesto por un paquete estructural (rollizos – placa fenólica) y el peso de la capa de aislación térmica, que convencionalmente se materializa mediante la incorporación de tierra que apoya sobre un cañizo, se ejecutará con bolsas que contienen arena repartidas uniformemente y cuyo peso será equivalente al real en función del análisis de semejanza realizado

La capacidad de la mesa vibratoria, definida por sus dimensiones, peso máximo permitido y potencia del cilindro hidráulico, establecen las dimensiones del modelo físico a ensayar. En la figura 4, se muestran detalles de la geometría y dimensiones de la estructura a ensayar. La estructura está formada por muros de adobe de un solo nivel y trabados en los encuentros de muros. Mientras dos cerramientos verticales son ciegos, los restantes

poseen, 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.

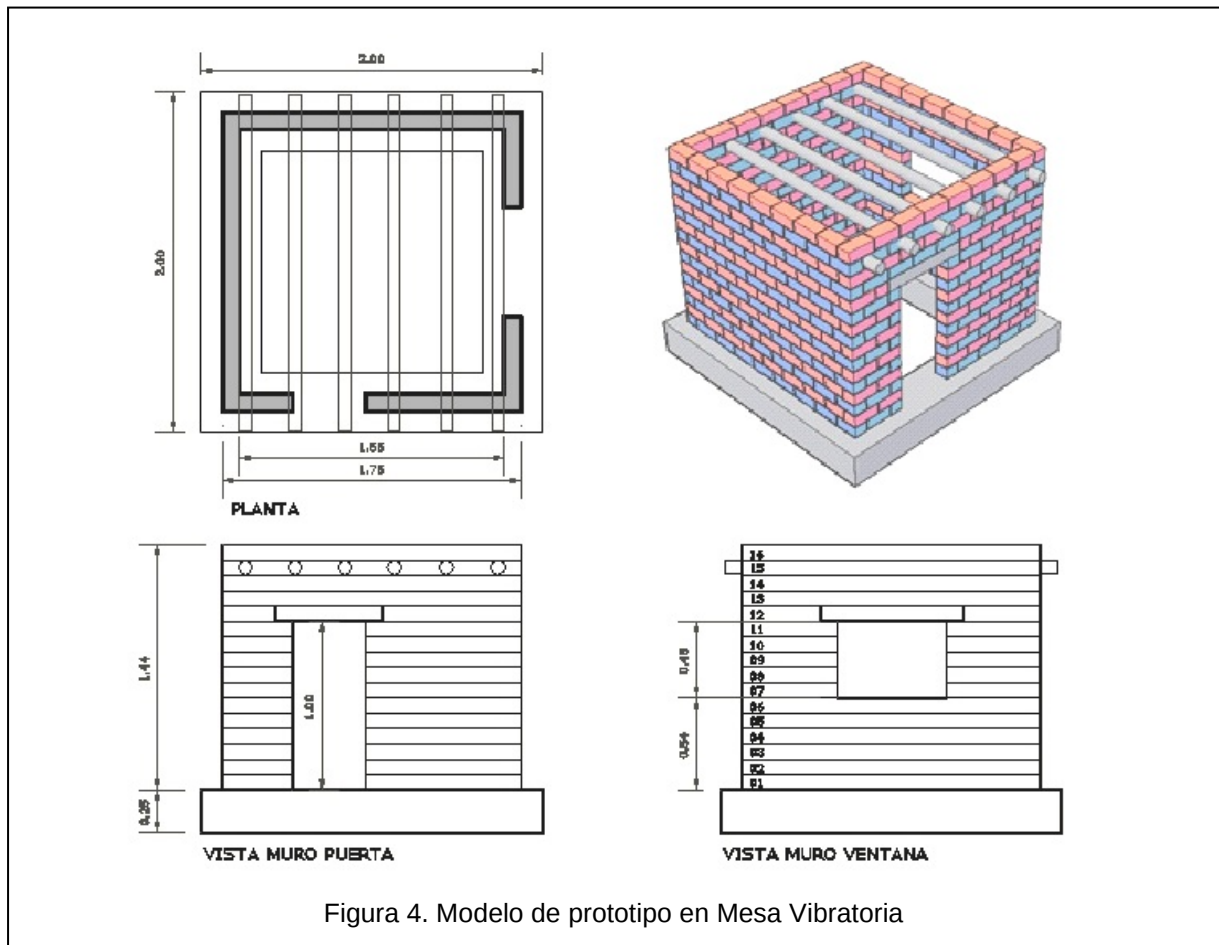


Figura 4. Modelo de prototipo en Mesa Vibratoria

8 ESTADO DE AVANCE DE LA INVESTIGACION

8.1 Ensayo de mallas

En la búsqueda de un material de refuerzo que sea compatible con el adobe, viable desde el punto de vista económico y de fácil implementación, las geomallas biaxiales aparecen como el material de refuerzo por excelencia para las construcciones de tierra. Recientes experimentos han demostrado que la geomalla forma con el adobe un material compuesto mejorando el comportamiento de los muros frente a solicitaciones sísmicas.

La geomalla posee propiedades estándar de resistencia y rigidez, siendo fabricado de mantas de polímero de alta densidad, las cuales son perforadas a intervalos regulares y luego estiradas en ambas direcciones a temperatura y fuerza controlada, a fin de obtener una malla biaxial con aberturas rectangulares, nudos rígidos y costillas flexibles.

La Norma Peruana (SENCICO, 2008), en su Anexo N°1 establece:

La geomalla, constituida por material sintético, deberá reunir las siguientes características para ser usada como refuerzo de edificaciones de adobe:

- *Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con abertura máxima de 50mm y nudos integrados.*
- *Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m (350kgf/m), en ambas direcciones, para una elongación del 2%.*
- *Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en estructuras de tierra.*

El uso de otro tipo de mallas, sólo será permitido si acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ensayan mallas plásticas, polietileno de alta densidad, existentes en el mercado local y una muestra de geomalla.

A partir de los resultados obtenidos se realiza un estudio comparativo de los mismos que nos permita elegir de todas las mallas ensayadas las que tengan una mejor respuesta para continuar con ellas en los ensayos posteriores, muretes, muro y prototipo escalado.

El ensayo se realizó en la prensa o marco de carga del Instituto de Materiales y Suelos de la Universidad Nacional de San Juan. La figura 5, muestra el momento del ensayo de unas de las mallas seleccionadas.

En la figura 6 y en la tabla 1, se detallan las medidas geométricas de las muestras ensayadas y la forma de aplicación de la carga.

Las características físicas y los resultados obtenidos se indican en la tabla 2 y el gráfico presentado en la figura 7.



Figura 5. Máquina empleada en el ensayo

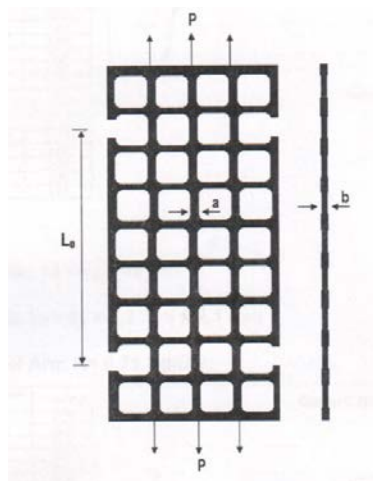


Figura 6. Esquema del material ensayado

Tabla 1. Dimensiones geométricas de las muestras

Nº Muestra	Dimensiones (mm)			Dimensiones retícula (mm)
	Lo	a	b	
1	195	2,0	1,0	10x11
2	190	2,3	2,1	18x18
3	190	2,0	2,4	15x17
4	165	1,7	1,6	18x21
5	165	1,7	1,6	15x21

Tabla 2. Parámetros Mecánicos

Nº Muestra	Módulo de rigidez inicial (kN/m)	Resistencia 2% deformación (kN/m)	Resistencia al 5% de elongación	Deformación última (%)
M1	10,5	0,15	0,18	15
M2	17,4	0,40	0,70	25
M3	21,3	0,50	0,85	18
M4	25,6	0,50	0,55	18
M5	23,6	0,40	0,52	18
M6	34,0	0,70	0,80	12

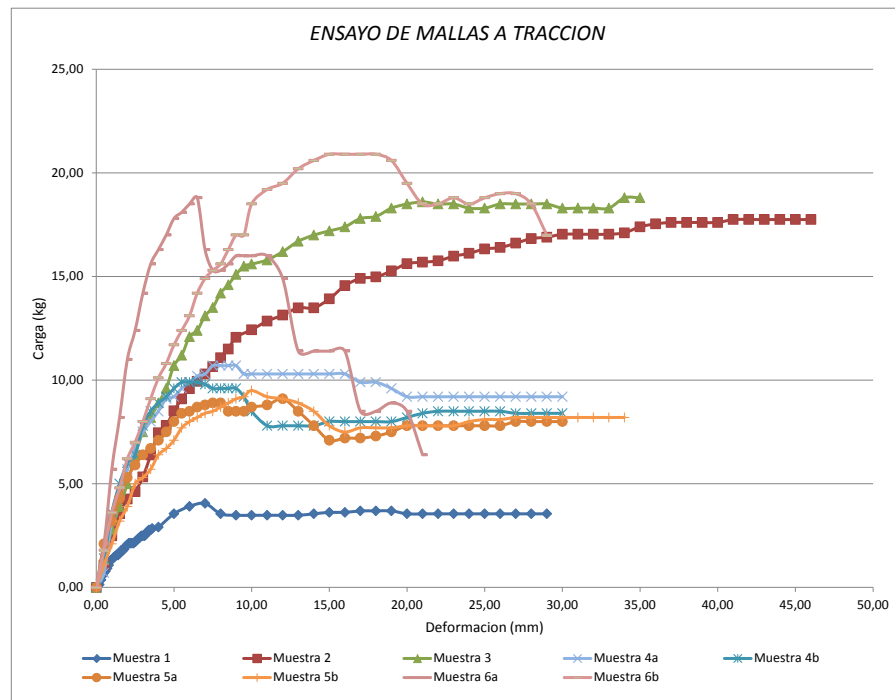


Figura 7. Gráfico carga x deformación de las mallas

Las mallas 2 y 3 son las que obtuvieron mejor comportamiento, como se observa en la gráfica de carga deformación. Presenta una curva continua, una resistencia a la tracción de aproximadamente 1 kN/m al 2% de elongación. La muestra 2 alcanza la rotura con una deformación última del 24% y una resistencia máxima de aproximadamente 1 kN/m. La muestra 3, en cambio, presenta una deformación última del 18% con una carga máxima muy similar, un poco superior.

En la figura 8, se superponen las curvas de la geomalla y de las muestras 2 y 3, correspondiente a las mallas plásticas seleccionadas. Se desprende de la gráfica que tanto la rigidez inicial como la resistencia a tracción es notablemente inferior en las mallas del mercado local con respecto a la geomalla, pero presentan una mayor deformación antes de la rotura.

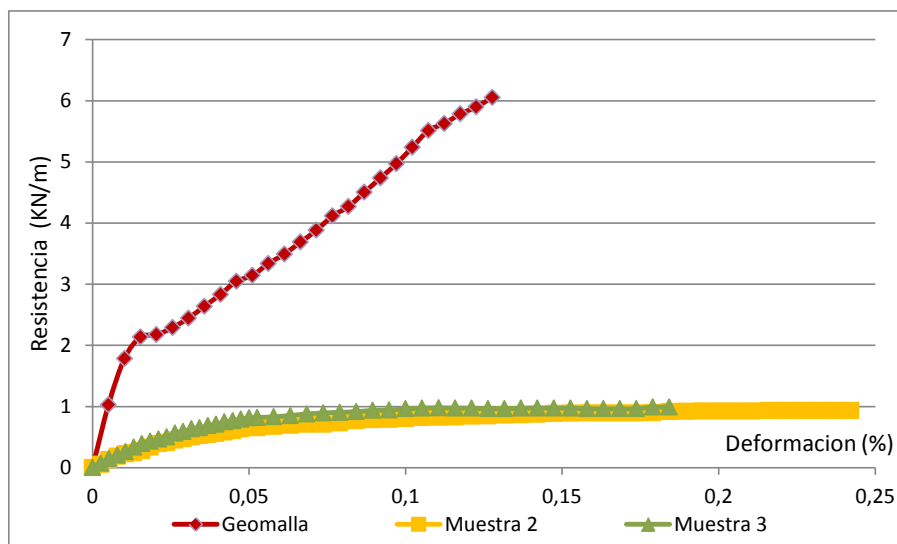


Figura 8. Gráfico comparativo

Cabe reiterar que el objetivo final es generar propuestas de mejoramiento de las construcciones de tierra, por lo tanto más que valores de resistencia de cada material interesa determinar la interacción con la tierra y el comportamiento que presenten como elemento compuesto.

9 CONCLUSIONES

El desarrollo incipiente del proyecto de investigación que da lugar al presente trabajo permite esbozar conclusiones de carácter parcial, referidas a la primera parte de los pasos metodológicos, es decir lo atinente al ensayo comparativo de mallas plásticas, y geomallas.

Los ensayos realizados y presentados en el punto correspondiente permiten afirmar:

Que las mallas plásticas con mejor respuesta mecánica, presentan un módulo de rigidez inicial de 20KN/m, muy inferior al establecido en las especificaciones de la geomalla.

Las mallas plásticas, existentes en el mercado local, poseen una resistencia a la tracción menor que la geomalla, como era de esperar debido a la diferente estructura molecular de ambas.

La curva carga-deformación es continua, lo que induce un comportamiento dúctil, evitando colapsos repentinos.

Las mallas de acero, responden a la curva característica del acero, si bien poseen una resistencia a tracción superior a las mallas plásticas, esto por sí solo no garantiza un mejor comportamiento global al trabajar en conjunto con el muro de adobe.

El trabajo en conjunto dependerá tanto de las propiedades mecánicas de los elementos individuales como de la capacidad de interacción entre ambos de forma que logren formar un material compuesto con propiedades que lo caractericen. Esta premisa habilita avanzar con ensayos pseudo-estáticos y dinámicos que permiten evaluar comportamientos globales frente a sollicitaciones sísmicas, de materiales con propiedades físicas y mecánicas diferentes.

Como resultado final de la presente investigación se espera aportar información, conocimientos y tecnología sobre los tipos de refuerzos a aplicar a viviendas de adobe mejorando su desempeño sísmico, con materiales del mercado local y técnicas de construcción sencillas. Se intentará que tales alternativas resulten técnicamente aptas, socialmente apropiadas, económicamente viables, y ambientalmente sustentables.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

Saldivar, M; Albarracin, O. (2004). *Verificaciones experimentales del sistema constructivo en suelo-cemento para zona sísmica*. IV SIACOT. Portugal.

Saldivar, M.; Bustos, J.L.; Albarracin, O. (2006). *Ensayo bajo cargas horizontales de muro construido con mampuestos de suelo cemento*. V SIACOT. Mendoza, Argentina.

SENCICO (2008). *Reglamentación para el uso de la geomalla en el adobe*. Lima: Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO.

Zegarra L., Quiun, D., San Bartolomé, A., Gisecke A. (1997a). *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), Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Perú.

Zegarra L., Quiun D., San Bartolomé, A., Gisecke A. (1997b). *Reforzamiento de viviendas de adobe existentes. 2da Parte: Ensayos sísmicos de módulos* (Reinforcement of existing adobe houses. 2nd Part: Seismic tests of housing modules); Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Perú

Zegarra L., Quiun, D., San Bartolomé, A., Giesecke, A. (1999). *Reforzamiento de viviendas existentes de adobe*. Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Huanuco, Perú.

Currículos

O. Albarracin, Arquitecto, Candidato a Doctor en Arquitectura (U.M.) Docente del Area 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.

M. 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.

L. GarinoLibardi, 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"