



- **ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO EN PISCO**

Manuel A. Olcese Franzero
Jorge Zegarra Pellanne

- **DEFECTOS QUE INCIDIERON EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA EN EL SISMO DE PISCO DEL 15-08-2007**

Ángel San Bartolomé

- **COMPORTAMIENTO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE REFORZADAS ANTE EL SISMO DE PISCO.**

Daniel Quiun
Angel San Bartolomé
Luis Zegarra
Alberto Giesecke

- **CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS, REPARACIÓN Y REFUERZO EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

Daniel Torrealva Dávila

- **ENSEÑANZAS DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO DE 2007**

Antonio Blanco

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISISMICAS

El laboratorio de estructuras antisísmicas del departamento de ingeniería, con más de 28 años de experiencia, cuenta con equipo e instalaciones que permiten la ejecución de ensayos estáticos y dinámicos en especímenes a escala natural o reducida. Se dispone de equipo para construcción y traslado de especímenes, montaje de dispositivos, aplicación de carga, medición, adquisición y procesamiento de datos.

En el laboratorio se desarrollan tres tipos de actividades:

- Apoyo a los cursos de Pre-Grado y Maestría.
- Investigación en materiales locales para mejorar su comportamiento sísmico.
- Servicio técnico a la industria de la construcción.

Los ensayos que habitualmente se realizan son:

- I. Ensayos mecánicos: compresión, tracción, flexión, compresión diagonal, corte, impacto, etc. en distintos materiales y elementos estructurales.
- II. Carga horizontal monótonica y cíclica en sistemas y componentes estructurales.
- III. Simulación sísmica en modelos a escala natural y reducida.
- IV. Verificación de equipo de aplicación de carga. Se cuenta con celdas de carga patrón calibradas en el National Standard Testing Laboratory, U.S.A.
- V. Compresión en probetas estándar de concreto.
- VI. Determinación de la calidad del concreto fresco in-situ.
- VII. Determinación de la calidad y uniformidad del concreto endurecido in-situ mediante probetas diamantinas y esclerometría.
- VIII. Evaluación de la capacidad de estructuras mediante pruebas de carga.
- IX. Consultoría en temas de estructuras y de tecnología estructural en general.



Informes

Jefe de Laboratorio: Ing. Gladys Villa García Medina

Teléfono: 626-2000 anexo 4640,

Fax: 629-2089

E-mail: ledi@pucp.edu.pe

PRESENTACIÓN

Grandes terremotos ocurridos en nuestro país, siempre han generado pérdidas de vidas humanas, serios daños materiales incluso de monumentos históricos, redes viales y de la infraestructura industrial de la zona afectada, provocando retrasos en su desarrollo. Sin embargo, estos sismos nos proporcionaron también lecciones que aprender.

El denominado “Sismo de Pisco” ocurrido el 15 de agosto del 2007 no fue la excepción, a pesar que poco antes, en el llamado “Sismo del Sur” del 2001, se había comprobado, por ejemplo, la efectividad de ciertas técnicas de refuerzo aplicadas previamente en viviendas de adobe. Pese a su sencillez y economía, estas técnicas no se aplicaron, excepto en 3 viviendas piloto, y el daño en las viviendas de adobe fue masivo en la zona afectada por el sismo de Pisco, volviéndose a repetir la historia.

De este modo, con el objetivo principal de que se adopte una política preventiva ante los sismos futuros, la Sección Ingeniería Civil del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, difunde en esta edición cinco artículos relacionados al “Sismo de Pisco”, donde los profesores de esta Sección han volcado sus experiencias y conocimientos productos de muchas investigaciones.

Ángel San Bartolomé

Coordinador de Investigaciones

Sección Ingeniería Civil



- **CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS,
REPARACIÓN Y REFUERZO EN
CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

Daniel Torrealva Dávila

CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS, REPARACIÓN Y REFUERZO EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Ing. Daniel Torrealva Dávila (Profesor Principal PUCP)

1. INTRODUCCION

Es ampliamente aceptado el hecho de que las construcciones de adobe son altamente vulnerables frente a fenómenos naturales como sismos o inundaciones. Su casi nula resistencia a la tracción y la alta inestabilidad de sus propiedades mecánicas cuando son afectadas por la humedad han producido efectos desastrosos en incontables construcciones de este tipo a lo largo de la historia. Pese a ello, el adobe es todavía el material de construcción más utilizado por habitantes de las zonas rurales en el Perú y otros países del tercer mundo.

2. DAÑOS PRODUCIDOS POR SISMOS

En lo que respecta a los tipos de falla, se pueden catalogar en dos grandes grupos:

- falla en los muros por volteo fuera del plano y
- falla en los muros por la fuerza horizontal en su propio plano.

De estos dos tipos de falla, la que se presenta primero y, por lo tanto, a menores niveles de intensidad sísmica es la falla por volteo fuera del plano. Cuando este tipo de falla se controla, se producen las grietas debido a la fuerza horizontal en el plano del muro, que -dependiendo de la esbeltez y de la duración del sismo- pueden causar el colapso total o parcial de los muros.

2.1 DAÑOS CAUSADOS POR FUERZAS PERPENDICULARES AL PLANO DEL MURO

2.1.1 Grietas verticales en las esquinas y volteo del muro fuera del plano (en muros interiores)

Ante un evento sísmico por la falta de un diafragma rígido, cada muro se comportará independiente. La vibración fuera del plano de muros ortogonales entre sí genera entonces una concentración de esfuerzos de tracción en la parte superior de las esquinas, lo que produce una grieta vertical que se propaga hacia abajo.

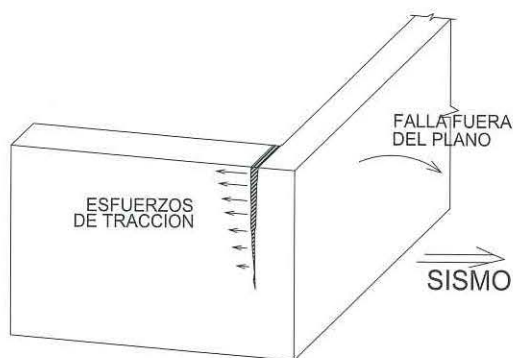


Figura 1.- Esquema de esfuerzos en el muro



Foto 1. Grietas verticales en muros interiores Ica 2007, foto D. Torrealva

Los muros no portantes son más vulnerables a este tipo de falla al no contar con cierto arriostre que aporta el techo, cuyas vigas sirven de arriostre lateral mientras no se exceda la fuerza de fricción.

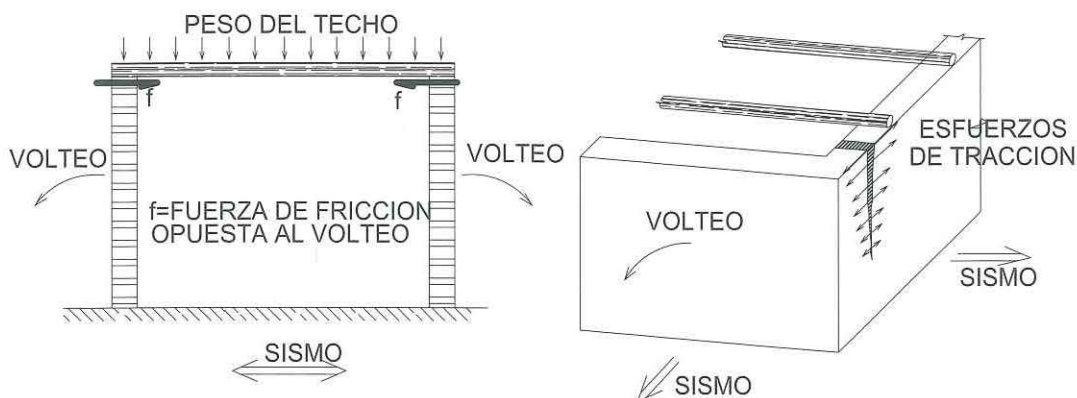


Figura.2.- Arriostre aportado por el techo a los muros portante

2.1.2 Grietas de separación con desgarre y volteo del muro fuera del plano (en muros exteriores)

Este tipo de falla se debe a las mismas causas indicadas en el ítem anterior; se presenta generalmente en muros exteriores.

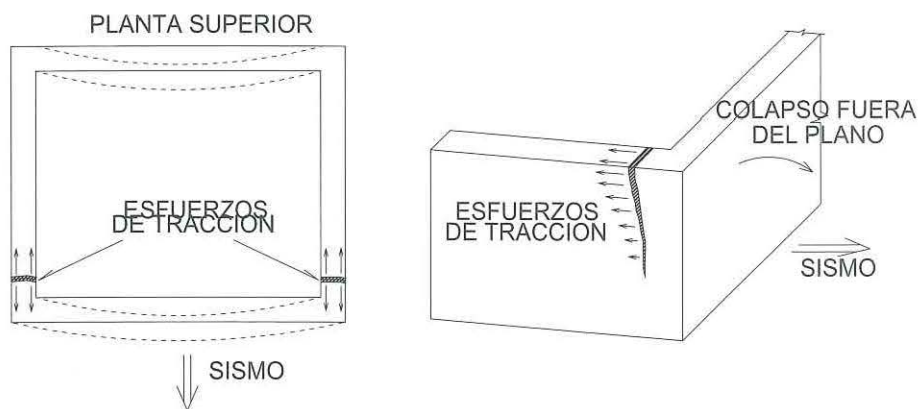


Figura.3.- Esquema de esfuerzos en el muro



a)

b)

Foto 2. Grietas de separación con desgarre en muros exteriores: a) Ica 2007, foto D.Torrealva y b) Arequipa 2001, foto D. Quiun.

2.1.3 Grieta por flexión fuera del plano

Esta grieta es típica de los muros libres y se produce, por lo general, cerca de la base, debido a la flexión fuera del plano. Producida la grieta, el muro se balancea como sólido rígido.



a)

b)

Foto 3. Volteo lateral de cerco: a) Arequipa 2001, foto D. Quispe y b) Chíncha 1997, foto D. Torrealva

2.2 DAÑOS CAUSADOS POR FUERZAS CORTANTES EN EL PLANO DEL MURO

2.2.1 Grietas diagonales por fuerza cortante en el plano del muro

Cuando la falla fuera del plano está controlada, ya sea porque los muros son gruesos o porque existe un amarre al nivel superior de los muros, se producen las típicas grietas en forma de X, debido a la fuerza cortante en el plano del muro a mayores niveles de intensidad sísmica.

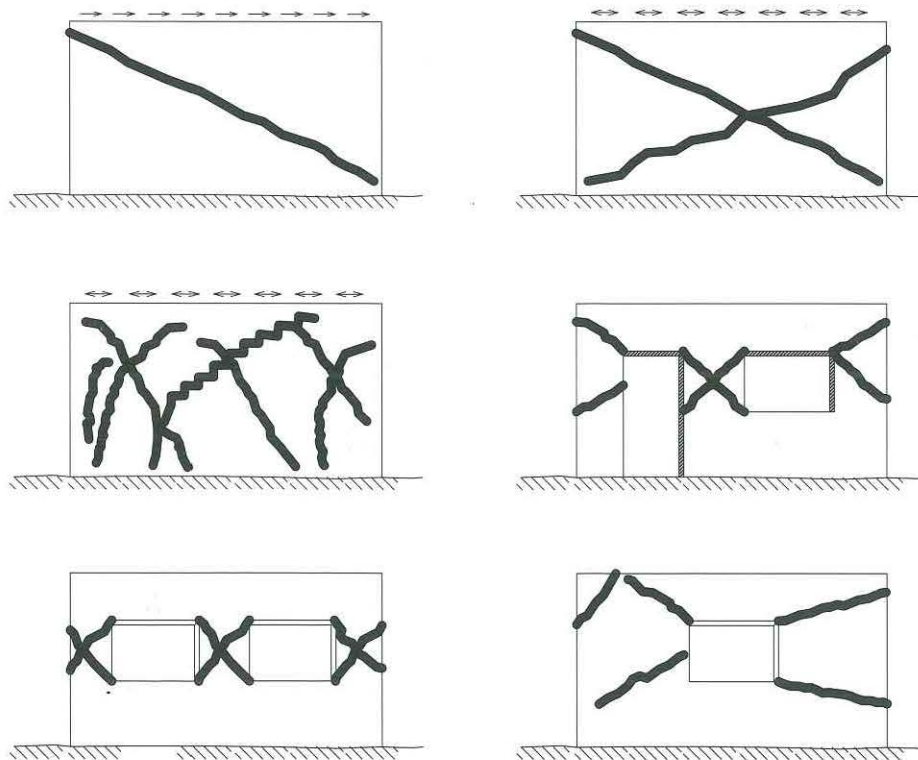


Figura.4.- Tipos de fallas en muros de adobe debido a cargas en su plano



Foto 4. Grieta inclinada por fuerza en el plano: a) En muro interior, Cuzco 1985, foto D.Torrealva, b) En muro interior, Ica 2007, foto D.Torrealva.

Este tipo de grieta se presenta en caso de muros gruesos o de muros delgados, siempre y cuando el techo funcione como un diafragma rígido produciendo un movimiento uniforme en la parte superior de los muros.

2.3 CLASIFICACION SEGÚN NIVELES DE DAÑOS

2.3.1 DAÑOS LEVES

Si la vivienda tiene grietas verticales menores a 1cm. y no se observa desplome de los muros. Estas grietas se presentan generalmente cuando los muros son anchos y no muy altos. La vivienda es estable y tiene una seguridad remanente con respecto al colapso.



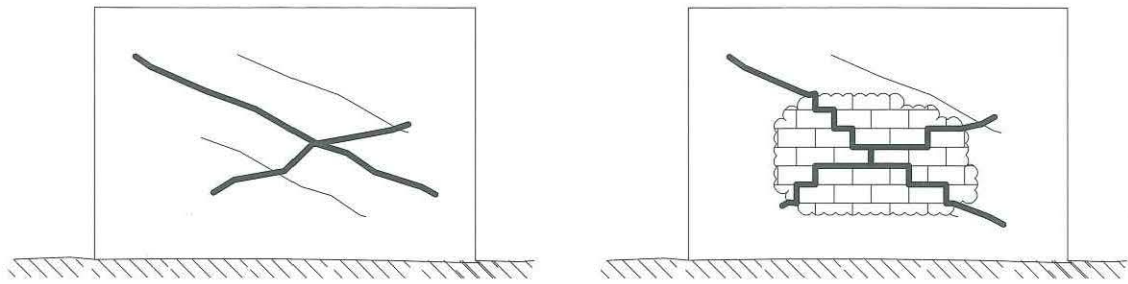
Foto 5. Grieta vertical menor a 1cm, sin desplome visible. Chíncha 2007, foto D.Torrealva.

2.3.2 DAÑOS MODERADOS

Cuando, además de los daños leves, se tiene grietas en las esquinas mayores a 2cm. Muros exteriores separados de los transversales con ligero desplome. Grietas en el tarrajeo y en el muro de adobe.



Foto 6. Grieta en esquinas mayores a 2cm, con separación de muros y ligero desplome: a) Chíncha 2007, foto D.Torrealva y b) Arequipa 2001, foto D. Quiun.



a)

b)

Figura 5. a) Grieta en el tarrajeo y b) Grieta en muros de adobe

2.3.3 DAÑOS GRAVES

Idéntico a los daños moderados, pero más extensos y grietas más grandes. Desplomes excesivos.



a)

b)

Foto 7. Grietas anchas y extensas en muros de adobe: a) Chincha 2007, foto D.Torrealva y b) Canete 2007, foto D.Torrealva.



a)

b)

Foto 8. Desplomes excesivos en muros de adobe: a) Arequipa 2001, foto D. Quiun. y b) Chincha 2007, foto D. Torrealva.

2.3.4 COLAPSOS PARCIALES

Sin caída de techo.



a)



b)

Foto 9. Colapso parcial de muros sin caída de techo: a) Lima, foto J.Vargas y b) Cusco 1985, foto D.Torrealva.

2.3.5 COLAPSO TOTAL

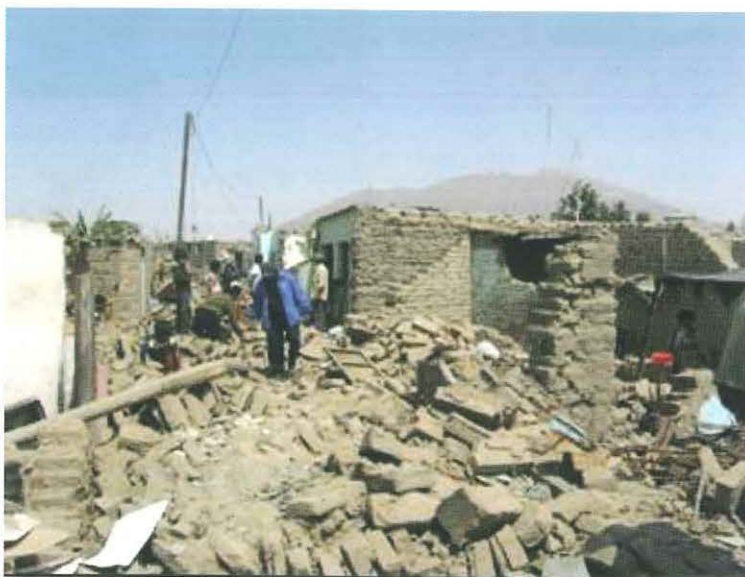


Foto 10. Colapso total de vivienda de adobe. Moquegua 2001, foto CIP.

3. ASPECTOS RELEVANTES DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN CON ADOBE NTE-080

3.1 CIMENTACION

- No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos ni en arcillas expansivas.
- Tampoco en zonas propensas a inundaciones, cauces de avalanchas, aluviones o huaycos, o suelos con inestabilidad geológica.
- Tendrá una profundidad mínima de 60 cm. y un ancho mínimo de 40 cm.

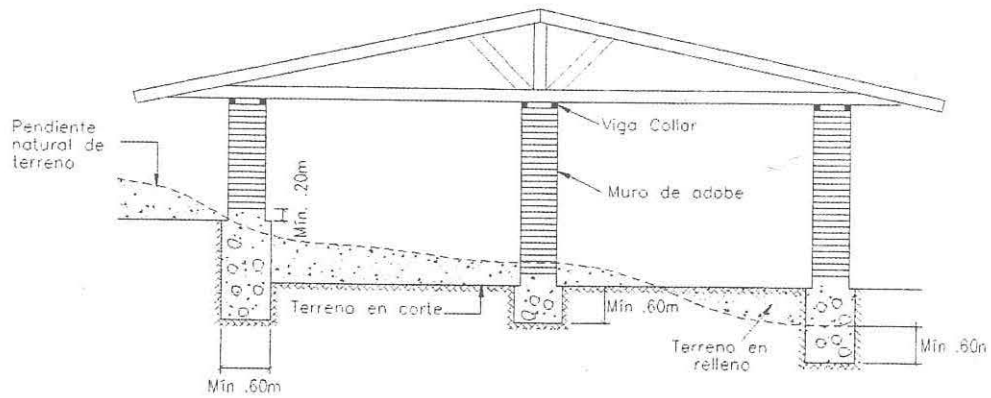


Figura 6. Esquema de cimentación propuesta por Norma E.080.

3.2 CONTROL DE ESBELTEZ (ALTURA/ESPESOR)

El espesor de los muros se determinará en función de la altura libre de los mismos y del tipo de refuerzo a emplear.

TABLA I.- Requerimientos de refuerzo según Norma E.080.

Esbeltez	Arriostres y refuerzos obligatorios	Espesor mín. Muro (mt)	Altura mín. Muro (mt)
$\lambda \leq 6$	Solera	0.4 - 0.5	2.4 - 3.0
$6 \leq \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en los encuentros de muros	0.3 - 0.5	2.4 - 4.0
$8 < \lambda \leq 9$	Soleras + elementos de refuerzo horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0.3 - 0.5	2.7 - 4.5

3.3 CONTROL DE LONGITUD DE LOS MUROS

La longitud máxima del muro entre arriostres verticales será 12 veces el espesor del muro.

Los vanos deberán estar preferentemente centrados.

El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro.

La distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro.

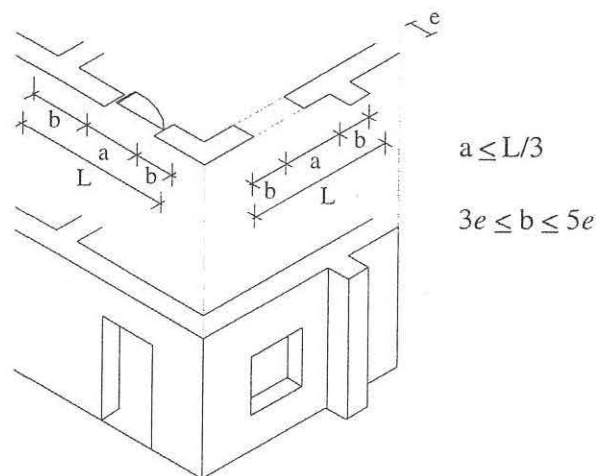


Figura 7. Esquema de longitudes máximas de muros propuesta por Norma E.080.

3.4 TECHO

- Los techos deberán, en lo posible, ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros.
- La transmisión de cargas debe ser vertical.

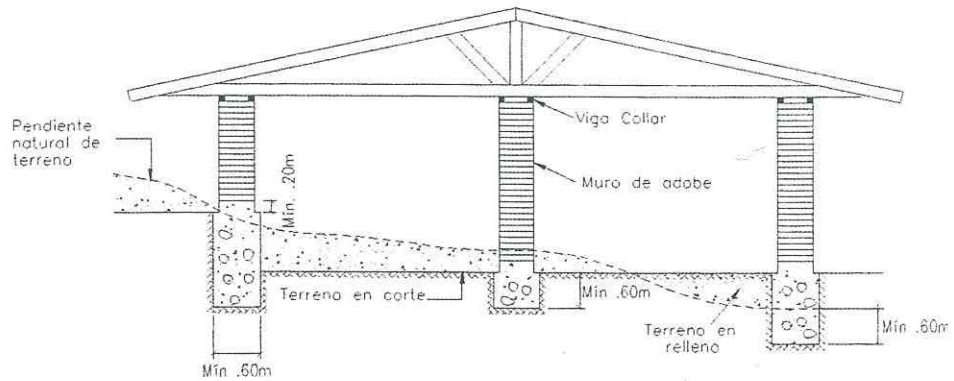


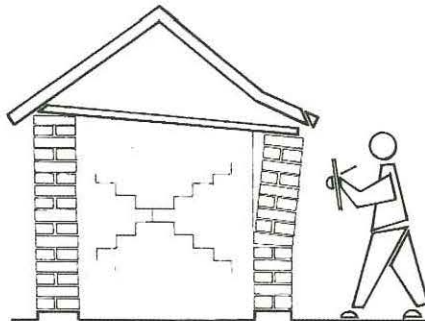
Figura 8. Esquema de transmisión de carga vertical en muros

4. REPARACIÓN DE MUROS

4.1 METODOLOGÍA A SEGUIR

4.1.1 Observar

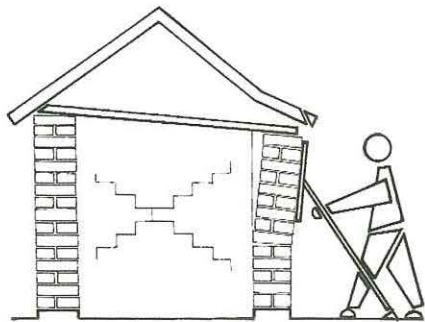
Verificar los daños y las causas. Evaluar si la vivienda se puede reparar o demoler.



Si se decide demoler la vivienda, se debe realizar inmediatamente. Si se decide reparar, se debe evaluar la vivienda de manera integral: tipos de daños, prioridades, etapas.

4.1.2 Apuntalar

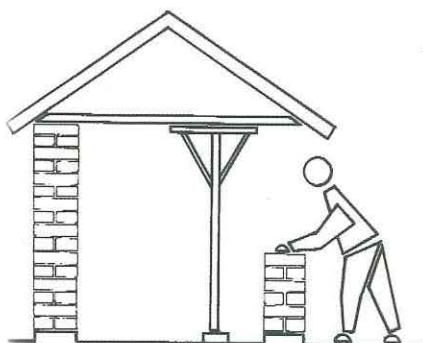
Una vez hecha la evaluación, se procede a estabilizar las partes dañadas de la vivienda mediante el apuntalamiento que debe asegurarlas hasta que se intervenga con la reparación.



(Ref. Arq. Wilfredo Carazas Aedo)

4.1.3 Reparar

Con los datos tomados en la etapa de evaluación, se procederá a establecer las prioridades para la fase de rehabilitación de la vivienda, comenzando por las zonas de mayores daños.



(Ref. Arq. Wilfredo Carazas Aedo)

4.2 PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN SEGÚN NIVEL DE DAÑO

NIVEL DE DAÑOS	PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN
LEVES	<ul style="list-style-type: none">• resane de grietas y colocación de refuerzo
MODERADOS	<ul style="list-style-type: none">• resane de grietas• desmontaje parcial y reconstrucción de parte del muro, sin desmontar el techo; colocación de refuerzo
GRAVES	<ul style="list-style-type: none">• reconstrucción parcial de muros (puede necesitarse desmontar parcialmente el techo), colocación de refuerzo
COLAPSO PARCIAL	<ul style="list-style-type: none">• reconstrucción de muros completos y techos, colocación de refuerzo

Los requisitos básicos para la reparación y/o reconstrucción de los muros son los siguientes:

- a) Los muros deben tener algún tipo de cimentación que los proteja de la humedad del suelo.
- b) Los muros deben tener los siguientes espesores mínimos con relación a su altura:
 - para alturas menores o iguales a 2.40m, el espesor mínimo es 0.30m.
 - para alturas mayores a 2.40m, pero menores o iguales a 3.00m, el espesor mínimo es 0.40m.
 - para alturas mayores a 3.00m, pero menores o iguales a 4.00m, el espesor mínimo es 0.50m.

Si bien puede haber cierta flexibilidad en estos valores, si no se cumplen con estos requisitos, sería conveniente considerar el reemplazo de los muros de adobe, aun cuando el enmallado total de los muros puede asegurar que la vivienda no va a colapsar bruscamente.

4.3 TÉCNICAS DE REPARACIÓN

4.3.1 REPARACIÓN DE GRIETAS

4.3.1.1 Grietas menores a 1cm

Para resanar grietas menores a 1cm, se utiliza el proceso de inyección de mortero, que implica las siguientes acciones:

- Sellar las caras de la fisura con yeso por ambos lados. En este proceso, se deben dejar preparados cada 20cm, accesos o boquillas para la inyección. La masa de yeso se coloca con una espátula y se acomoda con la mano.
- Inyectar agua en las boquillas. Este procedimiento se realiza para preparar la superficie interior agrietada para recibir el mortero fluido. Sirve para limpiar el interior de la grieta, mojar la superficie y servir de lubricante al mortero de inyección.
- Inyección del mortero fluido. El mortero para la inyección se prepara con tierra que se ha zarandeado para eliminar los granos gruesos (en términos de Ingeniería, que pase la malla No. 10). La mezcla consiste en tierra con 20% de yeso en peso y 35% de agua. Por cada 10kg de tierra, se pone 2kg de yeso y 3.5 litros de agua. Se

mezclan los componentes y se coloca en el tubo para inyección. En grietas verticales, se comienza de abajo. La inyección de mortero se hace inmediatamente a continuación de la inyección con agua.

- Acabado. Al terminar de llenar completamente la grieta, se retira el sello de yeso con una espátula y se retoca la superficie exterior con el mismo mortero hasta conseguir un acabado aceptable.



a)

b)

Foto 11. a) Sellado de caras de fisuras con yeso y b) Inyección de agua. Foto C. Iwaqui



a)

b)

Foto 12. a) y b) Inyección de Grout. Foto C. Iwaqui.



a)

b)

Foto 13. a) Retiro de sello de yeso y b) Retoque de superficie exterior. Foto C. Iwaqui

4.3.1.2 Equipo

El equipo utilizado para la inyección del mortero en paredes de adobe es el siguiente:

- Pistola de inyección para aplicación de sellantes marca SIKA o similar.
- Cartuchos vacíos de silicona que se encuentra de desecho en las vidrierías. Se debe contar con varios cartuchos para agilizar el llenado de la grieta.



a)

b)

Foto 14.a) Pistola de aplicación y b) Partes de un cartucho vacío de silicona

4.3.1.3 Reparación de grietas mayores a 2cm

En este caso, dado que el agrietamiento es mayor, se prepara una masa de suelo sin tamizar, con 20% de yeso y el agua necesaria para conformar una masa plástica, la cual se aplica en la grieta, acuñándose con una madera. Previamente, se debe mojar completamente con la pistola de inyección la superficie interior de la grieta.

4.3.2 RECONSTRUCCIÓN PARCIAL DE MUROS

Cuando los encuentros presenten daños de mayor importancia, como el colapso de sus partes, se debe proceder a una reparación más profunda y delicada (ver fig. 9).

Caso de esquina dañada

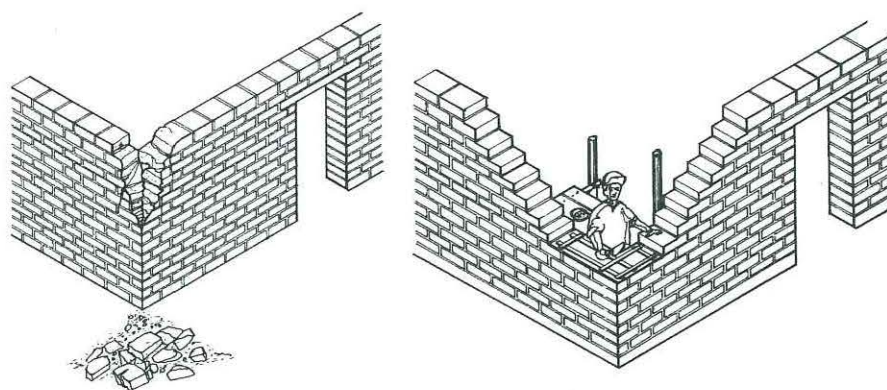


Figura 9. Reconstrucción de un muro (Ref. Arq. Wilfredo Carazas Aedo)

Se desmonta el muro en forma de "escalera" por ambos lados y, luego, con adobes nuevos, se reconstruye nuevamente la esquina.

Otra opción será la de reconstruir la esquina con contrafuertes o machones hacia el exterior, cuando esto sea posible.

Caso de reconstrucción de partes interiores de muro

En caso de grietas diagonales en muros con rotura de adobes, se procede a desmontar los adobes deteriorados y reemplazarlos por adobes nuevos.

5. DESPLOME DE MUROS - LÍMITES DE REPARABILIDAD

Después de un sismo, si un muro sufre desplazamientos excesivos, será necesario desmontarlo o demolerlo, ya que el muro se encontraría en situación de equilibrio inestable.



Figura 10. Límite de reparabilidad en función del desplome del muro

Para que un muro que se encuentra desplomado se pueda reparar tal como está, el desplome Δ , medida en la parte superior del muro, no debe exceder el ancho del muro dividido entre 10.

Si el desplome del muro Δ es mayor que el ancho del muro entre 10, pero menor que el ancho del muro dividido entre 5, y además no presenta evidencias de grietas horizontales en toda su altura, entonces se puede llevar el muro a su posición vertical mediante puntales y, luego, reforzarlo.

Tabla 02.- Desplomes aceptables y máximos

Ancho del muro	Desplome aceptable	Desplome máximo para reparar
30cm	3cm	6cm
40cm	4cm	8cm
50cm	5cm	10cm

6. REFUERZO DE MUROS DE ADOBE CON MALLA NATURAL

6.1 MATERIALES

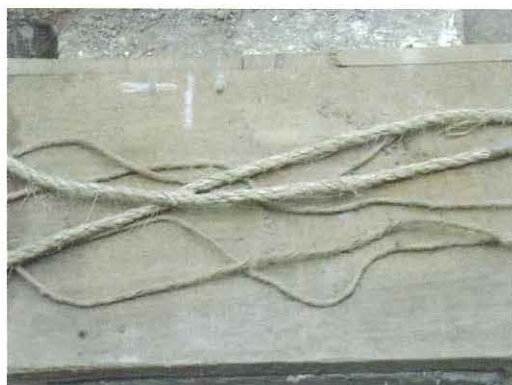
El material de refuerzo es una malla natural compuesta por cañas como elementos verticales, y por sogas tipo "cabuya" como elementos horizontales, en ambos lados del muro. La caña y la soga "cabuya" son conectadas a través del muro por soguillas de yute de diámetro pequeño.

6.2 HERRAMIENTAS

- Se usa un taladro con broca de concreto de 3/8" de diámetro, cuya longitud sea suficiente para atravesar el muro de adobe. Para ello, se suelda a la broca una varilla del mismo diámetro.
- Se necesita una aguja que tenga una longitud mínima del espesor de la pared más 20cm. Puede ser varilla trefilada de 1/4".

6.3 PROCEDIMIENTO

- Se saca el tarrajeo de la pared.
- Cada 50cm, se hace un corte vertical en el muro con amoladora, de una profundidad de 1cm y ancho de 3cm, para colocar el refuerzo vertical.
- Se perfora la pared a ambos lados del refuerzo vertical cada 30cm vertical.
- Se coloca un refuerzo vertical en cortes previamente hechos en el muro.
- Después de colocar las cañas verticales en ambos lados del muro, se atan con la soga cabuya horizontal cada 30cm, para formar una malla estructural. Las uniones de la malla son conectadas a través del muro con soguilla de yute. La soga es continua horizontalmente, dando la vuelta en las esquinas y aberturas de puertas y ventanas.
- Se procede a enlucir nuevamente la pared con barro solo, barro con paja, o con cal, yeso o inclusive cemento.



a)



b)

Foto 15. a) Soga "cabuya" para reforzamiento horizontal y soguilla de yute para conexiones, y b) Colocación de refuerzo vertical en cortes previamente hechos en el muro



a)



b)

Foto 16. a) El refuerzo vertical en ambos lados del muro es atado con soga cabuya horizontalmente y b) Módulo reforzado con materiales naturales, parcialmente tarrajado

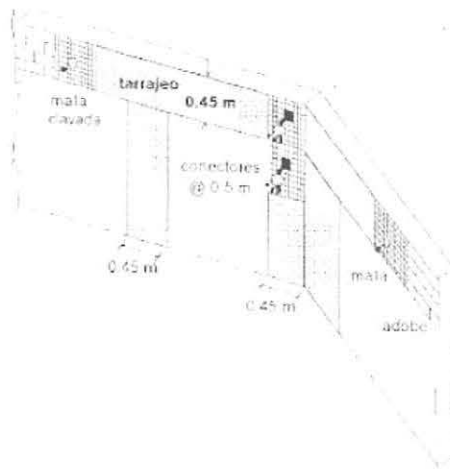
7. REFUERZO DE MUROS DE ADOBE CON MALLA ELECTROSOLDADA

7.1 MATERIALES

El material de refuerzo es una malla electrosoldada en ambos lados del muro, las que serán interconectadas con alambre #8 y, luego, se aplicará un tarrajeo con mortero 1:4.

7.2 PROCEDIMIENTO

- Eliminar el tarrajeo en las zonas a reforzar simulando vigas y columnas de amarre.
- Abrir perforaciones de 5x5 cm (@ 50 cm) en los puntos de interconexión de las mallas verticales.
- Insertar los conectores y taponar las perforaciones con mortero 1:4, humedeciendo previamente los huecos.
- Clavar las mallas verticales y después las horizontales contra los adobes.
- Doblar 90° las puntas de los conectores y clavarlas (doble clavo formando grapa con la chapa) contra los adobes.
- Humedecer las zonas a tarrajar y luego paletear una primera capa de mortero; posteriormente, dar el acabado final.



8. REFUERZO DE MUROS DE ADOBE CON MALLA DE POLÍMERO

8.1 MATERIALES

El material de refuerzo es una geomalla que tiene propiedades estándar de resistencia y rigidez. Puede ser la geomalla TENSAR BX4100, TENSAR BX1100 o similares.

Para amarrar la malla, se usará rafia plástica.

8.2 HERRAMIENTAS

- Se usa un taladro con broca de concreto de 3/8" de diámetro, cuya longitud sea suficiente para atravesar el muro de adobe. Para ello, se suelda a la broca una varilla del mismo diámetro.
- Se usa una aguja que tenga una longitud mínima del espesor de la pared más 5cm. Puede ser varilla trellada de 1/4".

8.3 PROCEDIMIENTO

- Se saca el tarrajeo de la pared.
- Se perfora la pared cada 30cm horizontal y vertical con la broca de 3/8".
- Las geomallas vienen en rollos de 3 ó 4 metros de ancho por 50 m de longitud. Se debe medir las dimensiones de las paredes y cortar la malla con una tijera gruesa tratando de cubrir en forma continua la mayor área de muro en forma horizontal.
- Se coloca la malla en ambos lados de la pared y se fija provisionalmente con clavos doblados.
- Se amarra la malla de lado a lado con 4 hilos de rafia a través de los agujeros; se pasa la rafia con la aguja.
- Se procede a enlucir nuevamente la pared con barro solo, barro con paja, o con cal, yeso o inclusive cemento.



a)



b)

Foto 17. Retiro de tarrajeo a) y b). Foto D.Torrealva.



a)



b)

Foto 18. Perforación de la pared cada 30 cm. horizontal y vertical con broca de 3/8":a) Taladro y b) Perforación del muro. Foto D.Torrealva.



a)



b)

Foto 19. Colocación de la malla en ambos lados: a) Presentación de la malla y b) Fijación provisional con clavos doblados. Foto D.Torrealva.



a)

b)

Foto 20. Amarre de la malla con hilos de paja o rafia a través de los agujeros: a) y b) Fijación de la malla. Foto D. Torrealva.

Se debe tener especial cuidado de colocar la malla en forma continua en las esquinas de los muros, tanto las exteriores como las interiores.

Los procedimientos aquí descritos han sido probados en la mesa vibradora del Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú con resultados satisfactorios, aunque con diferentes niveles de desempeño por las características propias de cada tipo de refuerzo.

REFERENCIAS:

- Blondet M, Madueño I, Torrealva D, Villa García G and Ginocchio F. 2005. "Using industrial materials for the construction of safe adobe houses in seismic areas". Earth Build 2005. Sydney, Australia.
- MTC. 2000. "Reglamento Nacional de Construcciones. Adobe: Norma Técnica de Edificación E-080". Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Peru.
- Tolles L, Kimbro E and Ginell W. 2003. "Planning an engineering guidelines for the design and retrofitting of historical adobe structures". The Getty Conservation Institute". Los Angeles, USA.
- Torrealva D and Acero J. 2005. "Refuerzo sísmico de vivienda de adobe con malla exterior compatible". Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Construcciones de Tierra en Areas Sísmicas, SismoAdobe2005. PUCP. Lima, Peru..
- Vargas J, Bariola J y Blondet M. 1984. "Resistencia sísmica de la mampostería de adobe". Publicación DI-84-01. PUCP. Lima, Peru.
- Vargas J y Blondet M. 2007. "Reparación de Grietas en Construcciones Históricas de Adobe en Areas Sísmicas". Proyecto DAI-3283 (2007-2007). PUCP. Lima, Peru.
- Zegarra L, Quiun D, San Bartolomé A y Giesecke A. 1999. "Reforzamiento de viviendas existentes de adobe" Proyecto Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) - Cooperación Alemana al Desarrollo (GTZ) - Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio de Ingenieros del Perú. Huanuco, Peru.
- Zegarra L, Quiun D y San Bartolomé A. 2001. "Comportamiento ante el terremoto del 23-06-2001 de las viviendas de adobe reforzadas en Moquegua, Tacna y Arica". XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio de Ingenieros del Perú. Puno, Peru.
- Zegarra L, Quiun D, San Bartolomé A and Giesecke A. 2002. "Reforzamiento de viviendas de adobe existentes. Segunda parte: Ensayos sísmicos de módulos". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Peru.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El Laboratorio de Mecánica de Suelos fue creado en el año 1966, a partir de una donación de equipos que hiciera la Dirección de Caminos del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas a nuestra Universidad. Estos equipos fueron destinados fundamentalmente para la docencia; instalados y calibrados conjuntamente por personal de la Universidad y del Ministerio, con la colaboración de un experto de la Misión Renardet. El área de Laboratorio de Mecánica de Suelos, incluyendo oficinas es de 738 m².



Con el transcurrir del tiempo, el laboratorio se fue equipando con recursos propios de la Universidad, con equipos modernos y con tecnología de punta; para realizar actividades docentes; de investigación, y de servicio de apoyo a la industria de la construcción de edificaciones, presas, carreteras, puertos,

aeropuertos, canales, etc.; así como también a los proyectos relacionados con minería en lo referente a obras civiles y relaveras.



Además de los equipos usuales para determinación de las propiedades índice, hidráulicas, de compresibilidad de los suelos, de las propiedades para el diseño de vías de comunicación y de las características de los agregados; el laboratorio cuenta con un equipo triaxial con marco de carga de 50 KN y celdas de 35 mm, 50 mm, 70 mm y 100 mm; sistema de aplicación de presión constante, aplicación de contrapresión, medición de cambio de volumen y un equipo para corte directo controlados por un sistema digital de 16 canales con sistema de adquisición de datos electrónico. Todo este sistema se encuentra controlado mediante una microcomputadora; que permite controlar el proceso de los ensayos.

Actualmente, el laboratorio cuenta con 13 celdas para los ensayos triaxiales, que permite trabajar varios especímenes en forma simultánea. Adicionalmente, a los ensayos triaxiales rutinarios No Consolidado No Drenado, Consolidado No Drenado y Consolidado Drenado de compresión, también disponemos de equipos para realizar ensayos de Extensión Triaxial.

Además de ensayos, el laboratorio realiza Estudios de Mecánica de Suelos de acuerdo a la Norma NTE E-050 para el diseño de cimentaciones; y Diseño de Pavimentos, peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas.

El personal profesional y técnico del laboratorio cuenta con más de treinta años de experiencia y está capacitado para una rápida respuesta a quienes desarrollan, ejecutan y supervisan proyectos de ingeniería civil, minería y de la industria en general, proporcionando asistencia en el área de geotecnia en forma eficaz, independiente e imparcial.

Los principales servicios que realiza el laboratorio son:

- Ensayos de mecánica de suelos para determinación de propiedades índices
- Ensayos para control de calidad de los materiales que se emplearán para la fabricación de concreto, y materiales para la construcción de pavimentos
- Ensayos para la determinación de las propiedades físico-mecánicas e hidráulica de los suelos
- Estudios de Mecánica de Suelos y Diseño de Pavimentos
- Peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas de cimentaciones y en general consultoría relacionada a la especialidad de ingeniería geotécnica.

