

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN VIVIENDA TRADICIONAL DE ADOBE DE CHIAPA DE CORZO, CHIAPAS

Lorenzo Franco Escamiroso Montalvo¹
María de Lourdes Ocampo García¹
Roberto Arroyo Matus²

¹Universidad Autónoma de Chiapas, ²Universidad Autónoma de Guerrero



DR. LORENZO FRANCO ESCAMIROSA MONTALVO

Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas

Domicilio Particular:

Blvd. Fidel Velázquez No. 73, Col. 24 de junio

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29047

Tel.: (961)6163351; móvil: 9616030647

Correo electrónico: franco@unach.mx

MTRA. MARÍA DE LOURDES OCAMPO GARCÍA

Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas

Domicilio Particular:

Grieta No. 328, Fracc. La Gloria

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29050

Tel.: (961) 6158227; móvil: 9615934274

Correo electrónico: lourdes@unach.mx

DR. ROBERTO ARROYO MATUS

Unidad Académica de Ingeniería de la Universidad Autónoma de
Guerrero

Edificio 3, A. Lázaro Cárdenas S/N,

Ciudad Universitaria, Chilpancingo, Guerrero, C.P. 39010

Tel. y Fax: (747) 4712087

Correo electrónico: arroyomatus@hotmail.com

Para citar este artículo:

Arroyo, R., Escamirosa, L. y Ocampo, M. (2014) Reforzamiento estructural en vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 3 (6), 30-50. doi: 10.31644/IMASD.6.2014.a02

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta una alternativa para reforzar estructuralmente las viviendas tradicionales de adobe de la ciudad histórica de Chiapa de Corzo, Chiapas; México, con el propósito de aumentar su capacidad sismorresistente. Los trabajos de reforzamiento se realizaron en 2 viviendas de adobe, que fueron seleccionadas por los graves problemas estructurales que registran; asimismo, están habitadas por familias de bajos ingresos económicos, imposibilitadas por su condición social para realizar mejoras en sus viviendas.

En el desarrollo de la propuesta se procuró que fuese económica, conserve en lo posible los elementos patrimoniales de origen y los espacios funcionales, además, que mejore la seguridad estructural de las viviendas de adobe y garantice la seguridad de las personas que las habitan.

En un segundo momento, se tiene previsto efectuar la instrumentación acelerométrica para medir los períodos de vibración fundamental de las viviendas intervenidas. Con ello se evaluará la evolución de la capacidad sismorresistente para asegurar que la propuesta sirva como prototipo de reforzamiento estructural en otras viviendas de adobe.

También se trata de ofrecer una alternativa viable para que las autoridades correspondientes busquen los mecanismos o fondos financieros que permitan implantar una estrategia colectiva de reforzamiento estructural de viviendas de adobe en la ciudad de Chiapa de Corzo, que debido a su ubicación geográfica, se encuentra en una zona de alta probabilidad de ocurrencia de fenómenos telúricos.

Palabras Claves: *viviendas, adobe, reforzamiento, estructura, seguridad, sismorresistente.*

STRUCTURAL STRENGTHENING IN TRADITIONAL ADOBE HOUSE OF CHIAPA DE CORZO, CHIAPAS

ABSTRAC

This research paper presents an alternative to structurally reinforce the traditional houses of adobe from the historic town of Chiapa de Corzo, Chiapas, Mexico, with the purpose of increasing its seismic resistance capacity. Strengthening works were carried out in 2 houses of adobe, which were selected by the serious structural problems that record; also inhabited by low-income families, bedridden by their social status to make improvements to their homes.

In the development of the proposal was sought that it was economic, retain as much as possible the assets of origin and functional spaces, in addition, to improve the structural safety of the houses of adobe and ensure the safety of the people who inhabit them.

In a second moment, is scheduled to be aceleromtrica instrumentation to measure periods of fundamental vibration of operated dwellings. Thus the evolution of earthquake-resistant capacity will be evaluated to ensure that the proposal will serve as prototype of structural reinforcement in other adobe homes.

Also, it's offer a viable alternative to the relevant authorities seek mechanisms or financial funds that allow you to implement a collective strategy of structural reinforcement of houses of adobe in the city of Chiapa de Corzo, that due to its geographical location, is in an area of high probability of occurrence of certain magnitude telluric phenomena.

Keywords: *housing, adobe, reinforcement, structure, safety, earthquake-resistant.*

La ciudad histórica de Chiapa de Corzo, Chiapas, se caracteriza por la riqueza cultural de sus edificios considerados monumentos históricos (D.O., 2000), que incluyen las viviendas tradicionales criollas, mestizas e indígenas. Los inmuebles forman un conjunto urbano-arquitectónico armonioso y agradable; no obstante, al paso del tiempo los elementos tipológicos de las viviendas han perdido sus valores originales a consecuencia del deterioro natural y el abandono. Los sismos han sido la principal causa del deterioro, como ejemplo se destaca el colapso de un significativo porcentaje de viviendas tradicionales de adobe por los sismos de 1975, que originó el éxodo masivo de la población (Ocampo, *et al.*, 2005).

Por los recuentos de los principales daños causados en los edificios, se ha establecido que la actividad sísmica de la región geográfica donde se ubica la ciudad de Chiapa de Corzo, es irremediable a consecuencia de la subducción de la placa tectónica de Cocos bajo la de Norteamérica (García y Suárez, 1996), lo cual advierte que la ciudad, con su riqueza edificada y sus habitantes, se encuentra en una zona de alta probabilidad de ocurrencia de fenómenos telúricos de cierta magnitud.

Adicionalmente, los materiales utilizados en las viviendas tradicionales; muros construidos a base de adobe (tierra-paja) recubiertos con argamasa de cal-arena y con estructuras de madera que soportan la teja de barro en las cubiertas, no garantizan la estabilidad del inmueble ante la acción de las fuerzas dinámicas generadas por los sismos. La causa de este problema se atribuye al deficiente confinamiento estructural de los elementos.

Una cantidad importante de viviendas de adobe se han mantenido a través del tiempo debido a los repetidos episodios de daños y reparaciones realizadas por los habitantes, que con frecuencia modifican las características tipológicas originales; otro conjunto de viviendas no han sido intervenidas por limitaciones económicas de las familias de bajos ingresos que las habitan. Al respecto, el presente trabajo de investigación tiene el objetivo de elaborar una propuesta de reforzamiento estructural que incremente la resistencia sismorresistente de las viviendas tradicionales de adobe de Chiapa de Corzo; asimismo, se plantea que el reforzamiento sea económico, procure en lo posible la conservación de

los elementos patrimoniales de origen y los espacios funcionales y, lo más importante, que se evalúe científica y tecnológicamente el mejoramiento de la seguridad estructural de las viviendas.

El trabajo que se desarrolla forma parte del proyecto de investigación: “Propuesta de reforzamiento estructural para la consolidación de la vivienda tradicional del centro histórico de Chiapa de Corzo, Chiapas”, financiado por el PROMEP-SEP (2013); el equipo de investigadores participantes está conformado por académicos de la Universidad Autónoma de Chiapas y la Universidad Autónoma de Guerrero, integrados en los cuerpos académicos Desarrollo Urbano (CADU-UNACH) y Riesgos Naturales y Geotecnología (RNG-UAG), respectivamente. Los usuarios del proyecto son los habitantes de bajos ingresos económicos de las viviendas tradicionales de adobe, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y el Gobierno Municipal de Chiapa de Corzo.

TRABAJOS PREVIOS DE INVESTIGACIÓN

En años anteriores, el equipo de investigadores efectuó un estudio en el área urbana de la ciudad de Chiapa de Corzo, para establecer la zonificación sísmica de acuerdo con el periodo fundamental de vibración del suelo. Los resultados obtenidos permitieron identificar 2 zonas; la primera (Zona 1) con intervalos de 0.10 a 0.25 segundos y la segunda (Zona 2) con intervalos mayores de vibración registrados entre 0.25 a 0.50 segundos, justamente por localizarse en la ribera del Río Grijalva; también, en ese entonces se realizaron mediciones de algunos comportamientos de las viviendas tradicionales (Salgado y Escamiroso, 2004), (Salgado, *et al.*, 2005).

En 2013, el equipo de trabajo interinstitucional, con el que participaron estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la UNACH y estudiantes de la Unidad Académica de Ingeniería de la UAGRO, realizó un diagnóstico de la problemática de las viviendas tradicionales localizadas alrededor del centro histórico de Chiapa de Corzo, considerando la tipología de las viviendas, según Ocampo García (2003), y la condición social de bajos ingresos económicos de los habitantes. A partir del diagnóstico realizado, se seleccionaron 2 viviendas tradicionales, como casos de

estudio, para determinar las propiedades dinámicas estructurales y su vulnerabilidad en un escenario sísmico de mayor magnitud, a través del análisis de registros acelerográficos de los periodos fundamentales de vibración ambiental, realizados *in situ* con sensores de aceleración.

En este trabajo, se hace referencia a una de las viviendas seleccionadas, propiedad de Evangelina Montero Aguilar, quien señaló que el inmueble tiene más de 80 años. La vivienda se localiza en la zona sísmica 1, entre la Av. Miguel Hidalgo y calle Tomás Cuesta, en el barrio San Vicente, con coordenadas geográficas UTM (498673.62, 1847525.79) y elevación de 433.78 msnm; su estructura está constituida a base de cimentación de mampostería de piedra, muros de adobe de 40 cm. de espesor y techumbre de tejas de barro soportadas con una estructura de vigas redondas y fajillas de madera. En la evaluación estructural realizada, visualmente se identificaron graves fisuras en los muros y cuarteaduras en las esquinas, mismas que inciden negativamente en la rigidez y provocan el aumento del período de vibración de la vivienda (Figura 1).



Figura 1. Vivienda tradicional de adobe propiedad de Evangelina Montero Aguilar

Posteriormente, se instaló en la vivienda la instrumentación acelerométrica para obtener las mediciones necesarias y determinar los períodos

fundamentales de vibración ambiental y el correspondiente del suelo. De acuerdo con los registros acelerográficos almacenados en 3 dimensiones ortogonales de 30 segundos de duración cada uno, y con base en los cálculos de los espectros de Fourier en cada registro, se estableció la función de transferencia, o razón espectral, empleando la técnica de Nakamura. Los resultados obtenidos indican que los períodos de vibración fundamental en promedio son altos: 0.2133 segundos en el suelo y de 0.1506 segundos en la vivienda (Escamirosa, *et al.*, 2013) (Figuras 2 y 3).



Figura 2 y 3. a) Instalación del acelerómetro en el suelo, b) Instalación del acelerómetro al interior de la vivienda

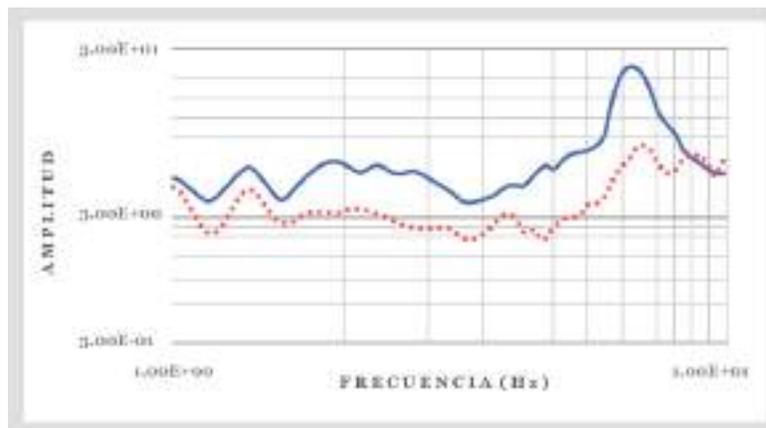


Figura 3. Período fundamental de la vivienda con una vibración de 6.64 Hz que equivale a 0.1506 segundos

PROCESO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL (INTERVENCIÓN)

Los trabajos de intervención se iniciaron nuevamente con la identificación de las características geométricas de la vivienda, que incluyó el dimensionamiento y funcionalidad de los espacios, así como las condiciones de los elementos estructurales existentes: cimientos, muros y cubierta. Con lo anterior, el equipo de trabajo elaboró una propuesta de intervención para el reforzamiento estructural de la vivienda, con base en los casos similares analizados por Arroyo, et al., en 2010. En seguida, se tramitó la autorización por el INAH para realizar la intervención y el permiso de construcción del ayuntamiento de Chiapa de Corzo.

A principios del mes de junio de 2014, se adquirieron los materiales necesarios para llevar a cabo la construcción del reforzamiento estructural de la vivienda de adobe; el lunes 16 de junio iniciaron los trabajos, que concluyeron en el mes de agosto de ese año. A continuación, se describe el procedimiento de construcción aplicado:

1. Extracción de puertas: Los marcos y las hojas de 3 puertas de madera fueron quitadas cuidadosamente para evitar daños innecesarios en los muros de adobe.
2. Eliminación del mortero: En ambos lados de los muros se retiró el recubrimiento existente, esencialmente elaborado de cal-arena (Figura 4).



Figura 4. Eliminación del mortero existente en la vivienda

3. Limpieza y humedecimiento de muros: Trabajos previos a la aplicación de nueva de mortero.
4. Aplicación de la primera capa de mortero: Se utilizó un mortero cemento-arena con proporción 1:3 para cubrir los muros, lanzando el mortero a mano y en seguida, allanándolo con regla de madera, procurando obtener un espesor mínimo de 1 cm. El aplanado se aplicó de acuerdo con la forma original del muro; es decir, no se consideró la nivelación vertical de los muros.
5. Colocación de malla de acero: En los muros se ubicó la malla electrosoldada de acero (6x6/10x10) y se sujetó simultáneamente en ambas caras con anclas de alambón y alambre recocado. El anclaje se realizó, previamente efectuadas las perforaciones con broca de 5/16"; el alambón se colocó formando una retícula de 1.35 m. y el alambre recocado en una retícula menor de 45 cm. Los traslapes de tramos de malla se realizaron a 60 cm. (Figura 5).



Figura 5. Colocación de la malla electrosoldada 6x6/10x10 al interior de la vivienda

6. Aplicación de la segunda capa de mortero: La segunda capa de mortero cemento-arena requirió humedecer convenientemente los muros para obtener la resistencia óptima del concreto. Al igual que la capa anterior, el espesor mínimo fue de 1 cm. (Figura 6).



Figura 6. Aplicación de la segunda capa de mortero cemento-arena

7. Terminado en muros: Se colocó una capa fina de masilla elaborada a base de cemento-calhidratada con proporción 1:10 para obtener el terminado final en los muros internos y externos, a semejanza del enmasillado original de las viviendas de adobe (Figura 7).



Figura 7. Enmasillado con cemento-calhidratada

8. Colocación de puertas: Las 3 puertas se fijaron y ajustaron adecuadamente.
9. Substitución de madera dañada: Las fajillas de madera que sostienen a las tejas de barro cocido, fueron sustituidas por fajillas de madera de pino de 1"x4".
10. Aplicación de acabados finales: El color de la pintura en los muros y en la estructura de la cubierta se seleccionó con base en la tipología de las viviendas tradicionales de Chiapa de Corzo. Se mejoró el piso de la vivienda con loseta de cerámica de 30x30cm.

El 15 de julio de 2014, el equipo de investigadores decidió reforzar estructuralmente otra de las viviendas de adobe, localizada en la calle

Tomás Cuesta No. 80, del mismo barrio San Vicente, cuya propietaria Reyneria Moreno Cuesta manifestó que había sido construida por su padre hace más de 70 años. La vivienda se edificó a base de cimentación de mampostería de piedra, muros de adobe con espesor de 38 cm. en la fachada principal y 30 cm. en la fachada posterior; uno de los muros cabeceros colinda con la barda de vivienda vecina; los muros no están recubiertos con mortero, sólo tienen una precaria capa de cal en la fachada principal que ha servido para conservar el adobe del ambiente exterior. La cubierta está construida con tejas de barro soportadas por una estructura de vigas redondas y fajillas de madera (Figura 8).



Figura 8. Vivienda tradicional de adobe propiedad de Reyneria Moreno Cuesta.

Al igual que en el caso anterior, se analizaron las condiciones de los elementos estructurales existentes en la vivienda y se observó que debido a la falta de recubrimiento en los muros, el adobe ha estado expuesto a las variaciones climáticas durante muchos años, lo cual ha ocasionado que se encuentre en muy malas condiciones; asimismo, se localizaron graves problemas estructurales en los muros, observándose fisuras, inclinación (desplome) y cuarteaduras en las intercepciones de los muros cabeceros con de las fachadas principal y posterior. En la estructura de la cubierta, se identificaron dos vigas redondas de madera en mal estado, algunas fajillas que soportan las tejas y el dintel de

madera ubicado en la puerta de la fachada posterior presenta afectación causada por la polilla.

En esta vivienda se realizaron los siguientes trabajos:

1. Eliminación de la capa de cal existente.
2. Reforzamiento del dintel de madera: En la puerta de la fachada posterior, se colocó un tablón de madera de pino de 8 cm. de espesor, en la parte inferior del dintel existente (Figura 9).



Figura 9. Reforzamiento del dintel existente con tablón de madera de pino.

3. Colocación de malla de acero (Figuras 10 y 11).



Figura 10. Colocación de la malla electrosoldada



Figura 11. Barrenado del adobe para fijar la malla de acero

4. Extracción de las puertas metálicas.

5. Limpieza y humedecimiento de muros.
6. Aplicación de mortero: Se colocó la primera capa de mortero cemento-arena, procurando un espesor mínimo de 1 cm.; después del tiempo suficiente para el prefraguado del mortero (2 hrs.), se aplicó la segunda capa de espesor mínimo de 1 cm., la cual se allanó con regla de madera. Igualmente que en la vivienda anterior, el aplanado se realizó de acuerdo con la nivelación vertical existente de los muros (Figura 12 y 13)



Figura 12. Aplicación del mortero cemento-arena



Figura 13. Aplicación del mortero cemento-arena

7. Colocación de las puertas metálicas.
8. Substitución de madera dañada: En la estructura de la cubierta, se substituyeron 2 vigas redondas de madera de 5" de diámetro y 5 fajillas de pino de 1"x4".
9. Terminado en muros con masilla de cemento-calhidratada.
10. Aplicación de acabados finales.

El seguimiento y supervisión técnica de los trabajos en general, estuvieron a cargo de los integrantes y colaboradores del cuerpo académico desarrollo urbano (CADU-UNACH); asimismo, se contó con la asistencia de los alumnos José Adolfo Pérez Pérez y Francisco Javier Roblero Álvarez de la Facultad de Arquitectura de la UNACH.

RESULTADOS PRELIMINARES

Según las mediciones realizadas antes del reforzamiento estructural, la vivienda de adobe propiedad de Evangelina Montero presentaba un período fundamental de vibración del orden de 0.1506 segundos, superior al rango entre 0.08 a 0.12 segundos considerado como estructuralmente sana por Hernández, et al., (1979). Por lo anterior, se estableció que la estructura de la vivienda presenta alta vulnerabilidad sísmica y por consiguiente existe riesgo en la seguridad de sus habitantes.

Respecto a la vivienda de adobe propiedad de Reyneria Moreno Cuesta, a pesar de que no fue analizada in situ con acelerógrafos que registraran sus periodos fundamentales de vibración ambiental, debido a la gravedad de los problemas estructurales que presentaba antes del reforzamiento estructural, se infiere que la vulnerabilidad sísmica y el riesgo en la seguridad de los habitantes son superiores a la vivienda anterior.

El reforzamiento estructural se realizó en ambas viviendas durante los meses de junio, julio y agosto de 2014. A partir de la conclusión de estos trabajos, se tiene previsto en los meses subsecuentes realizar la instrumentación acelerométrica para la evaluación y la determinación de los nuevos períodos de vibración fundamental. Las nuevas mediciones por realizarse permitirán evaluar la evolución de la capacidad sismorresistente en ambas viviendas tradicionales de adobe de la ciudad histórica de Chiapa de Corzo.



Figura 14. Resultado del reforzamiento estructural en las viviendas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, R., Guinto, E., Sánchez, S., Corona, J. (2010).** *Earthquake disaster mitigation through experimental and analytical studies on southern Mexican adobe houses located in urban areas.* En “Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events - COST ActionC26 Conference”, Federico Mazzolani (ed.), Taylor & Francis, Londres, Reino Unido.1011-1016pp.
- Diario Oficial, Instituto Nacional de Historia y Antropología,** *Decreto de la declaratoria de la zona de monumentos históricos de la ciudad de Chiapa de Corzo, Chiapas, México,* 24 de noviembre de 2000.
- Escamirosa, M. L., M. L. Ocampo G., R. Villers A., S. N. Zebadúa V., A. Mérida M., R. Arroyo M., C. Del Carpio P., N. Molina N. (2013).** Informe parcial del proyecto de investigación: “*Propuesta de reforzamiento estructural para la consolidación de la vivienda tradicional del centro histórico de Chiapa de Corzo, Chiapas*”, PROMEP-SEP.
- Hernández, O., R. Meli, M. Padilla (1979).** “*Refuerzo de vivienda rural en zonas sísmica*”, Proyecto 8167, Instituto de Ingeniería, UNAM, México. 34pp.
- Ocampo García, María de Lourdes (2003).** “*La imagen urbana del centro histórico de Chiapa de Corzo, Chiapas*”. Tesis de grado de Maestría en Arquitectura por la UNAM, México D.F.
- Ocampo García, M.L., L. Franco Escamirosa M. y Alberto Salgado R. (2005).** “*La pérdida del patrimonio habitacional en el centro histórico de Chiapa de Corzo, Chiapas*”, en Ciencia y Tecnología en le Frontera Sur, Revista No. 2, año 11 de COCyTECH, Chiapas.

Salgado A. y F. Escamirosa (2004). “*Resultados preliminares en la zonificación sísmica en el centro histórico de Chiapa de Corzo, Chiapas*”, en Gaceta UNACH No. 15.

Salgado A., F. Escamirosa y A. Calvo (2005), Informe final del Proyecto de investigación: “*Evaluación sísmica del patrimonio edificado de los centros históricos del sureste mexicano Chiapa de Corzo, Chiapas, Taxco, Guerrero y Oaxaca, Oaxaca*”, Sibej-CONACYT.