



Obtención de las propiedades dinámicas de una vivienda de mampostería de adobe ubicada en el estado de Guerrero, México

Esmeralda Sánchez Soto*, Arturo Galván Chávez, Jatziri Yunuén Moreno Martínez y Otoniel Palacios Hernández

Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato Campus Celaya-Salvatierra
Modalidad: Investigación en proceso

*Autor de correspondencia: e.sanchezsoto@ugto.mx;
arturo.galvan@ugto.mx; jatziri.moreno@ugto.mx; o.palacios@ugto.mx

Antecedentes

El costo de las viviendas hoy en día se ve afectado por la oferta y demanda del mercado inmobiliario, así como por los costos de materiales y tecnología, aunque el impacto ambiental es un aspecto crucial por considerar. El reto es proporcionar viviendas seguras y accesibles a personas de bajos ingresos para promover ciudades sostenibles e inclusivas (ONU-ODS, 2018). Las construcciones de tierra son económicas, utilizan materiales locales, y ofrecen buen desempeño térmico y acústico (Desogus et al., 2014). Aproximadamente el 30% de la población mundial vive en edificaciones de tierra, con un 50% en países en desarrollo, especialmente en zonas rurales y marginales (Canditone et al., 2023). En este contexto, las viviendas de adobe son construcciones tradicionales comunes en zonas rurales con bajo desarrollo económico y alta marginación. Son una solución económica y accesible que también proporciona beneficios en sostenibilidad y adaptación a las condiciones locales.

El estado de Guerrero, México, es una región con alta actividad sísmica y una notable cantidad de estas construcciones. Según el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020). En esta región, las viviendas de adobe se construyen utilizando materiales locales como tierra, paja y agua (Figura 1), lo que las hace accesibles en áreas con recursos limitados.

Aunque el adobe es un material accesible y de bajo costo, presenta desventajas notables, como su baja resistencia a la flexión, el corte y a la compresión axial, además de ser vulnerable a la intemperie. Así mismo, las construcciones de adobe son propensas a sufrir daños durante sismos, por lo que es esencial estudiar su comportamiento sísmico.

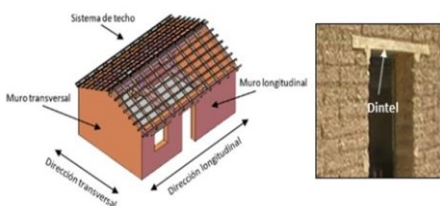


Figura 1. Tipología de la Vivienda de adobe (Catalán-Quiroz, et al., 2019).

Objetivos

La investigación es relevante para varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Aborda el ODS 1: Fin de la Pobreza, incrementar la resistencia de las viviendas de adobe bajo eventos sísmicos, haciendo que estas opciones económicas sean más seguras para las comunidades de bajos ingresos. También está vinculada al ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, al promover técnicas de refuerzo para las viviendas de adobe, fomentando la innovación y fortaleciendo la infraestructura en zonas vulnerables. Además, contribuye al ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles, mejorando la seguridad estructural de las viviendas y apoyando la resiliencia de las comunidades. Asimismo, apoya el ODS 13: Acción por el Clima, al fortalecer la capacidad de las estructuras para resistir eventos extremos, lo que reduce el impacto ambiental asociado a la reconstrucción y permite la adaptación de las construcciones al cambio climático. Por último, se alinea con el ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos. Este proyecto destaca el impacto positivo de la colaboración entre ingenieros civiles, comunidades locales y entidades gubernamentales para mejorar la resistencia sísmica de las viviendas de adobe. Dicha cooperación facilita la integración de conocimientos y recursos, optimizando los resultados y asegurando la implementación efectiva de soluciones sostenibles a nivel local.

Materiales y métodos

La Figura 2 detalla la obtención de las propiedades mecánicas del adobe, obtenidas a partir de diversas pruebas (resistencia a compresión axial, cortante, flexión y del mortero de adobe) realizadas en el laboratorio del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

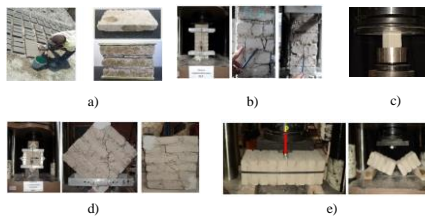


Figura 2. Obtención de las propiedades mecánicas: a) elaboración de piezas de adobe; b) ensayo de pila y falla del espécimen; c) compresión axial del mortero de adobe; d) ensayo de muretes; e) ensayo de pilas a flexión.

Para realizar el modelo se empleó un software de elementos finitos ANSYS (v. 2024 R1) como se ilustra en la Figura 3. Para modelar la mampostería de adobe se empleó un elemento isoparamétrico en 3D denominado SOLID65 el cual es capaz de agrietarse en tensión y aplastarse en compresión. Se cuenta con un modelo constitutivo que involucra las propiedades mecánicas del material.

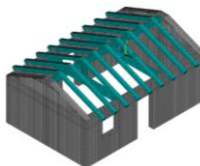


Figura 3. Modelo numérico, ANSYS, 2024 R1.

Resultados

Para realizar el análisis modal el modelo no consideró el techo de teja, por lo que se aumentaron las dimensiones de los barrotes y fajillas para compensar el peso faltante. El modelo representa el 91% del peso total del techo original (0.29 t de 0.32 t).

En la Tabla 1 se presentan los cinco primeros periodos de vibración del modelo analítico, junto con las formas modales correspondientes, que reflejan el patrón de deformación característico del sistema en sus tres primeras frecuencias (Figura 4).

Tabla 1. Periodos de vibrar

Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	9.20	0.109
2	10.64	0.094
3	13.34	0.075
4	14.77	0.068
5	15.78	0.063

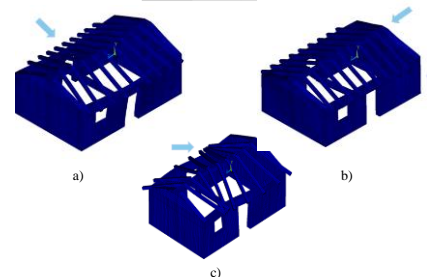


Figura 4. Formas modales: (a) modo 1, frecuencia = 9.20 Hz; periodo = 0.109 s; (b) modo 2, frecuencia = 10.64 Hz; periodo = 0.094 s; (c) modo 3, frecuencia = 13.34 Hz; periodo = 0.075 s.

Conclusiones

El análisis modal reveló un período fundamental de vibración de 0.109 segundos (9.20 Hz) en la dirección transversal, indicando la flexión de los muros longitudinales en dirección perpendicular a su plano. Este período es clave para entender la respuesta dinámica del modelo, ya que define la frecuencia natural de oscilación ante perturbaciones, para después continuar con una investigación a futuro considerando la propuesta de una técnica de refuerzo de bajo costo que impulse una vivienda digna.

Referencias

- ANSYS (2024). "Documentation for ANSYS". ANSYS v. 2024 R1 (Licencia para estudiante). ANSYS Inc. USA.
- Canditone, C., Diana, L., Formisano, A., Rodrigues, H., & Vicente, R. (2023). *Failure mechanisms and behaviour adobe masonry buildings: A case study*. Engineering Failure Analysis, 150, 107343. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107343>
- Catalán-Quiroz, P., Moreno-Martínez, J. Y., Arroyo Matus, R., & Galván, A. (2019). *Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayo de laboratorio*. Acta Universitaria, 29. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1861>
- Desogus, G., Di Benedetto, S., Grassi, W., & Testi, D. (2014). *Environmental monitoring of a Sardinian earthen dwelling during the summer season*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 547(1), 012014. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/547/1/012009>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/>
- Naciones Unidas. (2018). *La agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G. 2681-P/Rev.). <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>