



Construcción tradicional con tierra: estudio de caso de la comunidad de Rodeo Alto, Cochabamba-Bolivia

Traditional construction with earth: case study of the Rodeo Alto community, Cochabamba-Bolivia

Alejandra ARAOZ CAMPOS¹, Mariela CORI YANARICO², Adriana Karen FERNÁNDEZ DÁVALOS³, Yessica Jhoseth FLORES ARUQUIPA⁴, Milenka Daniela ALVAREZ QUISPE⁵, Joaquin Humberto Aquino ROCHA⁶

¹ Universidad Privada de Valle, Cochabamba, Bolivia, campos.alejandra.ac@gmail.com

² Universidad Privada de Valle, La Paz, Bolivia, marycori685@gmail.com

³ Universidad Privada de Valle, Cochabamba, Bolivia, adrita.fernand8@gmail.com

⁴ Universidad Privada de Valle, La Paz, Bolivia, jessieflores2505@gmail.com

⁵ Universidad Privada de Valle, La Paz, Bolivia, milenkaalvarez30@gmail.com

⁶ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, joaquinaquinorocha@gmail.com

Resumen: El presente estudio tiene como objetivo analizar las prácticas asociadas a la construcción de viviendas con tierra y las manifestaciones patológicas presentes en este tipo de edificaciones, mediante un estudio de caso de la comunidad rural de Rodeo Alto, Cochabamba-Bolivia. Se utilizó un abordaje mixto: cuantitativo y cualitativo. Por un lado, fue realizada una inspección visual a las construcciones de la comunidad de Rodeo Alto y, por otro lado, se aplicó un cuestionario a los propietarios de las viviendas visitadas. Los resultados muestran que la tierra está presente en todas las construcciones, además de un uso mayoritario de materiales locales. El adobe y el tapial son las técnicas más utilizadas en la utilización del suelo como materia prima. Sin embargo, la humedad es la principal causa de manifestaciones patológicas en las viviendas de la comunidad. Si bien las construcciones son funcionales, presentan una antigüedad considerable y la mayoría no tiene mantenimiento, situación que puede comprometer su uso posteriormente. La utilización de tierra presenta un enfoque sostenible dentro de la construcción, por la utilización de materiales locales y facilidad de ejecución; no obstante, es necesario un control de calidad a este material para garantizar su durabilidad.

Palabras clave: Inspección visual. Adobe. Tapial. Sostenibilidad. Mantenimiento.

Abstract: This study aims to analyze the practices associated with the construction of houses with earth and the pathological manifestations present in this type of building, through a case study of the rural community of Rodeo Alto, Cochabamba-Bolivia. A mixed approach was used: quantitative and qualitative. On the one hand, a visual inspection was carried out on the constructions of the Rodeo Alto community, and, on the other hand, a questionnaire was applied to the owners of the houses visited. The results show that the earth is present in all the constructions, in addition to a majority use of local materials. Adobe and rammed earth are the most used techniques for the use of the soil. However, humidity is the main cause of pathological manifestations in community houses. Although the constructions are functional, they are considerably old and most of them do not have maintenance, a situation that can compromise their use later. The use of land presents a sustainable approach within the construction, due to the use of local materials and ease of execution; however, quality control of this material is necessary to guarantee its durability.

Keywords: Visual inspection. Adobe. Rammed earth. Sustainability. Maintenance.

1. Introducción

En Bolivia existen diversas comunidades rurales con costumbres y tradiciones particulares, que involucran desde las festividades hasta la construcción de viviendas, prácticas transferidas de generación en generación, pero, debido a las tendencias contemporáneas, estos conocimientos se han ido perdiendo (Serna, 2020). Es importante mencionar que, en Bolivia aún se continúa con distintos métodos y materiales de construcción tradicionales, siendo, en su mayoría, relacionados con el uso de tierra, debido al bajo impacto ambiental y facilidad de ejecución (Bestraten et al., 2011; Baquedano et al., 2021). La tierra es usada junto con paja y agua para la elaboración del adobe, técnica utilizada para la construcción de muros, proporcionando aislamiento térmico y acústico (Rivera Torres, 2012; Castrillo et al., 2021). Sin embargo, tanto la agresividad del ambiente como la calidad de los materiales pueden desencadenar manifestaciones patológicas en las construcciones con tierra (Neves et al., 2009; Bestraten et al., 2011).

Desde la antigüedad la tierra ha sido utilizada como un material de construcción, especialmente destinado a viviendas (de Schiller & Evans, 2005; Gama-Castro et al., 2012; Jannat et al., 2020). En el mundo, aproximadamente el 50% de la población tiene viviendas edificadas a base de tierra (Guillaud, 2008), destacando diferentes métodos constructivos, entre los cuales se pueden citar la técnica del tapial y el adobe. La primera consiste en la construcción de muros de tierra monolíticos mediante compactación (Bestraten et al., 2011; Ávila et al., 2021). Inicialmente se requiere un encofrado, normalmente de madera, para proceder con el llenado de tierra húmeda que, en ocasiones es mezclada con paja para evitar fisuras. Posteriormente, el material se compacta con ayuda de un apisonador y, por último, se retira el encofrado de madera y se deja secar al aire. Los tapiales son ampliamente utilizados en la construcción de casas, muros para corrales, entre otros (de Schiller & Evans, 2005). Mientras que, el adobe es el sistema constructivo más utilizado en tierra cruda, consiste en la elaboración de unidades de barro (tierra y agua) y paja, secadas al sol, pudiendo poseer diferentes formas y tamaños (Rivera Torres, 2012; Costa et al., 2018).

A pesar de que las comunidades rurales en Bolivia han modificado sus usos y costumbres en el tiempo, incluyendo los métodos constructivos, es necesario valorizar los materiales de construcción locales y tradicionales como la tierra, principalmente cuando se requiere un enfoque sostenible enmarcado en el ODS 11 (Naciones Unidas, 2015). Por tanto, el objetivo del presente artículo es analizar las prácticas asociadas a la construcción de viviendas con tierra y sus respectivas manifestaciones patológicas, mediante un estudio de caso de la comunidad rural de Rodeo Alto, Cochabamba-Bolivia. A fin de resaltar el uso de materiales de bajo impacto ambiental y preservar métodos constructivos tradicionales.

2. Metodología

Para el presente estudio se utilizó un abordaje mixto: cuantitativo y cualitativo. Fue realizada una inspección visual a las viviendas de la comunidad de Rodeo Alto, Cochabamba-Bolivia, obteniéndose un registro fotográfico. Paralelamente se aplicó un cuestionario a los propietarios de las viviendas inspeccionadas, a fin de conocer sus métodos constructivos y las manifestaciones patológicas relacionadas al uso de tierra en sus domicilios.

2.1 Caracterización del área de estudio

La comunidad de Rodeo Alto se encuentra en el municipio de Tiraque, el cual está ubicado al sudeste del Departamento de Cochabamba-Bolivia, aproximadamente a 60 km de la ciudad de Cochabamba. Se localiza entre las coordenadas 17°20' a 17°33' de Latitud Sud y 65°37' a 65°45' de Longitud Oeste (**Figura 1**).

La comunidad tiene aproximadamente 195 habitantes (INE, 2016) y la región se caracteriza por presentar un clima de tundra, temperaturas bajas durante todo el año, promedio de 8.6 °C, y una elevada humedad relativa, 85% (**Figura 2**). El periodo con mayor precipitación pluvial (>100 mm) se extiende de octubre a marzo.

2.2 Recopilación de datos

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Debido a la distancia entre viviendas, se inspeccionaron 15 domicilios, además de encuestar a sus propietarios.

La inspección consistió en una visita a cada edificación de la comunidad de Rodeo Alto, a fin de evidenciar los métodos constructivos relacionados con la utilización de tierra y obtener un registro fotográfico. Por otro lado, la encuesta fue realizada de manera oral en el idioma originario de la comunidad (quechua) en julio del año 2022. Se utilizaron preguntas cerradas y abiertas, estas últimas para recopilar mayor cantidad de información. Las respuestas permitieron comprender los materiales y métodos constructivos utilizados por la comunidad, además de las problemáticas y costumbres presentadas para mantener el estado de las viviendas.

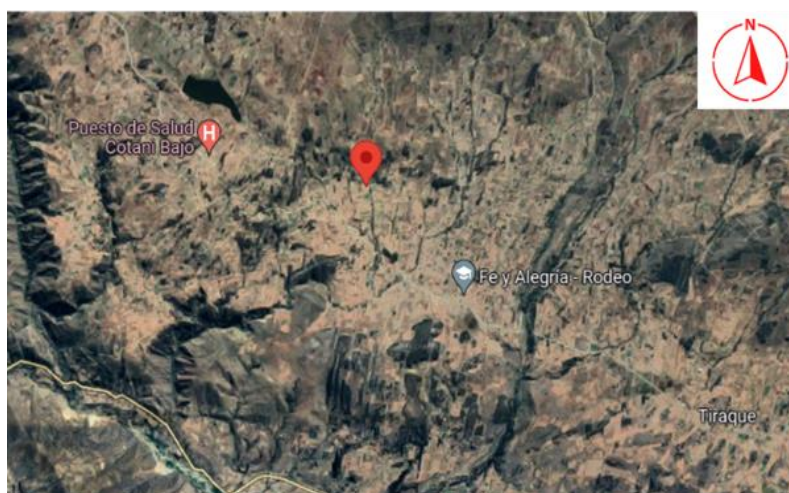


Figura 1 - Ubicación de la comunidad de Rodeo Alto

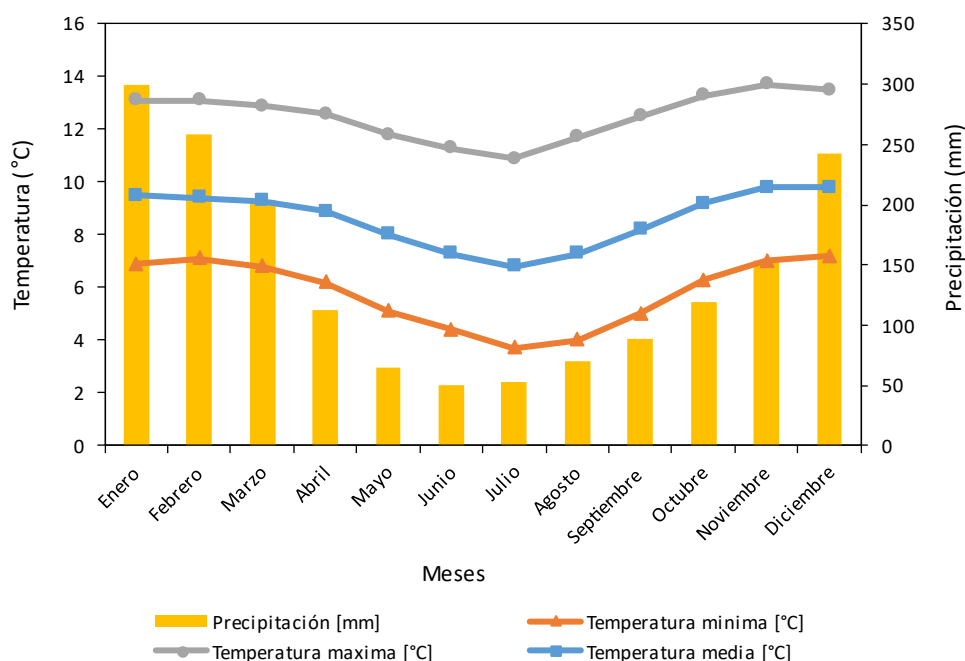


Figura 2 - Temperatura y precipitación histórica del municipio de Tiraque. Adaptado de Climate (2019)

3. Resultados y discusión

3.1 Materiales y métodos constructivos

Las viviendas de la Comunidad Rodeo Alto se caracterizan por estar construidas con materiales locales y solo unos pocos obtenidos de ciudades cercanas (Punata, Sacaba, Cochabamba). Los principales materiales observados e indicados por los propietarios son: tierra (93.33%), techos de teja (86.67%), piedra (66.67%), madera (53.33%) y paja (40%). Por otro lado, materiales del área urbana, tales como el cemento (20%), ladrillo (13.33%) y calamina (6.67%) son los menos usados (**Figura 3**). Según Méndez y Burgos (2008) las comunidades rurales construyen sus viviendas con materiales próximos a sus territorios, con un impacto ambiental bajo; sin embargo, esta situación ha ido cambiando en varias comunidades rurales.

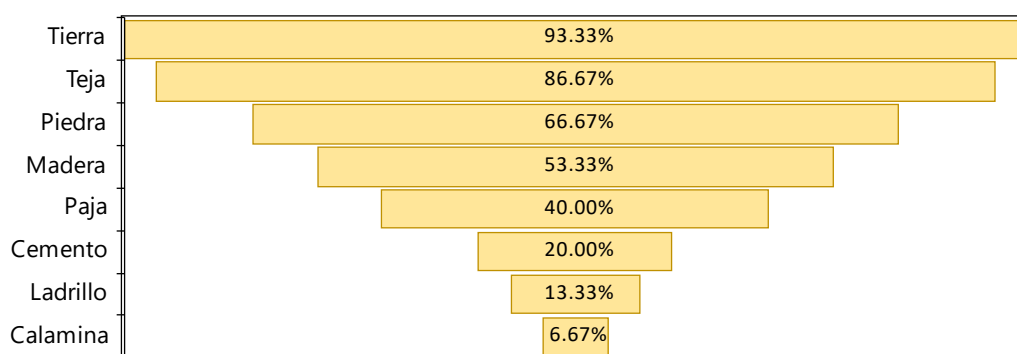


Figura 3 - Materiales de construcción utilizados

Para la tierra (material más usado en la comunidad), los pobladores describen dos técnicas: adobe y tapial. Con respecto a la elaboración del adobe, se utiliza tierra de su propio terreno, tamizando el material fino por medio de mallas de acero con abertura variable, para después mezclar con agua y paja. Finalmente, se utilizan moldes de las dimensiones requeridas y se espera su secado. Si bien la mayoría de las construcciones utiliza la tradicional técnica de apilado de adobes (uno sobre otro), se observó en algunas viviendas un colocado de forma diagonal que, según los encuestados, optimiza la cantidad de material (**Figura 4**).

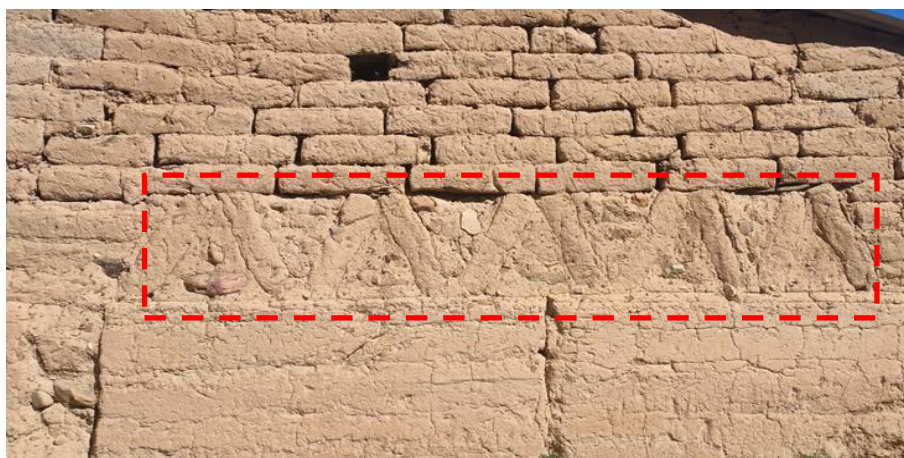


Figura 4 - Colocado triangular de adobes

Con respecto a la técnica del tapial, los pobladores utilizan dos tablonces de madera (encofrado), llamados "Maestras", a cuyas dimensiones son 2.00 m de largo, 1.00 m de alto, cuya separación es 0.40 m (espesor del tapial). Inicialmente, se humedece la tierra antes de ser colocada en el encofrado de madera, seguidamente se introduce la tierra humedecida en capas de 0.15 m, siendo compactadas con un mazo de madera llamado "Macho" (**Figura 5**).

Los encuestados indican que el tapial es normalmente empleado para sobrecimientos, atribuyéndole más resistencia que el adobe. En la **Figura 6** se observa la vivienda más antigua de la comunidad (más de 100 años), donde se utilizó la técnica del tapial. Sin embargo, este procedimiento es cada vez menos común, las nuevas construcciones, reparaciones y/o ampliaciones optan por materiales tradicionales como el ladrillo, calamina y cemento.

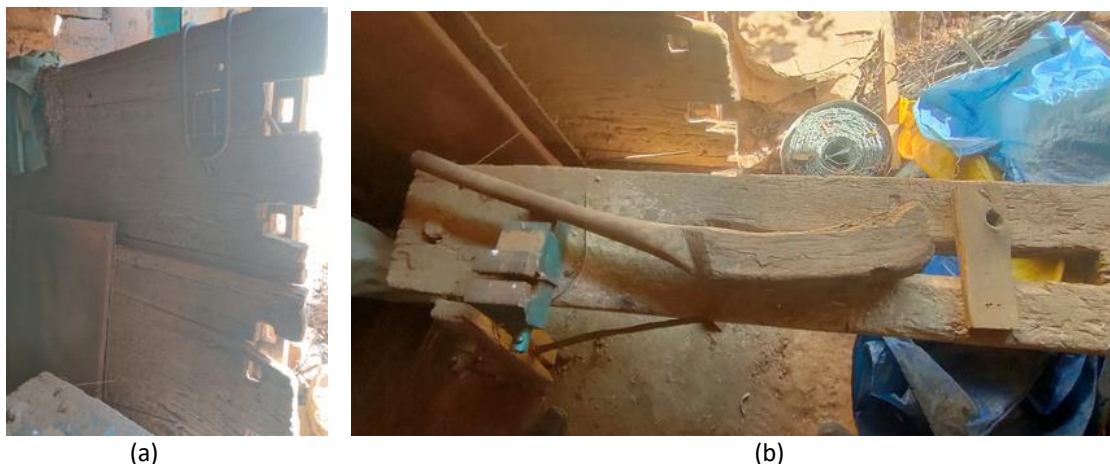


Figura 5 - Materiales para el tapial: a) encofrado de madera (maestras) y b) apisonador (macho)



Figura 6 - Tapial en las viviendas

A pesar de utilizar el suelo de la zona, se puede observar que las viviendas tienen variaciones en los materiales utilizados (color), distinguiéndose tonalidades rojizas, marrones y plomas (**Figura 7**). En este sentido, es necesario algunas pruebas de caracterización para verificar la idoneidad de los materiales (Gutierrez *et al.*, 2003).



Figura 7 - Diferentes tipos de suelo en los adobes

Otro material importante, observado en la **Figura 3**, es la teja (86.67%). Los comunarios señalaron que, anteriormente las cubiertas de las viviendas eran de paja y que han ido siendo reemplazadas progresivamente por tejas y calaminas, puesto que las lluvias, fuertes vientos y hollín de las cocinas artesanales (de barro) (**Figura 8**) han deteriorado los techos de paja. Respecto al último punto, Orozco-Hernández *et al.* (2012) señala que las cocinas artesanales y la combustión de madera para el preparado de los alimentos es una fuente de contaminación y se asocia a problemas respiratorios, por lo que se recomienda mayor ventilación en estos lugares a fin de prevenir riesgos.

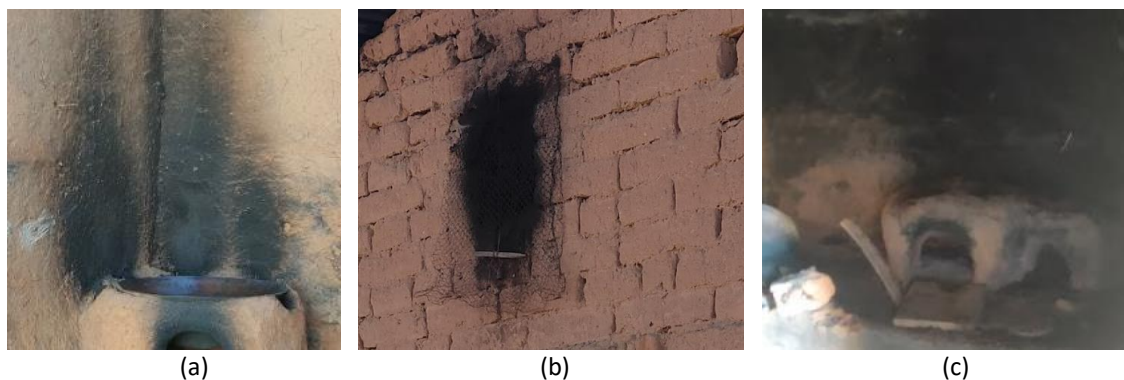


Figura 8. a) Deficiencia en la ventilación. b) Paredes afectadas por el humo, la ceniza y el hollín del fogón. c) Conducto de ventilación.

Finalmente, los encuestados señalan que la mayoría de las construcciones son realizadas por mano de obra externa a la comunidad. No obstante, en ocasiones se trabaja de forma grupal y colaborativa, practicando la tradición del *Ayni* que, en Aymara significa trueque mutuo caracterizado por una compensación equitativa (Seto, 2016).

3.2 Manifestaciones patológicas

Los ambientes de las viviendas tienen distintos problemas: humedad, goteras, fisuras, entre otros, los cuales, según los pobladores, se evidencian y desarrollan en la temporada de lluvias (octubre a marzo) (**Figura 9**).

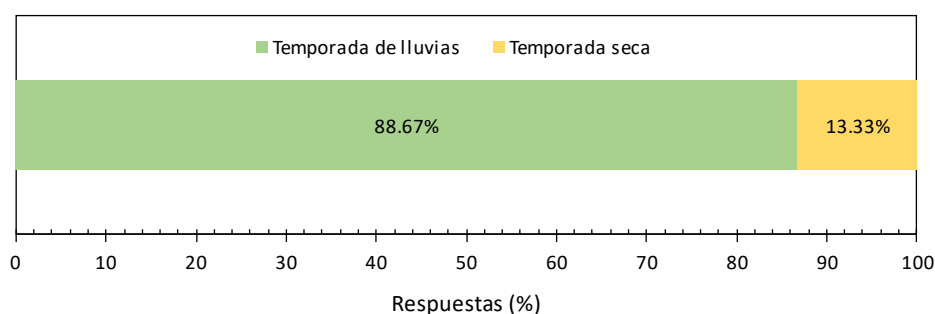


Figura 9 - Temporada del año con mayores problemas

Se resalta que el mayor problema que presentan las viviendas de adobe es la humedad, afectando principalmente a los sobrecimientos y fachadas. En la **Figura 10a** y **10b** se observan grietas horizontales y desprendimiento del material, respectivamente, ambos provocados por la intensidad de las lluvias y agresividad del medio ambiente. Según Calderon (2018) el deterioro en los muros de tierra se debe a la humedad, tanto por capilaridad como por infiltración, esta última ocasionada por la salpicadura constante (lluvias). También Hernández (2016) menciona que la humedad por capilaridad es una de las principales causas de daño en las construcciones con tierra, desagregando el material e incluso propiciando el colapso del muro.

Los techos de las viviendas también presentan manifestaciones patológicas relacionadas con las lluvias, generando desgaste de los materiales (**Figura 11**). Si bien los problemas relacionados a la humedad siempre estarán presentes, ya sea por la presencia del agua de lluvia o la proximidad de aguas subterráneas, es necesario tomar acciones preventivas y/o correctivas para evitar consecuencias mayores, tales como: adopción de barreras (físicas y/o químicas), aplicación de sistemas de impermeabilización, colocado de revestimientos y ventilación de las paredes afectadas (Ripper, 1996; Freitas & Guimarães, 2014). Por otro lado, la adición de un estabilizador (cemento o cal) aumenta la durabilidad de los materiales a base de tierra y reduce la frecuencia de mantenimiento (Ávila et al., 2021).

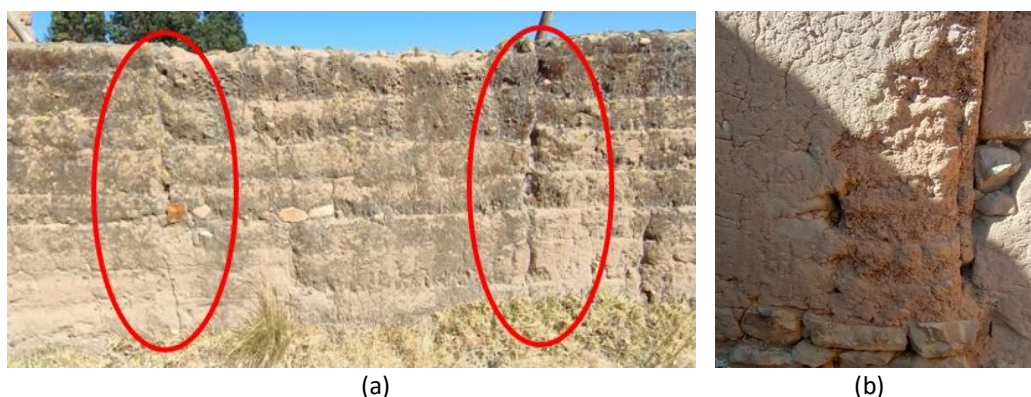


Figura 10 - a) Fisuras y b) desagregación de los muros de tierra



Figura 11 - Deterioro de los techos de a) teja y b) calamina

Estas manifestaciones patológicas igualmente se asocian con la edad y el mantenimiento de las viviendas. La **Figura 12a** muestra que solo el 13.33% de las viviendas son recientes, hasta 15 años; mientras que, la mayoría (66.67%) está en el rango de 16 y 45 años, resaltando que 13.33% de las viviendas tienen más de 61 años. Respecto al mantenimiento (**Figura 12b**), en su mayoría es correctivo (73.34%), ejecutado cuando surge un problema, llueve y/o a requerimiento de los propietarios. Solo un 6.67% realiza un mantenimiento preventivo (cada 3 meses) y un 20% indica que no efectúa mantenimiento.

Los resultados indican que las viviendas son antiguas y tienen poco mantenimiento que, junto con la agresividad del medio ambiente y la intensidad de las lluvias, generan un mayor deterioro en los materiales, lo que indicaría que las edificaciones podrían dejar de cumplir sus funciones (Fernández, 2007). Esparraga (2022) señala que la falta de mantenimiento de edificaciones antiguas provoca un deterioro progresivo hasta afectar a toda la construcción. En este sentido, es necesario realizar un mantenimiento correctivo y preventivo, especialmente en viviendas construidas con tierra (adobe), a fin de evitar grietas, desagregación, etc. (Castillo, 2022). Para que las acciones de mantenimiento sean eficientes se debe considerar una

adecuada planificación, personal capacitado y la tecnología disponible (Dzulkifli et *al.*, 2021; Hauashdh et *al.*, 2022).

Frente a estos problemas, los comunarios han desarrollado diferentes soluciones: construcción de canales que rodean las viviendas, lo que ayuda a drenar el agua y dirigirla al canal principal (**Figura 13a**) y revoque de mortero (**Figura 13b**), situación que evita la infiltración de agua y posteriores daños en la fachada. Ya otros comunarios indican la utilización de materiales del entorno (ramas de árboles) para proteger sus viviendas de los fuertes vientos y lluvia, resaltando su conciencia de conservación con el medio ambiente.

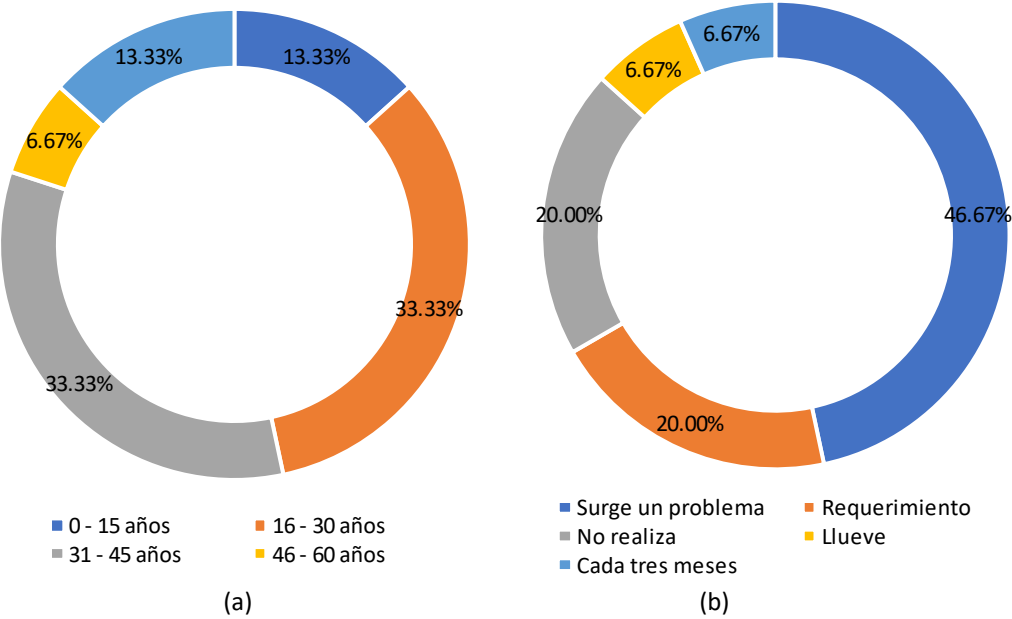


Figura 12 - a) Antigüedad y b) frecuencia de mantenimiento de las viviendas

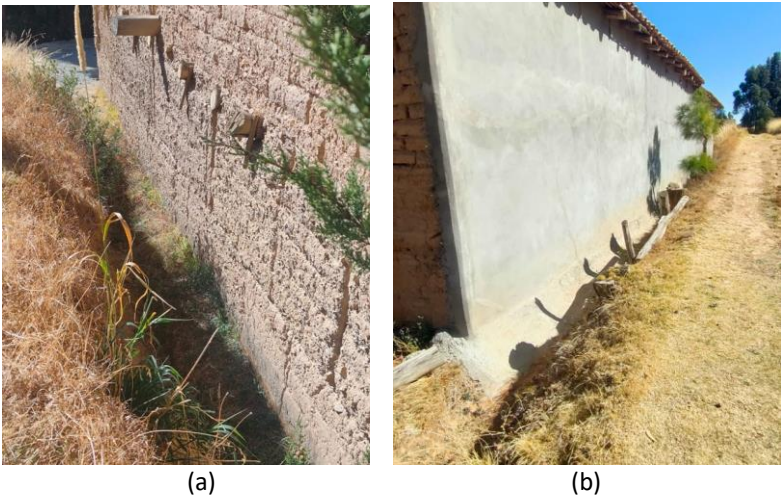


Figura 13 - a) Canales y b) revoque de mortero

5. Conclusiones

En la presente investigación se realizó un análisis de los métodos constructivos y manifestaciones patológicas relacionadas con el uso de tierra como materia prima en las viviendas de la comunidad de Rodeo Alto,

Cochabamba-Bolivia. Se constató que las viviendas están construidas con materiales locales, reduciendo los costos de transporte e impactos ambientales, asociados a la producción de materiales convencionales. Sin embargo, se evidenció que existe en menor medida, el uso de calaminas, cemento y ladrillos, materiales acarreados de las ciudades cercanas.

La tierra está presente como el principal material en todas las construcciones de la comunidad de Rodeo Alto. Este componente se utiliza bajo dos técnicas constructivas: el adobe y el tapial, ampliamente difundidas en la comunidad. La humedad es un problema frecuente, especialmente en temporada de lluvia, lo que provoca manifestaciones patológicas en las construcciones a base de tierra, deteriorando las viviendas. En este sentido, los pobladores han optado por construir canales alrededor de los domicilios y revestir las paredes para contrarrestar los problemas causados por el agua.

En general, las viviendas de adobe y tapial tienen un tiempo de vida prolongado, dos tercios tienen una antigüedad de 16 a 45 años. Sin embargo, no existe un mantenimiento preventivo, lo que podría comprometer la funcionalidad de las construcciones posteriormente. Es necesario que exista un control de calidad a los materiales utilizados, especialmente la tierra, y métodos constructivos a fin de garantizar la durabilidad de las viviendas.

Referencias

- Avila, F., Puertas, E., & Gallego, R. (2021). Characterization of the mechanical and physical properties of unstabilized rammed earth: A review. *Construction and Building Materials*, 270, 121435.
- Baquedano, P., Eudave, R. R., Miranda, F. N., Graus, S., & Ferreira, T. M. (2021). Traditional earth construction in Latin America: a review on the construction systems and reinforcement strategies. *Masonry Construction in Active Seismic Regions*, 99-121.
- Bestraten Castells, S. C., Hormias Laperal, E., & Altemir Montaner, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-20.
- Castillo, J. C. (2022). *Propuesta de reparación de viviendas autoconstruidas de adobe en el distrito de Huallanca, Provincia Bolognesi, Ancash 2022*. Universidad César Vallejo, Perú.
- Castrillo, M. C., Ioannou, I., & Philokyprou, M. (2021). Reproduction of traditional adobes using varying percentage contents of straw and sawdust. *Construction and Building Materials*, 294, 123516.
- Climate (2019). *Clima Tiraque (Bolivia)*. Disponible en: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/bolivia/cochabamba/tiraque-481127/>
- Costa, C., Cerqueira, Â., Rocha, F., & Velosa, A. (2018). The sustainability of adobe construction: past to future. *International Journal of Architectural Heritage*, 13(5), 639-647.
- de Schiller, S., & Evans, J. M. (2005). Rol de la Envolvente en la Edificación Sustentable. *Revista de la Construcción*, 4(1), 5-12.
- Dzulkipli, N., Sarbini, N. N., Ibrahim, I. S., Abidin, N. I., Yahaya, F. M., & Azizan, N. Z. N. (2021). Review on maintenance issues toward building maintenance management best practices. *Journal of Building Engineering*, 44, 102985.
- Esparraga, G. L. (2022). *Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del distrito de Llacanora, Cajamarca 2021*. Universidad Privada del Norte, Perú.
- Fernández, J. M. A. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de Arquitectura e ingeniería*, 1(1), 1-8.
- Freitas, V. P., & Guimarães, A. S. (2014). Tratamento da humidade ascensional no património histórico. *Revista ALCONPAT*, 4(1), 1-13.
- Gama-Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T., Alcalá-Martínez, R., Cabadas-Báez, H., Jasso-Castañeda, C., ... & Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188.
- Guillaud, H. (2008). *Characterization of earthen materials*. Terra Literature Review, 21.

- Gutiérrez, L., Manco, T., Loaiza, C., & Blondet, M. (2003). *Características Sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú*: Contribución a la enciclopedia mundial de las construcciones de vivienda. In Colegio de Ingenieros del Perú, XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Iquitos. Perú.
- Hernández, J. (2016). *Construcción con tierra: Análisis, conservación y mejora*. Un caso práctico en Senegal. Universitat Politècnica de Catalunya, España.
- Hauashdh, A., Jailani, J., & Rahman, I. A. (2022). Strategic approaches towards achieving sustainable and effective building maintenance practices in maintenance-managed buildings: A combination of expert interviews and a literature review. *Journal of Building Engineering*, 45, 103490.
- Instituto Nacional de Estadística (2016). *Censos y Proyecciones de Población*. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/censos-y-proyecciones-de-poblacion-sociales/>
- Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review. *Construction and Building Materials*, 254, 119346.
- Junko, A. S. (2016). El cambio recíproco entre los aymaras. *Revista Ciencia y Cultura*, 20(37), 79-104.
- Méndez, T. D. R. A., & Burgos, A. C. (2008). Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED. *Informes de la Construcción*, 60(509), 25-34.
- Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Neves, C., Faria, O. B., Rotondaro, R., Salas, P. C., & Hoffmann, M. V. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra-prácticas de campo*. Lisboa: Rede Ibero-Americana Proterra.
- Orozco-Hernández, M. E., Mireles-Lezama, P., Jaimes-Ramírez, S., & Gomora-Lara, B. (2012). La experiencia de las estufas ahorradoras de leña en dos comunidades indígenas del Estado de México. *Ambiente y Desarrollo*, 16 (31), 91-105
- Ripper, E. (1996). *Como evitar erros na construção*. Pini, Brasil.
- Rivera Torres, J. C. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural-Journal of Cultural Heritage Studies*, 25(2), 164-181.
- Serna, J. M. (2020). *El valor de la educación en el desarrollo humano de las comunidades rurales*. Universidad Católica de Manizales.