

Adición de Fibra de Maguey y Cal Hidratada para Mejorar las Propiedades Físico-Mecánicas del Adobe para Viviendas Rurales

Winy Quispe Castro¹

qquispeca11@ucvvirtual.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-0346-4754>

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Universidad César Vallejo

Lima – Perú

Javier Reynoso Oscanoa

jreynosoos@ucvvirtual.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-1002-0457>

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Universidad César Vallejo

Lima – Perú

RESUMEN

El presente estudio se evaluó el comportamiento de la adición de fibra de maguey y cal hidratada con el objetivo de mejorar las propiedades físico-mecánicas del adobe para viviendas rurales, asimismo, el estudio es de naturaleza aplicada y diseñada experimentalmente, como objetivos específicos se evaluó las propiedades de variación dimensional, compresión por unidad de albañilería, axial y diagonal, de los cuales, se examinó el efecto de las siguientes dosificaciones: 0.30% Paja que corresponde a la muestra patrón y los tres grupos experimentales con adiciones de Fibra de Maguey (FM) y Cal Hidratada (CH) en proporciones de 0.75% FM + 1.80% CH, 1.15% FM + 1.80% CH y 1.30% FM + 1.80% CH. Se desarrollo en dos etapas; primero se evaluó caracterización y extracción de los materiales para la elaboración del adobe y en la segunda etapa se realizaron los ensayos de variación dimensional y resistencia a compresión. En base a los resultados obtenidos se concluyo que existe incidencia significativa en las propiedades del adobe al adicionar la Fibra de Maguey y Cal Hidratada.

Palabras clave: adobe; fibra maguey; cal hidratada; propiedades físico-mecánicas

¹ Autor principal

Correspondencia: qquispeca11@ucvvirtual.edu.pe

Addition of Maguey Fiber and Hydrated Lime to Improve the Physical-Mechanical Properties of Adobe for Rural Housing

ABSTRACT

The present study evaluated the behavior of the addition of maguey fiber and hydrated lime with the objective of improving the physical-mechanical properties of adobe for rural housing. Likewise, the study is of an applied nature and experimentally designed, as specific objectives were evaluated. The properties of dimensional variation, compression per masonry unit, axial and diagonal, of which the effect of the following dosages was examined: 0.30% Straw corresponding to the standard sample and the three experimental groups with additions of Maguey Fiber (FM) and Hydrated Lime (CH) in proportions of 0.75% FM + 1.80% CH, 1.15% FM + 1.80% CH and 1.30% FM + 1.80% CH. It was developed in two stages; First, the characterization and extraction of the materials for the production of adobe were evaluated and in the second stage, the dimensional variation and compression resistance tests were carried out. Based on the results obtained, it was concluded that there is a significant impact on the properties of the adobe when adding Maguey Fiber and Hydrated Lime.

Keywords: adobe; maguey fiber; hydrated lime; physical-mechanical properties

*Artículo recibido 25 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 30 diciembre 2023*

INTRODUCCIÓN

Al Aqtash y Bandini (2020) en su investigación en el país de nuevo México, manifestaron que en el suroeste cerca a los Estados Unidos, la gran parte de las viviendas construidas con adobes mostraron vulnerabilidad en cuanto a estructurales, estos problemas surgieron debido a que el adobe tenía un esfuerzo bajo tanto a compresión como a la flexión, que cuando fueron utilizados para las construcciones de muros gruesas y sumado a los esfuerzos mecánicos sometidos, comenzaron a desarrollar fisuras y grietas, lo que como resultado, provoco el colapso de las edificaciones. Por tal efecto, se buscó soluciones para prevenir estas fallas en el adobe.

Por otro lado, Raudales et al. (2022) manifestaron que en la ciudad de Tegucigalpa Honduras, el nivel de pobreza alcanzó el 42% de hogares esto según un informe del NBI, asimismo la proporción en zonas rurales llego al 48%, para las cuales constituyeron cerca de 809,864 viviendas del material de adobe, y de esto el 42% de estas viviendas presentaron problemas estructurales, como agrietamientos y rajaduras que como consecuencia llevaron a que colapsaran. A raíz de estos problemas, es que se buscaron nuevos aditivos de refuerzo con el fin de dar solución a estos problemas del material en mención.

De la misma manera Jerónimo (2022) indico que en el estado de Guerrero México, existe la presencia de edificaciones de adobe que mostraban problemas tales como deterioros, grietas y fisuras en las paredes, no obstante también señalo que estos problemas se debieron a factores naturales como lluvias y vientos que ocasionaron la humedad en las estructurales, con relación a estos problemas recomendó utilizar la cal hidratada para disminuir estos efectos.

En Perú específicamente en zonas rurales una de las carencias es la economía y el clima es por ello que optan de construir sus viviendas con adobe que es armónico con los dos problemas; pero sin embargo en el proceso de elaboración del material no cuentan con el control de calidad ni indicias de mejorar sus propiedades, por ejemplo en la región de Ancash las viviendas presentan agrietamientos y fisuras sin embargo siguen habitando, para ello realizaron estudio para mejorar la calidad del adobe tradicional para esto adicionaron cal (Depaz, 2022).

De la misma manera Arteaga, Álvarez y Álvarez (2022) manifestaron que, de acuerdo a los censos realizados en el año 2018 mostraron que en la ciudad de Cusco el 67.7% de todas las viviendas existentes en dicho departamento son de adobe y a la actualidad se continúan construyendo debido a su

bajo costo, no obstante, expresaron que estos tipos de estructuras fueron construidos con adobe sin refuerzo y que debido a esto se produjeron agrietamientos y fisuras, por los problemas suscitados los autores expresaron que existirá la necesidad de aumentar las rasgos físicas y mecánicas del adobe.

Por otro lado, Altamirano (2019) sostiene que las viviendas construidas de adobe tradicional presentaron fallas en las estructuras y expresó la importancia de utilizar fibras vegetales como refuerzo en la construcción de adobes, asimismo al finalizar los estudios respectivos recomendaron utilizar fibras vegetales en la fabricación de adobes.

A nivel local, en el distrito de Pitumarca en la provincia de Canchis del departamento de Cusco, más del 90% de viviendas son de material de adobe; se observó que las viviendas presentan agrietamientos y fisuras, por ello surgió la indagación para dar solución a los problemas, aprovechando la planta de maguey que crece en esta zona y adicionando un material industrial como es la cal hidratada para mejorar las propiedades del adobe y el bienestar de los lugareños.

En tal sentido, se tiene estudios sobre las adiciones de fibras vegetales y cal en el adobe, en el caso de la fibra de Maguey por su alta resistencia a flexión mejora las características, en una prueba experimental con 1% y de longitudes 10mm, 15mm, 20mm y 25mm siguiendo las normativas Mexicana N-CMT-2- 01-001/02; de los resultados indicaron, que adicionando 1% y 25 mm de fibra de maguey, el esfuerzo a compresión mejoro en 32.95% y en el esfuerzo a flexión se optimizo en 7.02% en comparación con el adobe sin refuerzo (Caballero et al., 2018). Asimismo, otros estudios han trabajado para determinar la conducta mecánica del adobe al agregar fibras de la planta Jacinto de agua con proporciones de 3%, 5% y 7%, de los resultados concluyeron que al adicionar 5% de fibra en la producción de adobe el esfuerzo a compresión se disminuyó en 22.29% y para en resistencia a flexión redujo en 4.34% en paralelo con el espécimen de referencia (Ratchakrom y Rodvinij, 2021).

De igual forma, Concha, Antico y Araya (2020) sostienen que el efecto de las fibras vegetales en la elaboración del adobe ha mostrado mejorías deseables en sus propiedades mecánicas como la resistencia a compresión y flexión, por lo cual han recomendado seguir efectuados estudios utilizando fibras de origen natural para la optimización de las propiedades del adobe. Por otra parte al agregar la cal en 5%, 10% y 15%, la absorción registro dentro los parámetros y su resistencia incremento en 11.54% (Malkanathi, Balthazaar y Perera,2020).

Asimismo, Befikadu (2023) menciona que el adobe al ser estabilizado con cal en diferentes dosificaciones, se consiguió disminuir el porcentaje de absorción en 39% y resistencia a compresión aumento en 45%, por consiguiente estas adiciones mejoran las propiedades del adobe. De tal forma que al unir la fibra vegetal y la cal los efectos son mas efectiva en el incremento de la resistencia a compresión y flexión, mas aun si se sigue el proceso de elaboración según la norma E.080 (Chávez y Alva, 2020).

Para Altamirano (2019) manifestó que las fibras vegetales por su propiedad de alta resistencia a la flexión son adecuadas para usar como adición en los materiales. Debido a esa razón en el diseño con 0.40%, 0.80% y 1.20% de fibra incrementaron su resistencia a compresión en 4.82% y resistencia a tracción incidió en 13.18%. Para lograr estas incidencias el tema de su proceso de elaboración es de suma importancia, por ende tiene que seguir una norma tal como la E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada norma peruana (López et al., 2019).

Piñas et al. (2020) menciona que la necesidad del uso de fibras en la producción de adobe tiene la finalidad de mejorar el efecto en las propiedades. Además, los investigadores elaboraron siguiendo las normas E.080 y ASTM C177 ya que en estas indican como y que pruebas de suelo in situ y ensayos se deben realizar de las cuales obtuvieron prometedores resultados. Por todo lo referido, existió la necesidad de indagar nuevas alternativas de solución para disminuir los inconvenientes suscitados en las viviendas de adobe, por tales motivos esta investigación tiene el objetivo de evaluar el comportamiento de la adición de fibra de maguey y cal hidratada para mejorar las propiedades físico-mecánicas del adobe para viviendas rurales.

METODOLOGÍA

La presente investigación, se oriento bajo el enfoque cuantitativo, dado que fue desarrollada utilizando técnicas estadísticas para medir y cuantificar la agrupación entre variables (Escudero, 2018). De tipo aplicativo, ya que se busco proyectar soluciones ante los problemas del adobe (Hernández, 2018). Con diseño experimental porque se pretendió estudiar y determinar el efecto de los materiales adicionados en el adobe (Brus, 2019). La población en una investigación científica indica al conjunto completo de componente que comparten una propiedad común (Arroyo, 2021). Para este estudio fue constituida por un grupo de control (estándar, sin adición) y grupo experimental (AE1, AE2 y AE3) con variaciones de

porcentaje de 0.75%, 1.15% y 1.30% fibra de Maguey y 1.80% cal hidratada, de las cuales 72 especímenes fueron para ensayos de propiedades mecánicas y 16 especímenes para propiedades físicas. El instrumento empleado fueron la recopilación de informaciones sistemática y estandarizada, tal como normas y formatos de ensayos para la escala de medición (Sánchez, Fernández y Díaz, 2021). Como criterios de inclusión se consideraron a los adobes que contengan fibras de Maguey (FM) y Cal hidratada (CH) en porcentajes, y como criterio de exclusión a los adobes que no contengan porcentajes de fibras de Maguey (FM) y Cal hidratada (CH), dado que en base a ello se llevaron a cabo las comparaciones correspondientes para evaluar si hay mejoras en las propiedades del adobe.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los materiales utilizados en este estudio, en primer lugar, se llevó a cabo el reconocimiento y análisis de la cantera (suelo) para elaborar los adobes, para ello se hizo encuesta a los lugareños de la zona de estudio (Pitumarca - Cusco) ubicado a más de 3570 msnm, con el fin conocer de donde y que tipo de suelos extraían para sus adobes, lo cual se ubicó el lugar de nombre Irapata, posteriormente se realizaron pruebas in situ tales como la prueba de cinta de barro y resistencia seca que indica la norma peruana E.080. Luego de verificar con las pruebas in situ que resulto ser apto, se llevó la muestra al laboratorio de suelos para su análisis físico de las cuales resultaron positivamente para la elaboración del adobe. En la tabla N°1 se puede observar los resultados del laboratorio que están dentro de las restricciones de la norma E.080.

Tabla N°1. Resultados de la muestra de suelo.

Muestra	Prueba de cinta de barro	Prueba de resistencia seca	Clasificación de suelos		Contenido de humedad
			SUCS	AASHTO	
Cantera Irapata	23 cm	Apto	CL (Arcilla de baja plasticidad con grava)	A-7-6 (13)	14.90%

Fuente: Elaboración propia.

En segunda instancia se realizó la recolección de las pencas de la planta de Maguey de la zona de estudio, seguidamente la extracción de las fibras de esta. A lo largo de la extracción se llevaron procesos tales como el análisis de calidad y cantidad necesarias. Para análisis de calidad de la fibra de Maguey extraída se muestreo y se verifico que estuviera seca y libre de materia orgánica, posteriormente se

realizó el corte manual de fibra a longitudes del diseño que fue de 100mm y finalmente se llevo al laboratorio para la prueba de caracterización de materiales.

Se puede observar en la figura N°1, el proceso de extracción de la fibra de Maguey.

Figura N°1. Proceso de extracción de fibra de Maguey.



Por otra parte, la cal fue adquirido de la ferretería de la zona, de la cual viene su respectiva ficha técnica. Se verificaron y analizaron las características del producto en relación con el porcentaje que se agregarían en el diseño del adobe, cabe mencionar que el nombre cal hidratada es igual a cal apagada más agua, ver en la figura N°2.

Figura N°2. Preparación de cal hidratada.



Como cuarta etapa, se inició el proceso de elaboración de las unidades de adobe, se empezó con el diseño del molde, para ello se tuvo en cuenta la facilidad de manipular las muestras en la etapa de ensayos de laboratorio entonces se diseño el molde de dimensiones de 25cm x 12.50cm x 8.50cm los cuales están dentro de las restricciones de la norma E.080. Luego se agrupo el suelo en 4 grupos; muestra estándar o patrón (sin adiciones), 0.75% FM + 1.80% CH, 1.15% FM + 1.80% CH y 1.30% FM + 1.80% CH; los pesos de diseño fueron respecto al peso del adobe de la zona, como se puede

observar en la tabla N°2. En seguida se mezcló uniformemente el suelo con las adiciones, por consiguiente se dejó reposar en sombra y tapado por 48 horas. Luego se moldeó las unidades de muestra. Por último, se elaboraron las muestras de pilas y muretes de adobe.

Finalmente, a los 28 días se realizaron los ensayos de físicos y mecánicos del adobe; para su propiedad física se empleó el ensayo de variación dimensional y para propiedades mecánicas se realizó ensayos a compresión en unidades de albañilería, pilas y muretes.

Tabla N°2. Resumen de diseño o proporciones de los materiales.

Materiales	Estándar o Patrón	0.75% FM + 1.80% CH	1.15% FM + 1.80% CH	1.30% FM + 1.80% CH
Suelo (Kg)	300.1	293.3	292.1	291.7
Paja (Kg)	0.90	-	-	-
Fibra de Maguey (Kg)	-	2.3	3.5	3.9
Cal apagada (Kg)	-	5.4	5.4	5.4
Agua (L)	64	64	64	64

Fuente: Elaboración propia.

Después de llevar a cabo las pruebas de caracterización de los materiales y de diseñar las proporciones de los materiales para los cuatro grupos, que incluyen el grupo de control y los grupos experimentales, a continuación se detallan los resultados más significativos.

A continuación, se exponen los resultados relativos a los impactos generados en el adobe por cada proporción de fibra de Maguey y cal hidratada incorporadas. Los ensayos de variación dimensional se llevaron, siguiendo las pautas de la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613, y los valores obtenidos se detallan en la tabla N°3.

Tabla N°3. Resultados del ensayo de variación dimensional.

Ensayo	Estándar o Patrón	Grupo experimental		
		AE1	AE2	AE3
Variación dimensional (mm)	7.4	6.8	5.4	5.2

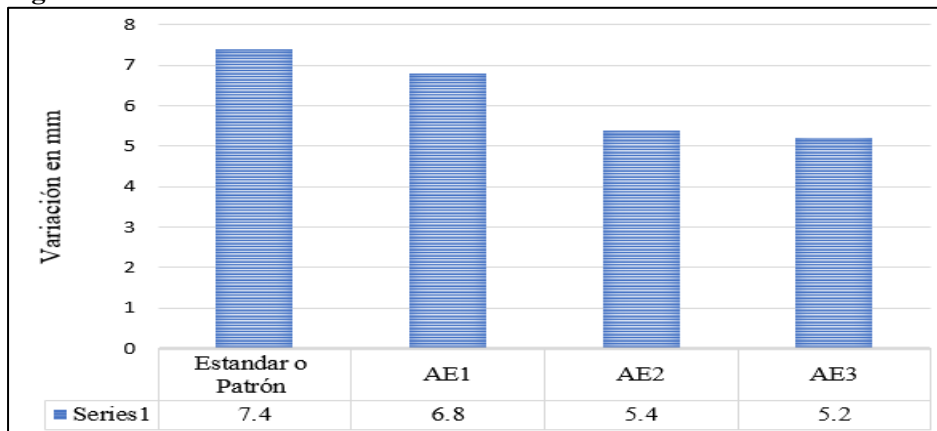
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para el grupo experimental AE1 (0.75% FM + 1.80% CH), AE2 (1.15% FM + 1.80% CH) y AE3 (1.30% FM + 1.80% CH)

En la tabla N°3 indican que el grupo experimental, se óptico la variación dimensional de las unidades de adobe a comparación de la muestra patrón que tiene alto variación. Es decir se observó que a medida que se incrementa el porcentaje de adición, la variación dimensional disminuye. Los resultados para la dosificación del grupo experimental 2 (AE2) con 1.15% FM + 1.80% CH son lo más cercano a la

dosificación del grupo experimental (AE3) con 1.30% FM + 1.80% CH, esto se debe por la poca diferencia de porcentaje.

Figura N°3. Variación dimensional.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la variación dimensional de la unidad de adobe se observa en la figura N°3, las diferencias entre los grupos experimentales y el grupo de estándar o patrón resultaron ser bastante moderadas. Sin embargo, estas diferencias se volvieron más notorias entre el AE1 y AE2 del grupo experimental, manifestándose de manera más favorable a medida que se incrementa el porcentaje de los aditivos.

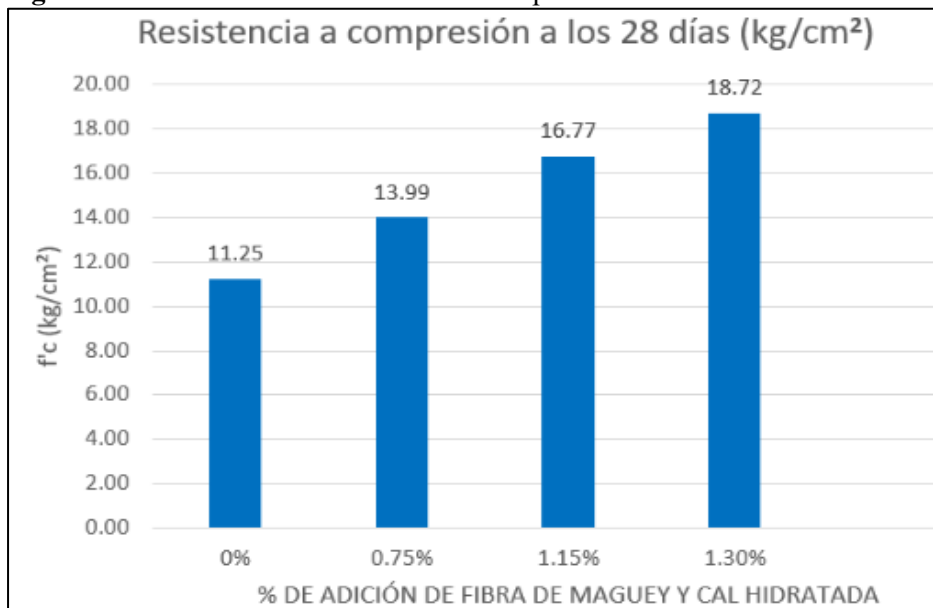
Estos resultados obtenidos están en concordancia con la investigación realizada por Ratchakrom y Rodvinij (2021) quienes sostienen que la variación dimensional del adobe se reduce a medida que la adición de fibra vegetal incrementa; ya que realizaron ensayo con un volumen inicial de 1,000 cm³, de lo cual el volumen del grupo 1 (S1) fue de 721 cm³ y las demás muestras (S1CW3, S1CW5 y S1CW7) obtuvo 934 cm³, 951 cm³ y 926 cm³, de los cuales fueron evaluados a los 21 días; asimismo los resultados del presente estudio a los 28 días fueron para muestra patrón 7.4mm, para AE1, AE2 y AE3, 6.8mm, 5.4mm y 5.2mm respectivamente. Los cuales están dentro del parámetro que indica la Norma Peruana E.070, que indica que la variación máxima es de 150mm.

Los resultados concernientes a la propiedad mecánica del adobe, se realizaron tres grupos ensayos de resistencia a compresión; primero resistencia a compresión en unidades de albañilería, resistencia a compresión en pilas de adobe y resistencia a compresión en muretes de adobe.

Resistencia a compresión en unidad de albañilería

En la figura N°4, se muestran los resultados del ensayo de resistencia a compresión en unidades de adobe o albañilería realizada en el laboratorio de suelos y concreto a los 28 días. El adobe patrón (0.30% paja) tuvo una resistencia a compresión promedio de 11.25 kg/cm² y del grupo experimental se obtuvo, para AE1 13.99 kg/cm², AE2 16.77 kg/cm² y resistencia a compresión promedio de AE3 18.72 kg/cm², este último siendo el mejor resultado obtenido.

Figura N°4. Resultados de resistencia a compresión del adobe.



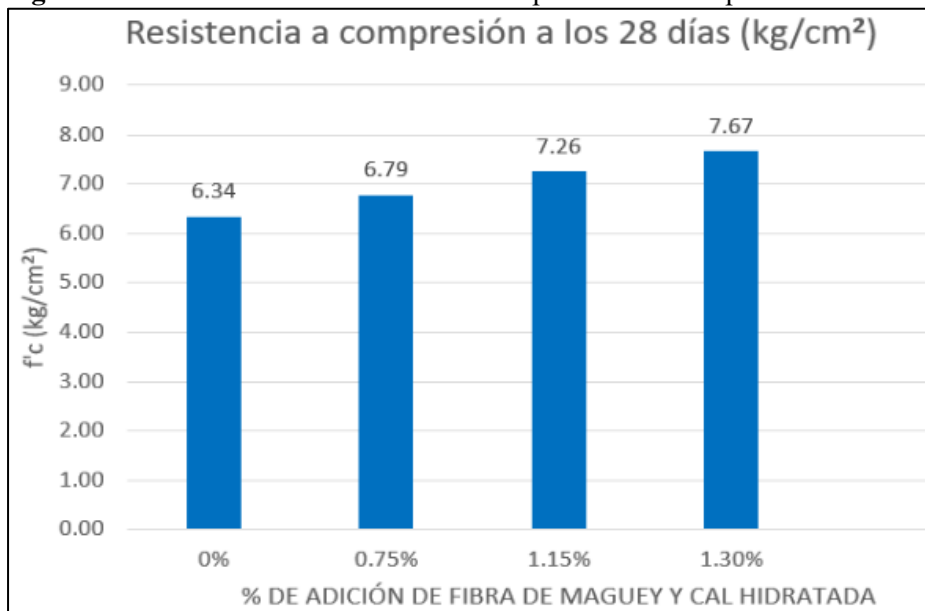
Fuente: Elaboración propia

Los resultados son coherentes con lo investigado por Altamirano (2019) que obtuvo resultados óptimos en la resistencia a compresión en el adobe al adicionar fibra vegetal, en referente a la muestra estándar mejoró en 4.82%. Por otro lado Concha, Antico y Araya (2020) mencionan que al incrementar el porcentaje de adiciones se mejora la resistencia a compresión del adobe, ya que en su estudio obtuvieron una mejoría de 13.33%. Para la optimización de la resistencia a compresión en unidades de adobe se siguió el tema de la norma y la dosificación en base a partir de los estudios ya realizados de las cuales se obtuvo los resultados de 11.25 kg/cm² muestra patrón y del grupo experimental, para AE1 13.99 kg/cm², AE2 16.77 kg/cm² y resistencia a compresión promedio de AE3 18.72 kg/cm², así alcanzando a optimizar en un 83.53%, cabe mencionar que en la norma E.080 indica que la resistencia a compresión mínimo tiene que ser de 10.20 kg/cm².

Resistencia a compresión axial en pilas de adobe

En la figura N°5, se observa los resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de adobe a los 28 días; para este ensayo se elaboró pilas con cuatro unidades de adobe con una junta de 15mm que indica la norma E.080 artículo 19 y se enrazo la parte superior de las pilas con yeso para uniformizar el contacto de la carga en el equipo de compresión, este proceso se repitió para los cuatro grupos un estándar y tres para muestra experimental.

Figura N°5. Resultados de resistencia a compresión axial en pilas de adobe



Fuente: Elaboración propia.

En el contexto de esta investigación, se observó que los resultados de la resistencia a compresión axial en pilas de adobe a los 28 días varían en función al porcentaje de adiciones de fibra de Maguey y cal hidratada, tal como se observa para la muestra patrón resultado 6.34 y para el grupo experimental los resultados obtenidos fueron de 6.79 kg/cm² para AE1, AE2 de 7.26 kg/cm² y para AE3 7.67 kg/cm² de resistencia a compresión axial, siendo esta la última que incidió más. El mínimo que nos indica en la norma E.080 es de 6.12 kg/cm². En mención a esto se ha llegado a optimizar en un 25.29% de la resistencia a compresión axial en pilas.

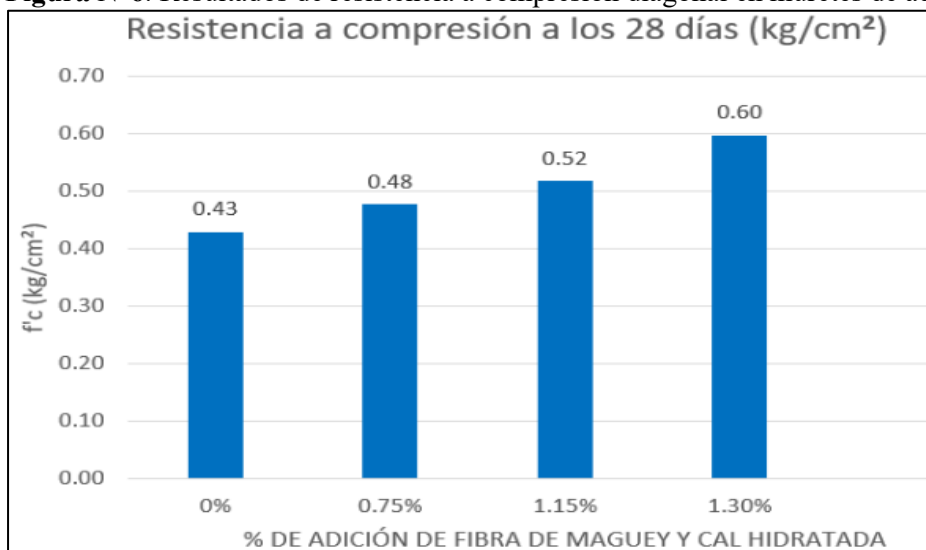
De manera similar, Caballero et al. (2018) en su investigación logró una mejoría de 20.49%, para esto adicionó fibra de una longitud de 10mm. Por otro lado, López et al. (2019) en su investigación obtuvieron los siguientes resultados: La muestra inicial obtuvo una resistencia de 8.05 kg/cm², en tanto

la muestra con adición de 1.75% de fibra obtuvo una resistencia de 10.11 kg/cm², de los cuales, se obtuvo una mejoría de 25.59%, esto indicando que la longitud de fibra también influye en el incremento de resistencia.

Resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe

Para realizar este ensayo se elaboró muretes de adobe de dimensión 38.5cm de largo, 38.5cm de altura y 12.5cm de ancho, con una junta de 15mm que indica la norma E.080 artículo 19.

Figura N°6. Resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°6 se observa los resultados promedio del ensayo de resistencia a compresión diagonal de los muretes de adobe; las cuales resultaron para muestra estándar o sin adición de 0.43 kg/cm² y para el grupo experimental se obtuvo 0.48 kg/cm² de resistencia a compresión para AE1, AE2 0.52 kg/cm² y AE3 0.60 kg/cm² de resistencia a compresión diagonal.

Estos resultados reflejan las variaciones en la resistencia a la compresión del murete de adobe con diferentes porcentajes de adición de fibra de Maguey y cal hidratada. Se observa que, en general, la adición del 1.30% FM + 1.80% CH, muestra una resistencia a la compresión alta a comparación de la muestra patrón. Estos datos son fundamentales para evaluar en diferentes proporciones de adición a partir del porcentaje ya estudiado en esta investigación.

Estos resultados tienen relación con la investigación de Malkanthi, Balthazaar y Perera (2020) los cuales determinaron que mientras se incrementa las adiciones al adobe se mejora la resistencia a compresión,

tal que en sus resultados obtuvieron una optimización 11.54%. Por otro lado, Piñas et al. (2020) en su investigación obtuvieron una mejoría de 0.41% en la resistencia a compresión a través del incremento de adición fibras en la elaboración de adobe.

CONCLUSIONES

En síntesis, la incorporación de la fibra de Maguey y cal hidratada influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas del adobe para viviendas rurales. Al analizar los resultados de cada, se observaron diferencias en la variación dimensional al incorporar los materiales propuestos en este estudio, de las cuales fue significativa y está dentro de lo requerido en la norma, es decir no se anticipa que tenga un impacto perjudicial en su uso. Asimismo, en los ensayos mecánicos del adobe, se identificó incidencia significativa según la proporción de las adiciones, la resistencia desfavorable del grupo experimental es de la adición 0.75% de fibra de Maguey con 1.80% de cal hidratada y sin embargo, el AE3, que contenía cal hidratada y fibra de maguey, demostró ser favorable en los tres tipos de resistencias: resistencia a compresión por unidad de albañilería, compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes. De estos aspectos, se concluye que el uso de fibra de Maguey juntamente con una adición industrial como la cal hidratada en los adobes tiene mayor beneficio en la mejoría de las propiedades físicas y mecánicas, económicos y sostenible en las viviendas rurales, ya que estas adiciones son factibles de conseguir y son eco amigables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Al Aqtash, U. y Bandini, P. (2020). Influence of Wall Thickness and Water Content on the Out-of-Plane Stability of Adobe Walls. *Infrastructures*, 5(9), 1-16.

<https://doi.org/10.3390/infrastructures5090078>

Arroyo, J. (2022). Las variables como elemento sustancial en el método científico. *Dialnet*, 46(1), 621-631. <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45609>

Arteaga, R., Álvarez, C. y Álvarez, M. (2022). Medida de la concentración de radón ambiental en viviendas de material noble y adobe y su impacto sobre la salud humana en la ciudad del Cusco. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 5(1), 44-54.

<https://doi.org/10.51343/racs.v5i1.906>

- Altamirano, O. (2019). Incidencia de la fibra vegetal “paja ichu” en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca [Trabajo de titulación para obtener el título de maestría de Ingeniero civil]. Universidad Nacional de Cajamarca-Perú.
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/3273>
- Befikadu, B. (2023). Experimental Study on the Production and Mechanical Behavior of Compressed Lime-Cement-Stabilized Interlock Soil Blocks. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2023 (1), 1-12. <https://doi.org/10.1155/2023/2933398>
- Brus, D. J. (2019). Sampling for digital soil mapping: A tutorial supported by R scripts. *Geoderma*, 338(1), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.036>
- Chávez, J. y Alva, A. (2020). Physical and mechanical properties of compacted adobe with incorporation of coconut fibers. *LACCEI*, 18,1-10.
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.447>
- Concha, J., Antico, F. y Araya, G. (2020). Mechanical and damage similarities of adobe blocks reinforced with natural and industrial fibres. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(4), 1-8.
<https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1206>
- Depaz, R. (2022). Módulo de rotura, densidad y desgaste por humedecido y secado de la unidad de adobe compactado con cal y/o yeso. *Aporte Santiaguino*, 15(1), 22-42.
<https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.882>
- Caballero, M., Chinas, F., Montes, J.L., Alavéz, R. y Silva, M.E. (2018). Effect on compressive and flexural strength of agave fiber reinforced adobes. *Journal of Natural Fibers*, 15(4), 575–585.
<https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1349709>
- Escudero, E. (2018). Investigación cualitativa e investigación cuantitativa. *Revista Enfoques Educativos*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.5354/0717-3229.2004.48126>
- Jerónimo, C., Rosales, D., Valadéz, A., y Allende, D. (2022). Propuestas de adobe para viviendas vulnerables en el estado de Guerrero. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 10(19), 120-131. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i19.8247>
- Hernández, J. (2018). Tipos de Investigación. *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 5(9), 1. <https://doi.org/10.29057/esat.v5i9.2885>

- Piñas, M., Lira, L., Horn, M., Solis, J. y Gómez, M.M. (2020). Influence of Stipa ichu on the thermal and mechanical properties of adobe as a biocomposite material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1433, 1-11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1433/1/012003>
- Malkanthi, N., Balthazaar, N. y Perera. J. (2020). Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt. *Case Studies in Construction Materials*, 12(1). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00326>
- López, X., Torbisco, D., Rodriguez, J. y Eyzaguirre, C. (2019). Benefits of Cabuya Fiber in the Mechanical Properties of Compacted Adobe. *International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTC)*, 7, 1-10. <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00088>
- Ratchakrom, C. y Rodvinij, P. (2021). Mechanical behavior of adobe bricks reinforced with water hyacinth fiber. *International Journal of GEOMATE*, 21(85), 1-16. <https://doi.org/10.21660/2021.85.6227>
- Raudales, N. R., Fuentes, G. O., Maldonado, G. R., Álvarez H., E., Hernández, N. y Durón, W. (2022). Percepción ciudadana sobre condiciones de vida y gestión municipal en dos comunidades rurales hondureñas. *Innovare: Revista De Ciencia Y tecnología*, 11(2), 72–78. <https://doi.org/10.5377/innovare.v11i2.14780>
- Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE. E. 0.80. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366662/57%20E.080%20DISE%20C3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%20C3%93N%20CON%20TIERRA%20REFORZADA%20-%20RM%20N%C2%B0%20121-2017-VIVIENDA.pdf?v=1677250657>
- Sánchez, M, Fernández M. y Diaz, J. (2021). Data collection techniques and instruments: analysis and processing by the qualitative researcher. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>