

Artículo de revisión

Fibras vegetales en bloques de adobe: sistematización de características técnicas y contextos geográficos

Andrea Cristina Goyes-Balladares^[1]  Roberto Carlos Moya-Jiménez^[1] 

[1] Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universitat Politècnica de València (UPV). Valencia, España.

[2] Facultad de Diseño y Arquitectura. Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE). Universidad Técnica de Ambato (UTA). Ambato, Ecuador



Autor para correspondencia: agoybal@upv.edu.es

Resumen

El uso de fibras vegetales en la fabricación de bloques de adobe representa una estrategia sostenible para mejorar las propiedades mecánicas y físicas de este material tradicional. Con el objetivo de sistematizar las características técnicas documentadas, este estudio presenta un caso de estudio basado en quince investigaciones experimentales sobre la incorporación de fibras naturales en bloques de adobe. La metodología empleada consistió en la recopilación y organización de variables como dimensiones de los bloques, tipos y porcentajes de dosificación, ensayos aplicados y limitaciones reportadas. Los resultados evidenciaron que las fibras más utilizadas fueron la paja, cabuya, agave, bambú, palma y cáñamo, destacando mejoras en la resistencia a la compresión, flexión y absorción de agua. Asimismo, se observó que propiedades como la conductividad térmica y la durabilidad frente a la humedad fueron menos exploradas. La procedencia geográfica de los estudios analizados refleja la adaptación de estas técnicas a contextos locales, aprovechando recursos disponibles en regiones de América Latina, Europa, Asia y África. Como conclusión, la sistematización realizada aporta una visión integral sobre el comportamiento técnico del adobe reforzado con fibras vegetales, identificando tanto su potencial en la construcción sostenible como las principales limitaciones asociadas, especialmente en relación con la humedad y la falta de estandarización. Este trabajo ofrece una base útil para futuras investigaciones orientadas a optimizar el uso de materiales naturales en la edificación, promoviendo soluciones constructivas eficientes y adaptadas a las condiciones locales.

Palabras Clave: *adobe; fibras vegetales; tecnologías de la construcción; sostenibilidad.*

Review

Plant fibers in adobe blocks: systematization of technical characteristics and geographical contexts

Abstract

The use of plant fibers in the manufacture of adobe blocks represents a sustainable strategy for improving the mechanical and physical properties of this traditional material. With the aim of systematizing the documented technical characteristics, this study presents a case study based on fifteen experimental investigations on the incorporation of natural fibers into adobe blocks. The methodology employed consisted of the compilation and organization of variables such as block dimensions, dosage types and percentages, tests performed, and reported limitations. The results showed that the most commonly used fibers were straw, cabuya, agave, bamboo, palm, and hemp, highlighting improvements in compressive strength, flexural strength, and water absorption. Likewise, it was observed that properties such as thermal conductivity and durability against moisture were less explored. The geographical origin of the analyzed studies reflects the adaptation of these techniques to local contexts, taking advantage of resources available in regions of Latin America, Europe, Asia, and Africa. In conclusion, the systematization conducted provides a comprehensive view of the technical behavior of plant fiber-reinforced adobe, identifying both its potential for sustainable construction and its main associated limitations, particularly in relation to moisture and lack of standardization. This work provides a useful basis for future research aimed at optimizing the use of natural materials in construction, promoting efficient construction solutions adapted to local conditions.

Keywords: *adobe; plant fibers; construction technologies; sustainability.*

1. Introducción

El adobe, constituido principalmente por una matriz de barro combinada con fibras vegetales como la paja y otros agregados naturales, se ha consolidado como un material fundamental en la construcción, gracias a su bajo costo y la simplicidad inherente de su fabricación (Dominguez-Santos & Moya Bravo, 2022; Franco Miguel et al., 2022; Mostafa & Uddin, 2016). Desde épocas remotas, las civilizaciones han aprovechado los recursos naturales disponibles en su entorno inmediato, destacando especialmente el uso de materiales de origen biológico como componentes esenciales en la edificación (Pinta Soto, 2022).

Históricamente, las fibras naturales han demostrado ser una solución eficiente para contrarrestar las limitaciones intrínsecas del adobe, como su baja resistencia a la compresión y la formación de fisuras estructurales (Balila & Vahdati, 2024; López et al., 2019). La incorporación de fibras en la matriz de barro varía según la disponibilidad local de recursos, abarcando desde hojas de plantas como la cabuya y el sisal, hasta fibras provenientes de cáscaras de frutas como la piña, el plátano o el coco. Estas fibras, según (Eslami et al., 2022), no solo incrementan la estabilidad estructural del adobe, sino que también reducen su densidad y contribuyen a minimizar su impacto ambiental, posicionándolo como un material sostenible y eficiente para la construcción contemporánea.

El uso de materiales de origen natural, además de ser una opción sostenible, responde a la necesidad de mitigar los efectos adversos generados por los materiales industrializados, como la alta huella de carbono, la toxicidad y la degradación ambiental. Su biodegradabilidad, carácter renovable y la disponibilidad local no solo contribuyen a la reducción de costos en la fabricación, sino que también garantizan un menor impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida del material, posicionándolos como alternativas viables en el diseño y producción de materiales de la construcción (Jani et al., 2009; Mellaikhafi et al., 2022).

La incorporación de fibras vegetales en el adobe aporta beneficios significativos en términos de rendimiento mecánico y térmico, mejorando propiedades como la resistencia a la compresión, la durabilidad y la capacidad de aislamiento. Sin embargo, para lograr estas mejoras, es esencial establecer proporciones óptimas de las fibras incorporadas, ya que un exceso puede generar efectos contraproducentes, como una disminución en la cohesión estructural o una mayor susceptibilidad a fracturas (Serebe et al., 2024).

Calatan et al. (2016), mencionan que la formulación ideal para una mezcla de adobe incluye entre un 9 % y un 10 % de contenido de arcilla, complementado con un 30 % a 40 % de

paja, lo que resulta en una notable mejora tanto en la resistencia mecánica como en la plasticidad del material.

Por otro lado, investigaciones recientes han resaltado la eficacia de fibras específicas, como el bagazo de agave, las cuales contribuyen significativamente a incrementar la resistencia a la compresión (Caballero-Caballero et al., 2018). Mostafa & Uddin (2016) demostraron que la incorporación de fibras vegetales en la mezcla de adobe contribuye significativamente a mejorar su resistencia a la tracción y compresión, gracias a la formación de una matriz isotrópica. Esta estructura homogénea se logra mediante la interacción entre los componentes del suelo y una red tridimensional formada por las fibras, lo que optimiza las propiedades mecánicas del material. Entre los casos más relevantes se encuentra el uso del bagazo de agave *Angustifolia*, que al añadirse en una proporción del 1,0 % con una longitud de 25 mm, incrementa notablemente la resistencia a la compresión de la mampostería de adobe (Caballero-Caballero et al., 2018). No obstante, este refuerzo presenta un efecto limitado en la resistencia a la flexión, con un incremento del 7,01 %, lo que resalta la importancia de mantener proporciones adecuadas en la adición de fibras.

Por su parte, Acosta Bustamante & Cruz Alvis (2024) sostienen que el añadido de fibra de caña de azúcar al 5% al adobe, evidencia un incremento del 29.68% en la resistencia a compresión, un aumento del 19.04% en la resistencia a tracción, una mejora del 67.48% en la resistencia a compresión de muretes, y un incremento del 65.33% en la resistencia a compresión diagonal de muretes. A su vez, Espinoza-Sanchez (2024) manifiesta que el adobe muestra una mayor resistencia a la compresión a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de agave añadidas. Mientras que el adobe convencional con paja alcanza una resistencia de 25 kg/cm², al incorporar hasta un 1.50% de fibras de agave, la resistencia se incrementa a 30.13 kg/cm², lo que representa un aumento del 20.54% en comparación con el adobe tradicional.

Falen-Loconi & Garcia-Leon (2024) concluyen que la adición de un 1.5% de aserrín combinada con porcentajes de 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% de fibra de cabuya mejora de manera significativa las propiedades físicas y mecánicas del adobe. El mejor desempeño se obtiene con la mezcla de 1.5% de aserrín y 2.0% de fibra de cabuya, logrando valores de resistencia de 9.60 kg/cm² en pilas, 0.79 kg/cm² en muretes, 6.96 kg/cm² en tenacidad a la flexión y 21.94 kg/cm² en compresión de cubos. Al comparar el uso de fibras de ichu y pino, Vasquez-Vasquez et al. (2023) sostiene que la resistencia a la compresión obtenida al utilizar fibra de ichu es un 16,61% mayor en comparación con la fibra de pino al 2,5% de incorporación. Además, supera en un 18,69% la resistencia obtenida con un 5% de fibra de pino y en un 32,28% cuando el nivel de fibra de pino alcanza el 7%. En cuanto a la evaluación mecánica de la flexión, la fibra de ichu

al 2.5% presenta una resistencia de 33.02 kg/cm², lo que representa un desempeño superior frente a la fibra de pino, cuyos valores de resistencia son de 27.07 kg/cm², 25,20 kg/cm² y 26,00 kg/cm² para niveles de 2,5%, 5% y 7%, respectivamente.

La optimización del desempeño del adobe mediante fibras naturales también se evidencia en la mejora de la tenacidad a la flexión y la resistencia al impacto, como lo indica la incorporación de un 0,5 % de fibras con longitudes de 7 mm (Serebe et al., 2024). Este ajuste no solo incrementa la capacidad del material para resistir cargas dinámicas, sino que también mejora su comportamiento frente a la formación de grietas. El uso de materiales naturales como estos no solo promueve la sostenibilidad gracias a su biodegradabilidad y carácter renovable, sino que también aprovecha recursos locales que garantizan su disponibilidad y accesibilidad. Además, este enfoque permite conservar técnicas tradicionales y ofrece una alternativa viable frente a la creciente industrialización de materiales de construcción (Minke, 2001). Estas características refuerzan la relevancia de los materiales naturales como una opción eficiente y sostenible en el sector de la construcción.

Esta investigación no evalúa la eficacia del refuerzo del adobe, sino que sistematiza y compara las características técnicas de estudios experimentales sobre la incorporación de fibras vegetales. Mediante el análisis de dimensiones, dosificación, porcentajes, ensayos y limitaciones, junto al contexto geográfico, se ofrece una visión estructurada del conocimiento actual. El objetivo es proporcionar una base organizada y comparativa que contribuya a futuras investigaciones orientadas a la formulación de criterios técnicos y al desarrollo de soluciones sostenibles adaptadas a distintos entornos.

2. Metodología

Esta investigación siguió un enfoque cualitativo descriptivo-comparativo, utilizando el estudio de casos múltiples para sistematizar y comparar características técnicas de estudios sobre la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe. Se seleccionaron quince casos de la literatura científica, superando el rango habitual de trabajos similares, con el fin de abarcar una mayor diversidad de fibras, dosificaciones, ensayos y contextos geográficos. Esta amplitud permitió identificar patrones comunes, variaciones significativas y ofrecer una base sólida para futuras investigaciones en diseño sostenible de materiales constructivos.

La selección y tratamiento de los casos se realizó siguiendo cuatro etapas:

1. Criterios de inclusión y exclusión: Se consideraron estudios publicados en los últimos quince años, incluyendo artículos indexados en bases como *Scopus*, *Web of Science*

y *Google Scholar*, así como trabajos de titulación de las áreas de ingeniería civil y arquitectura. Todos los estudios debían contener resultados cuantitativos derivados de ensayos experimentales aplicados a bloques de adobe con incorporación de fibras vegetales. Se excluyeron aquellos trabajos que no abordaran directamente esta temática o que carecieran de información técnica suficiente para su análisis comparativo.

2. Parámetros de selección de casos: Se incluyeron investigaciones que cumplieran con:

- Tamaño de muestra representativo y datos cuantitativos claros;
- Diversidad geográfica, priorizando estudios de América Latina, Europa, Asia y Norteamérica, para reflejar variaciones técnicas asociadas a condiciones climáticas y disponibilidad de materiales;
- Evaluación de propiedades físicas y mecánicas, especificando procedimientos experimentales y normativas aplicadas.

El proceso de identificación, selección y evaluación de los estudios incluidos en esta investigación se sistematizó mediante el diagrama de flujo PRISMA 2020, tal como se muestra en la **Figura 1**.

Inicialmente, se identificaron 60 registros a través de bases de datos académicas y búsquedas por citas. Tras la eliminación de 8 registros duplicados y 10 exclusiones por motivos temáticos o técnicos, se sometieron a evaluación 52 estudios únicos. De estos, 30 fueron descartados durante la revisión inicial por no cumplir con los criterios básicos de inclusión. Los 22 estudios restantes fueron evaluados en su versión completa, y 7 de ellos fueron excluidos por razones como la falta de datos cuantitativos, ausencia de fibras vegetales en el material estudiado o deficiencias metodológicas en los ensayos. Finalmente, 15 estudios fueron incluidos para la sistematización y análisis comparativo. Este proceso permitió garantizar la transparencia, trazabilidad y rigurosidad metodológica del corpus de estudios analizados.

3. Sistematización de datos: La información recopilada fue organizada en tablas comparativas y figuras resumen, considerando variables como dimensiones de los bloques, tipos de dosificación, proporciones utilizadas, ensayos aplicados, limitaciones reportadas y procedencia geográfica. Este proceso facilitó la clasificación de los casos según criterios técnicos comunes y permitió reconocer tendencias metodológicas, materiales predominantes y patrones de aplicación.

4. Análisis comparativo: Se realizaron comparaciones entre casos con características técnicas similares para evaluar las variaciones metodológicas, constructivas o contextuales. Asimismo, se identificaron las relaciones

entre el tipo de fibra utilizada, las propiedades evaluadas y las condiciones de fabricación, reconociendo fortalezas y vacíos en la documentación técnica, así como

oportunidades para profundizar en líneas de investigación aún poco exploradas, como la durabilidad a largo plazo o la estandarización de métodos de ensayo.

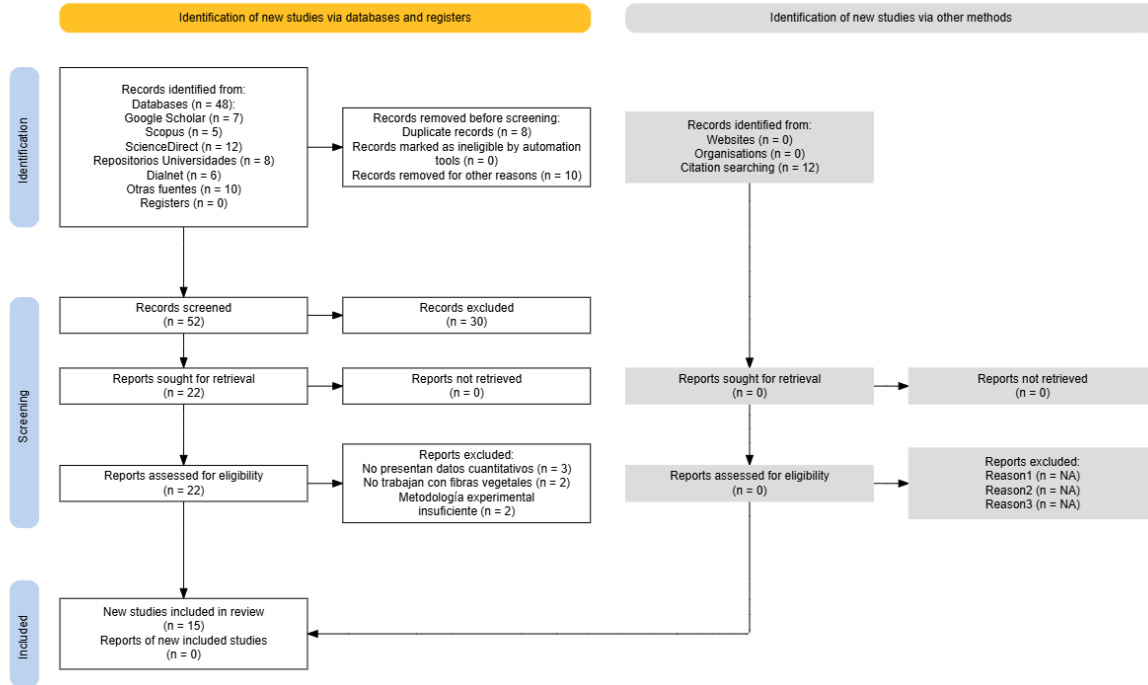


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de identificación, selección y evaluación de estudios sobre la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe.

3. Resultados

3.1 Fibras y propiedades

Se registraron quince tipos de fibras vegetales o sus derivados utilizados como refuerzo en la matriz tradicional de bloques de adobe. Entre ellos se encuentran la fibra de coco, cabuya, agave, paja (incluida la paja de cebada),

cañamo, palma, acículas de pino, fibras provenientes de cáscara de banana y de piña, así como fibras de caña de azúcar, bambú, yute y tatora. La **Figura 2** presenta estas quince fibras incorporadas en los distintos estudios revisados, junto con la puntuación asignada en función del nivel de mejora técnica destacada en las propiedades del adobe.

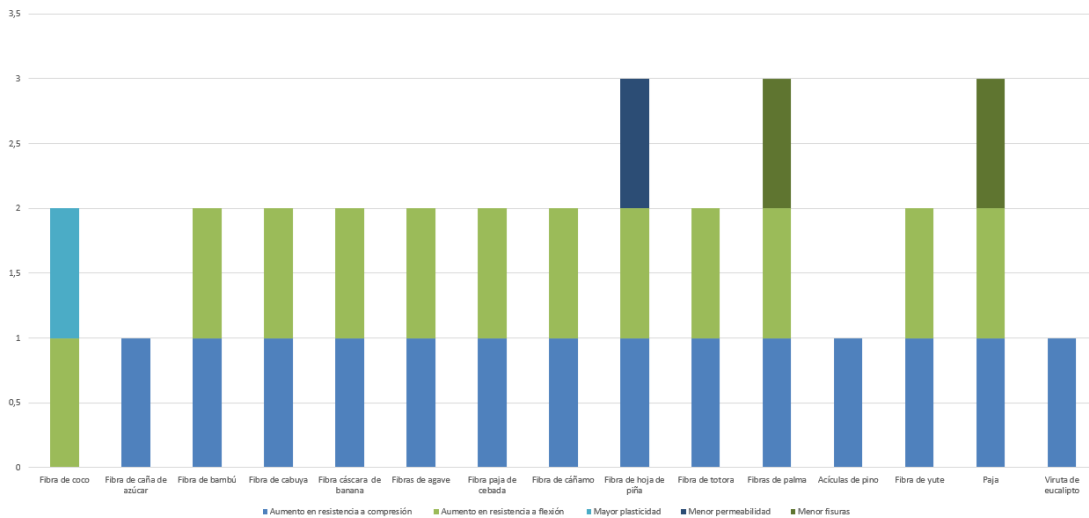


Figura 2: Fibras añadidas a la matriz de adobe y propiedades mejoradas.

Las fibras de hoja de piña (Fernández & Flores, 2021), fibra de palma (Oskouei et al., 2017) y paja (Calatan et al., 2016; Llumitasis Chicaiza & Siza Salazar, 2017; Montenegro Echeverría, 2019; Oskouei et al., 2017; Parisi et al., 2015; Patnaik et al., 2019) alcanzaron el puntaje máximo de 3, destacándose como los materiales más versátiles, ya que mejoran tanto la resistencia a compresión y flexión como otras características como reducción de fisuras o mayor plasticidad.

Componentes como la fibra de bambú (Del Rio Marino, 2022), fibra de cabuya (López et al., 2019; Montenegro Echeverría, 2019) fibra de cáscara de banana (Mostafa & Uddin, 2016), fibra de agave (Caballero-Caballero et al., 2018), fibra de cebada (Laborel-Préneron et al., 2017), fibra de cañamo (Calatan et al., 2016; Laborel-Préneron et al., 2017), fibra de totora (Laime Ancalle, 2020), fibra de yute (Sanchez Guevara, 2023), logrando 2 puntos, principalmente por su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas como ,mayor resistencia a compresión y flexión. De la misma manera la fibra de coco (Giraldelli et al., 2021; Ticona, 2020) obtuvo una puntuación de 2 puntos mejorando la resistencia a esfuerzos de flexión y una mayor plasticidad.

Por otro lado, materiales como la fibra de caña de azúcar (Herrera & Nuñez, 2021), acículas de pino (Jové-Sandoval et al., 2018) y viruta de eucalipto (Márquez Domínguez, 2018), obtuvieron solo 1 punto relacionado directamente con el aumento de resistencia a la compresión, siendo menos versátiles y limitados en su aporte a propiedades específicas. Este resultado puede indicar su uso más especializado o complementario en lugar de como componentes principales en aplicaciones donde se requiere una mejora en más propiedades.

Es importante mencionar que la utilización de la paja en 6 estudios, siendo el componente lignocelulósico más utilizado para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del adobe. Este subproducto agroindustrial, proveniente del procesamiento de cereales como el trigo, la cebada y la avena, se genera a partir de los tallos residuales que quedan tras la cosecha. El trigo, uno de los principales cultivos a nivel mundial, ocupa el tercer lugar en términos de producción global, después del arroz y el maíz. Su paja presenta una morfología tubular hueca, característica que favorece su desempeño estructural en aplicaciones de construcción sostenible. Por otro lado, la cebada, conocida por su adaptabilidad a entornos climáticos extremos, incluyendo zonas montañosas y tropicales, y la avena, que prospera en regiones templadas y frías, ofrecen propiedades complementarias que amplían la aplicabilidad de la paja en contextos agroclimáticos diversos (Laborel-Préneron et al., 2016)

Dentro del análisis, las fibras vegetales clasificadas como componentes leñosos, como las virutas de eucalipto,

demonstraron un destacado potencial para mejorar la resistencia a la compresión en bloques de adobe. Este comportamiento refleja las propiedades intrínsecas de su estructura celular y su capacidad para reforzar la matriz del material base (Lawrence et al., 2009).

Cada tipo de fibra vegetal contribuye a mejorar distintas propiedades del adobe. Se identifican cinco variables técnicas, de las cuales destacan dos como las más recurrentes: el aumento en la resistencia a la compresión (línea azul oscuro) y el aumento en la resistencia a la flexión (línea roja).

Las fibras con mejor comportamiento global son la fibra de hoja de piña, fibra de palma y la paja, que aparecen asociadas simultáneamente a tres propiedades clave. Estas fibras no solo refuerzan las capacidades mecánicas (compresión y flexión), sino que también contribuyen a la reducción de fisuras, lo cual evidencia su versatilidad y rendimiento integral.

Un segundo grupo de fibras, como la fibra de bambú, cabuya, cáscara de banana, agave, paja de cebada, cañamo, totora y yute, muestran mejoras tanto en compresión como en flexión, aunque no se asocian a mejoras adicionales como menor fisuración o plasticidad, lo que las ubica en una categoría intermedia de efectividad.

Por otro lado, fibras como la fibra de coco presentan un patrón particular, ya que no contribuyen a la resistencia a la compresión, pero sí mejoran la flexión y aportan a una mayor plasticidad. Este comportamiento sugiere que su incorporación podría ser más útil en contextos donde se busca flexibilidad del material sin requerir altas exigencias estructurales. Finalmente, se observan componentes de efecto limitado, como la fibra de caña de azúcar, acículas de pino y viruta de eucalipto, que se vinculan únicamente con la mejora en resistencia a la compresión. Esto indica que, si bien pueden aportar al refuerzo del adobe, su efecto es más específico y focalizado, lo que restringe su aplicación en soluciones donde se demanda un mejoramiento multidimensional del material.

3.2 Componente añadido, bloque y dosificación

El análisis de los estudios revisados evidencia una amplia variedad en las características técnicas de los bloques de adobe reforzados con fibras vegetales, reflejando enfoques diversos en cuanto a dimensiones, métodos de dosificación, tipos de pruebas aplicadas y contextos de ejecución. Esta diversidad no solo responde a metas estructurales o de desempeño, sino también a la adaptación a los recursos disponibles y a las tradiciones constructivas de cada región. Las dimensiones de los bloques varían significativamente, desde prototipos reducidos diseñados para pruebas controladas en laboratorio hasta piezas de mayor tamaño orientadas a aplicaciones prácticas en obra. Las

metodologías de dosificación, por su parte, fluctúan entre criterios basados en peso o volumen, ajustándose al tipo de fibra utilizada y al grado de estabilización requerido, con el objetivo de optimizar aspectos como la resistencia mecánica, el comportamiento frente a la humedad y el aislamiento térmico. La **Tabla 1** recoge de manera sistemática estos aspectos, ofreciendo un panorama comparativo de las soluciones y configuraciones técnicas empleadas en los distintos estudios.

La información revela una amplia diversidad en las características técnicas y metodológicas de los estudios analizados que incorporan fibras vegetales en bloques de adobe. Uno de los primeros aspectos que destaca es la variabilidad en las dimensiones de los bloques evaluados. Estas van desde formatos compactos utilizados principalmente en ensayos de laboratorio, como cilindros de 5 cm de diámetro por 10 cm de altura o bloques cúbicos de 5x5x5 cm, hasta unidades de mayor escala como los bloques de 40x20x10 cm, más cercanos a aplicaciones constructivas reales. Esta variación responde a diferentes objetivos experimentales: los bloques pequeños permiten una manipulación más precisa en laboratorio y requieren menos material, facilitando estudios comparativos rápidos, mientras que los bloques de gran tamaño buscan evaluar el desempeño estructural en condiciones de uso final, considerando parámetros como resistencia continua, menor número de uniones y comportamiento global en obra.

Las estrategias de dosificación analizadas muestran que el método más común es el basado en peso seco de la tierra, aplicado a la mayoría de las fibras como caña de azúcar, bambú, cabuya, paja de cebada, hoja de piña, totora, yute, viruta de eucalipto, así como parte del cáñamo y coco. Este método permite ajustar con precisión el contenido de fibra y comparar propiedades mecánicas entre estudios. Por ejemplo, la fibra de coco se dosifica entre 5% y 10%, mejorando la cohesión y la resistencia a tracción, mientras que la cabuya se emplea entre 1.5% y 2.5% para mantener una buena integración sin comprometer la densidad. La fibra de bambú presenta proporciones más amplias (4% a 8%), reflejando procesos de ajuste según el contexto.

Por otro lado, la dosificación por volumen se aplica en materiales como las acículas de pino (1:3 fibra-tierra), buscando una distribución homogénea, y en la paja, con porcentajes de hasta 60% orientados a mejorar el aislamiento térmico y acústico, aunque con el riesgo de afectar la resistencia si no se estabiliza adecuadamente.

También se identificaron métodos intermedios, como el uso del peso unitario del bloque (fibra de coco) y combinaciones de peso seco con estabilización en cemento en el caso del cáñamo, donde se emplean proporciones de fibra entre 0.5% y 2% junto con un 3.5% de cemento, priorizando la

resistencia mecánica a costa de un mayor impacto económico y ambiental.

3.3 Componente añadido y tipos de ensayos

Se registraron 28 tipos de ensayos en los estudios analizados, enfocados en evaluar las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y de durabilidad de los bloques de adobe reforzados con fibras vegetales. Los más recurrentes fueron el análisis granulométrico del suelo (1) y la determinación de los límites de Atterberg (2), esenciales para caracterizar la composición y plasticidad del material. También se aplicaron observaciones de retracción (3) y pruebas de consumo de agua y trabajabilidad (4) para evaluar el comportamiento de la mezcla fresca.

En cuanto a propiedades mecánicas, destacaron los ensayos de resistencia a la compresión (5), tracción indirecta (6) y flexión (7). La relación del material con la humedad fue abordada mediante los ensayos de absorción de agua (8), contenido de humedad (10), durabilidad contra el agua (24), comportamiento frente al agua (26) y resistencia al agua (28). Otros ensayos relevantes incluyeron la relación de vacíos (9), compactación (11), conductividad térmica (12), retracción axial (13) y densidad aparente (14). Se incorporaron pruebas avanzadas como compresión axial (15), compresión diagonal (16), tracción de la fibra (17), ensayos en mesa vibratoria (18), aplastamiento (19), humedad óptima (20), análisis químico del suelo (21) y curvas de tensión-deformación (22).

Finalmente, se realizaron observaciones de grietas (23), y ensayos de ductilidad y adherencia (25) y flexión de tres puntos (27), enfocados en evaluar la resistencia del material frente a deformaciones y cargas específicas. Esta variedad de ensayos permitió una caracterización integral del adobe reforzado, con énfasis en su desempeño mecánico y su comportamiento ante la humedad.

Con respecto a los ensayos realizados, se evidencia una clara concentración en pruebas mecánicas, particularmente en el ensayo de resistencia a la compresión (5), que se presenta como el más común. Este resultado responde a la necesidad de validar el desempeño estructural básico del bloque de tierra estabilizado, especialmente en construcciones portantes o sometidas a carga.

Le siguen en frecuencia los ensayos de resistencia a la flexión (7), relevantes para analizar el comportamiento del bloque ante esfuerzos indirectos o distribuidos, particularmente cuando se emplean fibras que aportan cierta flexibilidad, como paja, agave o yute. En tercer lugar, se encuentran los ensayos de absorción de agua (8), fundamentales para determinar la resistencia del bloque frente a la humedad, un aspecto crítico en regiones con climas tropicales o alta pluviosidad.

Tabla 1: Especificaciones técnicas de bloques de adobe con incorporación de fibras vegetales en estudios experimentales.

Componente añadido	Dimensiones del bloque (cm)	Tipo de dosificación	Dosificación	Tipo de ensayo	Limitaciones	Ciudad/ País	Fuente
Fibra de coco	40x15x10	Peso seco de tierra	5%, 10%	1, 2, 3, 4	a, b, g	Brasil	(Giraldelli et al., 2021)
	30x15x10	Peso unitario del bloque	0.5%, 1.0%, 2.0%	5, 6, 7, 8	b, a, u, c	Puno, Perú	(Ticona, 2020)
Fibra de caña de azúcar	40x20x10	Peso seco de tierra	5.88%, 11.76%	1, 5, 8, 9, 10	e, f, g	Cajamarca, Perú	(Herrera & Nuñez, 2021)
Fibra de bambú	32x16x8	Peso seco de tierra	4%, 6%, 8%	1, 2, 5, 7, 8, 10	b, g, a	Huancavelica, Perú	(Del Rio Marino, 2022)
Fibra de cabuya	29.2x15.4x8.4	Peso de tierra seca	1.5%, 1.75%, 2%, 2.5%	1, 2, 5, 7, 17	i, j, d	Apurímac, Perú	(López et al., 2019)
	40x10x10	Peso de tierra seca	20%, 30%, 50%	1, 2, 5, 10, 11	b, e	Imbabura, Ecuador	(Montenegro Echeverría, 2019)
Fibras de agave	29.2x15.4x8.4	Peso de tierra seca	0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.0%	1, 5, 7, 20, 21	k, l, g, m	Oaxaca, México	(Caballero-Caballero et al., 2018)
Fibra de banana	24x 12x 9 12x12x9	Peso en relación con el cemento	5%	5, 7	n, o	Alabama, Estados Unidos	(Mostafa & Uddin, 2016)
Paja de cebada	Cilindros de 5cm diámetro y 10 cm de altura	Peso seco de tierra	3%, 6%	5, 13, 14	p, q	Toulouse, Francia	(Laborel-Préneron et al., 2017)
Fibras de cañamo	16x4x4 30x30x4	Volumen de la mezcla de tierra	3%, 9%, 10%, 15%	5, 7, 12, 13, 14, 23	b, n, z	Cluj-Napoca, Rumanía	(Calatan et al., 2016)
	Cilindros de 5cm diámetro y 10 cm de altura	Peso seco de tierra	3%, 6%	5, 13, 14	p, q, s, t	Toulouse, Francia	(Laborel-Préneron et al., 2017)
Fibras de hoja de piña	24x12x10	Peso seco de tierra	1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%	7, 8, 15, 16	b, p, u, v	Churcampa, Perú	(Fernández & Flores, 2021)
Fibra de Totora	30x15x10	Peso seco de tierra	1.5%, 3%, 4.5%	5, 7, 8	b,h	Puno, Perú	(Laime Ancalle, 2020)
Fibras de palma	22x22x7 22x11x7	Peso de mezcla	0.3%, 0.6%, 0.9%	5, 6, 24	w, x, y	Teherán, Irán	(Oskouei et al., 2017)
Acículas de pino	29x14x10	Volumen	1 volumen de fibra por 3 volúmenes de suelo	5, 7, 22, 25, 26	g, l, z, v, ab, ac	Valladolid, España	(Jové-Sandoval et al., 2018)
Fibra de Yute	35x15x10	Peso seco de tierra	0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%	7, 8, 15, 16	g, i, j	Pimentel, Perú	(Sanchez Guevara, 2023)
Paja	16x4x4 30x30x4	Volumen de la mezcla de tierra	10%, 30%, 40%, 60%	5, 7, 12, 13, 14	ad, z, ae, af	Cluj-Napoca, Rumanía	(Calatan et al., 2016)
	30x15x10	Peso seco de tierra	3%	5, 18	k, af	Ambato, Ecuador	(Llunitasig Chicaiza & Siza Salazar, 2017)
	30x15x10	Peso seco de tierra	20%, 30%, 50%	1, 2, 5, 19, 24	p, ag	Imbabura, Ecuador	(Montenegro Echeverría, 2019)
	22x22x7 22x11x7	Peso de mezcla	0.3%, 0.6%, 0.9%	5, 6, 24	w, x, y	Teherán, Irán	(Oskouei et al., 2017)
	40x20x10	Peso de mezcla	0.5%, 3.0%	15, 27	ah	Solarussa, Cerdeña, Italia	(Parisi et al., 2015)
	19x9x9	Peso seco de tierra	0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Estabilizada con 3.5% de cemento	5, 28	g, r	Wolaita Sodo, Etiopía	(Patnaik et al., 2019)
Viruta de eucalipto	20x30x7	Peso seco de tierra	1.5%, 3.0%, 4.5%	5, 7, 8	g, v	Chincha Alta, Ica, Perú	(Márquez Dominguez, 2018)

Otros ensayos menos frecuentes incluyen aquellos asociados a propiedades especializadas del material. Por ejemplo, el ensayo de conductividad térmica (12) y el ensayo de retracción axial durante el secado (13), presentes en estudios que priorizan el confort térmico o el control de fisuración. También se destacan el ensayo de durabilidad frente al agua (24) y pruebas como la observación visual de grietas (23), aplicados a fibras como el cáñamo, la cabuya y la paja, en contextos donde la degradación por humedad o la aparición de fisuras representa un riesgo.

El análisis sugiere que fibras como la paja, la fibra de coco, la fibra de cabuya y el cáñamo están asociadas a una mayor variedad de ensayos, lo que evidencia su amplio uso en estudios experimentales y su potencial como refuerzo en bloques de tierra. En cambio, fibras como la viruta de eucalipto, la fibra de banana o las acículas de pino se vinculan a un número limitado de pruebas, posiblemente por tratarse de materiales menos explorados o con aplicaciones específicas.

3.4 Componente añadido y limitaciones.

Se registraron 33 limitaciones en los estudios sobre la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe, evidenciando desafíos técnicos, constructivos y contextuales. Entre las más frecuentes destacan la vulnerabilidad a las condiciones climáticas (a), el esfuerzo en la homogeneización (b), el manejo cuidadoso (c) y las limitaciones geográficas y de contexto (d). También se identificó la dependencia de materiales locales (e), la mayor absorción de agua (f) y la prolongación del secado (g).

Otras limitaciones incluyen la falta de comparación con otros refuerzos (h), el mayor costo relativo (i), la necesidad de control en la mezcla (j), la formación de vacíos (k) y la adhesión limitada fibra-matriz (l). Se suman los costos de producción (m), la vulnerabilidad al agua (n) y la restricción en altura de las construcciones (o).

Asimismo, se documentó la variabilidad de los agregados vegetales (p), la necesidad de estandarización (q), los límites en durabilidad (r), la retracción e higroscopicidad (s), las dificultades normativas (t), la presencia de grietas durante el secado (u) y la susceptibilidad a la humedad (v). Se señalaron problemas como la variabilidad en el rendimiento de fibras (w), la dificultad en medición de propiedades (x), el desempeño desigual de bloques (y), la variabilidad mecánica (z), las limitaciones artesanales (ab), el incremento limitado en flexión (ac), la dependencia del tratamiento de fibras (ad), la rotura en mezclas altas (ae), la degradación biológica (af), la saturación por humedad (ag) y la distribución irregular de fibras (ah).

El análisis de los estudios revisados pone en evidencia una serie de limitaciones técnicas recurrentes vinculadas a la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe, las

cuales condicionan tanto su desempeño como su viabilidad en aplicaciones constructivas. Entre las restricciones más mencionadas destaca la mayor absorción de agua (f) y la susceptibilidad a la humedad (v), factores críticos que afectan la durabilidad de los bloques en climas húmedos o en construcciones expuestas. Esta vulnerabilidad se asocia directamente a las propiedades higroscópicas de las fibras utilizadas, lo que, en ausencia de tratamientos estabilizantes, incrementa el riesgo de saturación por humedad (ah), degradación biológica (af) y, en consecuencia, limita la vida útil del material.

Otra limitación significativa identificada es la formación de grietas durante el secado (u), producto de fenómenos de retracción e higroscopicidad (s). Este comportamiento es especialmente frecuente en mezclas con porcentajes elevados de fibra o con adhesión fibra-matriz limitada (l), generando tensiones internas que comprometen la integridad estructural del bloque. Además, se reportan casos de rotura de fibras en mezclas con altas proporciones (ae) y problemas de distribución irregular de las fibras (ah), lo que repercute en un desempeño desigual de los bloques (y) y en una marcada variabilidad en el comportamiento mecánico (z).

Desde una perspectiva operativa, varias investigaciones señalaron el esfuerzo incrementado en la homogeneización (b) y la necesidad de un manejo cuidadoso (c) durante el proceso de fabricación, especialmente cuando se trabaja con fibras largas o poco flexibles. Asimismo, se identificaron costos de producción (m) y un mayor costo relativo (i) en aquellos casos que requieren tratamientos previos o estabilización adicional, lo que puede limitar su competitividad frente a materiales convencionales.

A nivel normativo y metodológico, se evidencia una falta de comparación con otros refuerzos (h), junto con dificultades de comparación entre normas (t) y la persistente necesidad de estandarización (q). Estas limitaciones regulatorias dificultan la validación y adopción masiva de estos sistemas constructivos, especialmente en regiones donde los marcos legales son más estrictos. Se destacan restricciones derivadas de las limitaciones geográficas y de contexto (d) y la dependencia de materiales locales (e), que condicionan la replicabilidad de estas soluciones fuera de su entorno de origen. Esta dependencia refuerza la naturaleza contextualizada del uso de fibras vegetales, pero también plantea desafíos para su integración en estrategias globales de construcción sostenible.

3.4 Componente añadido y geografía.

El análisis geográfico revela que la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe está profundamente condicionada por el contexto local, donde factores como recursos disponibles, clima, tradiciones constructivas y normativas definen la selección de materiales y metodologías.

En América Latina (Perú, Ecuador, México), predomina el uso de fibras autóctonas como paja, cabuya, bambú y totora, con dosificaciones basadas en peso seco y proporciones variables según la fibra. Los ensayos se centran en resistencia a la compresión y absorción de agua, priorizando soluciones económicas adaptadas a contextos rurales, sin un enfoque riguroso en durabilidad o comportamiento térmico.

En Europa (Francia, Rumanía, España, Italia), el enfoque es más técnico y regulado, incorporando fibras como cáñamo o acículas de pino bajo criterios de eficiencia energética y durabilidad. Se aplican metodologías mixtas de dosificación y ensayos especializados (conductividad térmica, retracción, resistencia a la humedad), alineados con políticas de construcción sostenible y estándares de confort.

En Asia (Irán) y África (Etiopía), las soluciones responden a condiciones ambientales extremas, empleando fibras locales con estabilización moderada para mejorar la resistencia a la humedad y soportar ciclos térmicos severos, destacando ensayos de durabilidad y fisuración. El estudio de América del Norte (EE.UU.) presenta un enfoque experimental, orientado al aprovechamiento de residuos como la cáscara de banana, aplicando normativas internacionales (ASTM) y metodologías sistemáticas para validar su viabilidad técnica en contextos industriales.

La aplicación de fibras vegetales en adobe es una práctica altamente contextualizada, determinada por la interacción entre recursos, clima, capacidades técnicas y regulaciones. Esta diversidad refleja la adaptación local, pero también evidencia la falta de criterios unificados para comparar el desempeño a nivel global, lo que dificulta la transferencia tecnológica y la adopción masiva en la construcción sostenible.

4. Conclusiones

Este estudio permitió mirar de forma estructurada cómo distintas fibras vegetales, aplicadas en bloques de adobe, aportan soluciones técnicas que, aunque diversas, comparten un mismo propósito: mejorar un material tradicional sin perder de vista la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos locales. Fibras como la hoja de piña, la palma y la paja han demostrado ser aliadas versátiles, capaces de fortalecer tanto la resistencia como la durabilidad del adobe. En contraste, otras fibras ofrecen mejoras más puntuales, lo que invita a pensar en su uso estratégico según las necesidades específicas de cada proyecto.

A lo largo del análisis, fue evidente que no todo son ventajas. Persisten desafíos importantes, especialmente en relación con la humedad, la variabilidad de resultados y la falta de normas claras que orienten la aplicación de estas técnicas de manera uniforme. Estos obstáculos nos recuerdan que el camino hacia una construcción verdaderamente sostenible

no solo depende de rescatar materiales naturales, sino también de perfeccionar los procesos y establecer criterios que den confianza y seguridad en su uso. Incorporar fibras vegetales en bloques de adobe es más que una técnica; es una manera de reconectar la construcción con su entorno, aprovechando lo que la naturaleza ofrece sin comprometer el futuro. No obstante, aún queda mucho por hacer. Es necesario seguir investigando cómo extender la vida útil de estos materiales, cómo protegerlos mejor frente a condiciones adversas, y cómo lograr que las buenas prácticas locales se transformen en referentes globales.

Las próximas investigaciones tienen la oportunidad de explorar tratamientos ecológicos, combinar fibras con materiales reciclados o desarrollar herramientas que ayuden a elegir la mejor solución según el contexto. Así, se podrá avanzar hacia una construcción más consciente, eficiente y respetuosa con el medio ambiente, donde la tradición y la innovación caminen de la mano.

Referencias

- Acosta Bustamante, J. X., & Cruz Alvis, M. E. (2024). Estudio de las propiedades mecánicas y microestructurales del adobe con fibra de caña de azúcar y pseudotallo de banano. [Trabajo de fin de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/13161>
- Balila, A., & Vahdati, M. (2024). Biomimicry in construction: Glycoprotein-stabilised adobe bricks for enhanced compressive strength inspired by termites mounds. *Construction and Building Materials*, 438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137077>
- Caballero-Caballero, M., Chinas-Castillo, F., Montes Bernabé, J. L., Alavéz-Ramírez, R., & Silva Rivera, 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>
- Calatan, G., Hegyi, A., Dico, C., & Mircea, C. (2016). Determining the Optimum Addition of Vegetable Materials in Adobe Bricks. *Procedia Technology*, 22 (October 2015), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.01.077>
- Del Rio Marino, D. (2022). Incorporación de fibra de bambú para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe, Pelatana, Huancavelica, 2022. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86754>
- Dominguez-Santos, D., & Moya Bravo, J. A. (2022). Structural and mechanical performance of adobe with the addition of high-density polyethylene fibres for the construction of low-rise buildings. *Engineering Failure*

- Analysis*, 139.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106461>
- Eslami, A., Mohammadi, H., & Banadaki, H. M. (2022). Palm fiber as a natural reinforcement for improving the properties of traditional adobe bricks. *Construction and Building Materials*, 325.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126808>
- Espinoza-Sanchez, M. (2024). Influencia de la fibra de agave en los esfuerzos admisibles del adobe comunidad campesina de Rambrampata, Chota. [Trabajo de fin de grado, Universidad Nacional Autónoma del Chota].
<https://repositorio.unach.edu.pe/items/947b5599-1860-4b16-adb5-1909fd54e578>
- Falen-Loconi, W., & Garcia-Leon, F. (2024). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe con adición de fibra de cabuya y aserrín [Trabajo de fin de grado, Universidad Señor de Sipán].
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/13300>
- Fernández, H. M. R., & Flores, F. L. D. (2021). Comportamiento físico mecánico en muros de albañilería de adobe con fibras de hoja de piña - pseudotallo de plátano, Cajamarca – 2021. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo]
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Franco Miguel, F., de Oliveira Valin, M., & Ferreira Antunes, K. (2022). Avaliação do desempenho físico entre blocos de adobe com adição de pó de pedra comparados com adições de esterco e serragem. *Revista Sítio Novo*, 6(2), 32. <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2022.v6.i2.32-41p>
- Giraldelli, M. A., Alves Pereira, O., Dos Santos, S. F., Brasil, M. A., & Teodoro Pinheiro, S. K. (2021). Técnica de alvenaria adobe: Reprodução do método construtivo com e sem o uso de fibra vegetal. *Uniciências*, 25(1), 10–13. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2021v25n1p10-13>
- Herrera, D., & Nuñez, C. (2021). Influencia de la fibra de caña de azúcar, en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe, San Ignacio 2021. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/70225>
- Jani, G. K., Shah, D. P., Prajapatia, V. D., & Jain, V. C. (2009). Gums and mucilages: Versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(5), 309–323.
- Jové-Sandoval, F., Barbero-Barrera, M. M., & Flores Medina, N. (2018). Assessment of the mechanical performance of three varieties of pine needles as natural reinforcement of adobe. *Construction and Building Materials*, 187, 205–213.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.187>
- Laborel-Préneron, A., Aubert, J.-E., Magniont, C., Maillard, P., & Poirier, C. (2017). Effect of Plant Aggregates on Mechanical Properties of Earth Bricks. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(12), 1–12.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002096](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002096)
- Laborel-Préneron, A., Aubert, J. E., Magniont, C., Tribout, C., & Bertron, A. (2016). Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review. *Proceedings of The Ice - Construction Materials*, 111, 719–734.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.119>
- Laime Ancalle, G. (2020). Diseño de elaboración del adobe incorporando la fibra de Totora para reforzar las propiedades físico y mecánico – Huancavelica 2020. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50095/Laime_AG-SD.pdf?sequence=1
- Lawrence, M., Heath, A., & Walker, P. (2009). Compressive strength of extruded unfired clay masonry units. *Proceedings of The Ice - Construction Materials*, 162(August), 105–112.
<https://doi.org/10.1680/coma.2009.162.3.105>
- Llumisag Chicaiza, S. M., & Siza Salazar, A. L. (2017). Estudio De La Resistencia a Compresión Del Adobe Artesanal Estabilizado Con Paja, Estiércol, Savia De Penca De Tuna, Sangre De Toro Y Análisis De Su Comportamiento Sísmico Usando Un Modelo a Escala. [Trabajo de fin de grado, Universidad Técnica de Ambato].
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26585>
- López, X., Torbisco, D., Rodriguez, J., & Eyzaguirre, C. (2019). Benefits of cabuya fiber in the mechanical properties of compacted adobe. *Proceedings of International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019*, 455–460.
<https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00088>
- Márquez Dominguez, J. (2018). Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chíncha 2018. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/27153>
- Mellaikhafi, A., Tilioua, A., & Benallel, A. (2022). Thermal performance assessment of a wall built with earth-based adobes and reinforced with pinnate leaves fibers. *Materials Today: Proceedings of 3rd International Congress on Materials & Structural Stability*, 58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.296>
- Minke, G. (2001). Manual para la construcción con tierra. Editorial Fin de Siglo.

- Montenegro Echeverría, M. (2019). Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta. [Trabajo de fin de grado, Universidad Técnica de Ambato]. In Universidad Central Del Ecuador Facultad De Arquitectura Y Urbanismo. <https://bit.ly/3CBP4Pg>
- Mostafa, M., & Uddin, N. (2016). Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces. *Case Studies in Construction Materials*, 5, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.07.001>
- Oskouei, A. V., Afzali, M., & Madadipour, M. (2017). Experimental investigation on mud bricks reinforced with natural additives under compressive and tensile tests. *Construction and Building Materials*, 142, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.065>
- Parisi, F., Asprone, D., Fenu, L., & Prota, A. (2015). Experimental characterization of Italian composite adobe bricks reinforced with straw fibers. *Composite Structures*, 122, 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2014.11.060>
- Patnaik, B., Kassahun, G., & Mohammed, Y. (2019). Improving the Strength of Adobe Units Using Eragrostis Teff Straw Fiber for Sustainable Construction , Wolaita Sodo, Ethiopia. *Internation Journal Of Advance Research And Innovative Ideas In Education*, 5(5), 416–428.
- Pinta Soto, C. V. (2022). Actividad Biológica de la especie *Malva sylvestris* (Malva común). [Tesis de final de grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b5385c9a-a3bc-4331-8e71-9a306d013c08/content>
- Sanchez Guevara, E. Y. (2023). Análisis de las Propiedades Mecánicas del Adobe Elaborado con Fibras de Yute. [Trabajo de fin de grado. Universidad de Sipán]. <https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>
- Serebe, Y. A. A., Ouedraogo, M., Sere, A. D., Sanou, I., Zagre, W.-K. J. E., Aubert, J.-E., Gomina, M., & Millogo, Y. (2024). Optimization of kenaf fiber content for the improvement of the thermophysical and mechanical properties of adobes. *Construction and Building Materials*, 431. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136469>
- Ticona, J. (2020). Análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de coco, Huancané, Puno - 2019. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57615>
- Vasquez-Vasquez, L., Mosqueira-Ramírez, H., & Mosqueira-Moreno, M. A. (2023). Analysis of the Mechanical and Physical Properties of Adobe

Compacted with Ichu and Pine Fibers. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 2023-July, 1–10. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.395>

Contribución de los autores (CRediT)

Goyes-Balladares, A.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Recursos materiales, Software, Validación, Visualización, Redacción – borrador original. **Moya-Jiménez, R.:** Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0