ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.498

Traditional Adobe with addition of 1.5%, 3.0% and 4.5% of Cabuya Fiber in its Resistance to Compression and Flexion

Ever Joel Paraguay Ocas, Bach.[1] and Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing. [2]
[1]Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú, N00029952@upn.pe
[2]Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú, tulio.guillen@upn.pe

Summary – In this research, the main objective is to determine the compressive and flexural resistance of traditional adobe by adding 1.5%, 3.0% and 4.5% of cabuya fiber. In order to achieve this objective, different soil tests had to be carried out such as They are: moisture content, dry granulometric analysis, washing granulometric analysis, atterberg limits (liquid limit and plastic limit) and modified poctor. With the sole intention of having the necessary evidence and thus being able to make adobes, a mold or adobera with dimensions indicated in Standard E-080 was used, establishing measurements for the specimens and being able to present them in this investigation. A total of 60 artisanal adobes were made, of which 36 adobes were tested in compression and 24 adobes in flexion. The hypothesis states that the addition of cabuya fiber increases the compression and bending resistance by up to 5%. The results showed that the addition of cabuya fiber in the percentages of 1.5%, 3.0% and 4.5% reached a resistance of 13.71 kg/cm2, 15.37 kg/cm^2 and 17.36 kg/cm^2 respectively with an increase of 6.33% with respect to the standard sample obtained a resistance of 12.23 kg/cm^2. With respect to bending, the results were 1.22 kg/cm2 for the addition of 1.5% of cabuya fiber, 1.72 kg/cm^2 for the addition of 3.0% of cabuya fiber and 1.88 kg/cm^2 for the addition of 4.5% of cabuya fiber with an increase of 9.82% with respect to the standard sample that was obtained of 0.82 kg/cm^2, therefore we say that the hypothesis is fulfilled.

Keywords-- Adobe, Cabuya Fiber, straw, Compression and bending.

Adobe Tradicional con adición del 1.5%, 3.0% y 4.5% de Fibra de Cabuya en su Resistencia a la Compresión y Flexión

Ever Joel Paraguay Ocas, Bach.[1] and Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing. [2]
[1]Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú, N00029952@upn.pe
[2]Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú, tulio.guillen@upn.pe

Resumen– ***En la presente investigación, tiene como objetivo principal determinar la resistencia a la compresión y flexión del adobe tradicional adicionando 1.5%, 3.0% y 4.5% de fibra de cabuya, para poder lograr dicho objetivo se tuvieron que realizar diferentes ensayos de suelos como son: contenido de humedad, análisis granulométrico en seco, análisis granulométrico por lavado, límites de atterberg (límite líquido y límite plástico) y poctor modificado. Con la única intención de tener las pruebas necesarias y con esto poder hacer la elaboración de adobes, para ello se utilizó un molde o adobera con dimensiones indicadas en la Norma E-080, estableciendo medidas para los especímenes y poder presentarlos en la presente investigación. Se elaboraron un total de 60 adobes artesanales, de las cuales se ensayaron 36 adobes a compresión y 24 adobes a flexión. La hipótesis plantea que la adición de fibra de cabuya aumenta la resistencia a compresión y flexión hasta un 5%. Los resultados demostraron que la adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% alcanza una resistencia de 13.71 kg/cm^2, 15.37 kg/cm^2 y 17.36 kg/cm^2 respectivamente con un incremento de 6.33% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 12.23 kg/cm^2. Con respecto a la flexión los resultados fueron de 1.22 kg/cm^2 para la adición de 1.5% de fibra de cabuya, 1.72 kg/cm^2 para la adición de 3.0% de fibra de cabuya y 1.88 kg/cm^2 para la adición de 4.5% de fibra de cabuya con un incremento de 9.82% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo de 0.82 kg/cm^2 por lo tanto, decimos que la hipótesis se cumple.***

Palabras clave-- Adobe, Fibra de Cabuya, paja, Compresión y flexión.

I. Introducción

La albañilería ha sido una técnica de construcción primordial en el territorio peruano y también internacional, a lo largo de su historia. Desde tiempos ancestrales, las civilizaciones prehispánicas desarrollaron técnicas avanzadas para poder hacer un trabajo con el manejo de la piedra y la arcilla, obteniendo un buen acabado y dejando un legado arquitectónico deslumbrante que aún perdura en la actualidad aun siendo intactos. La albañilería se convirtió en el medio de manifestación y resistencia de los pueblos originarios, quienes utilizaron esta ancestral técnica para construir sus viviendas, templos y fortalezas, dejando una huella cultural y simbólica en el paisaje peruano el cual nos representa en la actualidad. [1].

La técnica de construcción con adobe ha sido utilizada por siglos en Latinoamérica y en gran parte del mundo teniendo un montón de acogida en el sector de la construcción de viviendas, debido a su naturalidad en bajo costo, bajo uso de energía para su fabricación, su aporte en la reducción de la contaminación por las emisiones de CO_2 (dióxido de carbono) que produce, su buen rescate como aislamiento acústico; como material inerte y degradable bajo estabilización natural, no necesita de mucha tecnología para su producción y reúne buenas características como aislante térmico.[2].

El uso de la albañilería en el Perú trasciende la simple función constructiva, adquiriendo un significado social y cultural representativo. Para los pueblos peruanos, la albañilería representa una herencia y conexión con sus raíces de sus antepasados, un emblema de identidad y orgullo que representa a cada uno de ellos. Además, esta técnica ha demostrado ser altamente resistente a los diversos fenómenos naturales que afectan periódicamente al país, como son terremotos y lluvias intensas, proporcionando protección y seguridad a las comunidades urbanas y rurales. En este marco, resulta sobresaliente profundizar en el estudio de la albañilería en el Perú, no solo desde una perspectiva técnica y arquitectónica, sino también desde una dimensión antropológica y sociocultural. Comprender el proceso de las etapas que ha ido pasando y evolucionando históricamente durante todo este tiempo donde sus características particulares y su impacto en las comunidades locales nos permitirá respetar, valorar y preservar este valioso patrimonio constructivo, así como identificar oportunidades de mejora y promoción de la albañilería como una alternativa sostenible y arraigada en la identidad nacional.[3].

Se sabe que, desde tiempos precolombinos, las construcciones de barro y adobe han desempeñado un papel crucial en la historia del Perú contribuyendo al desarrollo de muchas zonas urbanas y rurales. Estas técnicas tradicionales de construcción han sido utilizadas por las antiguas culturas como los incas, los cuales construyeron destacadas edificaciones, templos, casas y fortalezas. La durabilidad y resistencia de estas estructuras demuestran la calidad de los materiales y la ingeniería utilizada. Además, el uso del barro y adobe ha permitido a las comunidades adaptarse al entorno natural y aprovechar sus recursos de manera sostenible. Hasta el día de hoy, estas construcciones ancestrales siguen siendo parte integral del paisaje peruano, preservando la identidad cultural y recordándonos la importancia de nuestra historia arquitectónica.[4].

A lo largo de la historia, el uso de adobes como material de construcción ha sido fascinante debido a su capacidad para facilitar la transferencia tecnológica entre diferentes civilizaciones. La construcción con adobe se ha destacado por su amplia difusión y su perdurabilidad a lo largo de milenios siendo vistos hasta la actualidad, convirtiéndose en la técnica más comúnmente utilizada en la edificación en todo el mundo y dando vida al entorno natural. Esto se debe a su sencillez en el proceso constructivo y a su versatilidad en la adaptación a diversos entornos y necesidades arquitectónicas. Los adobes, elaborados a partir de la tierra como materia prima, han dejado un legado duradero en la historia de la construcción la cual seguirá su curso, siendo testigos de la habilidad y creatividad de las civilizaciones antiguas. La técnica de construcción con adobe continúa siendo valorada en la actualidad, ya que representa una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente, así como una muestra de la riqueza cultural y arquitectónica de nuestro pasado.[5].

Aún se desconoce el número exacto de viviendas construidas a base de material orgánico (tierra) en el mundo, pero se sabe y se estima que es un gran porcentaje por país y por comunidad, esto se debe a que es común que en zonas rurales se construyan este tipo de edificaciones ya que cuentan con el material en situ y ese es otro motivo por el cual se hace casi imposible hacer un cálculo certero de la cantidad de viviendas construidas con tierra. Como se estipuló antes, la facilidad de obtención de material y la elaboración de los adobes impulsa a la construcción de estas viviendas en estos sitios, el cual, en muchos casos, estos deben ser normados y estandarizados. Sin embargo, estas técnicas han ido desapareciendo progresivamente con el transcurso de los años por las nuevas tecnologías, procesos constructivos y normas, que cada vez llegan a más lugares del mundo.[6].

En el territorio peruano, no es ajeno que el adobe sea ampliamente utilizado como material de construcción en viviendas, siendo más visto en ciudades, pueblos y zonas rurales de la sierra, donde más se ha empleado este tipo de métodos constructivos. Pero esto acarrea un problema evidente, una desventaja significativa de este material es su baja resistencia frente a los movimientos sísmicos. Sin ir más lejos, El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) nos indica que el 55.8% de la población peruana ha habitado viviendas construidas con adobe, quincha, madera y esteras, recordando que el adobe carece de valor estructural reconocido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, sigue siendo una opción frecuente debido a su disponibilidad y asequibilidad en algunas zonas del país (INEI, 2017). [7].

Los censos nacionales del 2017, indican que 4 millones 285 mil 274 viviendas particulares (55.8%) tienen en sus paredes como material predominante el ladrillo o bloque de cemento; 2 millones 148 mil 494 viviendas (27.9%) adobe o tapial; 727 mil 778 (9.5%) madera; otras viviendas con triplay, calamina y estera (3.1%); quincha (2.1%); piedra con barro (1.0%) y piedra o sillar con cal o cemento (0.6%) (INEI, 2017).[7].

II. METODOLOGÍA

La presente investigación, según su propósito es aplicada, ya que es necesario la elaboración de muestras de adobe con adición de fibra de cabuya, con el fin de medir la variación en su resistencia al aplicar una carga. Según su profundidad es Correlacional, cuyo fin es medir el porcentaje, el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables, en un entorno en particular. Adicionalmente según la manipulación de variables esta investigación es el Experimental, es decir, se adicionará en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% de fibra de cabuya (variable independiente) la cual influye directamente en la resistencia a la compresión y flexión del adobe (variable dependiente).

La presente investigación, es del tipo experimental debido a que, se empleará y hará uso de instrumentos y equipos de laboratorio para realizar los ensayos necesarios, como son Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico, Límite Líquido y Plástico, Proctor Modificado Tipo A

La población estuvo conformada por la cantera del distrito de Los Baños del Inca, Caserío de Shaullo Chico por lo que la cantera lleva el mismo nombre “Shaullo Chico” productoras de materia prima para construcción, esta fue seleccionada por adaptarse de la major manera a las condiciones mínimas indicadas en la Norma E-080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA, se logro acopiar un aproximado de 60 kg y con respecto a la fibra de cabuya, esta se recolecto de la misma zona, ya que por estos lugares hay en abundancia obteniendo 100 kg para la extracción de la fibra de cabuya.

También definimos la muestra, como una parte de la población que será sometida a investigación, con la finalidad de conocer como es el resto, en la presente investigación tendremos en cuenta la Norma E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA, que establece el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de adobe. Así mismo indica que la cantidad de muestras mínimas son 06, para la presente investigación tomaremos nueve (09) para los ensayos a compresión y para los ensayos a flexión se tomará seis (06); para lo cual el número de muestras se detalla en la siguiente tabla:

TABLA 1

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población y muestra.

Especímenes	Paja	Fibra de Cabuya		
Porcentaje	Tradicional	1.5%	3.0%	4.5%
Compresión	9	9	9	9
Flexión	6	6	6	6
Subtotal	15	15	15	15
Total		60		

Nota: Cantidad de adobes que se requiere para los ensayos a compresión y flexión.

Así mismo se hace mención de la recolección de la fibra de cabuya:

Fig. 1. Recolección de hojas de agave.

El agave es una planta que crece en forma silvestre o cultivada en valles y laderas de los andes, pertenece a la familia de los agaváceas. Es una planta arrosetada que alcanza hasta 1.5 m de altura en su parte vegetal y si se incluye la estructura reproductora, puede alcanzar hasta 15 m. Viene del quechua "chahuar" o también conocido como "Chuchau".

Proceso para la obtención de la fibra de cabuya:

1º Siembra: en diferentes partes del mundo estos son terreno que deben de estar bien abonado y limpio de malezas para que el aprovechamiento sea de un cien por ciento.

2º Corte: se desprenden las hojas utilizando un machete las recomendadas son las que miden un aproximado de 1.50 metros de longitud.

3º Recolección: se junta las hojas cortadas para luego sea trasladado al lugar donde se realizará el desfibrado. Esto se debe de hacer de manera inmediata o en las próximas 24 horas para evitar que se seca las hojas.

4º Desfibrado: hay dos formas de la extracción de fibra tanto artesanal como industrial.

5º Lavado: consiste en preparar unos recipientes con agua limpia y detergente, se sumerge la fibra de cabuya donde permanecerá de 12 a 24 horas para luego lavarlas con la finalidad de desprender las partículas de corteza, pulpa, lignina, espinas y detergente que acompaña a la fibra.

6º Secado: puede ser de manera artificial y natural.

El tratamiento consta en cortar las hojas del agave, juntarlas para luego sacar las espinas la cual se conoce como despuntado, luego se hace el desfibrado para ello se golpea de manera delicada para no malograr la fibra, con el apoyo de una tabla y un machete raspando desde arriba hacia abajo haciendo este procedimiento hasta la obtención de la fibra de cabuya, luego hacemos el lavado para quitar el exceso de partículas de pulpa y finalmente secamos de manera natural haciendo un tendido de la fibra y exponiéndola al sol.

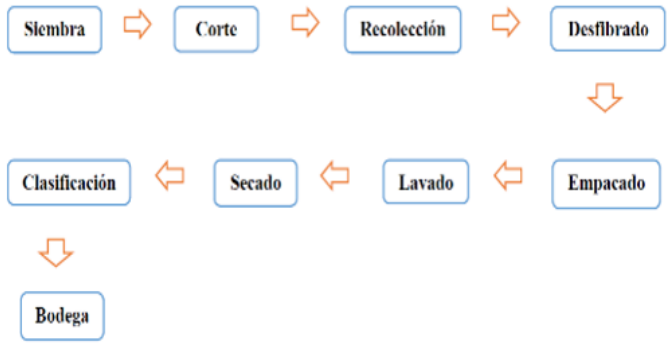

Fig. 2. Proceso para la obtención de la fibra de cabuya

La técnica para la recopilación de datos, fue la de observación directa al momento de realizarse los ensayos de laboratorio de la Universidad Privada del Norte, según las normas American Society for Testing and Materials de la ASTM (American Society for Testing and Materials) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

Los instrumentos que se emplearon para la recolección de datos de los ensayos realizados en laboratorio fueron protocolos proporcionados por la Universidad Privada Del Norte. Estos protocolos tuvieron como propósito recolectar datos de los ensayos indicados en la investigación. Es así que, inicialmente se realizaron los ensayos de mecánica de suelos del material extraído de la cantera, que viene a ser la Muestra.

Patrón (P) compuesta por material extraída de la cantera "Shaullo Chico", ubicada en el Distrito de Los Baños del Inca, Provincia y Departamento de Cajamarca, a esta muestra se agregó diferentes porcentajes de Fibra de Cabuya en 1.5%, 3.0% y 4.5%. Posteriormente, se realizaron ensayos para establecer las propiedades físicas y mecánicas del material combinado en el estudio.

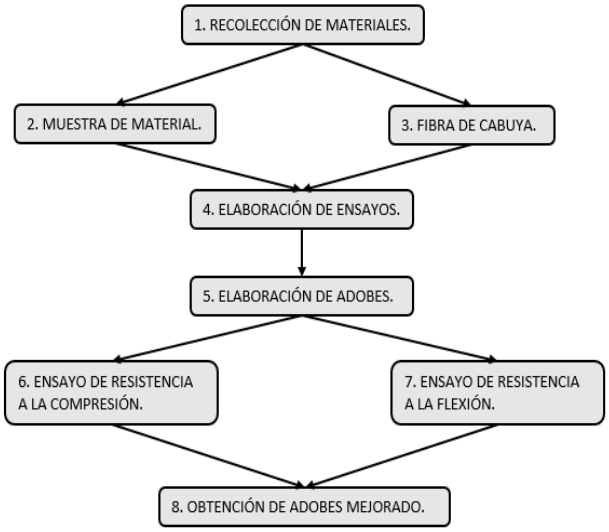

Fig. 3. Etapas del desarrollo de la investigación

TABLA II

Ubicación de la Cantera "Shaullo Chico"

Ubicación geopolítica		
Departamento	**Provincia**	**Distrito**
Cajamarca	Cajamarca	Los Baños del Inca
Ubicación geográfica		
Norte	**Este**	**Elevación**
9206125.00	781875.00	2745.10

Fig. 4. Ubicación de la Cantera "Shaullo Chico"

III. RESULTADOS

TABLA III

Resultados de los Ensayo de Materiales

Ensayos de propiedades físicas del suelo					
Contenido de humedad	**10.90 %**				
Granulometría					
Límites de Atterberg	**LL= 34.69**	**LP= 18.81**	**IP= 15.89**		
Proctor Modificado tipo A					
CANTERA	**Porcentaje de Fibra de Cabuya**				
Shaullo Chico	Patrón	1.50%	3.00%	4.50%	
DMS (gr/cm3)	2.2	1.98	2.15	1.96	
OCH (%)	3.05	7.38	5.85	6.1	

La Tabla III, se muestra los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos, según protocolos, en laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

a. Resultados de Ensayos a Compresión

Muestra patrón vs 1.5% de fibra de cabuya ensayo a compresión.

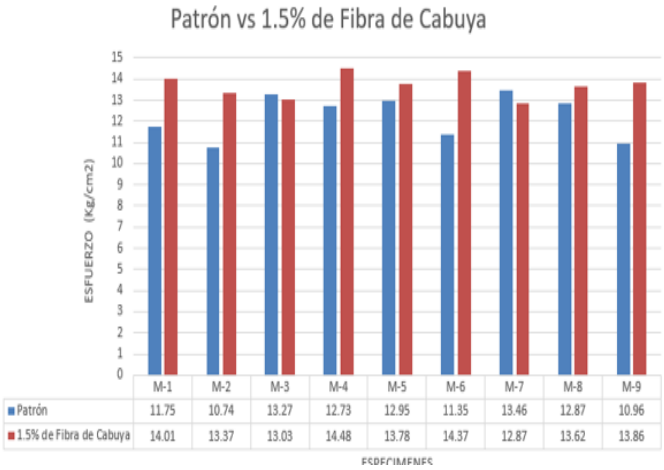

Fig. 5. Muestra patrón vs 1.5% de fibra de cabuya ensayo a compresión

En la gráfica se muestra la comparación de esfuerzo del adobe patrón y adobes con adición de 1.5% de fibra de cabuya, donde podemos apreciar que el esfuerzo con 1.5% de fibra de cabuya es de 14.48 kg/cm^2 la cual es superior al de adobe patrón 13.46 kg/cm^2.

Muestra patrón vs 3.0% de fibra de cabuya ensayo a compresión .

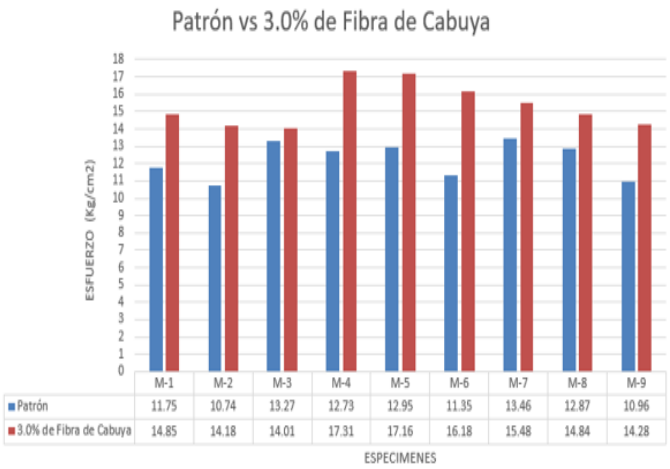

Fig. 6. Muestra patrón vs 3.0% de fibra de cabuya ensayo a compresión

En la gráfica se muestra la comparación de esfuerzo del adobe patrón y adobes con adición de 3.0% de fibra de cabuya, donde podemos apreciar que el esfuerzo con 3.0% de fibra de cabuya es de 17.31 kg/cm^2 la cual es superior al de adobe patrón 13.46 kg/cm^2.

Muestra patrón vs 4.5% de fibra de cabuya ensayo a compresión.

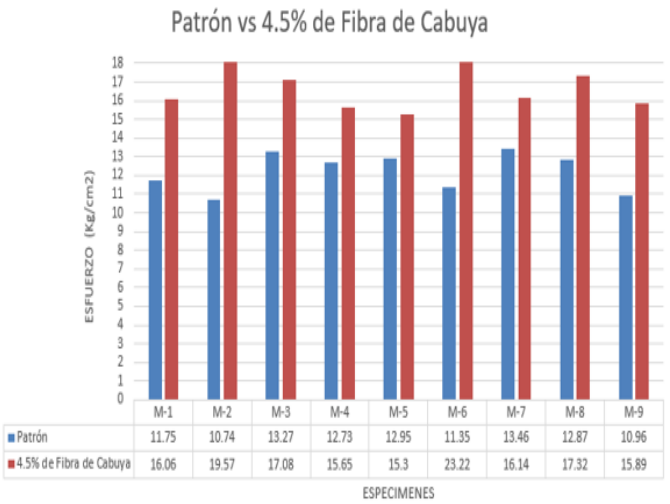

Fig. 7. Muestra patrón vs 4.5% de fibra de cabuya ensayo a compresión

En la gráfica se muestra la comparación de esfuerzo del adobe patrón y adobes con adición de 4.5% de fibra de cabuya, donde podemos apreciar que el esfuerzo con 4.5% de fibra de cabuya es de 23.22 kg/cm^2 la cual es superior al de adobe patrón 13.46 kg/cm^2.

b. <u>Resultados de Ensayos a Flexión</u>

Muestra patrón vs 1.5% de fibra de cabuya ensayo a flexión .

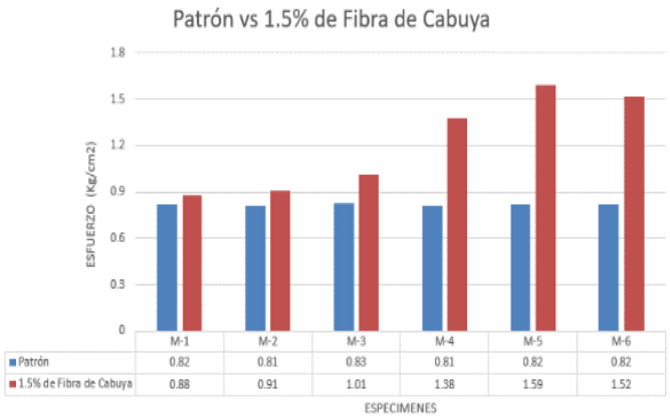

Fig. 8. Muestra patrón vs 1.5% de fibra de cabuya ensayo a flexión

En la gráfica se muestra la comparación de esfuerzo del adobe patrón y adobes con adición de 1.5% de fibra de cabuya, donde podemos apreciar que el esfuerzo con 1.5% de fibra de cabuya es de 1.59 kg/cm^2 la cual es superior al de adobe patrón 0.83 kg/cm^2.

Muestra patrón vs 3.0% de fibra de cabuya ensayo a flexión .

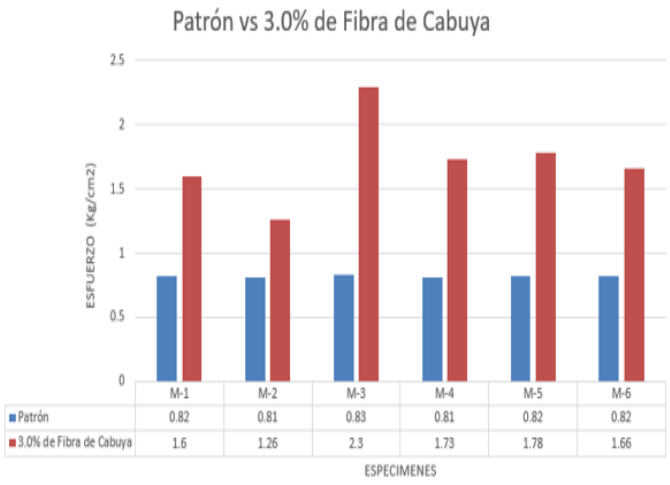

Fig. 9. Muestra patrón vs 3.0% de fibra de cabuya ensayo a flexión

En la gráfica se muestra la comparación de esfuerzo del adobe patrón y adobes con adición de 3.0% de fibra de cabuya, donde podemos apreciar que el esfuerzo con 3.0% de fibra de cabuya es de 2.30 kg/cm^2 la cual es superior al de adobe patrón 0.83 kg/cm^2.

Muestra patrón vs 4.5% de fibra de cabuya ensayo a flexión .

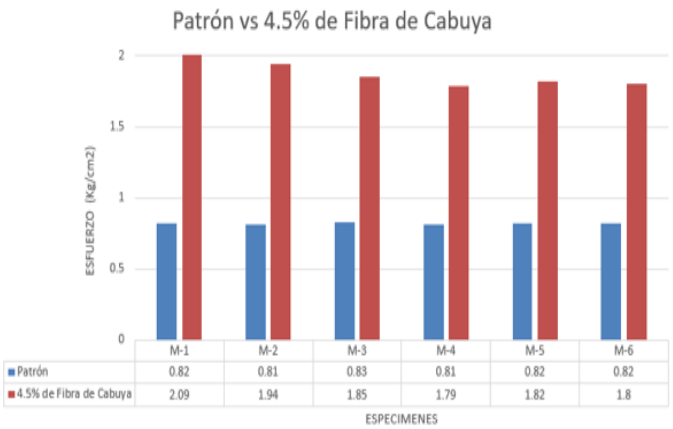

Fig. 10. Muestra patrón vs 4.5% de fibra de cabuya ensayo a flexión

En la gráfica se muestra la comparación de esfuerzo del adobe patrón y adobes con adición de 4.5% de fibra de cabuya, donde podemos apreciar que el esfuerzo con 4.5% de fibra de cabuya es de 2.09 kg/cm^2 la cual es superior al de adobe patrón 0.83 kg/cm^2.

TABLA IV

RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE

Resumen de resistencia a la compresión de especímenes.

Descripción	Esfuerzo (kg/cm^2)
Adobe patrón (tradicional)	12.23
Adobe con 1.5% de fibra de cabuya	13.71
Adobe con 3.0% de fibra de cabuya	15.37
Adobe con 4.5% de fibra de cabuya	17.36
Adobe tradicional normado E-080 (art.8.1)	10.20

Nota: Los datos corresponden al promedio de los esfuerzo de cada espécimen.

Resumen de resistencia a la compresión de abobes.

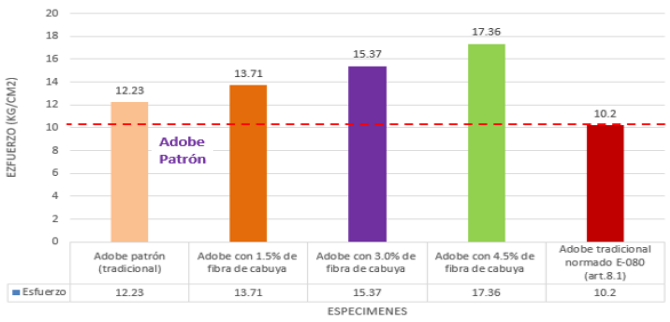

Fig. 11. Resumen de resistencia a la compresión de adobe.

En el grafico se observa que todas las muestras cumplen con el esfuerzo mínimo de la norma E-080, asi mismo se obtuvo 13.71 kg/cm^2 para el adobe con 1.5% de fibra de cabuya, 15.37 kg/cm^2 para el adobe con 3.0% de fibra de cabuya, 17.36 kg/cm^2 para el adobe con 4.5% de fibra de cabuya y con respecto a la muestra patrón se obtuvo una resistencia de 12.23 kg/cm^2.

TABLA V

RESUMEN DE RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL ADOBE

Resumen de resistencia a flexión de especímenes.

Descripción	Esfuerzo (kg/cm^2)
Adobe patrón (tradicional)	0.82
Adobe con 1.5% de fibra de cabuya	1.22
Adobe con 3.0% de fibra de cabuya	1.72
Adobe con 4.5% de fibra de cabuya	1.88
Adobe tradicional normado E-080 (art.8.2)	0.81

Nota: Los datos corresponden al promedio de los esfuerzo de cada espécimen.

Resumen de resistencia a la flexión de abobes.

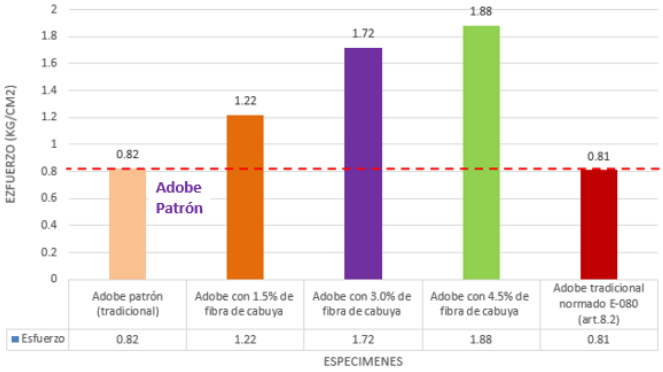

Fig. 12. Resumen de resistencia a la flexión de adobe.

En el grafico se observa que todas las muestras cumplen con el esfuerzo mínimo de la norma E-080, art. 8.2, asi mismo se obtuvo 1.22 kg/cm^2 para el adobe con 1.5% de fibra de cabuya, 1.72 kg/cm^2 para el adobe con 3.0% de fibra de cabuya, 1.88 kg/cm^2 para el adobe con 4.5% de fibra de cabuya y con respecto a la muestra patrón se obtuvo una resistencia de 0.82 kg/cm^2

IV. DISCUSIÓN

Los ensayos a compresión de los adobes con adición de fibra de cabuya obtuvieron una resistencia de 15.48 kg/cm^2, mientras que en el ensayo a flexión de los adobes con adición de fibra de cabuya obtuvieron una resistencia de 1.61 kg/cm^2, por lo que se tiene que las resistencias obtenidas cumplan con la Norma E-080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, al superar la resistencia que en esta se menciona. La cual es de 10.20 kg/cm^2 en compresión y 0.81 kg/cm^2 en flexión.

En la investigación de la referencia [7], encontró que los ensayos a compresión de sus adobes con fibra de fique en los

porcentajes de 1%, 1.5% y 2% obtuvo resultados de 81.88 kg/cm^2, 58.27 kg/cm^2 y 51.97 kg/cm^2 respectivamente, mientras que en la presente tesis los adobes con adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% se obtuvo resultados de 13.71 kg/cm^2, 15.37 kg/cm^2 y 17.36 kg/cm^2 respectivamente, notando que los resultados son diferentes lo cual puede deberse a que cada una se elaboró de manera diferente (mecánica y artesanal).

En la investigación de la referencia [7], encontró que los ensayos a flexión de sus adobes con fibra de fique en los porcentajes de 1%, 1.5% y 2% obtuvo resultados de 13.25 kg/cm^2, 16.43 kg/cm^2 y 22.00 kg/cm^2 respectivamente, mientras que en la presente tesis los adobes con adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% se obtuvo resultados de 1.22 kg/cm^2, 1.72 kg/cm^2 y 1.88 kg/cm^2 respectivamente, notando que los resultados son diferentes lo cual puede deberse a que cada una se elaboró de manera diferente (mecánica y artesanal).

Por otro lado, en la investigación de la referencia [8], encontró que sus adobes con adición de paja toquilla de 1, 2 y 3 pulgadas alcanzando una resistencia a compresión de 32.64 kg/cm^2, 29.00 kg/cm^2 y 30.68 kg/cm^2 respectivamente, y en la presente tesis los adobes con adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% se obtuvo resultados de 13.71 kg/cm^2, 15.37 kg/cm^2 y 17.36 kg/cm^2 respectivamente, notando que los resultados son diferentes lo cual puede deberse a que cada una se elaboró de manera diferente (mecánica y artesanal).

En la investigación de la referencia [8], encontró que sus adobes con adición de paja toquilla de 1, 2 y 3 pulgadas alcanzando una resistencia a flexión de 22.89 kg/cm^2, 23.34 kg/cm^2 y 24.45 kg/cm^2 respectivamente, y en la presente tesis los adobes con adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% se obtuvo resultados de 1.22 kg/cm^2, 1.72 kg/cm^2 y 1.88 kg/cm^2 respectivamente, notando que los resultados son diferentes lo cual puede deberse a que cada una se elaboró de manera diferente (mecánica y artesanal).

Finalmente en la investigación de la referente [9], encontró que sus adobes con adición de 1.5%, 3% y 4.5% de viruta de madera tornillo mostraron una resistencia a compresión de 28.05 kg/cm^2, 30.54 kg/cm^2 y 28.79 kg/cm^2 respectivamente, mientras que sus adobes con adición de 1.5%, 3% y 4.5% de viruta de madera de pino mostraron una resistencia a compresión de 28.01 kg/cm^2, 25.44 kg/cm^2 y 26.47 kg/cm^2 respectivamente y en la presente tesis los adobes con adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% se obtuvo resultados de 13.71 kg/cm^2, 15.37 kg/cm^2 y 17.36 kg/cm^2 respectivamente, notando que los resultados son diferentes ya que los materiales son de fibras diferentes.

V. CONCLUSIONES

La hipótesis se cumple, debido a que los ensayos realizados a compresión demuestran que los adobes con adición de fibra de cabuya mostraron en promedio una resistencia de 15.48 kg/cm^2, resistiendo un 6.33% más que el adobe patrón, el cual resistió en promedio 12.23 kg/cm^2, mientras que en el ensayo a flexión el incremento de la resistencia es de 9.82%.

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo utilizado en los adobes, donde el contenido de humedad llego a 10.90% la cual se obtuvo del promedio de 5 muestras. La granulometría cumple con el porcentaje retención, en la malla N°4 pasa 85.81% y en la malla N°200 pasa el 9.10%. En los límites de plasticidad, el límite líquido alcanzo el 34.69% y el límite plástico 18.81% y el índice de plasticidad a 15.89%. Mientras que en la clasificación SUCS el material es un tipo de suelo CL limo arcilloso.

La adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% alcanza una resistencia a compresión de 13.71 kg/cm^2, 15.37 kg/cm^2 y 17.36 kg/cm^2, respectivamente con un incremento de 6.33% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 12.23 kg/cm^2.

La adición de fibra de cabuya en los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% alcanza una resistencia a flexión de 1.22 kg/cm^2, 1.72 kg/cm^2 y 1.88 kg/cm^2, respectivamente con un incremento de 9.82% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 0.82 kg/cm^2.

V. REFERENCIA

[1] Benites, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya (furcraea andina). Universidad de Piura. Piura.

[2] Carhuanambo, J. (2016). Propiedades Mecánicas y físicas del Adobe Compactado con adición de Viruta y Aserrín, Cajamarca 2016. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Cajamarca, Perú.

[3] Vázquez, L. (2019). Resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Cajamarca, Perú.

[4] Guerrero, L.F. (2014). Potencia Ecológica de la Edificación con Adobe. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México.

[5] Sotomayor, L.A. (2018). "EL Adobe" Diseño y proceso constructivo de una vivienda de adobe en Cauquenes. Universidad Andrés Bello, Santiago.

[6] INEI. (2017). Características de las viviendas particulares censadas. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú.

[7] Cotrina, W. (2021). Resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe compactado, adicionando fibra de fique. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Lima, Perú.

[8] Lobato, N. (2018). Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla-Cajamarca 2017, Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Cajamarca, Perú.

[9] Tafur, B. & Leon, C. (2023). Influencia de la viruta de madera tornillo y madera local en la resistencia a la compresión de adobe, en el centro poblado la pacha grande baja-Cajamarca, Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Cajamarca, Perú.

[10] Barreto, L. (2014). "Estudio sobre la fabricación y las propiedades mecánicas del adobe utilizado como material de construcción en la parroquia paletillas, cantón zapotillo". Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

[11] Bolaños, J. (2016). "Resistencia a Compresión, Flexión y Absorción Del Adobe Compactado con Adición de Goma de Tuna". Cajamarca: Universidad Privada Del Norte.

[12] Borja Suárez, M. (2016). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo.

[13] Gaitán, G. (2021). "Influencia de la hoja de cortadera y su efecto en la resistencia a compresión del adobe en viviendas, provincia de Cajamarca, distrito de baños del inca, 2021". Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

[14] García Gómez, I. (2017). "Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales". Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca.

[15] Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Sexta edición.

[16] Hurtado de Berrera, J. (2000). Metodología de la investigación holística. Venezuela.

[17] INEI. (2022). Instituto Nacional de Estadística e Informática: https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/

[18] Lecaros, J., & Arotaipe, O. (2022). "Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas del adobe con reemplazo de ichu por fibra de cabuya, en el sector de Quispiquilla del distrito de San Sebastián - Cusco 2022". cusco: Universidad Andina del Cusco.

[19] López, J., & Bernilla, P. (2015). Evaluación funcional y constructiva con adobe estabilizado en Cayalti. Programa COBE-1976. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.

[20] López, X., & Torbisco, D. (2020). Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

[21] MVCS. (7 de Abril de 2017). Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. Obtenido de El Peruano - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento: https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

[22] Peñaranda, A. (2018). Resistencia a compresión y absorción del adobe compactado con sustitución del agua por goma de tuna en porcentajes de 5%,10% y 15%, Huaraz-Ancash. Huaraz: Universidad San Pedro.

[23] Perez, M. (19 de febrero de 2020). Evaluación de la resistencia a la compresión del adobe. Universidad Nacional de Jaén: http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/264/1/Perez_CMA_P%C3%A9rez_CRJ.pdf

[24] Ruiz, M. (2019). Conformación de bloques con residuos de agave "Angustifolia Haw". Estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción, Zumpahuacán, Estado de México. México: Universidad Autónoma del Estado de México.

[25] Sarduy, Y. (24 de Octubre de 2006). El análisis de información y las investigaciones cuantitativas y cualitativas. Obtenido de Revista Cubana de salud pública, vol. 33: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020

[26] Tamayo, M. (2002). El proceso de la investigación científica. México: cuarta edición.

[27] Vega, S. (2019). Resistencia a compresión de adobe con fibra de maguey, centro poblado de Hualcan - Carhuaz 2018. Huaraz: Universidad San Pedro.

[28] Veiga de Cabo, J., De la Fuente Diez, E., & Zimmermann, M. (2008). Modelos de estudio en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. Madrid.

[29] Velarde, O. (2021). Mejoramiento de la resistencia del adobe estabilizado con mucilago de cactus para efectos de lluvias, Lambayeque, 2021. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.