

# Compacted adobe using wheat straw, pine and their combination

Miguel Angel Ocas Soberon, Bach.<sup>1</sup>; Jeyms Brayan Huaman Duran, Bach.<sup>2</sup>; and Anita E. Alva Sarmiento, Mg.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [N00195568@upn.pe](mailto:N00195568@upn.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [N00174833@upn.pe](mailto:N00174833@upn.pe)

<sup>3</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [anita.alva@upn.pe](mailto:anita.alva@upn.pe)

*Abstract– This study seeks to examine the mechanical properties of adobe compacted with wheat straw, pine needles and their mixtures in proportions of 0.3%, 0.5% and 0.8% subjected to compression and bending. Earth from the Cruz Blanca quarry in Cajamarca was used. Moisture content tests, granulometric analysis, plasticity limits, relative specific gravity of solids and modified proctor were carried out. Knowing the properties of the material, 120 samples of compacted adobe were manufactured with the CINVA RAM machine, drying for 28 days before performing compression and bending tests, obtaining positive results. In the compression test, adobes with 0.3%, 0.5% and 0.8% wheat straw showed increases of 47.08%, 68.16% and 27.29%, while with pine needles the increases were 26.63%, 41.87% and 45.12%. By combining both, an increase of 28.44%, 45.27% and 66.49% was achieved. For the bending tests, increments of 0.3%, 0.5% and 0.8% of wheat straw were used, obtaining values of 5.06% and 9.27%. and 60.67%, when adding pine needles the values 21.07%, 25.28% and 52.81 are obtained, and finally for the combination of elements the values 49.72%, 57.87% and 44.94% are presented. So we come to the conclusion that we have validated the hypothesis, these values satisfy the minimum requirements established by the standard.*

*Keywords-- Wheat straw, pine needles, compression, bending, compacted adobe.*

# Adobe compactado con el uso de paja de trigo, pino y su combinación

Miguel Angel Ocas Soberon, Bach.<sup>1</sup>; Jeyms Brayan Huaman Duran, Bach.<sup>2</sup>; and Anita E. Alva Sarmiento, Mg.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [N00195568@upn.pe](mailto:N00195568@upn.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [N00174833@upn.pe](mailto:N00174833@upn.pe)

<sup>3</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [anita.alva@upn.pe](mailto:anita.alva@upn.pe)

**Resumen**– Este estudio busca examinar las propiedades mecánicas del adobe compactado con paja de trigo, pino y sus mezclas en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8% sometido a compresión y flexión. Se utilizó tierra de la cantera Cruz Blanca en Cajamarca. Se realizaron pruebas de contenido de humedad, análisis granulométricos, límites de plasticidad, gravedad específica relativa de sólidos y proctor modificado. Conociendo las propiedades del material, se fabricaron 120 muestras de adobe compactado con la máquina CINVA RAM, secándose durante 28 días antes de realizar pruebas de compresión y flexión, obteniendo resultados positivos. En la prueba de compresión, los adobes con 0.3%, 0.5% y 0.8% de paja de trigo presentaron incrementos de 47.08%, 68.16% y 27.29%, mientras que con las agujas de pino los incrementos fueron de 26.63%, 41.87% y 45.12%. Combinando ambos se logró un incremento del 28,44%, 45,27% y 66,49%. Para los ensayos de flexión se utilizaron incrementos de 0,3%, 0,5% y 0,8% de paja de trigo, obteniendo valores de 5,06% y 9,27%. y 60.67%, al agregar agujas de pino se obtienen los valores 21.07%, 25.28% y 52.81, y finalmente para la combinación de elementos se presentan los valores 49.72%, 57.87% y 44.94%.

Finalmente concluimos en tener una unidad que cumple con lo establecido en las normas de albañilería.

**Palabras clave**– Paja de trigo, agujas de pino, compresión, adobe compactado.

## I. INTRODUCCIÓN

Por la necesidad de un hogar, el ser humano ha creado estructuras arquitectónicas con diversos materiales, entre ellos el adobe.

Un panorama del uso histórico del adobe [1], indicando que en Perú su construcción se originó en la época Preinca, Inca y colonial, destacando ejemplos como la ciudad de Caral (2800 a. C.), Templo de Acllawasi (siglo XIII) y ciudadela de Chan Chan (600 y 700 d.C.). C.), esta obra es fundamental en la arquitectura peruana por sus altos relieves en la decoración mural. Se han hallado estructuras después de la conquista, como villas e iglesias, muchas de ellas con tres pisos o más de altura.

La construcción que utiliza adobe es una técnica antigua que ha sido empleada a lo largo de miles de años, y su influencia ha sido notable en la historia del ser humano. Desde los tiempos en que los primeros seres humanos fabricaban estructuras con tierra para resguardar las entradas de sus cuevas, hasta la creación de las grandes ciudades de barro que aún se pueden

observar en la actualidad. Según lo expuesto en la tesis de [2], se calcula que hoy en día, cerca del 50% de las casas en el mundo están construidas con este material versátil. Asimismo, se ha comprobado que usar adobe puede ser una solución efectiva para enfrentar la escasez de viviendas, ya que facilita la edificación de casas a costos bajos. No obstante, es crucial destacar que construir estas viviendas puede ser problemático sin una evaluación previa de la durabilidad de los materiales empleados. Por este motivo, se llevan a cabo estudios para incluir diversos tipos de fibras en la mezcla de adobe, con el objetivo de mejorar su rendimiento y resistencia en el tiempo.

Según [3], señala que hoy en día, una de las desventajas del Adobe es que se ve como un material inferior y marginado por las deficientes condiciones del sector económico, su producción manual y el desconocimiento social sobre su proceso, usos y relevancia. Por ello, buscamos un adobe superior para construir que no genere incomodidades ambientales y sea seguro ante sismos.

En la ciudad de Cajamarca, el empleo de adobe como material de construcción es ampliamente predominante, particularmente entre las comunidades rurales. Este fenómeno puede atribuirse a diversas razones, como la rentabilidad económica y la accesibilidad del material. Sin embargo, de acuerdo con ciertos estudios, la producción de adobe se lleva a cabo mediante un método experimental que carece de garantías para la seguridad de los individuos, dado que no existen investigaciones ni evidencia que respalde su calidad, propiedades o durabilidad frente a fenómenos sísmicos o condiciones climáticas adversas.

El estudio se basa en experiencias nacionales e internacionales y busca resolver el problema mediante adobe compactado que incluya paja de trigo y agujas de pino. Se combinarán estos materiales en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%. Es importante subrayar que, al mezclar estos dos elementos, se emplearán las mismas proporciones, distribuyéndose de la siguiente manera: para obtener el porcentaje total de 0.3%, se utilizará 0.15% de paja de trigo en conjunto con 0.15% de agujas de pino; para el porcentaje de 0.5%, se combinarán 0.25% de paja de trigo con 0.25% de agujas de pino; mientras que para alcanzar el porcentaje total de 0.8%, se incorporarán 0.4% de paja de trigo y 0.4% de agujas de pino. A través de este estudio, se busca analizar y determinar

si los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión proporcionan resultados que sean considerados satisfactorios o, por el contrario, resultados que resulten negativos. La creación del adobe compactado se llevará a cabo utilizando la máquina conocida como CINVA RAM, la cual será proporcionada generosamente por la Universidad Privada del Norte.

Una evaluación de la resistencia del adobe reforzado con 1%, 3% y 5% de paja de trigo para viviendas en Chalaco, Piura [3], determinó que la resistencia máxima a la compresión fue de 27.35 kg/cm<sup>2</sup> y a la flexión de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>. Este hallazgo indica que el refuerzo en los bloques mejora su estabilidad ante los esfuerzos de compresión y flexión mínimos de la norma E – 080.

De acuerdo con la investigación de [4], el objetivo fue identificar sus propiedades físicas y mecánicas, fabricando 72 adobes, y añadiendo agujas de pino en 0.25%, 0.5% y 0.75%; se halló que con 0.50% hubo un incremento del 16.61%, para 0.25% un 25.76% y para 0.75% fue 24.76%; estos datos provienen de la prueba de compresión, y para flexión al 0.25%, 0.50% y 0.75% hubo aumentos de 51.65%, 62.15% y 54.36%, respectivamente.

La investigación de [5], sobre las propiedades mecánicas del adobe con fibra de espino (0.5%, 0.75% y 1%) mostró compresiones del 42.22%, 29.75% y 25.47%, y flexiones del 26.37%, 43.59% y 59.55%, concluyendo que los resultados superaron las hipótesis en un 20% para compresión y 10% para flexión.

[6], en su artículo científico tuvieron como objetivo principal analizar las propiedades físicas y mecánicas del adobe compactado con fibra de coco en 0.25%, 0.50% y 0.75%, evaluando compresión y flexión; los resultados fueron positivos, con una mejora del 24.40% en resistencia a la compresión, alcanzando 36.83 kg/cm<sup>2</sup> frente al adobe patrón de 28.21 kg/cm<sup>2</sup>, y en flexión superó en un 13.68% a la muestra patrón de 7.3 kg/cm<sup>2</sup>.

Según, [7], en su artículo publicado en México, se planteó determinar la resistencia mecánica del adobe compactado al incluir bagazo de agave con longitudes de 10, 15, 20 y 25 mm y concentraciones de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.0% respecto al peso del adobe; las pruebas mostraron que al combinarlo con bagazo de agave a 25mm en 1% de concentración se logró una compresión de 14.12% y un aumento del 7.86% en resistencia a la flexión con fibra de 25 mm y concentración de 0.75%, obteniendo resultados óptimos.

Para lograr una comprensión más profunda y completa del estudio que estamos analizando, es fundamental que primero entendamos los conceptos que se expondrán a continuación.

Con respecto al concepto de SUELO, [8], asimismo, en su libro nos dice que el suelo es el material mineral suelto en la superficie terrestre que esta influenciado por factores genéticos y ambientales: material parental, clima, macro y microorganismos y topografía, todos actuando durante un lapso

y generando un producto: el suelo se diferencia del material del que se obtiene por diferentes propiedades y características físicas, químicas, biológicas y morfológicas.

En el estudio de [9], titulado “Adobe estabilizado como material de construcción”, publicado en México, nos dio una imagen clara del suelo y nos dijo que es el componente principal del adobe. Es muy importante saber con qué tipo de suelo se estará trabajando, porque si trabajas con suelo que no tiene ciertas propiedades necesarias, se reflejara en el más desempeño del adobe. Esto también nos dice que la tierra es la capa superior de la corteza terrestre.

Con respecto al concepto de ADOBE, el [10], en la regulación E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada”, establece que el adobe se define como una unidad de suelo grueso que puede combinarse con paja o arena gruesa con el propósito de mejorar su estabilidad y durabilidad.

Así también [11], en su investigación, plantea que el adobe es un material de construcción que típicamente se presenta en la forma de bloques macizos, elaborados a partir de componentes terrenales. Los componentes fundamentales del adobe son la arcilla, el limo y la arena, cuyas proporciones reportadas en la literatura varían entre 10-30%, 10-40% y 40-85%, respectivamente.

Al tener un entendimiento claro de estos conceptos fundamentales, podemos afirmar que el adobe constituye una mezcla compuesta principalmente de tierra, a la que se le han incorporado diversos componentes tales como arcilla, limo y arena. Además, se integran ciertos elementos adicionales, como la paja y otros materiales, con el propósito de optimizar y reforzar las características de este tipo de bloque.

Con respecto al concepto de ADOBE COMPACTADO, [12], en su tesis, presenta el concepto de adobe compactado, señalando que constituye una alternativa que capitaliza las ventajas del adobe tradicional mientras disminuye sus desventajas. Esto se logra mediante una adecuada mezcla de los ingredientes del adobe convencional, a la cual se le incorpora un proceso de compactación, resultando en un material de características más uniformes. El fenómeno de compactación se evidencia a través de un incremento en la densidad del adobe, lo que contribuye a su mayor resistencia mecánica. Este proceso resulta en una reducción de la porosidad general y de la microporosidad del suelo debido a la aireación, lo que genera un material más denso en comparación con el adobe convencional.

De acuerdo con [13], la norma española UNE 41410 define un bloque de suelo compactado (BTC) como una unidad utilizada en la construcción de albañilería, caracterizada por su forma de paralelepípedo rectangular. Este bloque se obtiene mediante la compactación estática o dinámica de suelo húmedo. Adicionalmente, debido a su proceso de liberación inmediata, es posible que incluya estabilizantes para mejorar sus propiedades.

Con respecto al concepto de ESTABILIZANTES, en la investigación de [13], sugirieron que el término estabilizador se emplea para definir un material que puede optimizar las características del suelo, incrementando en este caso la resistencia del suelo a la compresión y a la tracción. La estabilización de suelos es un procedimiento que implica la incorporación o aplicación de un agente estabilizante que debe ser mezclado con el suelo y que se endurece conforme a las especificaciones y directrices del producto utilizado. Los estabilizadores pueden incluir fibras vegetales, pelos de origen animal, minerales, entre otros.

Con respecto al concepto de RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, decimos que es la habilidad de aguantar o resistir una carga por unidad de superficie, [14], explica que la resistencia a la compresión es la tensión máxima que un material puede soportar bajo carga de compresión. La compresión de materiales desgastados puede evaluarse en márgenes estrechos como una característica independiente. No obstante, la resistencia a la compresión de un material sin falla se define como la tensión requerida para deformarlo a cualquier nivel con un valor arbitrario.

Con respecto al concepto de RESISTENCIA A LA Flexión, el estudio de [14], define la resistencia a la flexión como el máximo esfuerzo que soporta la fibra antes de fisurarse o romperse en una prueba de flexión. Se presenta el límite elástico para materiales que no superan la evaluación de flexión. Sinónimo de tenacidad a la fractura.

Con respecto al concepto de PAJA DE TRIGO, en su investigación de [15], elucidaron que la paja de trigo constituye una fibra natural que presenta una notable capacidad de adherencia al barro. Este recurso puede ser aprovechado tras la cosecha del grano, mediante su recolección posterior a la trilla, para su posterior aplicación en la producción de bloques de adobe. Este uso potencial de la paja de trigo podría contribuir a mejorar la resistencia a la compresión del adobe cuando se expone a diversas fuerzas externas.

Con respecto al concepto de TRIGO, el trigo se considera uno de los cereales más fundamentales y antiguos en la historia de la humanidad. Su nombre científico es *Triticum aestivum*, y su origen se remonta a la antigua Mesopotamia, abarcando regiones que actualmente corresponden a Siria, Jordania, Turquía, Israel e Irak. Este cultivo presenta un sistema radical compuesto por raíces en racimo, que representan aproximadamente el 50% del total de las raíces, y se encuentran a una profundidad de entre 0 y 25 cm. Las raíces restantes pueden alcanzar longitudes de hasta un metro, y en suelos sueltos, pueden extenderse hasta 1.5 m. Por lo tanto, se sugiere que esta planta sea cultivada de manera individual por los interesados. Las flores reciben fertilización antes de proceder a su proceso de floración.

Con respecto al concepto de PINO, El nombre científico del pino es *Pinus Patula Schiede et Cham*, también conocido como pino llorón en Colombia. La investigación de [16], indica

que esta especie proviene de las regiones subtropicales de México, donde se encuentra creciendo en masas casi pura en altitudes de 1800 y 2900 m.s.n.m y tiene además la característica de que puede alcanzar grandes altitudes como es de 30 a 35 m y un diámetro de 50 a 90 cm.

En el mismo estudio nos cuenta que sus hojas miden unos 20 cm, pero esta cifra varía de 15 a 30 cm, son delgadas, caídas o ligeramente alargadas, parecen colgar verticalmente, su color es verde claro brillante, en la siguiente imagen se puede ver las agujas del pino.

Esta investigación considera como objetivo general determinar la variación de la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado mediante la incorporación de paja de trigo, agujas de pino y la combinación de estas en 0.3%, 0.5% y 0.8%, considerando también la problemática identificada, se puede tomar en cuenta aquellos objetivos específicos a los siguientes: establecer las propiedades granulométricas del suelo de la cantera “Cruz Blanca”; elaborar los componentes con una dimensión de 2” y producir los adobes compactados, tanto sin ninguna adición como con la incorporación de paja de trigo, agujas de pino, y la combinación de ambos; establecer la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado patrón como también adobes con paja de trigo, agujas de pino y su combinación al 0.3%, 0.5% y 0.8%; establecer la resistencia a la compresión y flexión de bloques de adobe compactado, utilizando combinaciones de paja de trigo y agujas de pino en proporciones del 0.30% (0.15% de paja de trigo y 0.15% de agujas de pino), 0.5% (0.25% de paja de trigo y 0.25% de agujas de pino), y, por último, en un 0.8% (0.4% de paja de trigo y 0.4% de agujas de pino); realizar una comparación de la resistencia a la compresión y flexión de bloques de adobe en función de diversos porcentajes, en relación con un adobe patrón; elaborar una propuesta técnica económica utilizando el adobe que mostró los resultados más favorables en el presente estudio.

En tanto que, como hipótesis, se tiene “La resistencia a compresión del adobe con paja de trigo aumenta más del 20% y la de flexión un 5%. La resistencia del adobe con agujas de pino aumenta más del 25% en compresión y 15% en flexión. Mezclar ambas fibras en diversas proporciones puede aumentar la resistencia a compresión y flexión en un 25% y 30%”.

El presente estudio encuentra su justificación al examinar la problemática que enfrenta la población en relación con la necesidad de acceder a una vivienda digna y adecuada. En este contexto, la investigación se propone explorar diversas alternativas de solución, las cuales se llevarán a cabo a través de ensayos que medirán la resistencia a compresión y flexión de los adobes, incorporando elementos como paja de trigo, agujas de pino, y además evaluando la combinación de estos dos componentes. El objetivo es desarrollar adobes que posean una resistencia significativamente mayor, lo que contribuiría a minimizar los riesgos de desastres naturales y la posible pérdida de vidas humanas. A lo largo de este análisis, se buscará

determinar si la durabilidad del adobe producido es suficiente para su uso práctico, y de ser así, podrían considerarse en el futuro como recomendaciones sostenibles para proyectos de construcción que incluyan el uso de adobes.

Es importante resaltar que la recolección de paja de trigo, así como la recogida de agujas de pino, se llevó a cabo con un meticuloso nivel de atención para asegurar que no se causara ningún tipo de daño al entorno natural que nos rodea. Como consecuencia de lo mencionado anteriormente, la fabricación de adobe resulta ser completamente inofensiva para el medio ambiente, ya que todos los recursos que se emplean en su producción son de naturaleza renovable. Además, cuando este material se descarta, regresa a su composición original, lo que contribuye a la sostenibilidad y al equilibrio ecológico.

## II. METODOLOGÍA

En el estudio actual, se decidió llevar a cabo un enfoque de tipo cuantitativo, el cual se centra en la recolección de datos numéricos y objetivos. Este procedimiento incluyó un proceso sistemático y metódico de recopilación de información, que se llevó a cabo de acuerdo con un diseño de investigación que había sido definido y establecido con anterioridad. El enfoque de investigación que se está utilizando es de tipo explicativo-correlacional, cuyo propósito es examinar y analizar en profundidad las interrelaciones y conexiones existentes entre múltiples variables dentro de un contexto específico. El objetivo de este estudio es establecer si existe una correlación y, en caso afirmativo, clasificar tanto el tipo de correlación como su grado o nivel de intensidad. En conclusión, el asunto principal que se abordará en la tesis se centra en el desarrollo de un diseño experimental específico, dado que el análisis detallado del uso del adobe en las construcciones de la región de Cajamarca será el foco principal de este exhaustivo estudio de investigación. Se llevará a cabo un proceso de identificación y análisis de las propiedades fundamentales e indicadores significativos que están vinculados a la optimización de la resistencia tanto a la compresión como a la flexión del material de adobe. Este examen incluirá una investigación exhaustiva sobre el efecto de la incorporación de paja de trigo junto con agujas de pino, además de evaluar las posibles ventajas que surgen de la combinación de ambos elementos en la mezcla.

Para esta investigación, se tuvo como criterio de selección de la muestra a lo indicado por la norma E.080 la cual indica que debemos tener como mínimo seis cubos para determinar la resistencia a compresión y la norma ASTM-C67 que, argumenta cinco unidades para el ensayo a flexión, en este caso se optó por elaborar 6 unidades para ambos ensayos, como también por cada porcentaje y por cada elemento o combinación a adicionar. Siendo así, se ha trabajado con 120 adobes con paja de trigo, agujas de pino y la combinación de ambas, en los porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.8%, que se han elaborado en la prensa CINVA-RAM, con suelo de la cantera ubicada en la Cruz Blanca, Cajamarca.

Teniendo en cuenta que la muestra es no probabilística por ello se calculó de acuerdo con la NTP E. 080, el cual indica un mínimo de 6 cubos para ensayo a compresión y la norma ASTM C-67 indica mínimo 5 mitades de unidades, por lo cual se ensayaron un total de 120 bloques de adobe.

Para determinar la muestra, en el programa Minitab 19, con el DOE factorial, se definieron dos factores (a) Porcentaje de adición de fibras, con cuatro niveles, 0%, 0.3%, 0.5% y 0.8% del suelo del suelo seco, y (b) materiales, con tres niveles, Paja de trigo, agujas de pino, y combinación; con seis repeticiones para compresión y flexión, dando un total de 120 especímenes. Por lo tanto, se han elaborado 60 cubos para ensayos a compresión y 60 bloques para ensayos a flexión (Tabla 3), según los lineamientos de la norma E.0.80. A continuación, se presenta una tabla que ilustra la distribución de los adobes a utilizar.

TABLA I  
CANTIDAD DE BLOQUES DE ADOBE

Elementos	Ensayo compresión y flexión				Sub total
	0.0%	0.3%	0.5%	0.8%	
Muestra patrón	12	-	-	-	12
Paja de trigo	-	12	12	12	36
Agujas de pino	-	12	12	12	36
Combinación	-	12	12	12	36
Total, de probetas cilíndricas			120		

En la recolección de datos se empleó la técnica de la observación directa, en lo que refiere a instrumento a utilizar fue los protocolos de laboratorio, los cuales fueron: Contenido de humedad, análisis granulométrico mediante tamizado, límites de consistencia o Atterberg, peso específico relativo de sólidos, compactación Proctor Modificado, compresión de adobe compactado, tracción por flexión de adobe compactado.

Al ser el estudio experimental Se realizó un análisis descriptivo estadístico exhaustivo para procesar y revisar cuidadosamente los datos recogidos. Una vez que se hayan recopilado y obtenido todos los resultados necesarios, se procederá a realizar una revisión minuciosa y un análisis detallado de todos los procesos que están involucrados en el estudio. Se hizo uso de la aplicación Microsoft Excel con el fin de analizar y representar los resultados de manera visual,

utilizando gráficos que facilitan la comprensión de los datos obtenidos.

Para llevar a cabo la recolección de datos, se procedió a seleccionar una cantera proveniente de la Cruz Blanca, ubicada en Cajamarca, la paja de trigo fue recogida de la provincia de San Pablo, las agujas de pino, se extrajo del Centro Poblado Porcón Alto, todos los insumos fueron trasladados a la ciudad de Cajamarca, posteriormente se procedió a su elaboración del bloque.

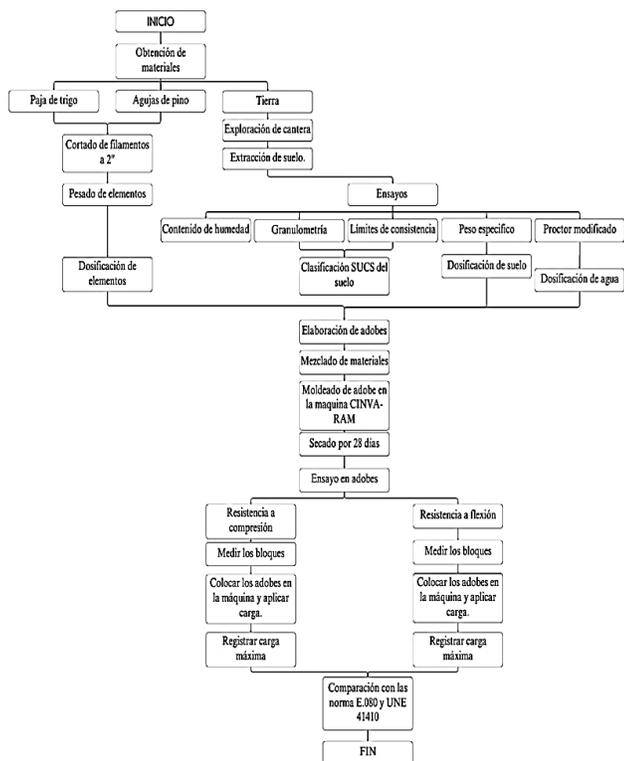


Fig. 1 Diagrama de procesos para el procedimiento de Recolección de datos

Se presentan los resultados a compresión de la resistencia promedio del adobe patrón y el adobe con paja de trigo, agujas de pino y la combinación de ambas.

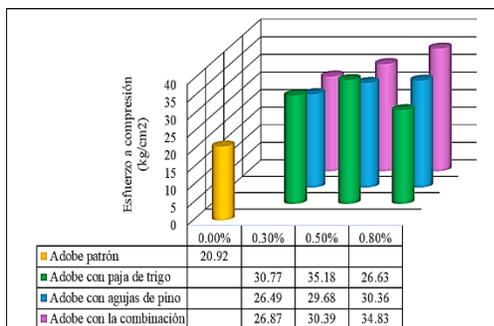


Fig. 2 Comparación de la resistencia a compresión del adobe patrón y el adobe con paja de trigo, agujas de pino y su combinación

En la figura 2 se evidencia la comparación de los valores promedio de resistencia a la compresión, los adobes patrón, adobes con paja de trigo, agujas de pino y la combinación adicionando el 0.3%, 0.5% y 0.8%, guiándonos por la imagen se indica que, en el caso de adicionar paja de trigo, se tiene un punto máximo porque al agregar más fibra, reduce su resistencia, por respecto a las agujas de pino y combinándolas ambos elementos, se notó que a mayor adición de este elemento va aumentando su resistencia, pero se tendría que ver hasta qué punto sería la adición máxima.

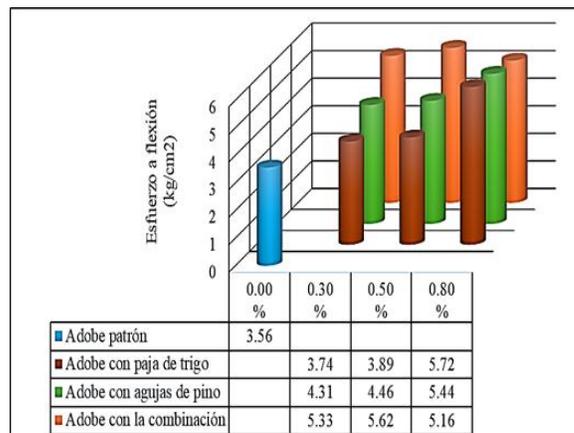


Fig. 3 Comparación de resistencia a flexión entre adobe patrón y adobe con paja de trigo, agujas de pino y combinación

Se evidencia la comparación de los valores promedio de resistencia a la flexión, los adobes patrón, adobes con paja de trigo, agujas de pino y la combinación adicionando el 0.3%, 0.5% y 0.8%, guiándonos por la imagen se indica que, en el caso de adicionar paja de trigo, se puede ver que ha mayor aumento de fibra mayor resistencia, con respecto a las agujas de pino y combinándolas ambos elementos, se notó que se llega hasta el 0.5% de adición como resistencia máxima y al adicionar un 0.8%, la resistencia disminuye en ambos.

#### IV. CONCLUSIONES

Se realizaron ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo. Las pruebas demuestran que el terreno de la cantera Cruz Blanca es ideal para producir adobes.

Se llevó a cabo la producción de adobes, tanto con la inclusión de paja de trigo como sin ella, así como con agujas de pino y su combinación. En total, se elaboraron 120 muestras de adobe compactado.

Se determino la resistencia a la compresión de los bloques de adobe dando como resultados lo siguiente: los adobes estándar hechos solo de tierra y agua rebasaron la compresión mínima de 10.20 kg/cm2 definida por la norma E080, alcanzando un promedio de 20.92 kg/cm2. Los adobes con paja de trigo al 0.3%, 0.5% y 0.8% logran resistencias de 30.77

kg/cm<sup>2</sup>, 35.18 kg/cm<sup>2</sup> y 26.63 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Al incluir agujas de pino en iguales proporciones, se obtienen valores de 26.49 kg/cm<sup>2</sup>, 29.68 kg/cm<sup>2</sup> y 30.36 kg/cm<sup>2</sup>. Así también se obtuvo los resultados a flexión lo cual son los siguientes: los adobes estándar, compuestos solo de tierra y agua, alcanzaron la flexión mínima de 0.81 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>. Los adobes con 0.3%, 0.5% y 0.8% de paja de trigo alcanzaron resistencias de 3.74 kg/cm<sup>2</sup>, 3.89 kg/cm<sup>2</sup> y 5.72 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar agujas de pino en iguales proporciones, se lograron 4.31 kg/cm<sup>2</sup>, 4.46 kg/cm<sup>2</sup> y 5.44 kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó la resistencia a la compresión de los bloques de adobe con la combinación de paja de trigo y agujas de pino dando como resultados lo siguiente: se logran resistencias de 26.87 kg/cm<sup>2</sup>, 30.39 kg/cm<sup>2</sup> y 34.83 kg/cm<sup>2</sup>, y con respecto a la resistencia a la flexión, se obtienen los siguientes valores: 5.33 kg/cm<sup>2</sup>, 5.62 kg/cm<sup>2</sup> y 5.16 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvieron valores de todos en relación con el adobe estándar.

Se pudo comparar con respecto al adobe patrón, las muestras de los bloques de adobe, incorporando paja de trigo, agujas de pino y una combinación de ambos elementos en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, demostraron un incremento en la resistencia a compresión. En particular, al añadir paja de trigo al 0.3%, se observó un incremento del 47.08%. Con una adición al 0.5% de paja de trigo, el aumento registrado fue del 68.16%, mientras que al incrementar al 0.8% se presentó un aumento del 27.29%. Por otro lado, al incluir agujas de pino en proporción del 0.3%, se logró un incremento del 26.63%. Al aumentar la dosis a 0.5%, se obtuvo un aumento del 41.87%, y al añadir 0.8% se observó un incremento del 45.12%. Finalmente, la mezcla combinada de ambos materiales a un 0.3% resultó en un incremento del 28.44%. Al aumentar esta concentración a 0.5%, se obtuvo un crecimiento del 45.27%, mientras que al alcanzar un 0.8%, se logró un aumento del 66.49%. Todos estos valores se comparan con aquellos obtenidos de la muestra patrón, y con relación a la prueba de flexión, se registró para la muestra de referencia un valor de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar paja de trigo en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, se observaron incrementos en la resistencia flexional del 5.06%, 9.27% y 60.67%, respectivamente. Por otro lado, al añadir agujas de pino en concentraciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, se documentaron aumentos del 21.07%, 25.28% y 52.81%, en ese orden. Asimismo, al combinar ambos aditivos en la proporción de 0.3%, se logró un aumento del 49.72%; en el caso de una adición del 0.5%, el incremento fue del 57.87%; y finalmente, con una adición del 0.8% de la combinación, se constató un aumento del 44.94%.

Se desarrolló una detallada propuesta para el diseño del adobe compactado que incluye una mezcla de paja de trigo junto con agujas de pino. Esta propuesta se encuentra documentada y presentada en los anexos (anexo 03,04). En dicho anexo, se determinó que el costo unitario del adobe compactado es de S/. 2,20 soles.

La hipótesis de esta investigación se verifica totalmente según los tres porcentajes de adición de paja de trigo, agujas de pino y su combinación (0.3%, 0.5% y 0.8%). Con la adición de paja de trigo, se aumentaron más de 20%, alcanzando 47.08%, 68.16% y 27.29%. La incorporación de agujas de pino creció más de 25%, con cifras de 26.63%, 41.87% y 45.12%. Al unir ambos, el aumento superó el 25%, con resultados de 28.44%, 45.27% y 66.49%. Respecto a la resistencia a la flexión, la hipótesis se sostiene en todos los casos; los resultados de los tres porcentajes de inclusión de paja de trigo, agujas de pino y su mezcla (0.3%, 0.5% y 0.8%) evidencian que la adición de paja de trigo incrementó más del 5%, logrando resultados de 5.06%, 9.27% y 60.67%. Los resultados para las agujas de pino son superiores al 15%, con porcentajes de 21.07%, 25.28% y 52.87%. Finalmente, la mezcla de paja y agujas de pino logró un incremento mayor al 30%, con resultados de 49.72%, 57.87% y 44.94%.

#### IV. DISCUSIÓN

La norma E.0.80 exige un esfuerzo mínimo de compresión de 10.20 kg/cm<sup>2</sup>, y la norma UNE 41410 establece una resistencia mínima de 13.25 kg/cm<sup>2</sup> para adobes. La "Muestra Patrón" de adobes compactados, elaborada solo con tierra y agua, superó las pruebas de compresión, alcanzando 20.92 kg/cm<sup>2</sup>, gracias a las características del suelo.

Las muestras de los bloques de adobe, incorporando paja de trigo, agujas de pino y una combinación de ambos elementos en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, demostraron un incremento en la resistencia a compresión. En particular, al añadir paja de trigo al 0.3%, se observó un incremento del 47.08%. Con una adición al 0.5% de paja de trigo, el aumento registrado fue del 68.16%, mientras que al incrementar al 0.8% se presentó un aumento del 27.29%. Por otro lado, al incluir agujas de pino en proporción del 0.3%, se logró un incremento del 26.63%. Al aumentar la dosis a 0.5%, se obtuvo un aumento del 41.87%, y al añadir 0.8% se observó un incremento del 45.12%. Finalmente, la mezcla combinada de ambos materiales a un 0.3% resultó en un incremento del 28.44%. Al aumentar esta concentración a 0.5%, se obtuvo un crecimiento del 45.27%, mientras que al alcanzar un 0.8%, se logró un aumento del 66.49%. Todos estos valores se comparan con aquellos obtenidos de la muestra patrón.

En relación con la prueba de flexión, se registró para la muestra de referencia un valor de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar paja de trigo en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, se observaron incrementos en la resistencia flexional del 5.06%, 9.27% y 60.67%, respectivamente. Por otro lado, al añadir agujas de pino en concentraciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, se documentaron aumentos del 21.07%, 25.28% y 52.81%, en ese orden. Asimismo, al combinar ambos aditivos en la proporción de 0.3%, se logró un aumento del 49.72%; en el caso de una adición del 0.5%, el incremento fue del 57.87%; y finalmente,

con una adición del 0.8% de la combinación, se constató un aumento del 44.94%.

Los resultados muestran que el adobe compacto mejora sus propiedades mecánicas al agregar paja de trigo, agujas de pino o ambos. Esta mejora se debe a su contribución a la adhesión del material, aumentando así la consistencia y la resistencia a la compresión y flexión. La adición de paja de trigo y agujas de pino conjuntamente mejora el comportamiento del adobe compactado. En cuanto a la durabilidad, si bien es una propiedad que no se ha estudiado, pero por los resultados obtenidos podemos que la adición de los ambos elementos va a contribuir favorablemente en su vida útil.

En relación con la interpretación comparativa, para analizar y contrastar los datos obtenidos en esta investigación con otros estudios similares, como la tesis de [15], que indica que la resistencia a compresión de sus adobes con paja de trigo al 1%, 3% y 5% obtuvo como resultado una resistencia máxima de 27.35 kg/cm<sup>2</sup> y flexión de 2.0 Kg/cm<sup>2</sup>, al comparar podemos afirmar que al utilizar solo paja de trigo al 0.5% en nuestros adobes, logramos alcanzar un valor de 35.18 kg/cm<sup>2</sup> para compresión y 5.72 kg/cm<sup>2</sup> para flexión con el 0.8%, superando el resultado de [15], esto se debe a una menor cantidad de paja de trigo en sus adobes; al aumentar el porcentaje se reduce la resistencia, por lo tanto, concluimos que el 0.5% de paja de trigo es óptimo para compresión y el 0.8% para flexión, además, las características del suelo de la cantera Cruz Blanca son ideales para la producción de adobes compactados.

Comparado con el estudio de [4], que usó agujas de pino en adobe en proporciones de 0.25%, 0.5% y 0.75%, obteniendo resistencias a compresión de 25.76%, 16.61% y 24.76%, se observa que nuestros hallazgos, al utilizar únicamente agujas de pino, muestran resultados superiores. Por ejemplo, en nuestro estudio, se registró un valor de 26.63% a una concentración del 0.3%, 41.87% al 0.5% y 45.12% al 0.8%. Concluimos que los valores de nuestra investigación muestran una mayor resistencia a compresión del adobe compactado, y que el suelo de la cantera Cruz Blanca es ideal para su producción.

Al analizar los resultados presentados en el estudio de [5], en el cual se incorpora fibra de espinillo en proporciones del 0.75% y 1% al adobe compactado y se obtienen valores de resistencia a compresión de 29.75% y 25.47%, se puede inferir que los adobes desarrollados en nuestra investigación, en todas las concentraciones evaluadas, superan los resultados obtenidos por estos autores. En particular, nuestros valores, derivados de la combinación de paja de trigo y agujas de pino en proporciones de 0.5% y 0.8%, son significativamente superiores, alcanzando valores de 45.27% y 66.49%, lo que evidencia una clara superioridad en nuestros hallazgos.

Los resultados presentados por [6], en los cuales se agrega fibra de coco al adobe compactado en proporciones de 0.25%, 0.50% y 0.75%, demostraron un rendimiento de compresión del 24.40% y una resistencia a la flexión del 13.68%. Al comparar estos resultados con los obtenidos en nuestro estudio, se

evidencia una clara superioridad en el uso de paja de trigo, agujas de pino y la combinación de ambos materiales. Nuestros valores máximos para el trigo alcanzan un 68.16%, mientras que los de agujas de pino son 45.12%, y para la combinación se reporta un 66.49%. Respecto a la resistencia a la flexión, los valores son de 60.67%, 52.81% y 57.87% respectivamente, lo que confirma la notable superioridad de nuestros resultados.

Por otra parte, en lo que concierne a la investigación presentada en la tesis elaborada por [7], se llevó a cabo un estudio que se centró en investigar la estabilización del adobe mediante la adición de bagazo de agave en diferentes proporciones, específicamente en los porcentajes de 0.25, 0.50, 0.75 y 1.0%. La investigación encontró que con un porcentaje de 1.0% de bagazo de agave, el material logró un valor de resistencia a la compresión de 24.12%. Al comparar estos resultados con los que nosotros hemos obtenido, podemos afirmar que nuestros datos son notablemente superiores. En nuestro caso, el valor de resistencia que hemos logrado al incorporar paja de trigo es de 68.16%. Además, utilizando agujas de pino conseguimos una resistencia de 45.12%. Finalmente, al combinar ambos materiales, alcanzamos un valor total de 66.49%.

Los resultados positivos sobre las propiedades mecánicas del adobe compactado, obtenidos en ensayos de compresión y flexión según las normas E.080 y UNE 41410, destacan la relevancia de esta investigación para futuras indagaciones. Las futuras investigaciones deben combinar más los dos elementos mencionados. Se sugiere investigar el uso de agujas de pino en lugar de paja de trigo y la posibilidad de mezclar ambos materiales en lugar de ichu.

Costo unitario de bloque de adobe, utilizando la combinación de paja de trigo y agujas de pino

TABLA II  
COMPARACIÓN DE COSTO ENTRE ADOBE CONVENCIONAL Y ADOBE COMBINADO ENTRE PAJA DE TRIGO Y AGUJAS DE PINO

Tipo	Convencional	Adobe con paja de trigo y agujas de pino	Diferencia de Precios
Costo por bloque de adobe d	S/. 1.60	S/. 2.20	S/. 0.60

Comparando los costos unitarios entre ambos adobes, en si se puede ahorrar S/ 0.60, utilizando adobe convencional, pero el adobe que se propone que tiene un costo de S/ 2.20, proporciona mayor seguridad ante desastres naturales, en la cual se puede perder una vida.

El adobe propuesto cumple con las exigencias que pide la norma, por lo cual es un bloque seguro para la construcción.

## V. CONCLUSIONES

Se determino las propiedades granulométricas y físicas del suelo. Las pruebas demuestran que el terreno de la cantera Cruz Blanca es ideal para producir adobes.

Se elaboro con éxito los adobes, tanto con la inclusión de paja de trigo como sin ella, así como con agujas de pino y su combinación. En total, se elaboraron 120 muestras de adobe compactado.

Se determino la resistencia a la compresión de los bloques de adobe dando como resultados lo siguiente: los adobes estándar hechos solo de tierra y agua rebasaron la compresión mínima de 10.20 kg/cm<sup>2</sup> definida por la norma E080, alcanzando un promedio de 20.92 kg/cm<sup>2</sup>. Los adobes con paja de trigo al 0.3%, 0.5% y 0.8% logran resistencias de 30.77 kg/cm<sup>2</sup>, 35.18 kg/cm<sup>2</sup> y 26.63 cm<sup>2</sup> respectivamente. Al incluir agujas de pino en iguales proporciones, se obtienen valores de 26.49 kg/cm<sup>2</sup>, 29.68 kg/cm<sup>2</sup> y 30.36 kg/cm<sup>2</sup>. Así también se obtuvo los resultados a flexión lo cual son los siguientes: los adobes estándar, compuestos solo de tierra y agua, alcanzaron la flexión mínima de 0.81 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>. Los adobes con 0.3%, 0.5% y 0.8% de paja de trigo alcanzaron resistencias de 3.74 kg/cm<sup>2</sup>, 3.89 kg/cm<sup>2</sup> y 5.72 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar agujas de pino en iguales proporciones, se lograron 4.31 kg/cm<sup>2</sup>, 4.46 kg/cm<sup>2</sup> y 5.44 kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó la resistencia a la compresión de los bloques de adobe con la combinación de paja de trigo y agujas de pino dando como resultados lo siguiente: se logran resistencias de 26.87 kg/cm<sup>2</sup>, 30.39 kg/cm<sup>2</sup> y 34.83 kg/cm<sup>2</sup>, y con respecto a la resistencia a la flexión, se obtiene lo siguiente valores: 5.33 kg/cm<sup>2</sup>, 5.62 kg/cm<sup>2</sup> y 5.16 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvieron valores de todos en relación con el adobe estándar.

Se pudo comparar con respecto al adobe patrón, las muestras de los bloques de adobe, incorporando paja de trigo, agujas de pino y una combinación de ambos elementos en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, demostraron un incremento en la resistencia a compresión. En particular, al añadir paja de trigo al 0.3%, se observó un incremento del 47.08%. Con una adición al 0.5% de paja de trigo, el aumento registrado fue del 68.16%, mientras que al incrementar al 0.8% se presentó un aumento del 27.29%. Por otro lado, al incluir agujas de pino en proporción del 0.3%, se logró un incremento del 26.63%. Al aumentar la dosis a 0.5%, se obtuvo un aumento del 41.87%, y al añadir 0.8% se observó un incremento del 45.12%. Finalmente, la mezcla combinada de ambos materiales a un 0.3% resultó en un incremento del 28.44%. Al aumentar esta concentración a 0.5%, se obtuvo un crecimiento del 45.27%, mientras que al alcanzar un 0.8%, se logró un aumento del 66.49%. Todos estos valores se comparan con aquellos obtenidos de la muestra patrón, y con relación a la prueba de

flexión, se registró para la muestra de referencia un valor de 3.56 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar paja de trigo en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, se observaron incrementos en la resistencia flexional del 5.06%, 9.27% y 60.67%, respectivamente. Por otro lado, al añadir agujas de pino en concentraciones de 0.3%, 0.5% y 0.8%, se documentaron aumentos del 21.07%, 25.28% y 52.81%, en ese orden. Asimismo, al combinar ambos aditivos en la proporción de 0.3%, se logró un aumento del 49.72%; en el caso de una adición del 0.5%, el incremento fue del 57.87%; y finalmente, con una adición del 0.8% de la combinación, se constató un aumento del 44.94%.

Se desarrolló una detallada propuesta para el diseño del adobe compactado que incluye una mezcla de paja de trigo junto con agujas de pino. Esta propuesta se encuentra documentada y presentada en los anexos (anexo 03,04). En dicho anexo, se determinó que el costo unitario del adobe compactado es de S/. 2,20 soles.

La hipótesis de esta investigación se verifica totalmente según los tres porcentajes de adición de paja de trigo, agujas de pino y su combinación (0.3%, 0.5% y 0.8%). Con la adición de paja de trigo, se aumentaron más de 20%, alcanzando 47.08%, 68.16% y 27.29%. La incorporación de agujas de pino creció más de 25%, con cifras de 26.63%, 41.87% y 45.12%. Al unir ambos, el aumento superó el 25%, con resultados de 28.44%, 45.27% y 66.49%. Respecto a la resistencia a la flexión, la hipótesis se sostiene en todos los casos; los resultados de los tres porcentajes de inclusión de paja de trigo, agujas de pino y su mezcla (0.3%, 0.5% y 0.8%) evidencian que la adición de paja de trigo incrementó más del 5%, logrando resultados de 5.06%, 9.27% y 60.67%. Los resultados para las agujas de pino son superiores al 15%, con porcentajes de 21.07%, 25.28% y 52.87%. Finalmente, la mezcla de paja y agujas de pino logró un incremento mayor al 30%, con resultados de 49.72%, 57.87% y 44.94%.

## REFERENCIAS

- [1] Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.10.017>
- [2] Gama, C., Cruz, T., Pi, T., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., . . . Vilanova, R. (Agosto de 2012). Scielo. Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222012000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222012000200003)
- [3] Bendezu, A., & Garcia, V. (2019). Repositorio UCV. Evaluación de la Resistencia del Adobe reforzado con paja de trigo para viviendas en el Distrito de Chalaco – Piura, 2019. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46448>
- [4] Medina, B. (21 de Enero de 2020). Propiedades físico mecánicas del adobe compactado con la adición de agujas de pino en diferentes porcentajes. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23569>
- [5] Soto, K., & Vera, L. (11 de Noviembre de 2023). Repositorio UPN. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE

COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 0.5%, 0.75% Y 1% DE FIBRAS DE CORTEZA DE ESPINO, CAJAMARCA 2023. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36468?show=full>

- [6] Chavez, J., & Alva, A. (27 de Julio de 2020). Physical And Mechanical Properties Of Compacted Adobe With Incorporation Of Coconut Fibers. LACCEI. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26919?show=full>
- [7] Caballero, M., Silva, L., & Montes, J. (22 de Septiembre de 2010). Resistencia mecanica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave. Unidad Oaxaca. [https://somim.org.mx/memorias/memorias2010/A3/A3\\_221.pdf](https://somim.org.mx/memorias/memorias2010/A3/A3_221.pdf)
- [8] Jaramillo, D. (2002). Repositorio UNAL. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1>
- [9] Ruvalcaba, M. (Abril de 2023). Repositorio UNAM. Adobe estabilizado como material de construcción. México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000837881/3/0837881.pdf>
- [10] MINISTERIO DE VIVIENDA. (2017). NORMA E-080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/me2006/files/titulo3/02\\_E/E\\_080.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/me2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf)
- [11] Guerrero, M. (Diciembre de 2019). Repositorio UNIANDES. Alternativas de estabilización del adobe para disminuir su contracción volumétrica y agrietamiento. Bogotá, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/1efc566e-b412-4d79-9561-e1fa6960c806/content>
- [12] Cotrina, W. (28 de Julio de 2021). Repositorio UPN. Resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe compactado, adicionando fibra de fique. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27736>
- [13] Llano, E., Ríos, D., & Restrepo, G. (24 de Junio de 2020). Scielo. Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992020000300164&script=sci\\_abstract&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992020000300164&script=sci_abstract&lng=es)
- [14] Carbajal, J. (11 de Julio de 2022). Repositorio UPN. Influencia de la paja de trigo en el adobe sobre, la succión, compresión y flexión en el distrito de Santiago de Chuco – La Libertad, 2021. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31296>
- [15] Bendezu, A., & Garcia, V. (2019). Repositorio UCV. Evaluación de la Resistencia del Adobe reforzado con paja de trigo para viviendas en el Distrito de Chalaco – Piura, 2019. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46448>
- [16] Prieto, M. (2017). Repositorio La Molina. Efecto de la aplicación de compost de aserrín de pino en la calidad de plantas de Pinus patula Shiede et Cham. a raíz desnuda. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL\\_6879f6b94c4002df3b9367d385dfc9a7](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_6879f6b94c4002df3b9367d385dfc9a7)