

Physical And Mechanical Properties Of Compacted Adobe With Incorporation Of Coconut Fibers

Janeth Yolanda Chavez Atalaya, Ing.¹; Anita Elizabet Alva Sarmiento, Ing.²
¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00019854 @upn.edu.pe
² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. anita.alva@upn.edu.pe

Abstract– *The present experimental research, had as main objective to analyze the physical and mechanical properties of the compacted adobe, developed in the CINVA RAM machine (The machine was developed by the engineer Raúl Ramírez (RAM) of the CINVA-Inter-American Center for Housing and Planning within of Project 22 of the OAS) with modifications of coconut fibers. Material was extracted from the quarry “La Arenita” - Otuzco - Cajamarca, to study the soil and use it in the development of the units. Initially the granulometric analysis was performed by siphonage, to verify if it complies with the gradation required by Standard E.080 (Design and Construction with Reinforced Earth), after the Modified Proctor test for the standard sample and samples with coconut fibers (0.25 %, 0.50% and 0.75%), then developed the compacted adobe units and subsequently tested for compression, flexion and degree of absorption. The results obtained were satisfactory, since the incorporation of coconut fibers improved their physical and mechanical properties, in axial compressive strength by 24.40% reaching 36.83 kg / cm² with respect to the value found for the standard sample that It was 28.21 kg / cm², in terms of flexural strength increased by 13.68% reaching 8.48 kg / cm², with respect to the standard sample that was 7.32 kg / cm². Finally, the study units with and without coconut fiber modifications did not resist the absorption test.*

Keywords: *Earth blocks, compacted earth, coconut fiber, adobes, CINVA RAM*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.447>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Physical And Mechanical Properties Of Compacted Adobe With Incorporation Of Coconut Fibers

Janeth Yolanda Chavez Atalaya, Ing.¹; Anita Elizabet Alva Sarmiento, Ing.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00019854 @upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. anita.alva@upn.edu.pe

Resumen– La presente investigación experimental, tuvo como principal objetivo analizar las propiedades físico y mecánicas del adobe compactado con la incorporación de fibras de coco, elaborado en la máquina CINVA RAM (La máquina fue desarrollada por el ingeniero Raúl Ramírez (RAM) del CINVA-Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento dentro del Proyecto 22 de la OEA). Para estudiar el suelo con el que se elaboró las unidades de adobe, el material se extrajo de la cantera “La Arenita” – Otuzco - Cajamarca. Inicialmente se realizó el análisis granulométrico por sifonaje, para comprobar si cumple con la gradación que exige la Norma E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada), después se realizó el ensayo de Proctor Modificado para la muestra patrón y muestras con incorporación de fibras de coco (0.25%, 0.50% y 0.75%), luego se elaboró las unidades de adobe compactado y posteriormente se ensayaron a compresión, flexión y grado de absorción. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que la incorporación de fibras de coco mejoró su resistencia a la compresión axial en un 24.40% llegando hasta 36.83kg/cm² con respecto al valor encontrado a la muestra patrón que fue de 28.21kg/cm², en cuanto a la resistencia a flexión aumenta en un 13.68% llegando hasta 8.48kg/cm², en la muestra patrón que fue de 7.32kg/cm². Finalmente, las unidades de estudio con y sin incorporación de fibras de coco, no resistieron al ensayo de absorción.

Palabras clave: Bloques de tierra, tierra compactada, fibra de coco, adobes y CINVA RAM

Abstract - The main objective of this experimental research was to analyze the physical and mechanical properties of the adobe compacted with the incorporation of coconut fibers, made in the CINVA RAM machine (The machine was developed by the engineer Raúl Ramírez (RAM) of the CINVA-Inter-American Center Housing and Planning within Project 22 of the OAS). To study the soil with which the adobe units were made, the material was extracted from the “La Arenita” quarry - Otuzco - Cajamarca. Initially, the granulometric analysis was carried out by siphoning, to check if it meets the gradation required by Standard E.080 (Design and Construction with Reinforced Earth), then the Modified Proctor test was performed for the standard sample and samples with fiber incorporation coconut (0.25%, 0.50% and 0.75%), then the compacted adobe units were made and then they were tested for compression, flexion and degree of absorption. The results obtained were satisfactory, since the incorporation of coconut fibers improved its resistance to axial compression by 24.40%, reaching 36.83kg / cm² with respect to the value found in the standard sample, which was 28.21kg / cm², as regards Flexural strength increases by 13.68%

reaching 8.48kg / cm², in the standard sample that was 7.32kg / cm². Finally, the study units with and without incorporation of coconut fibers did not resist the absorption test.

Keywords: Earth blocks, compacted earth, coconut fiber, adobes and CINVA RAM.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la construcción es una de las actividades económicas más importantes en el país; pero es una actividad contaminante, ya que la producción, la fabricación y el uso de materiales de construcción como el hormigón, el acero y los encofrados consumen una gran cantidad de energía y producen considerables residuos, que afectan al medio ambiente (Rosell, J. 2018)

El último censo nacional ha revelado que 2 millones 148 mil 494 viviendas (27.9%) son de adobe o tapia (INEI, 2017), porque la tierra es un material que predomina en cualquier lugar. Este es un material de construcción utilizado desde la antigüedad por la humanidad, y es la base de una de las tecnologías que mejor se adaptan al medioambiente y a formas contemporáneas de concebir la construcción sostenible. En la actualidad, su utilización se ha incrementado debido a la conciencia ecológica, a su bajo costo y por ser un material reciclable y adaptable a las condiciones climáticas del lugar donde se encuentre (Arteaga, Humberto & Gutiérrez, 2011). Por ello, se debe investigar varios métodos de incorporación y de estabilización de los bloques de tierra comprimida (BTC), utilizando estabilizadores o fibras vegetales, para buscar la mejora en la resistencia a la compresión, flexión y absorción de agua.

Cabe resaltar que este tipo de investigación ya ha sido realizada por diferentes autores a nivel internacional, nacional y local que se citan a continuación:

Roux & Olivares (2002), realizaron un estudio en México titulado: *Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.447>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

muros de carga en Tampico, con el objetivo de utilizar la fibra de coco como refuerzo en adobes estabilizados con cemento portland tipo I al 6%. Los resultados indican que el mejor porcentaje de fibra de coco para adicionar es del 1%, con el cual presenta mejores características, excepto en su permeabilidad, que es mayor. Tienen mejores características los ladrillos realizados con la prensa hidráulica que con la prensa manual y en la resistencia a la compresión se obtuvo un incremento medio de un 1,94% en estado seco, mientras que en estado húmedo se obtuvo un decremento medio del 5,60%. Finalmente, con referencia a los resultados obtenidos en los ensayos a flexión se llegó a conseguir unos valores de un 13,8% superiores en el ladrillo reforzado con 2% de fibra con respecto al que no fue reforzado.

Asimismo, Mostafa, M. (2016), en Egipto, realizó el estudio titulado *Análisis experimental de bloques de tierra comprimida (CEB) con fibras de plátano que resisten las fuerzas de flexión y compresión*. El objetivo de esta investigación fue establecer un nuevo modelo de B-CEB al agregar fibras de banano que crearán materiales más fuertes, duraderos y sostenibles. Los resultados que se obtuvieron de los bloques con fibra de banano natural fueron: la resistencia a la compresión registró las mayores tensiones utilizando una longitud de 70 mm de fibra de banano y un porcentaje de (0 a 5%) con relación al cemento, con aproximadamente 77% y 82% de aumento con respecto al CEB sin fibra de banano.

Bernave, J. (2009) en Oaxaca de Juárez, realizó la tesis *Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia Haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado*, con el objetivo de evaluar la resistencia a la compresión y a flexión del adobe compactado con la adición de fibra de bagazo de agave angustifolia Haw al suelo en cuatro longitudes (10, 15, 20 y 25mm) y cuatro concentraciones (0.25, 0.50, 0.75 y 1%) con respecto al peso del adobe, manteniendo constantes porcentajes de humedad. Encontró que al incorporar al adobe compactado fibra con longitud de 25 mm y concentración de 1%, se incrementó la resistencia a compresión en 24.12%. En cuanto a la resistencia a flexión hubo un incremento de 7.86% con fibra de 25 mm de longitud y concentración de 0.75%.

Hakkoum, Kriker & Mekhermeche (2017) en Argelia realizaron el siguiente estudio: *Características térmicas de las casas modelo fabricadas con ladrillo de tierra reforzada con fibra de palmera datilera en las regiones desérticas de Ouargla Argelia*. El objetivo de esta investigación fue preparar ladrillos de arcilla y examinarlos luego con algunas pruebas mecánicas y térmicas. De tal forma que realizaron algunos prototipos probados por estos ladrillos que dieron buenas propiedades térmicas y mecánicas para tratar de usarlos en el campo de la construcción. Utilizaron un porcentaje de arena de 30% y el de la fibra de 0% a 3% en peso. Los resultados de estas pruebas mostraron que el aumento en porcentaje de fibra es beneficioso

para la mejora de las propiedades térmicas con una resistencia mecánica aceptable.

Pacuri, O. (2014), en Puno, realizó la tesis: *Efecto de la adición de aglomerantes en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado*. En esta se establecen los efectos de la adición de aglomerantes en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado en la Región Puno, para evaluar los efectos de la adición de aglomerantes en la resistencia mecánica y absorción del adobe, mediante la metodología de pruebas de campo en el sector Rinconada. Se determinó el tipo de suelo para luego modificar la proporción original de arcilla con arena fina de acuerdo a los parámetros del RNE E.080 trabajando la plasticidad. Con las proporciones adecuadas de cemento y asfalto RC-250, se compactó la mezcla y se obtuvo un adobe uniforme, como unidad estructural de alta resistencia y baja permeabilidad. Las pruebas de resistencia mecánica y absorción se realizaron en el laboratorio de la universidad de Puno. Como resultado final, se obtuvo un adobe de alta resistencia estructural mayor de 50 Kg/cm² y una baja permeabilidad, llegando a absorber hasta de 7% de agua.

Mantilla, J. (2018), en Cajamarca, realizó la tesis *Variación de las propiedades físicas del adobe al incorporar viruta y caucho*. El objetivo fue determinar la variación de las propiedades físico-mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho, por lo que se le adicionó fibra vegetal (viruta) y fibra de caucho en porcentajes de 2%, 3% y 5%. Se elaboró un total de 245 bloques de adobe que fueron evaluados en resistencia a compresión, flexión y en su comportamiento a la absorción y saturación total. Se obtuvo como resultados que la resistencia a compresión alcanzó un valor máximo de 30.25 kg/cm² para los bloques de adobe con 3% de adición de viruta; en resistencia a flexión, se registró un valor máximo de 8.35 kg/cm²; valores superiores a los resultados de resistencia obtenidos por el adobe tradicional (con paja). El porcentaje de absorción disminuyó hasta en 4% con la incorporación de 5% de caucho, observándose además menor desgaste de las unidades de adobe con adición de caucho en la saturación total, concluyendo que las propiedades físico-mecánicas del adobe resultan favorables, con la incorporación de viruta y caucho.

Bolaños, J. (2016), en Cajamarca, se realizó la tesis: *Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna* con el objetivo de evaluar la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. Para ello, se realizó el estudio de suelos para caracterizar los materiales y elaborar bloques de adobe compactado. Los resultados obtenidos del ensayo a compresión mostraron que todos los adobes superan la resistencia mínima que indica la norma técnica de edificaciones E.080. El resultado de la muestra patrón fue 19.19 kg/cm²; y del adobe con goma de tuna de 5%, 10% y 15% fue de 21.90 kg/cm², 25.27 kg/cm² y 27.56 kg/cm² respectivamente. El adobe con mejor resistencia a la

compresión fue el de 15% con goma de tuna. El ensayo a flexión y absorción se realizó teniendo en cuenta la norma ASTM-C67, obteniéndose los siguientes resultados: para la muestra patrón de 4.77 kg/cm² y para los adobes con incorporación de goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% se obtuvieron los valores de 6.47kg/cm², 6.81 kg/cm² y 6.11 kg/cm² respectivamente, siendo el adobe con mejor resistencia a la flexión el de 10% con goma de tuna. El ensayo de absorción de las muestras patrón y la muestra de 15% de goma de tuna no resistieron la prueba; en cambio, con los porcentajes de 5% y 10%, se obtuvo una absorción de 12.68% y 14.62%.

Considerando estos antecedentes, en la presente investigación se determinarán las propiedades físico y mecánicas del adobe patrón (elaborado con suelo y agua) y del adobe compactado con incorporación de las fibras de coco (fibras de la estopa o mesocarpo de los cocos), y el suelo de la cantera *La Arenita* ubicada en el centro poblado menor de Otuzco - Cajamarca.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Suelo. Es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan. A continuación, se describen los suelos más comunes con respecto a su textura y color con sus respectivos nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación (Crespo Villalaz, 1980).

Textura.

- **Gravas.** Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62cm (3") hasta 2.0mm.

- **Arenas.** La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2mm y 0.05mm de diámetro.

- **Limos.** Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser un limo inorgánico como el producido en canteras. El diámetro de las partículas de los limos está comprendiendo entre 0.05mm y 0.005mm.

- **Arcilla.** Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua (Villalaz, C. 1980).

Color. A partir del color del suelo se puede deducir rasgos importantes de las propiedades del suelo. Se mide por comparación a unos colores estándares más comunes:

- **Color oscuro o negro.** Normalmente tiene este color la materia orgánica.

- **Color blancuzco.** Este color lo coge debido a los carbonatos o el yeso o sales más solubles.

- **Colores pardos amarillentos.** Óxidos de hierro hidratado y unidos a la arcilla y a la materia orgánica del lugar.

- **Colores rojizos.** La tierra contiene óxidos férricos. Suelen ser frecuentes en climas cálidos con estaciones de intensas lluvias y largas sequías.

- **Colores heterogéneos grises y rojos o pardos.** Compuesto ferroso y férricos.

- **Colores grises verdosos/azulados.** Compuesto de ferrosos, arcillas saturadas (Hernández, J. 2016)

Contenido de humedad. Es el contenido de agua que tiene un suelo en su estado natural. Se mide como el porcentaje de este peso respecto del peso del suelo seco (Castro, H. 2004).

Análisis granulométrico. Se refiere a la determinación de la cantidad en porcentajes de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo, el aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos de sedimentación y procedimientos de lavado. (Crespo Villalaz, 1980). El sistema de clasificación de suelos está basado en el análisis granulométrico; de tal forma determina los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo, que ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo (Juárez, E. 2005); el cual se determina mediante el sistema unificado de clasificación S.U.C.S.

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S). Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación unificado. Determinando que los suelos de partículas gruesas y los suelos de partículas finas se distinguen mediante el cribado del material por la malla N° 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicha malla y los finos a los que la pasan, y así un suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas de este son retenidas en la malla N° 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicha malla.

- **Suelos de granulado - grueso.** Los símbolos de grupos que comienzan con los prefijos G o S o ambas. G simboliza suelo con grava o gravoso, y S es para suelos con arena o arenosos.

- **Suelos de granulado - fino.** Los símbolos de grupo comienzan con el prefijo de M, el cual simboliza a limos inorgánicos, C para arcillas inorgánicas, y O para limos y arcillas orgánicas. Otros símbolos usados por la clasificación son: W bien gradado, P pobremente grado, L baja plasticidad, H alta plasticidad. (Villalaz, C. 1980).

Límites de consistencia o de Atterberg de los suelos.

Atterberg hizo ver que, en primer lugar, la plasticidad no es una propiedad general de todos los suelos; los suelos gruesos no la exhiben en ninguna circunstancia. En segundo lugar, hizo ver que en los suelos finos no es una propiedad permanente, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Una arcilla o un limo susceptible de ser plástico puede tener la consistencia de un ladrillo, cuando están muy secos; con un gran contenido de agua, pueden presentar las propiedades de un lodo semilíquido o, inclusive, las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos existe un intervalo de contenido de agua en el que los suelos se comportan plásticamente. (Rico & Castillo, 2005).

Límite plástico. Se denomina límite plástico a la frontera entre el estado plástico y el semisólido. Este es también un determinado contenido de agua, propio de cada suelo. La plasticidad del suelo se puede definir como la propiedad de un material por la que es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Es una prueba en la que se hace rolar entre las palmas de las manos un cilindro de 3mm de diámetro, de suelo hasta que se agriete y desmorone (Rico & Castillo, 2005).

- **Límite líquido.** Se denomina límite líquido a la frontera entre el estado semilíquido y estado plástico. Este también es un determinado contenido de agua con el que se produce el cierre de la ranura precisamente en 25 golpes; utilizando la copa de casa grande (Rico & Castillo, 2005).

- **Índice plástico.** Es un parámetro de plasticidad, el cual mide de un modo muy claro el intervalo plástico; naturalmente que, para situarlo, debe estar dentro de la escala general de humedad; por lo tanto, es necesario tener el valor del límite líquido o plástico. (Rico & Castillo, 2005).

El índice plástico depende de la cantidad de arcilla del suelo (Villalaz, C. 1980)

Análisis granulométrico por sifonaje. Es la determinación práctica de los diámetros de las partículas menores de 0.2mm la sedimentación se hace en agua, determinando el porcentaje en peso de sólidos en las muestras que se extraen de una suspensión (Crespo Villalaz, 1980). De tal manera que la gradación del suelo inorgánico, debe aproximarse a los siguientes porcentajes; arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-75% (E.080, 2018).

Compactación de suelos. Es la densificación del suelo por medios mecánicos. Por ende, consiste en mejorar la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad, como consecuencia del proceso de densificación de la masa.

- **Medida de la compacidad del suelo.** Se califica la compacidad por la comparación cuantitativa de las densidades secas o pesos unitarios secos, que el suelo va adquiriendo gradualmente, al variar la humedad, la energía o el método de compactación.

- **Método proctor.** Consiste en compactar el material dentro de un molde metálico y cilíndrico, en varias capas y por la caída de un pistón. Existen dos variaciones del método proctor.

- **Proctor estándar o normal,** con pistón de 5 ½ lbs, h = 12", N = 25golpes y 3 capas a compactar. El molde de diámetro 4" y volumen 1/30 ft³.

- **Proctor modificado – método A,** con pistón de 10 lbs, h = 18", N = 25golpes y 5 capas a compactar. El molde de diámetro 4" y volumen 1/30 ft³. (ASTM D-1557, 2006)

Óptimo contenido de humedad y densidad seca máxima, la importancia de realizar una adecuada compactación es justamente calcular la cantidad de agua, significa la "humedad óptima" que ha de tener un suelo, a fin de obtener una buena lubricación que permita, al compactarlo, alcanzar la mayor densidad posible, es decir, la densidad máxima. Generalmente este valor de humedad esta entre un 10 y el 15%. (Ocas, L. 2013).

Fibras. La fibra actúa mejor que las barras de acero en aquellos elementos que por su espesor no permiten su utilización. En la actualidad las fibras químicas, que más se utilizan son las de asbesto, acero, vidrio, carbón, polipropileno, nylon, etc. Sin embargo, debido a la dificultad de su obtención y fabricación, así como los costos de utilizar fibras naturales vegetales como el sisal, henequén, fique, celulosa, coco, bagazo de agave y otras. (Gómez, S. 2009).

- **Fibras de coco.** Es un sustrato casi inerte en cuanto a nutrientes, es considerado como un material orgánico. Es recomendable su uso por su peso (muy liviano), su capacidad de retención de agua y nutrientes, su PH neutro y lo aireado que resulta el sustrato el que se utiliza como base en huertos urbanos (Rojas, A. 2015). La fibra de coco consiste principalmente en celulosa, hemi-celulosa y lignina como su principal composición que afecta a las propiedades físicas y mecánicas de la fibra; la flexibilidad y la rotura de la fibra se ven afectadas por la relación longitud/diámetro.

En 2006 Norberto Emmanuel Nava Valladares, egresado del instituto politécnico nacional, desarrollo la patente de un

chaleco antibalas fabricado con fibras de coco, este funciona perfectamente. Así que, en cuanto a resistencia constructiva, es un material confiable (Humphrey, 2017).

El autor (Altamirano de la Cruz, Tizapa, & Sandoval, 2005), estudia la composición química de la fibra de coco, obteniendo como resultados: lignina 42.5%, celulosa 32.3%, pantanosa 14.7%, grasas saponificables 5.1%, grasas insaponificables 0.7%, cenizas 3.5%, y proteínas 1.2%

Tabla 1

Propiedades mecánicas de la fibra de coco

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA FIBRA DE COCO	
Longitud	25 - 350 mm
Diámetro	0.1 - 0.4 mm
Densidad absoluta	1.1 - 1.15 mm
Módulo de elasticidad	19 - 26 mm
Resistencia a la última Tensión	120 - 200 mm
Elongación a la ruptura	10 - 25 mm
Absorción de agua	130 - 180 mm

Fuente: (Altamirano de la Cruz, Tizapa, & Sandoval, 2005)

Bloques de tierra compactada (BTC). Pieza para fabricar de albañilería generalmente con forma de paralelepípedo rectangular, obtenida por compresión estática o dinámica de tierra húmeda, seguida de un desmolde inmediato, y que puede contener estabilizantes o aditivos para alcanzar o desarrollar las características particulares de los productos (UNE. 41410, 2008).

- **Condiciones de la tierra a utilizar en la elaboración de los adobes.** Es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado. En general, debe utilizarse la menor cantidad de agua que logre activar la arcilla existente, para alcanzar la máxima resistencia seca de los muros. De tal manera que la cantidad del agua requerida para moldear las unidades de adobe no debe pasar del 15% respecto al peso del contenido seco (E.080, 2018)

- **Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe.** Debe recurrirse a las pruebas de campo para confirmar la presencia suficiente de arcilla y conocer la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa.

- Se debe cernir la tierra antes de preparar al barro y luego someterla a un proceso de hidratación sostenida por lo menos 48 horas.

- El secado del bloque de adobe debe ser lento, para lo cual se realiza sobre tendales protegidos del sol y del viento. Sobre el tendal (que no debe ser de pasto, ni empedrado, ni de cemento) se debe espolvorear arena fina para eliminar restricciones durante el encogimiento de secado.

- El bloque de adobe terminado debe estar libre de material extrañas, grietas u otros defectos que pueden degradar su resistencia o durabilidad.

- El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°

- El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40m de lado, por razones de peso.

- El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.

- La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08m y 0.12m. (E.080, 2018).

CINVA-RAM. La máquina se fundamenta en la “plancha de fuerza infinita” ó “TOGGLE”, de tal manera que en la medida en que se va comprimiendo la mezcla se incrementa la presión sobre esta; produciendo un bloque de construcción de buena resistencia y durabilidad. La máquina fue desarrollada por el Ingeniero Raúl Ramírez (RAM) del CINVA – Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento en Colombia, dentro del Proyecto 22 de la OEA. Está considerada como una de las tecnologías latinoamericanas más difundidas en el mundo (Valencia, R. 2001).

Propiedades del adobe compactado.

Ensayo de resistencia a compresión axial. La resistencia a la compresión (f_b) se determina dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta (A) cuando es hueca o perforada. De tal forma la norma peruana considera siempre como divisor al área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f_b mínimo aceptable de 12kg/cm² (E.080, 2018).

Ecuación 1: Resistencia a la compresión axial

$$f_b = P_u / A$$

Donde:

f_b : Resistencia a la compresión axial (kg/cm²)

P_u : carga aplicada (kg)

A : Área de aplicación de la carga (cm²)

- **Ensayo de resistencia a flexión.** La flexión de un material se analiza mediante el esfuerzo que experimenta el material en su cara longitudinal, ante una determinada carga, hasta el punto en el que la unidad ensayada falle, donde se toma el valor de la carga máxima soportada (E.080, 2018).

Ecuación 2: Resistencia a la flexión

$$f_b = (3 \cdot P_u \cdot L) / (2 \cdot b \cdot t^2)$$

Donde:

- fb: Resistencia a la flexión (kg/cm²)
- Pu: carga de rotura (kg)
- L: Luz entre ejes de apoyos (cm)
- b: Ancho de la unidad (cm)
- t: Altura (cm)

Grado de absorción. La absorción de agua se define como la cantidad de agua que absorbe la unidad a través de sus poros, saturando al material total o parcialmente. La absorción de agua implica una alteración de las características de un espécimen o de un material. En general se reducen la resistencia y la dureza, aumentando la tenacidad. Empeoran las características dieléctricas. La absorción de agua puede significar también hinchamiento y alteración de las dimensiones (Arias, Alderete, & Mellace, 1989).

La razón principal es que en la zona rural de Cajamarca hay una gran necesidad de adquirir una vivienda, obligando a la construcción de viviendas de adobe tradicional la cual no tiene mucha resistencia a la presencia de un sismo y su durabilidad es escasa por falta de conocimiento del adobe compactado reforzado.

De tal manera los autores ejemplifican a la fibra de coco después de evaluar sus propiedades y reacciones de las fibras de coco en los bloques de adobe compactado, generando mayor resistencia a la flexión, a las fuerzas de compresión y a la absorción del agua en los bloques de tierra compactada. Esta es la causa para la elaboración de este proyecto, ya que busca evaluar si la incorporación de fibra de coco en las unidades de adobes compactados aumenta la resistencia y durabilidad. De tal manera se busca un producto de mejor calidad y menos costoso; aprovechando el desperdicio del mesocarpo generado debido al consumo del coco.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2
Resumen general – resistencia a flexión

	ADOB.	ADOB.+ FIB	ADOB.+ FIB	ADOB.+ FIB
CÓDIGO	PATR.	0.25	0.50	0.75
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
P1	8.06	8.86	7.49	10.98
P2	8.20	8.70	10.18	9.77
P3	7.36	8.69	11.32	8.50
P4	7.34	8.67	10.28	9.39
P5	8.09	8.49	9.57	7.79
P6	7.36	7.86	9.66	9.94
P-De (f' b)	7.32	8.19	8.48	8.27

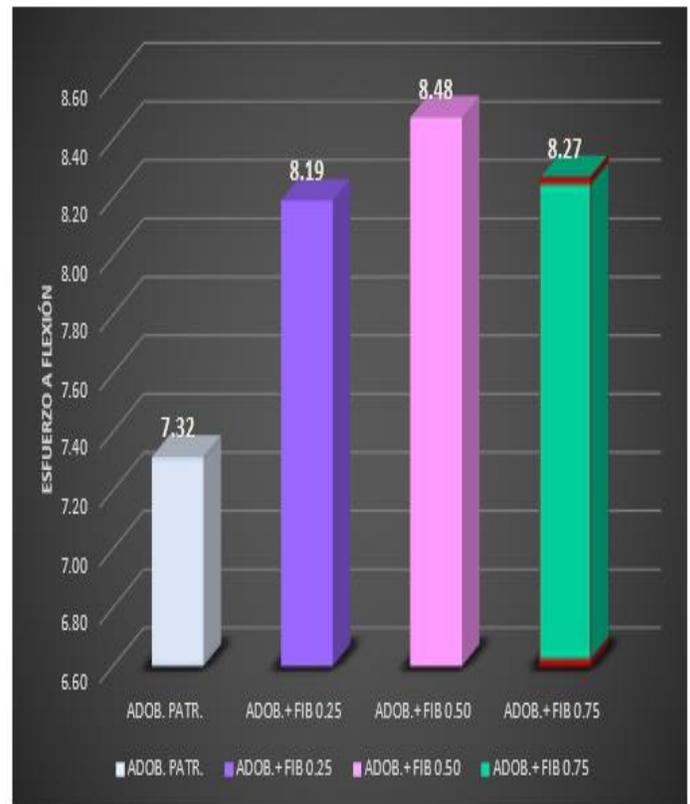


Figura 1: Resumen general – resistencia a flexión

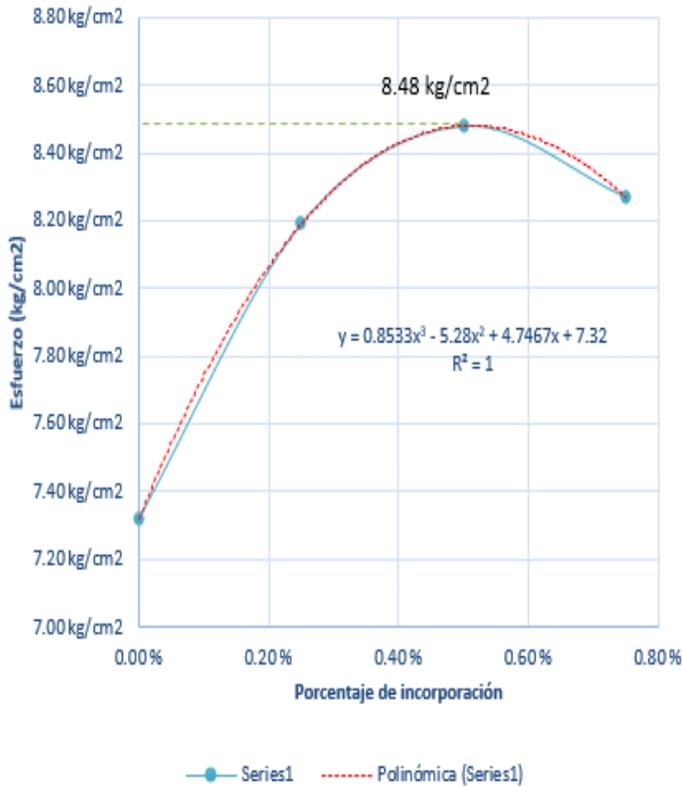


Figura 2: Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal – resistencia a flexión

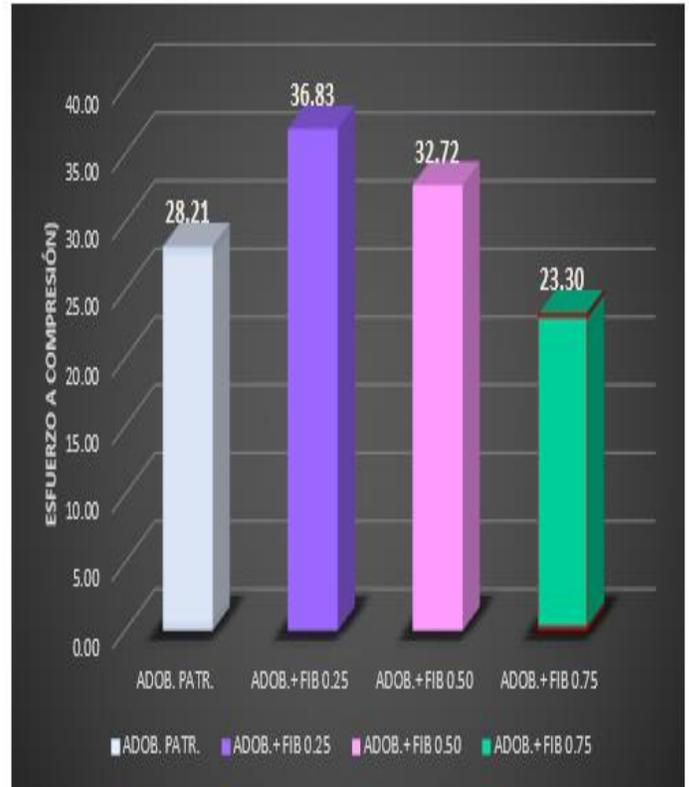


Figura 3: Resumen general – resistencia a compresión

Tabla 3
Resumen general – resistencia a compresión axial

	ADOB. PATR.	ADOB.+FIB 0.25%	ADOB.+FIB 0.50%	ADOB.+FIB 0.75%
CÓDIGO	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)
P1	31.89	38.15	34.95	24.38
P2	29.83	40.20	35.52	23.90
P3	29.06	38.39	34.88	25.12
P4	29.02	37.36	33.82	25.01
P5	29.42	37.47	33.03	22.52
P6	27.93	36.72	32.05	31.13
P-De (f' b)	28.21	36.83	32.72	23.30

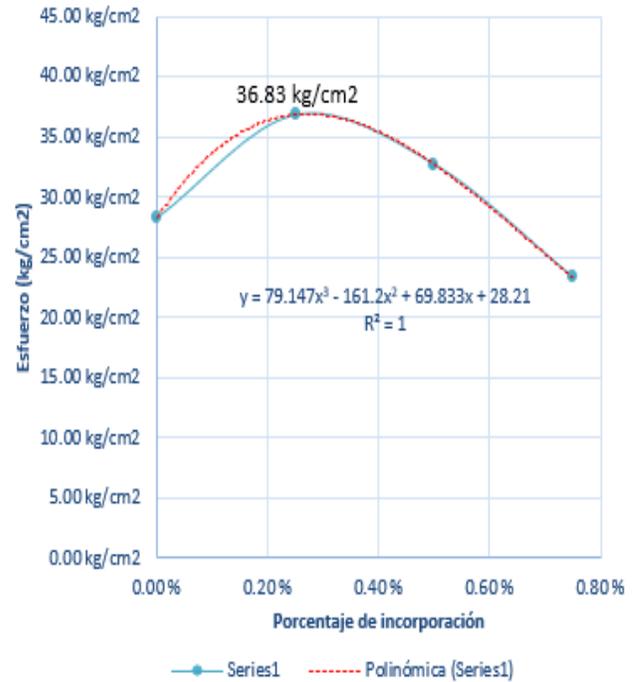


Figura 4: Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal – resistencia a compresión.

- El bloque de adobe compactado patrón y adobe con incorporación de fibras de coco en los porcentajes de 0.25, 0.50 y 0.75%, supera el esfuerzo a compresión axial y flexión, aceptable en la Norma Técnica de Edificaciones E. 080, 2018 que es de 10.20kg/cm² para compresión axial y de 0.81kg/cm² para flexión.
- Al comparar los resultados que presenta la tesis: *Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia Haw en la resistencia a la flexión y compresión del adobe compactado*, realizado en Oaxaca de Juárez en el 2009 por el tesista Jose Montes Bernave, quien adicionó fibra de bagazo de agave angustifolia Haw al suelo en cuatro longitudes (10, 15, 20 y 25mm) y en cuatro porcentajes (0.25, 0.50, 0.75 y 1%) al adobe, obteniendo que la resistencia a compresión del adobe compactado con incorporación de fibra con longitud de 25mm aumenta en un 24.12% y la resistencia a flexión aumenta en un 7.86%; a diferencia de la presente investigación en la que incorporando 0.75% de fibra de coco en una longitud de 25mm la resistencia a la compresión aumenta en 24.40% y la resistencia a la flexión para un 0.50% de incorporación de fibra de coco se incrementa en un 13.68%.

IV. CONCLUSIONES

- Para el adobe compactado con incorporación de fibra de coco, en un porcentaje de 0.75%, la resistencia a compresión axial aumenta a 24.40%; y la resistencia a flexión, con incorporación de fibra de coco, en un porcentaje de 0.50%, se incrementa en un 13.68%, en ambos casos con respecto a la muestra patrón.
- Los resultados del ensayo granulométrico por lavado fueron de 99.16% que pasa por la malla N°4 y más del 12% pasa por la malla N°200 (27.33%), y con respecto al ensayo del análisis granulométrico por sifonaje, se tiene que el suelo cuenta con 66.38% de arena, 20.13% de limo y un 13.50% de arcilla, con un resultado de límites de consistencia de Atterberg de 10.60%. Concluyendo que es un suelo apto para elaborar adobes compactados de acuerdo a lo que establece la norma E. 080.
- Se realizó los ensayos de compactación de Proctor modificado de la muestra patrón, y de las muestras con incorporación de fibras de coco en los porcentajes de (0.25%, 0.50% y 0.75%) respectivamente, para el suelo de la cantera en estudio; determinando su densidad máxima para cada muestra (2.08, 2.150, 2.74 y 2.28kg/cm³) y sus contenidos de humedad óptimos (10.540, 11.49, 11.56 y 12.58%).
- La incorporación de fibra de coco al 0.75%, 0.50% y 0.25%, utilizando una longitud estándar de 25mm, respectivamente permitió obtener una resistencia a la compresión axial del adobe compactado de 36.83kg/cm², 32.72kg/cm² y 23.30kg/cm²; aumentando en 24.40%, 13.78% y 21.07%, respecto a la muestra patrón.

- La incorporación de fibra de coco al 0.25%, 0.50% y 0.75%, utilizando una longitud estándar de 25mm, permitió obtener una resistencia a flexión de 8.19kg/cm², 8.48kg/cm² y 8.27kg/cm²; los cuales superan hasta un 10.62%, 13.68% y 11.49%, respecto a la muestra patrón.
- Los adobes compactados con incorporación de fibra de coco en sus tres niveles de 0.25%, 0.50% y 0.75% y la muestra patrón no resistieron la prueba para determinar el grado de absorción.
- Las fibras de coco mejora significativamente la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la vida, sabiduría, para seguir el camino del éxito. En segundo lugar, agradecer a mi docente por brindarme el apoyo en esta investigación. Gracias a ello se desarrolla con cautela la tesis.

REFERENCIAS

- [1] Alfonso Rico, R., & Hermilo Del Castillo. (2005). La Ingeniería De Suelos En Las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles Y Aeropistas. México: Limusa.
- [2] Altamirano De La Cruz, G., Sanchez tizapa, S., & Cuevas Sandoval, A. (2005). Utilizacion De Fibra De Coco En La Elaboración De Piezas Ecosustentable De Mamposteria, Perspectiva En México Y Avance De Estudio. SMI
- [3] Arias, L. E., Alderete, C. E., & Mellace, R. F. (1989). Control De La Absorción De Agua En Bloques.
- [4] ASTM D-1557, J. B.-2. (2006). Compactación De Suelos En Laboratorio Utilizando Una Energía Modificada - Proctor Modificado. Primer Taller De Mecánica De Suelos, 13.
- [5] Badillo, E. J., & Rodríguez, A. R. (2005). Mecánica De Suelos. México: Limusa.
- [6] Crespo Villalaz, C. (1980). Mecánica De Suelos Y Cimentación. Monterrey: LIMUSA.
- [7] E.080, N. (07 De abril De 2017). Diseño Y Construcción Con Tierra Reforzada. El Peruano, Pág. 29.
- [8] Eulalio Juárez, B. (2005). Mecánica De Suelos - Tomo I. México: Limusa.
- [9] Hakkoum, S., Kriker, A., & Mekhermeche, A. (2017). Características Térmicas De Las Casas Modelo Fabricadas Con Ladrillos De Tierra Reforzada Con Fibra De Palmera Datilera En Las Regiones Desérticas De Ouargla Argelia. ELSEVIER, 7.
- [10] Hernán Castro, R. (2004). Notas De Construcción. Colombia: Universidad Del Valle.
- [11] Humphrey, D. (2017). Propiedades De Las Fibras De Coco, Aceite De Palma Y Bagazo: Como Posibles Materiales De Construcción. Elsevier, 9.
- [12] INEI, D. T. (2017). Perfil Sociodemográfico Del Perú. Obtenido De Recuperado 11 De mayo De 2018, A Partir De <https://www.inei.gob.pe/>
- [13] Jhon Mantilla Calderon, C. (2018). "Variación De Las Propiedades Físico Mecánicas. Cajamarca.
- [14] Jorge Pineda, P., J.T. Vega, D., A. Manzano, R., J. F. Pérez, R., H Balmori, R., & M. A. Hernández, L. (2005). Mejora De Las Propiedades Mecánicas E Hidrofóbicas De Adobes Para La Industria De La Construcción Mediante La Adición De Agentes Poliméricos. ELSEVIER.
- [15] Jose Montes Bernave, L. (2009). "Estudio Del Efecto De La Fibra De Bagazo De Agave Angustifolia Haw En La Resistencia A Flexión Y Compresión Del Adobe Compactado". Oaxaca De Juarez.

- [16] Josune Hernández, P. (2016). CONSTRUCCION CON TIERRA: Análisis, Conservación Y Mejora Un Caso Práctico En Senegal. Barcelona.
- [17] Juan Bolaños Rodríguez (2016). "Resistencia A Compresión, Flexión Y. Cajamarca.
- [18] Juan Ramón Rosell, A. (2018). Desarrollo De Un Nuevo Bloque De Tierra Mejorado Con La Incorporación De Aditivos De Compuesto Orgánicos. Universidad Politécnica De Catalunya.
- [19] Karen Tatiana Arteaga, M., Óscar Humberto, M., & Óscar Javier Gutiérrez, J. (2011). Bloque De Tierra Comprimida Como Material Constructivo. ISSN 0121 - 1129.
- [20] Luis Ocas De La Cruz, J. (2013). "INFLUENCIA DE LA ENERGIA DE COMPACTACION EN EL OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y LA MAXIMA DENSIDAD SECA EN LOS SUELOS". CAJAMARCA.
- [21] Marwan Mostafa. (2016). Análisis Experimental De Bloques De Tierra Comprimida (CEB) Con Fibras De Plátano Que Resisten Las Fuerzas De Flexión Y Compresión. ELSEVIER, 15.
- [22] Omar A. Pacuri, Z. (2014). "Efecto De La Adición De Aglomerantes En La Resistencia Mecánica Y Absorción Del Adobe Compactado. Puno.
- [23] Rojas Torres Angel, M. (2015). Adición De La Fibra De Coco En El Hormigón Y Su Incidencia En La Resistencia A Compresión. ECUADOR: Ingeniería Civil Y Mecánica.
- [24] Ruben Salvador Roux, G., & Manuel D. Olivares, S. (2002). UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE ADOBE ESTABILIZADOS CON CEMENTO PORTLAND AL 6% Y REFORZADO CON FIBRA DE COCO, PARA MUROS DE CARGA EN TAMPICO. Deposito De La Investigación Universidad De Sevilla, 263.
- [25] Ruby Valencia, D. (2001). Tecnologías Apropriadas Y Apropiables De Construcción, Saneamiento Básico Y Energías Alternativas: Experiencias Amazónicas Como Base Para La Creación De La Red De Tecnologías Apropriadas De La Amazonia. FUNDABITAT.
- [26] Samuel Alexander Gómez, P. (2009). Diseño, Experimentación Y Evaluación Del Sistema Constructivo Sam (Sistema De Bloques Fibro reforzados Con Fibra Del Desecho Del Fruto Del Coco, Para La Construcción De Vivienda. Guatemala.
- [27] UNE 41410, A. (2008). Bloques De Tierra Comprimida Para Muros Y Tabiques Definiciones, Especificaciones Y Métodos De Ensayo. Norma Española.