

**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**

Item Type	info:eu-repo/semantics/bachelorThesis
Authors	Lopez Daza, Ximena Del Pilar; Torbisco Ascue, Dasarella Bheatriz
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	info:eu-repo/semantics/openAccess
Download date	28/11/2024 01:44:52
Item License	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Link to Item	http://hdl.handle.net/10757/654799



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

López Daza, Ximena del Pilar (0000-0003-4167-3044)

Torbisco Ascue, Dasarella Bheatriz (0000-0002-6149-8119)

ASESOR

Eyzaguirre Acosta, Carlos Augusto (0000-0001-9769-2135)

Lima, 8 de Diciembre de 2020

DEDICATORIA

A nuestros familiares que son el pilar fundamental en todo lo que somos, por las enseñanzas brindadas tanto académicas como de la vida, su incondicional apoyo a través del tiempo.

A nuestros maestros por haber compartido todos sus conocimientos y experiencia a lo largo de nuestra preparación profesional, por su paciencia, sus consejos, dedicación y apoyo.

RESUMEN

La tierra es uno de los materiales más abundantes y accesibles usados por la población rural del mundo para la construcción de viviendas, las cuales son principalmente adobes y muros tapiales. El Perú no es la excepción, ya que tiene bajo costo y fácil preparación. Sin embargo, este material muestra una resistencia a la compresión y flexión muy baja y casi nula resistencia a la tracción, también se deteriora rápidamente debido a agentes externos como la humedad, erosión, corrosión, entre otros.

En el mundo se han venido desarrollando investigaciones con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y físicas del adobe. En el Perú contamos con una norma dedicada al diseño y construcción con tierra reforzada (RNE). En esta norma podemos encontrar las condiciones mínimas que debe tener el adobe para tener un comportamiento óptimo como material de construcción. Sin embargo, el adobe fabricado en la sierra sur del Perú no llega a la mínima resistencia por lo cual se plantea la adición de fibras naturales con el fin de mejorar sus propiedades.

La presente investigación tiene como finalidad encontrar el porcentaje óptimo de adición de fibra de Cabuya en la elaboración de adobe para mejorar sus propiedades mecánicas en la ciudad de Abancay, Departamento de Apurímac. Se añadió fibra de cabuya en las unidades de adobe con paja con diferentes porcentajes. El porcentaje de adición de fibra de 1.75% nos dio como resultado un aumento en 40% y 12% en la resistencia a la compresión y flexión respectivamente.

Palabras clave: [Adobe, fibra de cabuya, resistencia, Abancay, fibras naturales, agave]

Use Of Cabuya Fiber For The Improvement Of Mechanical Properties Of The Traditional Adobe Mixture In A Masonry Unit In The District Of Abancay, Departament Of Apurímac

ABSTRACT

Earth is one of the most abundant and accessible materials used by the rural population of the world for the construction of houses, which are mainly adobes and mud walls. Peru is not the exception, since it is low cost and easy to prepare. However, this material shows a very low resistance to compression and bending and almost no tensile strength, it also deteriorates rapidly due to external agents such as humidity, erosion, corrosion, among others.

In the world, research has been developing in order to improve the mechanical and physical properties of adobe. In Peru we have a norm dedicated to the design and construction with reinforced earth (National Building Regulations). In this standard we can find the minimum conditions that the adobe must have in order to have an optimal behavior as a construction material. However, the adobe manufactured in the southern highlands of Peru does not reach the minimum resistance, which is why the addition of natural fibers is proposed in order to improve their properties.

The purpose of this research is to find the optimum percentage of Cabuya fiber addition in the adobe elaboration to improve its mechanical properties in the city of Abancay, Department of Apurímac. Cabuya fiber was added in adobe units with straw with different percentages. The percentage of fiber addition of 1.75% resulted in a 40% and 12% increase in compressive and flexural strength, respectively.

Keywords: [Adobe, cabuya fiber, strength, Abancay, naturals fibers, agave]

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN	12
ANTECEDENTES	13
REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
HIPÓTESIS	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 NORMA PERUANA E080 “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA”	18
ADOBE	18
1.2 MATERIALES	19
1.2.1 AGUA	19
1.2.2 PAJA	19
1.2.3 CABUYA	19
1.2.3.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE CABUYA	19
1.2.3.2 USOS DE LA FIBRA DE CABUYA	21
1.2.4 TIERRA	22

1.2.4.1 PRUEBA DE OLOR	22
1.2.4.2 PRUEBA DE COLOR	22
1.2.4.3 PRUEBA DE BRILLO	23
1.2.4.4 PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN	23
1.2.4.5 PRUEBA DE CINTA DE BARRO	23
1.2.4.6 PRUEBA DE PRESENCIA DE ARCILLA	23
1.2.4.7 PRUEBA DE MORDEDURA	23
1.2.4.8 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	24
1.2.4.9 DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO	24
1.2.4.10 DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO	24
1.2.5 ENSAYOS AL ADOBE	24
1.2.5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN	24
1.2.5.2 ENSAYO DE FLEXIÓN	25
2. METODOLOGÍA	25
2.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	25
2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	25
2.3 PROCEDIMIENTO	25
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	26
3.1 FIBRA DE CABUYA	26
3.1.1 PROCEDIMIENTO	26
3.1.1 RESULTADO	27
3.2 TIERRA	27
3.2.1 PRUEBA DE OLOR	28
3.2.1.1 PROCEDIMIENTO	28
3.2.1.2 RESULTADO	28
3.2.2 PRUEBA DE COLOR	28

3.2.2.1 PROCEDIMIENTO	28
3.2.2.2 RESULTADO	28
3.2.3 PRUEBA DE BRILLO	28
3.2.3.1. PROCEDIMIENTO	28
3.2.3.2 RESULTADO	29
3.2.4 PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN	29
3.2.4.1 PROCEDIMIENTO	29
3.2.4.2 RESULTADO	29
3.2.5 PRUEBA DE CINTA DE BARRO	29
3.2.5.1 PROCEDIMIENTO	29
3.2.5.2 RESULTADO	30
3.2.6 PRUEBA DE PRESENCIA DE ARCILLA	30
3.2.6.1 PROCEDIMIENTO	30
3.2.6.2 RESULTADO	30
3.2.7 PRUEBA DE MORDEDURA	31
3.2.7.1 PROCEDIMIENTO	31
3.2.7.2 RESULTADOS	31
3.2.8 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	31
3.2.8.1 PROCEDIMIENTO	31
3.2.8.2 RESULTADOS	32
3.2.9 LÍMITE LÍQUIDO	33
3.2.9.1 PROCEDIMIENTO	33
3.2.9.2 RESULTADOS	33
3.2.10 LÍMITE PLÁSTICO	34
3.2.10.1 PROCEDIMIENTO	34
3.2.10.2 RESULTADOS	34

4 ENSAYO DE ADOBE TRADICIONAL CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE FIBRA DE CABUYA	36
4.1 ELABORACIÓN DE ADOBE	36
4.1.1 PROCEDIMIENTO	36
4.1.2 RESULTADOS	36
4.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN	37
4.2.1 PROCEDIMIENTO	37
4.2.2 RESULTADOS	38
5. ENSAYO DE ADOBE SEGÚN LA NORMA E0.80 CON LA DOSIFICACIÓN DE CABUYA	39
5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN	39
5.1.1 PROCEDIMIENTO	39
5.2.2 RESULTADOS	40
5.3 ENSAYO DE FLEXIÓN	41
5.3.1 PROCEDIMIENTO	41
5.3.2 RESULTADOS	41
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
7. ANÁLISIS DE COSTOS	45
8. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN	47
9. CONCLUSIONES	48
10. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Infraestructura de viviendas	4
Tabla 3: Población en situación de pobreza extrema	4
Tabla 2: Estudios de Resistencias a la Compresión	5
Tabla 3: Características mecánicas de diferentes fibras naturales y sintéticas	14
Tabla 4: Características físicas de la fibra de cabuya	15
Tabla 5: Prueba 1	20
Tabla 6: Prueba 2	21
Tabla 7: Prueba 3	21
Tabla 8: Límite Plástico	22
Tabla 16: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión en muestras de adobe sin cabuya	28
Tabla 17 Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión en muestras de adobe con cabuya	28
Tabla 18: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la flexión en muestras de adobe sin cabuya	29
Tabla 19: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la flexión en muestras de adobe con cabuya	29
Tabla 21: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Destrucción de las casas de adobe en la ciudad de Huaraz	2
Figura 2: Mapa de la Provincia de Abancay	4
Figura 3: Zonas Sísmicas	5
Figura 4: Estado final de daño	5
Figura 5: Esquema del proceso de Obtención de la fibra cabuya	9
Figura 6: Fibra de Cabuya	11
Figura 7: Barra antes y después de aplicado el momento flexionante	14
Figura 8: Prueba de Brillo	18
Figura 9: Prueba de Presencia de Arcilla	20
Figura 10: Análisis granulométrico mediante tamices	21
Figura 11: Carta de Plasticidad	24
Figura 12: Elaboración de Adobe	25
Figura 13: Adobe terminado	25

INTRODUCCIÓN

Durante el periodo colonial fueron construidas muchas edificaciones en adobe y/o tapia pisada, ya que los materiales utilizados para la construcción de viviendas, iglesias, entre otros; fueron limitados a lo que se encontraba en la región y trabajados comúnmente por artesanos locales.

Actualmente existe un creciente interés en el adobe como material de construcción, debido a que la construcción con tierra proporciona una alternativa sostenible a comparación de otros materiales y técnicas de construcción que son contaminantes y nocivas con el medio ambiente. Por ejemplo, los materiales más utilizados como son el cemento y el acero son denominados intensivos en energía. Entre las principales características del adobe están que tiene un bajo costo de preparación y colocación, consume menor cantidad de energía, preserva el medio ambiente de contaminación, ya que puede reciclarse o devolverse de manera segura al medio ambiente.

Abancay es una ciudad del sureste del Perú, capital del departamento de Apurímac, fundada un 03 de Noviembre de 1874. Fue parte del departamento de Cusco hasta la creación del departamento de Apurímac el 28 de Abril de 1873.

En la ciudad de Abancay, como en la mayoría de la sierra, uno de los principales materiales de construcción es el adobe tanto en la zona rural como en la zona urbana. Contando con 21% de casas de adobe en la zona urbana y 72.5% de casas de adobe en la zona rural, según el compendio estadístico Perú 2017 del INEI.

El mayor problema con el adobe es su carencia estructural, especialmente en casos de sismos, ya que cuenta con baja resistencia a la compresión y muy baja casi inexistente resistencia a la tracción y flexión. Puesto que el Perú es un país altamente sísmico, debido a que forma parte del cinturón de fuego del Pacífico. Por lo cual, la ocurrencia de un evento sísmico no es de extrañarse.

En la ciudad de Huaraz en el año 1970 ocurrió uno de los terremotos más destructivos de todos los tiempos con una magnitud de 7.8 en la escala de Richter y una intensidad en Mercalli Modificada (MM) de VII en la cual la ciudad de Huaraz fue destruida en un 97% y se perdió más de 10 000 habitantes. La mayoría de casas eran de adobe por cual se observa que las casas de adobe no resisten ante un sismo y no da tiempo para evacuar a las personas.

Por lo cual, en los últimos años se busca soluciones para aumentar las propiedades mecánicas del adobe.

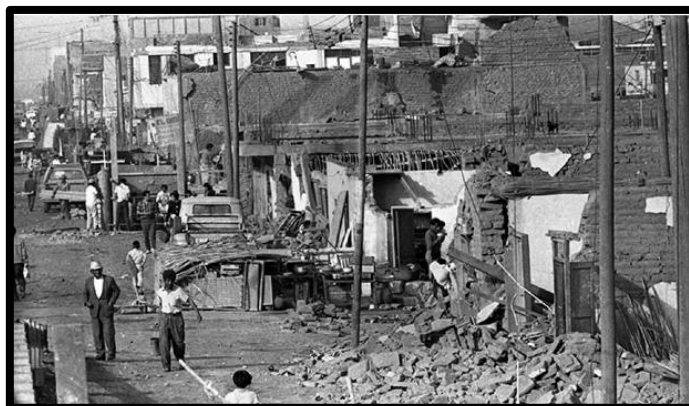


Figura 1: Destrucción de las casas de adobe en la ciudad de Huaraz

Fuente: Archivos Históricos del diario “El Comercio”. Carlos Batalla (2018)

La solución que estamos planteando es la preparación de adobe con fibras de cabuya y encontrar la dosificación óptima de los materiales; agua, tierra y paja; para lograr mejorar resistencia a la compresión de este material de construcción.

ANTECEDENTES

Actualmente varios autores se concentraron en lograr mejorar las propiedades mecánicas del adobe los cuales plantearon algunas posibles soluciones.

Los autores Marwan Mostafa y Nasim Uddin propusieron que la adición de fibra de banana al diseño de mezcla del bloque de tierra comprimida aumentará la resistencia a la compresión y flexión de los bloques. Se desarrollaron 4 mezclas de acuerdo a la longitud de la fibra agregada. Donde la mezcla 1 es sin fibra, la 2 es de 50 mm, la 3 de 60 mm y la 4 de 70 mm. Los bloques estudiados fueron de 0.12 x 0.12 x 0.09 m. Se observó que los bloques con la mezcla 3 y 4 experimentaron mayor resistencia, ya que aumentaron en 77% y 82% respectivamente.

Los ingenieros Verónica Benites, Jenny Sánchez y Gaby Ruiz evaluaron el efecto de la incorporación del extracto de cabuya para la estabilización de adobes. Ensayaron los adobes de 30.5 x 15.25 x 7.62 cm y observaron que en cuanto a la resistencia a la compresión el adobe con el extracto aumenta en 12% y que en cuenta a la resistencia a la flexión aumenta significativamente con la adición del extracto de cabuya.

De la misma manera, según los investigadores Alex Cotrina Mendoza, Walner Limay Silva y Deyvis López Alejandría construyeron ladrillos de adobe, con materiales oriundos de la localidad de Cruz Blanca en Cajamarca; entre los cuales separaron dos muestras de unidades de adobe que se diferenciaron en que unos tenían paja y otros no. Realizaron esta investigación con el fin de comparar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe sin paja con las unidades de adobe con paja. Concluyeron de acuerdo a la realización de ensayos a compresión de las unidades respectivas que el adobe con paja es más resistente, por lo tanto, se puede decir que este material es recomendable para construcción de viviendas.

De acuerdo con los ingenieros Magdaleno Caballero-Caballero, Fernando Chinas-Castillo, José Luis Montes Bernabé, Rafael Alavés Ramírez y María Eugenia Silva Rivera (2017) desarrollaron una investigación en la cual proponen la utilización de una fibra natural de Agave o Cabuya en México, para lograr reforzar el adobe como material de construcción. Para lo cual, realizaron ensayos en los cuales obtuvieron lo siguiente:

- Resistencia compresiva de adobe las muestras reforzadas aumentan a medida que aumenta la concentración de fibra de agave. Ladrillos de adobe reforzados con 1.0% de fibra, 25 mm de largo, proporciona una mejora de la resistencia a la compresión del 33%, cumpliendo requisitos de resistencia a la compresión de la clase D a la clase C del reglamento de construcción mexicano norma N-CMT-2-01-001 / 02. Esta concentración y 25 mm de longitud de fibra de agave mejora también su resistencia a la flexión pero esta mejora es solo de 7.01%.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

- Ubicación: Abancay está ubicada a una altura de 2 377 msnm en el sur de los andes peruanos, a orillas del río Mariño, afluente del río Pachachaca. La ciudad se encuentra en la intersección de dos importantes carreteras peruanas: la carretera de los Caminos del Inca, un antiguo camino inca entre las ciudades de Nazca y Cusco, y la vía de los Libertadores, conectando Ayacucho y Cusco.

Coordenadas:

13°38'33'' latitud sur

72°52'54'' longitud oeste

Superficie: 313.07 km²



Figura 2: Mapa de la Provincia de Abancay

Fuente: Portal de la Municipalidad Provincial de Abancay

- Según la encuesta de nacional de hogares, como se muestra en la imagen, aún el 72.5% de las viviendas en la zona rural son de adobe o tapia, lo cual es un porcentaje significativo y es una realidad y a la vez se demuestra que es una necesidad que se debe tomar en consideración.

Tabla 1: Infraestructura de viviendas

B. INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LAS VIVIENDAS PARTICULARES										
2016										
(Porcentaje del total de viviendas particulares)										
Material predominante en las paredes exteriores / Área de residencia	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Rural	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	5.5	5.5	5.6	5.9	6.3	6.2	6.9	7.3	7.3	7.3
Piedra o sillar con cal o cemento	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3
Adobe o tapia	72.2	73.0	73.7	73.4	72.3	72.9	72.3	72.1	72.5	72.5
Ladrón (caña con barro)	2.2	1.9	1.8	2.2	2.0	1.7	1.9	1.8	1.5	1.4
Piedra con barro	3.9	3.5	3.0	3.1	3.4	3.7	3.2	3.3	2.9	3.0
Madera	8.2	9.0	9.4	9.9	10.5	10.7	11.4	11.3	11.5	11.7
Estera	0.6	0.8	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Otro material 1/	7.0	6.0	5.7	4.9	4.9	4.2	3.6	3.7	3.6	3.6

Fuente: Compendio Estadístico Perú, INEI- Encuesta Nacional de Hogares (2017)

- Como lo muestra la encuesta del INEI para el 2015 el 16.5 de población de la sierra rural está en condiciones de extrema pobreza, lo cual explica que las construcciones no sean de concreto sino de adobe, ya que es un material que está al alcance de todos.

Tabla 2: Población en situación de pobreza extrema

9.2 POBLACIÓN EN SITUACIÓN DE POBREZA EXTREMA MONETARIA, SEGÚN ÁMBITO GEOGRÁFICO, 2009 - 2016							
(Porcentaje respecto del total de población)							
Ámbito geográfico	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	9.5	7.6	6.3	6.0	4.7	4.3	4.1
Lima Metropolitana 1/	0.7	0.8	0.5	0.7	0.2	0.2	0.3
Resto País	13.4	10.7	8.9	8.4	6.8	6.2	5.8
Área de residencia							
Urbana	2.0	1.9	1.4	1.4	1.0	1.0	1.0
Rural	29.8	23.8	20.5	19.7	16.0	14.6	13.9
Región natural							
Costa	1.5	1.5	1.2	1.1	0.8	0.9	0.8
Sierra	20.1	15.8	13.8	13.3	10.5	9.2	8.7
Selva	15.8	12.5	9.0	8.2	6.9	6.1	6.5
Dominio geográfico							
Costa urbana	1.6	1.7	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9
Costa rural	7.8	6.7	8.3	4.9	5.9	9.0	4.8
Sierra urbana	3.8	2.5	2.0	1.9	1.7	1.6	1.3
Sierra rural	34.0	27.6	24.6	24.0	19.0	17.0	16.5
Selva urbana	5.2	5.3	4.5	3.8	3.1	3.0	3.5
Selva rural	28.6	21.4	14.7	14.2	12.1	10.5	10.9

Fuente: Compendio Estadístico Perú, INEI- Encuesta Nacional de Hogares (2017)

- Los adobes en la sierra del Perú muestran una resistencia a la compresión muy baja de valores que oscilan entre 8 kg/cm² a 10.5 kg/cm², ya que se encuentra por debajo del mínimo establecido por la norma E.080 que es 12 kg/cm².

Tabla 3: Estudios de Resistencias a la Compresión

Ubicación de estudio de investigación	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Cusco - Sicuani	10.700
Cusco - Paruro	9.759

Fuente: Propia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar las propiedades mecánicas del adobe, como la resistencia a la compresión y flexión utilizando fibras naturales de la zona en el distrito de Abancay – Apurímac?

HIPÓTESIS

Utilizando la fibra de Cabuya en la elaboración del adobe se mejorará la resistencia a la compresión en 30% y la resistencia a la flexión en 10%.

OBJETIVO GENERAL

Aprovechar las fibras de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas del adobe en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas de la tierra y fibra de cabuya.
- Analizar la resistencia a la compresión del adobe elaborado de forma tradicional adicionando 1.5%, 1.75%, 2%, 2.5% porcentajes de fibra de cabuya
- Analizar las propiedades mecánicas del adobe elaborado de acuerdo a la norma E0.80 con el porcentaje de fibra de cabuya que tenga la mayor resistencia a la compresión.

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

En la introducción se presentará el contexto problemático e información general de la ciudad de Abancay y sobre la fibra de cabuya. Se hará referencia a la ubicación de la capital de Apurímac. Se citarán los objetivos por el cual estamos realizando la investigación. Se pondrán investigaciones anteriores sobre el problema y posibles soluciones ya planteadas con las debidas metodologías utilizadas, y las causas por la cual estamos desarrollando la investigación.

En el marco teórico haremos referencia a la Norma Peruana E - 080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”. Se expondrán los materiales a utilizar incluyendo la fibra de cabuya y las pruebas que deben ser desarrolladas tanto a los materiales por separado como al adobe propiamente dicho.

En el capítulo de “Caracterización de materiales” se observarán los resultados obtenidos a las pruebas desarrolladas a los materiales necesarios para la elaboración de adobe con lo cual obtendremos las principales características de cada uno de ellos.

Para la fabricación y ensayo de las muestras de adobe tradicional y según la norma E0.80, en el primer caso tomaremos la dosificación del adobe tradicional preparado por artesanos locales de la ciudad de Abancay y lo reforzaremos con fibras de cabuya para desarrollar ensayos de compresión. Para el segundo caso, se seguirá las especificaciones de la norma E0.80 para la elaboración de las muestras de adobe y se reforzará con de fibra de cabuya para la realización de ensayos de compresión.

En el capítulo de análisis de resultados se compararán los resultados obtenidos de los ensayos del adobe tradicional y el elaborado según norma para verificar el aumento de resistencia del adobe con la fibra de cabuya y demostrar la hipótesis planteada.

Finalmente, en las conclusiones pondremos un resumen de la investigación y la verificación de haber logrado realizar los objetivos específicos establecidos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 NORMA PERUANA E080 “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA”

ADOBE

El adobe es una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y su durabilidad frente a agentes externos. Cuando al adobe se incorporan otros materiales como el asfalto, cemento, cal, entre otros; con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad, se le denomina adobe estabilizado. Para la unión de este material se utiliza el mortero que puede ser hecho de barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, entre otros. La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá un calidad menor que las mismas. Los materiales utilizados para la elaboración de adobe deben cumplir con los

siguientes requisitos establecidos por la norma E-080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

1.2 MATERIALES

1.2.1 AGUA

Debe ser agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión, debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales y otras sustancias que puedan ser dañinas, y solo puede ser utilizada el agua de mar si se cuenta con autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión.

1.2.2 PAJA

Es un excelente aislante térmico y acústico, transpirable, saludable, regulador de la humedad, muy versátil, fácil de trabajar y su unión con la arcilla resulta muy beneficiosa. Además, es un material bastante económico, ya que es un residuo de actividades agrícolas y está disponible en gran parte del mundo. Esta planta, durante su tiempo de vida, absorbe CO₂ del medio al realizar la fotosíntesis y al finalizar la vida útil de la vivienda puede ser devuelta a la biósfera.

1.2.3 CABUYA

Es una planta que crece en forma silvestre o cultivada en valles y laderas de los Andes, la misma que pertenece a la familia de las Agaváceas. Es una planta arrosetada que alcanza hasta 1.5 m de altura en su parte vegetativa y si se incluye la estructura reproductora, puede alcanzar hasta 15 m. Viene del quechua “Chahuar” o también conocida como “Chuchau”. Esta planta tiene varios usos en el campo ecuatoriano; utilizándose la fibra para elaboración de productos textiles, hace las veces de jabón, leña; el jugo como fijador de colores; alimento para el ganado; los indios lo emplean para teñirse el pelo; para blanquear las casas; para hacer divisiones entre las piezas de las casas; la hoja cortada como canales de agua, se las usan en vez de tejas para cercas, divisiones de potreros; sacando fibra con la espina o púa, hacen de aguja e hilo.

1.2.3.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE CABUYA

Está integrado por varios procesos los cuales tienen una secuencia bien definida.

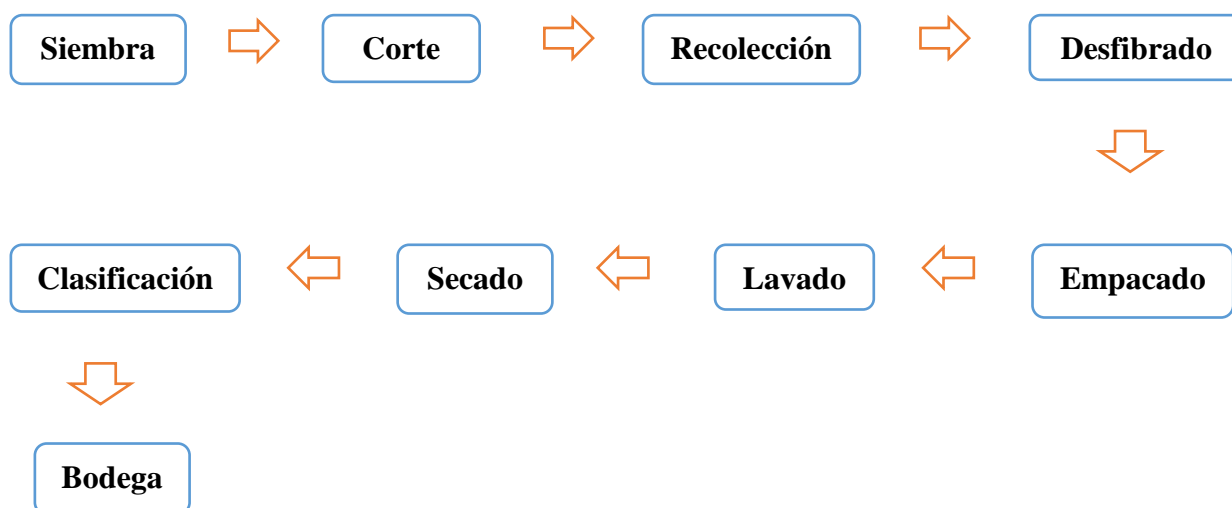


Figura 5: Esquema del proceso de Obtención de la fibra cabuya

Fuente: Propia

- **Siembra:** Para la siembra se utiliza bulbillos de tallo floral de plantas viejas. El terreno debe ser bien abonado y debe estar limpio de malezas.
- **Corte:** Se desprende un número de hojas de la planta periódicamente, utilizando un machete o un cuchillo muy afilado de 8 a 10 pulgadas que es el más adecuado.
- **Recolección:** Se reúne las hojas cortadas para trasladarlas al lugar donde se realizará el desfibrado. El cual debe ser realizado dentro de las 24 horas siguientes si se deja en el campo, o dentro de 48 horas si se almacena en un lugar adecuado en ausencia de sol y de lluvia.
- **Desfibrado:** Existen dos sistemas de extracción de fibras utilizadas tanto en la parte artesanal como industrial: de forma manual y utilización de máquina.

a) **Desfibrado Manual:** Existen 2 sistemas principales.

-Sistema de enriado: Se realiza unos atados con 5 a 10 hojas amarradas fuertemente, estas son introducidas en unos tanques con agua durante un mes, o si se pudiera colocar en una quebrada con agua corriente se le mantendría durante 8 a 12 días. Se deja un largo tiempo con el fin de que la goma y la pulpa se descompongan y se desprendan fácilmente con sucesivos golpes.

-Tallado: Se realiza utilizando una cuchilla de hueso o de metal, la cual se utiliza para raspar la hoja a mano, teniendo un rendimiento de 6 libras diarias y gran porcentaje de desperdicio que sobrepasa el 50%. Debido a que es ineficiente y los costos de producción son muy elevados este procedimiento no es aplicado en la actualidad.

b) Maquinaria Desfibradora: Es uno de los más eficientes y utilizado en la actualidad. La máquina funciona con un motor de 3 a 6 HP y está provisto de un tambor de 30 a 40 cm de diámetro con unas 15 a 20 cuchillas destinadas para raspar, golpear y limpiar eliminando así las gomas y pulpa que acompaña a la fibra.

- Lavado: Consiste en preparar unos tanques o piscinas con agua limpia y detergente de 5 a 7 kg por metro cúbico de agua. Con los tanques preparados se procede a sumergir la cabuya donde permanecerá de 12 a 15 horas para luego lavarlas a fondo en agua limpia, con la finalidad de desprender las partículas de corteza, pulpa, lignina, espinas y detergente que acompaña a la fibra.
- Secado: Puede ser secada de manera artificial y natural.
 - Secado artificial: Tiene un alto costo, debido a que se utilizan dos máquinas, una centrífuga que elimina el exceso de agua, y una secadora automática.
 - Secado natural: Se expone la cabuya directamente a los rayos del sol sobre un prado natural.

1.2.3.2 USOS DE LA FIBRA DE CABUYA



Figura 6: Fibra de Cabuya

Fuente: Propia

Es muy utilizada para la elaboración de hilos, cuerdas y costales, aptos para el transporte de carga de productos agrícolas como el café y el cacao; es empleada en la fabricación de

zapatos, esteras, alfombras, tapetes, cortinas, artículos decorativos, entre otros. También sirve como componente del papel corrugado y sus desperdicios como fertilizantes.

En la construcción es muy utilizada en la fabricación de morteros para elementos como paneles para techos, vigas y baldosas, en los que esta fibra interviene para mejorar su resistencia y propiedades físicas.

La cabuya corta que se desecha al desfibrar el penco puede emplearse para reforzar elementos estructurales como vigas y columnas, además en el reforzamiento de tejas, adoquines y otros afines

1.2.3.3 ENSAYO DE TRACCIÓN

Una prueba de tracción, también conocida como prueba de tensión, es uno de los tipos más fundamentales y comunes de prueba mecánica. Una prueba de tracción aplica fuerza de tracción (tracción) a un material y mide la respuesta de la muestra al esfuerzo. Al hacer esto, las pruebas de tracción determinan qué tan fuerte es un material y cuánto puede alargarse. Las pruebas de tracción generalmente se realizan en instrumentos de prueba electromecánicos o universales, son simples de realizar y están completamente estandarizadas.

1.2.4 TIERRA

Debe verificarse que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla. Asimismo, que se encuentre libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica.

1.2.4.1 PRUEBA DE OLOR

Para la realización de esta prueba se toma un poco de material en estado húmedo para, de esta forma, detectar partículas orgánicas que generalmente despiden un olor a moho. El principal objetivo de esta prueba es identificar mediante el olor la presencia de materia orgánica. No es necesario el uso de ningún equipo, ya que es una prueba sensorial.

1.2.4.2 PRUEBA DE COLOR

Para esta prueba se toma el material en estado seco, puesto que húmedo puede variar sensiblemente. Los colores claros y brillantes son característicos de suelos inorgánicos,

colores castaño oscuro, verde olivo o negro son característicos de suelos orgánicos. No es necesario el uso de ningún equipo, ya que es una prueba sensorial.

1.2.4.3 PRUEBA DE BRILLO

Se toma un poco de materia, se desmorona perfectamente para ser amasada con agua hasta formar una bola compacta del tamaño de la mano, luego se procede a cortarla por la mitad para observar las superficies. Se trata de arcillas cuando las superficies son brillantes, de limos cuando son poco brillantes y arenas cuando son opacas. No es necesario el uso de ningún equipo, ya que es una prueba sensorial.

1.2.4.4 PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

La tierra se muele perfectamente para ser colocada en una botella, se le agrega la misma cantidad de agua, se agita y se deja reposar hasta que el agua quede clara. Las arenas se decantarán primero seguidas por los limos y por último se depositarán las arcillas, puesto que son partículas más ligeras. Se requiere solo de una botella de vidrio transparente y de preferencia graduada.

1.2.4.5 PRUEBA DE CINTA DE BARRO

Se utiliza una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

1.2.4.6 PRUEBA DE PRESENCIA DE ARCILLA

Se forma 4 bolitas con la tierra a la cual se le agrega una mínima cantidad de agua. Se deja secar las cuatro bolitas por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por las lluvias, derrames de agua, etc. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada bolita con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano. En caso la bolita se quiebre, rompa o agriete la tierra no tiene arcilla. Si no se rompe el suelo tiene arcilla.

1.2.4.7 PRUEBA DE MORDEDURA

Tomamos un poco de material para ser aplastado entre los dientes, si es que no rechina sabremos que el suelo es arcilloso, si llega a rechinar, pero ligeramente es suelo limoso y si

rechina desagradablemente es arenoso. Con esta prueba podemos detectar el contenido de arenas y limos sueltos en el suelo. No es necesario el uso de ningún equipo, ya que es una prueba sensorial.

1.2.4.8 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo mediante el uso de tamices con diferente numeración, dependiendo de la separación de los cuadros de la maya. Su principal objetivo es determinar los porcentajes de suelos que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el de 74mm (N° 200). Es utilizada para poder reconocer en primera instancia y de manera preliminar el tipo de suelo y sus características.

1.2.4.9 DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO

El límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. Su principal objetivo es clasificar e identificar suelos. Para su desarrollo es utilizada la Copa de Casagrande.

1.2.4.10 DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico, por lo cual se denomina límite plástico (L.P) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen. Su principal objetivo es clasificar e identificar suelos.

1.2.5 ENSAYOS AL ADOBE

1.2.5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Para llevar a cabo esta prueba se prepara un espécimen o probeta de forma y tamaño "estándar". Antes de la prueba se imprimen con un punzón a la probeta dos marcas pequeñas a lo largo de ésta, lejos de los extremos del espécimen. Se toman mediciones tanto del área de la sección del transversal inicial A_o , como de la longitud L_o calibrada entre las marcas del punzón. Se aplica una fuerza de compresión a un régimen constante muy lento hasta

alcanzar el punto de ruptura. Con esta prueba se puede calcular varios valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria.

1.2.5.2 ENSAYO DE FLEXIÓN

Para este ensayo el espécimen se somete a un momento flexionante en el cual el material en la porción inferior se alarga y en la porción superior se comprime.

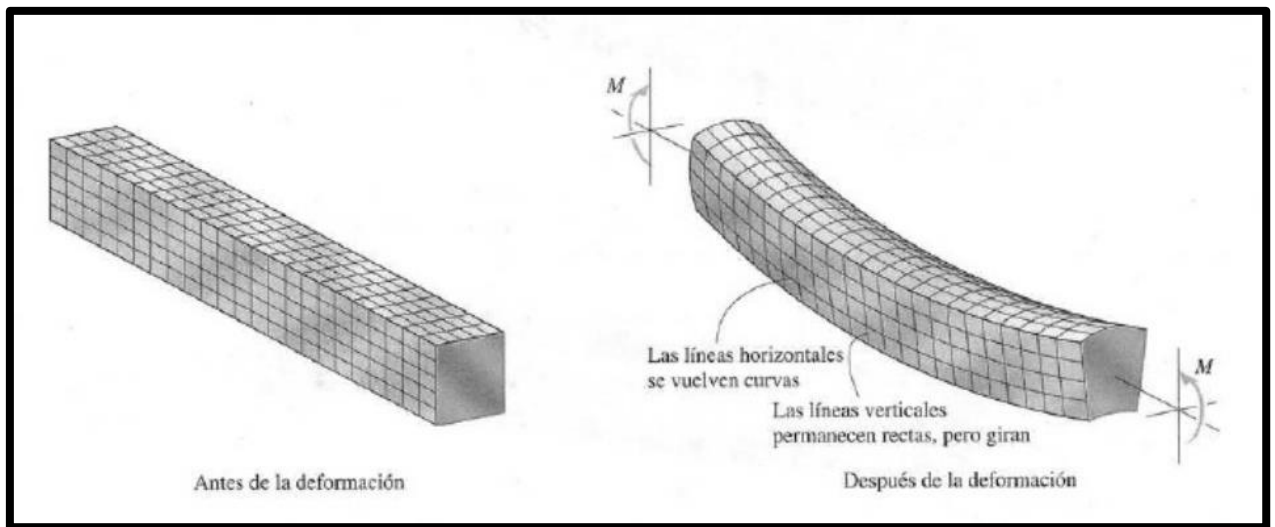


Figura 7: Barra antes y después de aplicado el momento flexionante

Fuente: R.C Hibbeler "Mecánica de materiales" (6ta edición) (2006)

2. METODOLOGÍA

2.1 Nivel de Investigación

Nuestra investigación es exploratoria, ya que proponemos el uso de la fibra de cabuya para aumentar la resistencia a la compresión de las muestras de adobe.

2.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es experimental, debido a que someteremos a las muestras de adobe a cargas con el fin de observar la variación de su resistencia con la adición de la fibra de cabuya.

2.3 Procedimiento

Los pasos seguidos para el desarrollo de la investigación son los siguientes:

- Paso 1. Obtención de materiales como son la tierra y la fibra de cabuya.

- Paso 2. Caracterización de los materiales, se realizarán ensayos sensoriales y de laboratorio.
- Paso 3. Elaboración de: 30 ladrillos de adobe preparados de manera tradicional de dimensiones de 0.12 x 0.24x 0.09m., 12 de ellos agregando diferentes dosificaciones de fibra de cabuya.
- Paso 4. Ensayo de las muestras de adobe, se realizarán ensayos de contenido de humedad, para este ensayo se utilizarán tablas de resultados proporcionados por ASTM D 2216, también se realizarán ensayos de resistencia a la compresión, realizado por un equipo de aplicación de carga, provista de una celda de carga de 100 KN de capacidad máxima y un extensómetro automático el cual permite medir deformaciones en forma automática durante el proceso de ensayo.
- Paso 5. Elaboración de 12 ladrillos de adobe de dimensiones de 0.12 x 0.24 x 0.09 m preparados de acuerdo a la Norma E-080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”, 8 de ellos con la dosificación de fibra de cabuya elegida anteriormente.
- Paso 6. Ensayo de las muestras de adobe, se realizarán ensayos de contenido de humedad, para este ensayo se utilizarán tablas de resultados proporcionados por ASTM D 2216, también se realizarán ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, ambos ensayos serán realizados por un equipo de aplicación de carga, provista de una celda de carga de 100 KN de capacidad máxima y un extensómetro automático el cual permite medir deformaciones en forma automática durante el proceso de ensayo.
- Paso 7. Comparación de los resultados, estos serán recolectados en una hoja de Excel para proceder a ser comparados.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

3.1 FIBRA DE CABUYA

3.1.1 PROCEDIMIENTO

Para la realización del ensayo se prepara una probeta especial, la cual consta de cartón para el soporte de la fibra y así evitar el daño de la misma durante el montaje de las mordazas de la máquina universal de ensayos. Para lo cual con varias horas de antiipación se procede a

pegar la fibra con resino epóxica, como recomienda la norma, al cartón. Una vez montada la probeta se mide la longitud libre de la probeta (L_0) con un calibrador, en una precisión de 0.2 – 0.5 mm.

Después se prepara la probeta en la máquina adecuada considerando la aliniación adecuada de la probeta con el eje de la máquina. Una vez realizado el ensayo se tensión se retira la probeta y se corta el cartón con el fin no hacer ningún daño a la fibra.



Figura 8: Prueba de Brillo

Fuente: Propia

3.1.1 RESULTADO

Tabla 6: Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado

Código	Resistencia a la Tracción		
	Descripción de muestra	Carga(kg)	Resistencia (kg/cm ²)
MC1	Fibra de cabuya L=22.8cm	1.79	236.18
MC2	Fibra de cabuya L=20.9cm	0.98	303.96
MC3	Fibra de cabuya L=19.6cm	1.57	356.75

Fuente: Propia

3.2 TIERRA

Para la caracterización física de la tierra utilizada para la elaboración de adobe se realizaron los ensayos explicados a continuación.

3.2.1 PRUEBA DE OLOR

3.2.1.1 PROCEDIMIENTO

- Es una prueba sensorial, por lo que no es necesario ningún instrumento.
- Para realizar esta prueba se toma una muestra de tierra en estado húmedo en las manos y se procede a olerla, de esta manera se podrá detectar partículas orgánicas, ya que éstas generalmente despiden un olor a moho.

3.2.1.2 RESULTADO

- Mediante el sentido del olfato nos damos cuenta que la muestra de tierra no cuenta con materia orgánica. Por lo cual, es aceptable su uso para la preparación de adobe.

3.2.2 PRUEBA DE COLOR

3.2.2.1 PROCEDIMIENTO

- Es una prueba sensorial, por lo que no es necesario ningún instrumento.
- Se toma una muestra de tierra seca (en estado húmedo puede variar sensiblemente) en las manos y se procede a observar el color.
- Se puede detectar la presencia de suelos orgánicos cuando la tierra tiene colores como el verde olivo o negro y el castaño oscuro, mientras que los suelos inorgánicos son de colores claros y brillantes.

3.2.2.2 RESULTADO

- Mediante el sentido de la vista notamos que la muestra de tierra es de un color gris claro, con lo que podemos decir que no es material orgánico.

3.2.3 PRUEBA DE BRILLO

3.2.3.1. PROCEDIMIENTO

- Primero, tomamos un poco de la muestra de tierra y se desmorona perfectamente para después amasarla con agua hasta formar una bola compacta del tamaño de la mano, luego se procede a cortar la bola por la mitad para así observar las superficies.
- Se diferencia la arcilla si las superficies son brillantes, cuando son poco brillantes son limos y cuando son opacas se trata de arenas.

3.2.3.2 RESULTADO

- Mediante el sentido de la vista podemos decir que la muestra de tierra es brillante por lo que sabemos que se trata de arcillas.



Figura 9: Prueba de Brillo

Fuente: Propia

3.2.4 PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

3.2.4.1 PROCEDIMIENTO

- Para la realización de esta prueba es necesario moler las muestras de tierra para luego ser colocadas en una botella, agregándole una cantidad igual de agua, se procede a agitar la botella y se deja reposar hasta que el agua quede clara.
- Se observa que las arenas se decantan primero seguidas por los limos y por último se depositarán las arcillas que son las partículas más ligeras.

3.2.4.2 RESULTADO

- Con la ayuda de una botella de vidrio y agua procedemos a decantar la muestra de tierra. Observamos que la muestra de tierra contiene arena, limo y arcilla.

3.2.5 PRUEBA DE CINTA DE BARRO

3.2.5.1 PROCEDIMIENTO

- Se utiliza una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, luego se procede a aplanarla poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda, se debe realizar al menos 3 cintas para obtener un promedio de la longitud que resiste sin cortarse.

- De esta manera, si la cinta de barro alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud significa que el suelo es arcilloso. Por el contrario si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

3.2.5.2 RESULTADO

- Con ayuda del sentido del tacto notamos que la cintilla hecha con la muestra de tierra se corta aproximadamente a los 12 cm. Con lo cual, concluimos que la muestra de tierra tiene un contenido medio de arcilla.

3.2.6 PRUEBA DE PRESENCIA DE ARCILLA

3.2.6.1 PROCEDIMIENTO

- Se debe formar, con las palmas de la mano, cuatro bolitas con las muestras de tierra. Se usa la mínima cantidad de agua que nos permita la formación de estas. Se dejan secar durante 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por las lluvias, derrames de agua, entre otros.
- Una vez transcurrido el tiempo de secado se procede a presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de la mano.
- En caso de ruptura de la bolita se detecta que al suelo le falta arcilla, por lo que no es recomendable usar ese tipo de suelo. En cambio si no existe ruptura, no se agrieta o quiebre ninguna de las cuatro bolitas nos indica que el suelo tiene arcilla, por lo que es recomendable su uso.

3.2.6.2 RESULTADO

- Luego de transcurridas las 48 horas de secado establecidas por norma. Procedimos a presionar fuertemente las cuatro bolitas con el pulgar e índice de una mano y observamos que las bolitas no se rompieron ni agrietaron. Con esto nos damos cuenta que la tierra probada tiene arcilla y, por ende, es buena para utilizarse como material de construcción.



Figura 10: Prueba de Presencia de Arcilla

Fuente: Propia

3.2.7 PRUEBA DE MORDEDURA

3.2.7.1 PROCEDIMIENTO

- Se toma un poco de la muestra de tierra para ser aplastada entre los dientes.
- La muestra es arcillosa si rechina, en caso rechina pero ligeramente es suelo limoso y si rechina desagradablemente es arenoso.

3.2.7.2 RESULTADOS

- Con ayuda de los dientes tomamos un poco de la muestra de tierra y esta rechinó. Con lo cual, podemos decir que la tierra es medianamente arcillosa.

3.2.8 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

3.2.8.1 PROCEDIMIENTO

Se coloca los tamices de acuerdo a su numeración dependiendo del tipo de muestra. En nuestro caso utilizamos 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200. Se procede a realizar el tamizado manual moviendo los tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla hasta que se compruebe que no pasa más del 1% de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Por último se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra no deben diferir en más de 1%.



Figura 11: Análisis granulométrico mediante tamices

Fuente: Propia

3.2.8.2 RESULTADOS

En la tabla N° 6 tenemos los datos de los tamices utilizados para la realización del ensayo y los porcentajes tanto de lo retenido como de lo que paso cada malla. Los porcentajes observados son acumulados

Tabla 7: Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
				Retenido	Pasante
N° 10	2.00	95.90	12.78	12.78	87.22
N° 20	0.85	93.60	12.48	25.26	74.74
N° 40	0.425	74.00	9.86	35.12	64.88
N° 60	0.25	46.20	6.16	41.28	58.72
N° 140	0.106	54.80	7.30	48.59	51.41
Fondo		385.70	51.41	100.00	0.00

Fuente: Propia

De acuerdo a la tabla mostrada, se aprecia que nuestro suelo ensayado es arena, arcilla y limo en diferentes porcentajes, puesto que solo tenemos retenido a partir del tamiz N°10, lo que indica que es un buen material de construcción.

3.2.9 LÍMITE LÍQUIDO

3.2.9.1 PROCEDIMIENTO

Se coloca la muestra de suelo en una vasija de porcelana y se mezcla con 15 a 20 ml de agua destilada, se agita, amasa y se taja con una espátula en forma alternada y repetida. Luego de mezclar con suficiente agua que la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que ocasione el cierre, se coloca una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que esta reposa en la base y se comprime hacia abajo extendiéndose el suelo teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire comprimido dentro de la masa. Se divide el suelo en una taza de bronce y se eleva y golpea girando la manija F, a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo. Finalmente se transfiere el suelo sobrante en la taza a la cápsula de porcelana y se repite la operación por lo menos en dos ensayos adicionales.

3.2.9.2 RESULTADOS

Tabla 8: Prueba 1

PRUEBA N° 1:

Número de golpes	31	26	17
------------------	----	----	----

Peso del recipiente (g)	21.18	21.31	21.12
Peso del recipiente + Suelo Húmedo (g)	53.67	50.95	55.91
Peso del recipiente + suelo seco (g)	45.78	43.67	47.10
Peso del agua (g)	7.89	7.28	8.81
Peso del suelo seco (g)	24.60	22.36	25.98
Contenido de Humedad (%)	32.07	32.56	33.91

Límite Líquido	25 golpes	32.80
-----------------------	------------------	--------------

Fuente: Propia

Tabla 9: Prueba 2

PRUEBA N° 2:

Número de golpes	33	23	15
------------------	----	----	----

Peso del recipiente (g)	13.79	21.46	13.85
Peso del recipiente + Suelo Húmedo (g)	31.60	46.40	35.48
Peso del recipiente + suelo seco (g)	27.33	40.26	30.02
Peso del agua (g)	4.27	6.14	5.46
Peso del suelo seco (g)	13.54	18.80	16.17

Contenido de Humedad (%)	31.54	32.66	33.77
--------------------------	-------	-------	-------

Límite Líquido	25 golpes	32.49
-----------------------	-----------	-------

Fuente: Propia

Tabla 10: Prueba 3

PRUEBA N° 3:

Número de golpes	31	28	24
------------------	----	----	----

Peso del recipiente (g)	13.76	13.80	13.70
Peso del recipiente + Suelo Húmedo (g)	34.73	32.74	36.49
Peso del recipiente + suelo seco (g)	29.65	28.06	30.84
Peso del agua (g)	5.08	4.68	5.65
Peso del suelo seco (g)	15.89	14.26	17.14
Contenido de Humedad (%)	31.97	32.82	32.96

Fuente: Propia

Límite Líquido	25 golpes	33.02
-----------------------	-----------	-------

Límite Líquido (%)	32.77
---------------------------	-------

Observamos que a este nivel de contenido de humedad de 32.77%, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento de sólido al de un fluido viscoso.

3.2.10 LÍMITE PLÁSTICO

3.2.10.1 PROCEDIMIENTO

Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa para formar cilindros de diámetro 3.2mm (1/8"). En suelos muy plástico, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozo son más pequeños. La Porción obtenida debe reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo a la guía de Determinación del Contenido de Humedad y se repite el mismo procedimiento con la otra mitad de masa.

3.2.10.2 RESULTADOS

Tabla 11: Límite Plástico

Prueba	1	2
---------------	---	---

Peso del recipiente (g)	21.36	13.66
-------------------------	-------	-------

Peso del recipiente + Suelo Húmedo (g)	29.08	21.45
Peso del recipiente + suelo seco (g)	27.78	19.79
Peso del agua (g)	1.3	1.66
Peso del suelo seco (g)	6.42	6.13
Contenido de Humedad (%)	20.25	27.08

Límite Plástico (%)	23.66
----------------------------	--------------

Fuente: Propia

La debida clasificación de los suelos finos, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se obtiene mediante el uso de la Carta de Plasticidad, para la cual se necesita el valor del Índice de Plasticidad (IP).

Índice de Plasticidad = Límite Líquido - Límite Plástico

Límite Líquido (%)	32.77
Límite Plástico (%)	23.66
IP =	9.11

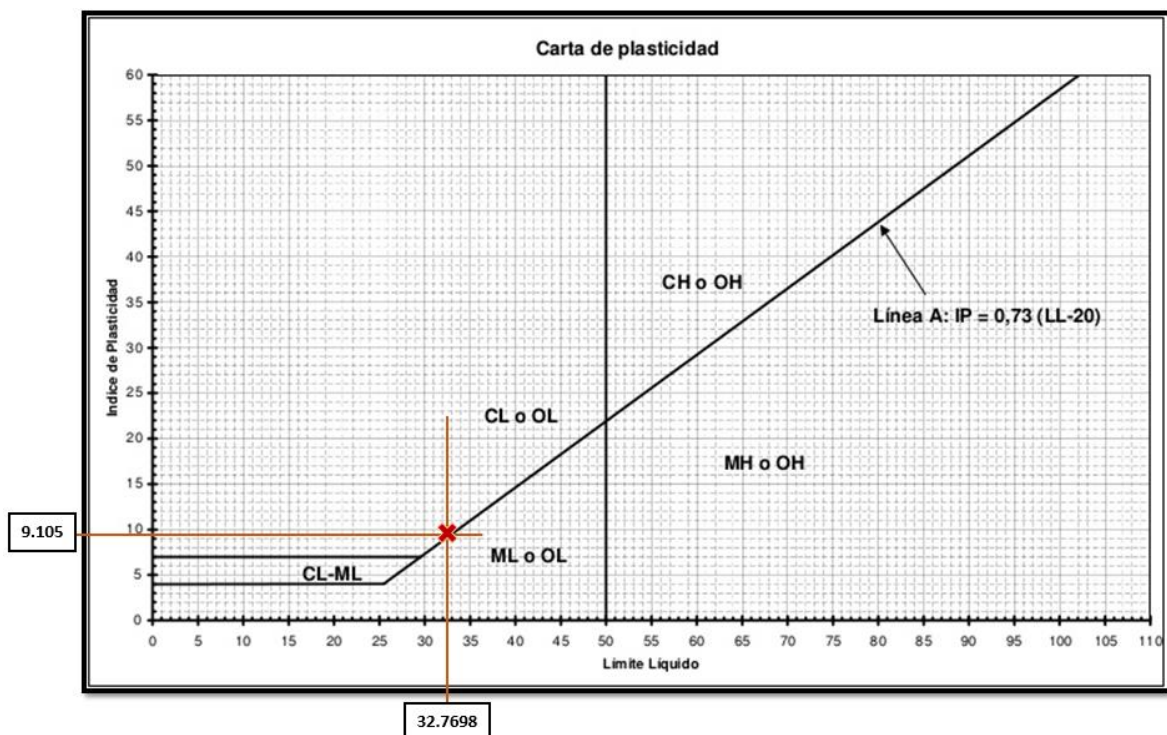


Figura 12: Carta de Plasticidad

Fuente: Classification and Identification of Soils. Transactions of the American Society of Civil Engineers

Con lo cual obtenemos que el suelo es SC (arenas arcillosas, mezcla arena – arcilla), ya que el $IP > 7$.

4 ENSAYO DE ADOBE TRADICIONAL CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE FIBRA DE CABUYA

4.1 ELABORACIÓN DE ADOBE

Primero se toma tierra del suelo y subsuelo para ser amasada, en el mismo suelo, posteriormente se le agrega paja en una buena cantidad y agua para hacerlo más maleable y se procede a pisotear para mezclarla. Esta mezcla se deja macerar durante toda la noche al aire libre. Al día siguiente se pone la mezcla en moldes, en nuestro caso fueron de 0.09m x 0.12m x 0.24m, se va volteando para que se seque y se deja al sol durante aproximadamente 7 días. Luego se procede a sacar de los moldes y pueden ser utilizados.

4.1.1 PROCEDIMIENTO

Primero se toma tierra del suelo y subsuelo para ser amasada, en el mismo suelo, posteriormente se le agrega paja en una buena cantidad y agua para hacerlo más maleable y se procede a pisotear para mezclarla. Esta mezcla se deja macerar durante toda la noche al aire libre. Al día siguiente se pone la mezcla en moldes, en nuestro caso fueron de 0.09m x 0.12m x 0.24m, se va volteando para que se seque y se deja al sol durante aproximadamente 7 días. Luego se procede a sacar de los moldes y pueden ser utilizados

4.1.2 RESULTADOS



Figura 13: Elaboración de Adobe

Fuente: Propia



Figura 14: Adobe terminado

Fuente: Propia

4.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN

4.2.1 PROCEDIMIENTO

Ensayo en laboratorio que utiliza los siguientes instrumentos:

- Equipo de aplicación de carga, provista de una celda de carga de 100 KN de capacidad máxima y un extensómetro automático el cual permite medir deformaciones en forma automática durante el proceso de ensayo.
 - Calibrador vernier con precisión a 0.01 mm para tomar las dimensiones iniciales y finales de la muestra a ensayar.
 - Accesorios del ensayo, platinas de acero cilíndricas para recibir la muestra según indica el método de compresión.
 - Computador provisto de software donde se registran los datos del ensayo (el mismo que controla el ensayo).
- Las muestras de adobe deben ser de 24 cm x 12 cm x 9 cm, las caras paralelas y perpendiculares a su altura.
 - En primer lugar, se debe medir los bloques de adobe (largo, ancho y altura), estas mediciones serán el promedio de tres mediciones en forma distribuida, las cuales serán ingresadas al software como valores iniciales.
 - Se coloca las muestras entre las platinas del equipo de aplicación de carga, el cual se calibra automáticamente mediante el uso de software.

- Se coloca la celda de carga y se realiza un avance rápido de la cruceta del equipo hasta que las platinas tengan un pequeño contacto con la cara superior de la muestra a ensayar, en ese instante los valores iniciales de carga y de deformación en el computador deben ser cero.
- Iniciamos el ensayo con una velocidad de carga de 0.6 mm/ s, teniendo en cuenta que se detiene la aplicación de la carga cuando se visualiza en el gráfico “Esfuerzo Vs Deformación” que el esfuerzo está descendiendo.
- Una vez finalizado el ensayo, el software brinda los resultados finales, los cuales son calculados con los datos ingresados antes del ensayo.

4.2.2 RESULTADOS

Tabla 11: Resultados del Ensayo de Resistencia a la compresión con 0% de Cabuya

ADOBE 0 %	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
M1	1171.79354	7.401391297
M2	1378.44521	8.706663788
M3	1292.52611	8.16397358
M4	1255.43651	7.929704801
Promedio	1274.550343	8.050433367

Fuente: Propia

Tabla 12: Resultado del Ensayo de Resistencia a la Compresión con 1.5% de Cabuya

ADOBE 1.5 %	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
M1	1436.05121	9.07052016
M2	1357.62806	8.575176569
M3	1545.86598	9.76414242
M4	1385.10135	8.748705918
Promedio	1431.16165	9.039636267

Fuente: Propia

Tabla 13: Resultado del Ensayo de Resistencia a la Compresión con 1.75% de Cabuya

ADOBE 1.75 %	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
M1	1584.14626	10.00593188
M2	1695.31622	10.70811392
M3	1623.23569	10.25283218
M4	1499.14789	9.469057277
Promedio	1600.461515	10.10898381

Fuente: Propia

Tabla 14: Resultado del Ensayo de Resistencia a la Compresión con 2% de Cabuya

ADOBE 2 %	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)
M1	1393.49568	8.801726965
M2	1697.97813	10.72492732
M3	1572.08344	9.929739578
M4	1398.12487	8.830966286
Promedio	1515.42053	9.571840038

Fuente: Propia

Tabla 15: Resultado del Ensayo de Resistencia a la Compresión con 2.5% de Cabuya

ADOBE 2.5 %	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)
M1	1551.67222	9.800816333
M2	1434.34846	9.059765093
M3	1286.64476	8.126825251
M4	1398.285149	8.831978655
Promedio	1417.737647	8.954846333

Fuente: Propia

5. ENSAYO DE ADOBE SEGÚN LA NORMA E0.80 CON LA DOSIFICACIÓN DE CABUYA

5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

5.1.1 PROCEDIMIENTO

- Ensayo en laboratorio que utiliza los siguientes instrumentos:

- Equipo de aplicación de carga, provista de una celda de carga de 100 KN de capacidad máxima y un extensómetro automático el cual permite medir deformaciones en forma automática durante el proceso de ensayo.
- Calibrador vernier con precisión a 0.01 mm para tomar las dimensiones iniciales y finales de la muestra a ensayar.
- Accesorios del ensayo, platinas de acero cilíndricas para recibir la muestra según indica el método de compresión.
- Computador provisto de software donde se registran los datos del ensayo (el mismo que controla el ensayo).

- Las muestras de adobe deben ser de 24 cm x 12 cm x 9 cm, las caras paralelas y perpendiculares a su altura.

- En primer lugar, se debe medir los bloques de adobe (largo, ancho y altura), estas mediciones serán el promedio de tres mediciones en forma distribuida, las cuales serán ingresadas al software como valores iniciales.
- Se coloca las muestras entre las platinas del equipo de aplicación de carga, el cual se calibra automáticamente mediante el uso de software.
- Se coloca la celda de carga y se realiza un avance rápido de la cruceta del equipo hasta que las platinas tengan un pequeño contacto con la cara superior de la muestra a ensayar, en ese instante los valores iniciales de carga y de deformación en el computador deben ser cero.
- Iniciamos el ensayo con una velocidad de carga de 0.6 mm/ s, teniendo en cuenta que se detiene la aplicación de la carga cuando se visualiza en el gráfico “Esfuerzo Vs Deformación” que el esfuerzo está descendiendo.
- Una vez finalizado el ensayo, el software brinda los resultados finales, los cuales son calculados con los datos ingresados antes del ensayo.

5.2.2 RESULTADOS

Tabla 16: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión en muestras de adobe sin cabuya

Muestra con paja	Carga (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
M1	1347.41	8.51
M2	1331.08	8.41
M3	1535.79	9.70
M4	1405.74	8.88
PROM	1405.00	8.87

Fuente Propia

Tabla 17 Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión en muestras de adobe con cabuya

Muestra con paja y 1.75% de cabuya	Carga (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
M1	1996.37	12.61
M2	1840.02	11.62
M3	2054.6	12.98
M4	2014.75	12.73
PROM	1976.45	12.48

Fuente Propia

5.3 ENSAYO DE FLEXIÓN

5.3.1 PROCEDIMIENTO

Para la realización de este ensayo se utilizan los siguientes materiales:

- Equipo de aplicación de carga, provista de una celda de carga de 100 KN de capacidad máxima.
- Extensómetro automático
- Taquitos de madera
- Calibrador vernier con precisión a 0.01 mm.
- Computador provisto con el software donde se registran los datos

Se registran las dimensiones iniciales de las muestras de adobe a ensayar, los cuales son 0.09 cm x 0.12 cm x 0.24 cm. y procedemos a ubicar el centro de la muestra, ya que allí será el punto donde se aplicará la carga.

Se ubica la muestra en la máquina ubicando los extremos sobre los puntos de apoyo y mediante el software del computador se introducen los datos iniciales, la carga y se pone la deformación en cero.

Se inicia el ensayo con la velocidad de carga de 0.6 mm/ s. y el computador desarrolla una gráfica de Esfuerzo vs Deformación a medida que la carga va aumentando hasta producirse la falla de la muestra.

5.3.2 RESULTADOS

Tabla 18: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la flexión en muestras de adobe sin cabuya

Muestra con paja	Carga (kg)	Mr
M1	138.3447	3.4586175
M2	92.63367	2.31584175
M3	114.48939	2.86223475
M4	120.14564	3.003641
PROM	116.40335	2.91008375

Fuente Propia

Tabla 19: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la flexión en muestras de adobe con cabuya

Muestra con paja y 1.75% cabuya	Carga (kg)	Mr
M1	131.1688	3.27922
M2	139.8714	3.496785
M3	117.81459	2.94536475
M4	134.0647	3.3516175
PROM	130.729873	3.26824681

Fuente Propia

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En la tabla N°. 20 se observa la influencia del 1.5%, 1.75%, 2% y 2.5% de fibra de cabuya sobre la resistencia a la compresión a los 7d de una unidad de adobe con paja.

Tabla 20: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión

Código	Resistencia a la compresión	Carga(kg)	Resistencia (kg/cm²)
	Descripción de muestra		
MC7-0	Adobe con paja	1274.55	8.05
MC7-1.5	Adobe con paja y con 1.50% de fibra de cabuya	1431.16	9.04
MC7-1.75	Adobe con paja y con 1.75% de fibra de cabuya	1600.46	10.11
MC7-2	Adobe con paja y con 2% de fibra de cabuya	1525.42	9.64
MC7-2.5	Adobe con paja y con 2.50% de fibra de cabuya	1410.24	8.91

Fuente: Propia

En ella se aprecia que al variar el porcentaje de fibra de cabuya de 0% al 1.75% la resistencia a la compresión del adobe con paja aumenta un 25.57%, alcanzando el valor de 10.11Kg/cm² de resistencia a la compresión; y luego al pasar de 1.75% al 2.5% de fibra de cabuya la resistencia a la compresión del adobe con paja decrece un 14.92%, alcanzando un valor del 8.91 Kg/cm².

[3] estudió la influencia del 0.25%, 0.50% y 0.75% fibra de agave sobre la resistencia a la compresión del adobe, encontrando que el valor máximo de resistencia a la compresión es 78.2 kg/cm² para 0.50% con un incremento del 9.68% para un 71.3 kg/cm² de resistencia a

la compresión; y que a partir de este valor la resistencia a la compresión cae en 11.25% para el valor de 0.75% de fibra alcanzando 6.94 Kg/cm² de resistencia a la compresión.

De la misma manera, [10] estudió la influencia de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de fibra de kernel, obteniendo una resistencia máxima a la compresión de 25.29 kg/cm² para 4% de fibra lo que representa un aumento de 59 % para 15.91 kg/cm² con 0% de fibra. A partir del punto máximo de resistencia, ésta disminuye en 10.87% obteniendo 22.54 kg/cm² a la edad de 7 días para 5% de fibra, similar comportamiento se obtuvo en las muestras de 14 días, con 4% de fibra de kernel la resistencia máxima es 36.20 kg/cm² que es un aumento de 61.39% de resistencia a la compresión de 0% de fibra con 22.43 kg/cm² y decrece en 4.49% en la resistencia para 5% de fibra con una resistencia la compresión de 34.67 kg/cm².

En [11] cuando se adiciona 1.5% de paja de cebada aumenta la resistencia a la compresión entre 10-20%, dependiendo del tipo de suelo utilizado, pero al añadir más 3.5 % de concentración de la fibra la resistencia a la compresión se reduce aproximadamente 45%.

Este comportamiento se debe, por un lado, a que con bajos porcentajes de fibra de cabuya producen poco material de adhesión a la tierra obteniendo resistencias menores, lo que ocasiona insuficiente contacto con la tierra para mantener la cohesión entre tierra y fibra ocasionando bajas resistencias [10]. Por otro lado, la disminución de resistencia a la compresión, se debe a que el mayor porcentaje de fibra colocada sin distribución uniforme, ocasiona mayor adhesión entre fibras y una deficiente unión entre las fibras y el suelo; lo que produce la formación de bolas y grumos que generan vacíos en la unidad de adobe y contribuyen a la disminución de la resistencia a la compresión.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En la Tabla No. 21 se observa la influencia del 1.75% de fibra de cabuya sobre la resistencia a la compresión a los 30d de una unidad de adobe con paja.

Tabla 21: Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión

 Resistencia a la compresión		
<i>Descripción de muestra</i>	<i>Carga(kg)</i>	<i>Resistencia (kg/cm²)</i>
Adobe con paja	1405.01	8.87
Adobe con paja y con 1.75% de fibra de cabuya	1976.45	12.48

Fuente: Propia

En esta tabla se observa la influencia del 1.75% de fibra de cabuya sobre la resistencia a la compresión, se aprecia el aumento de la resistencia a la compresión del adobe con 1.75% de fibra de cabuya alcanzando 12.40 kg/cm², lo que representa 39.79% más que 8.87 kg/cm² del adobe con paja.

[3] obtuvo un aumento de 33.09% en la resistencia a la compresión del adobe al agregar 1% de agave con 92.9 kg/cm², en comparación con una muestra sin adición de agave con 69.8 kg/cm².

Este aumento se debe a que durante la compresión del bloque de adobe las fibras tienen mayor superficie de contacto lo cual brinda una mayor resistencia a la compresión, ya que se genera una red de poros reducidos de adobe.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN

En la tabla N^a 22 se observa la influencia del 1.75% de fibra de cabuya sobre la resistencia a la flexión a los 30 días de una unidad de adobe con paja.

Tabla 22: Resultados del Ensayo de Resistencia a la Flexión

Código	Resistencia a la flexión	Carga (kg)	Mr
	Descripción de muestra		
MF30-0	Adobe con paja	116.40	2.91
MF30-1.75	Adobe con paja y con 1.75% de fibra de cabuya	130.73	3.26

Fuente: Propia

En ella se aprecia el aumento de la resistencia a la flexión del adobe con 1.75% de fibra de cabuya alcanzando una resistencia de 2.91 kg/cm², lo que representa 12.30% más que 3.26 kg/cm² del adobe con paja.

[3] de la misma manera se observó la mejora en 7.01% de la resistencia a la flexión al pasar de 5.81 kg/cm² a 6.22 kg/cm² con la adición de 1% de fibra de agave.

[13] indica que esto se debe a la adhesión que existe entre la fibra y la tierra, la cual es importante porque determina la eficiencia de la resistencia y disminuye el deslizamiento de la fibra.

7. ANÁLISIS DE COSTOS

En las tablas VIII y IX se muestran los costos unitarios de la construcción de un muro de adobe tradicional y con la adición de 1.75% de fibra de cabuya, respectivamente, con 35 adobes de 0.24x0.12x0.09 m para 1 m².

TABLA VIII T PRECIOS UNITARIOS POR M² DE MURO DE ADOBE TRADICIONAL

Descripción	Costo por m ² de muro de adobe tradicional				
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Operario	HH	1	0.1	67.20	6.72
Peon	HH	1	1	48.10	48.10
Materiales					
Madera tornillo	P ²		1	20	20
Adobe 24x12x9	Unidad		35	1.20	42
Paja	Kg		2.45	1	2.45
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3		1.64
Total					120.61

Como se observa en las indicadas Tablas, la variación del precio por la adición de la fibra de cabuya es aproximadamente S/. 4.41 (\$1.34 dólares americanos), que es 3.3 % de costo adicional, por lo cual la adición de fibra de cabuya es una alternativa un poco más costosa para el mejoramiento del adobe, con respecto a la paja. Este mayor costo, podría deberse a que esta fibra no es muy comercial y tiene poca demanda, también a que su proceso de obtención es más dificultoso y la fabricación es más lenta.

TABLA IX PRECIOS UNITARIOS POR M² DE MURO DE ADOBE CON PAJA Y 1.75% DE FIBRA DE CABUYA

Descripción	Costo por m ² de muro de adobe con paja y 1.75% de fibra de cabuya				
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Operario	HH	1	0.1	67.20	6.72

Descripción	Costo por m ² de muro de adobe con paja y 1.75% de fibra de cabuya				
	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
Peon	HH	1	1	48.10	48.10
Materiales					
Madera tornillo	p ²		1	20	20
Adobe 24x12x9	Unidad		35	1.2	42
Paja	Kg		2.45	1	2.45
Cabuya	Kg		2.07	2	4.13
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3		1.64
Total					124.75

8. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN

De tal manera, se elaboró un manual para elaborar el adobe reforzado paso a paso.



Figura 15: Manual de elaboración de adobe reforzado con fibra de cabuya
Fuente: Propia

9. CONCLUSIONES

La planta de la cabuya es muy común en la sierra sur del Perú y la extracción de la fibra no necesita un procedimiento elaborado, lo cual la hace una alternativa accesible; pero, una de las propiedades más importantes es que tiene una alta resistencia a la tracción, que la hace una mejor alternativa para aumentar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe.

La tierra tiene un alto contenido de arcilla lo cual la hace adecuada para la elaboración de adobe, además la tierra no contiene impurezas orgánicas.

El aumento que brinda la fibra de cabuya en la resistencia a la compresión varía dependiendo la concentración de las fibras, pero es importante controlar la cantidad de fibra a adicionar en la mezcla para que la resistencia a la compresión no se afecte.

El contacto entre la fibra y el adobe es lo más importante ya que esta matriz fibra-tierra es la encargada de brindar el aumento de la resistencia a la compresión, por lo cual al realizar la mezcla se debe adicionar la fibra esparciéndola en toda la superficie de contacto, de esta manera la fibra llega a cada extremo de la unidad de adobe y evita la formación de grumos de fibra que generan vacíos ocasionando la disminución de la resistencia.

La fibra de cabuya no solo mejora la resistencia a la compresión de una unidad de adobe, sino también la resistencia a la flexión, apreciándose esto en cambio del tipo de falla, al pasar de una falla frágil a una falla dúctil.

El adobe con fibra de cabuya representa un costo mayor por metro cuadrado que un adobe tradicional para la construcción de viviendas rurales, pero es una alternativa constructiva interesante debido a su buena resistencia.

10. RECOMENDACIONES

- Determinar las características físicas de la tierra y fibra de cabuya.
- Analizar la resistencia a la compresión del adobe elaborado de forma tradicional adicionando 1.5%, 1.75%, 2%, 2.5% porcentajes de fibra de cabuya
- Analizar las propiedades mecánicas del adobe elaborado de acuerdo a la norma E0.80 con el porcentaje de fibra de cabuya que tenga la mayor resistencia a la compresión.

REFERENCIAS

- [1] K. Ghavami, R. Toledo, N. Barbosa. “*Behaviour of Composite Soil Reinforced with Natural Fibres*”, Cement & Concrete Composites, vol.21, pp.38-48, 1999. (Consultado el 15 de Mayo del 2019)
- [2] Magdaleno Cabellero Caballero, Fernando Chinas Castillo, José Luis Montes Bernabé, Rafael Alavéz Ramirez y María Eugenia Silva Rivera (2017). “*Effect on compressive and flexural strength of agave fiber reinforced adobes*”. Journal of Natural Fibers, 1- 10. (Consultado el 18 de agosto del 2018)
- [3]M. Mostafa, N. Uddin. “*Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces*”, Case Studies in Construction Materials, vol.5, pp. 53-63, 2016. (Consultado el 30 de mayo del 2019)
- [4]V. Benites, J. Sánchez, G. Ruiz. “*Effect of admixture Cabuya polymer on the water resistance of earth blocks for buildings construction*”, in International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, pp. 19-21, 2018. (Consultado el 8 de mayo del 2019)
- [5]Reglamento Nacional de Edificaciones (2016). Diseño y construcción con tierra reforzada. (Consultado el 18 de agosto de 2018)
- [6]Reglamento Nacional de Edificaciones (2016). Diseño Sismoresistente. (Consultado el 18 de agosto del 2018)
- [7]Luis E. Yamin, Ángel E. Rodríguez, Luis R. Fonseca, Juan C. Reyes y Camilo A. Phillips (2018). Comportamiento Sísmico y alternativas de Rehabilitación de Edificaciones en adobe y tapia pisada con base en modelos a escala reducida. Revista de Ingeniería, 175-189. (Consultado el 19 de agosto del 2018)
- [8]Historia de Abancay. Municipalidad Provincial de Abancay. (Consultado el 18 de agosto de 2018)
- [9]Batalla Carlos (2018). Así fue el catastrófico terremoto del Callejón de Huaylas de 1970. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/archivo-elcomercio/archivo/terremoto-callejon-huaylas-1970-noticia-523935>. (Consultado el 20 de agosto del 2018)

- [10]InKanat. (2018). El Agave: Planta con muchas propiedades. Recuperado de <http://www.inkanat.com/es/arti.asp?ref=agave-sirope-prebiotico-gastritis>. (Consultado el 18 de agosto de 2018)
- [11]Compendio Estadístico Perú 2017, Población en situación de extrema pobreza monetaria, Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/index.html (Consultado el 21 de agosto de 2018)
- [12]Compendio Estadístico Perú 2017, Vivienda particulares propias. Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/index.html (Consultado el 21 de agosto de 2018)
- [13]Hunberto Varum, Aníbal Costa, Jorge Fonseca, André Furtado (2018) Behaviour characterization and rehabilitation of adobe construction. *Proceda Engineering* 114 714-721 (Consultado el 21 de agosto de 2018)
- [14]Edificaciones Antisísmicas de Adobe, Manual de construcción (2010) Ministerio de vivienda y construcción. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf (Consultado el 21 de agosto de 2018)
- [15]Cronograma Tesis 1 (2018) Proyecto de tesis 1. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (Consultado 27 de agosto de 2018).
- [16]Cronograma Tesis 2 (2018) Proyecto de tesis 2. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (Consultado 27 de agosto de 2018).
- [17]Diego de la Peña Estrada. (1997). Adobe, características y sus principales usos en la construcción (Tesis de titulación). Instituto Tecnológico de la construcción. Recuperado de https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/De_la_Pena_Estrada_Diego_44659.pdf.
- [18]Hunberto Varum, Aníbal Costa, Jorge Fonseca, André Furtado (2018) “*Behaviour characterization and rehabilitation of adobe construction*”. *Proceda Engineering* 114 714-721 (Consultado el 21 de agosto de 2018).

[19]Daniela Yajaira Briseño Sánchez (2016). Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya (Trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniera civil). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24183/1/Tesis%201062%20-%20Briseño%20Sánchez%20Daniela%20Yajaira.pdf>

[20]Universidad Centroamericana José Simeon Cañas. Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz N° 200 ($75\mu m$) en agregado mineral por lavado. Recuperado de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>

[21]Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (2018). Manual de Laboratorio de Mecánica de Materiales. (Pág. 14-17)

[22]Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (2018). Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos. (Pág. 05-17)

[23]Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (2018). Manual de Laboratorio de Tecnología del Concreto. (Pág. 12-15)

ANEXOS