

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra
reforzada con fibras de cabuya**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Andrea Celeste Pita Farro

ASESOR

Fidel Ortiz Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

Chiclayo, 2025

**Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra
reforzada con fibras de cabuya**

PRESENTADA POR
Andrea Celeste Pita Farro

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Carlos Enrique Cumpa Vieyra
PRESIDENTE

Cesar Eduardo Cachay Lazo
SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata
VOCAL

Dedicatoria

A mis papás, Carlos y Teresa, por ser una pieza fundamental en mi vida profesional. Su amor, su apoyo incondicional y sabios consejos han sido el pilar sobre el cual he construido mis logros. A mis hermanas, Adriana y Romina, por ser mis compañeras y mi inspiración, siempre recordándome la importancia de la perseverancia y el esfuerzo. A mis abuelos, cuyo cariño y experiencia han guiado mis pasos. A mi tía Nelly, cuyo apoyo ha sido incondicional. A Víctor Leandro, por ser luz en los días difíciles, motivándome con su paciencia y amor. Y a mi fiel Mino, por su compañía incondicional en cada amanecida. Gracias a todos ustedes, he encontrado la fuerza para seguir adelante y alcanzar mis metas.

Agradecimientos

Mi especial agradecimiento al Ing. Fidel Ortiz Zapata por ser mi guía durante todo este proceso. Su apoyo constante, sabiduría, paciencia y dedicación han sido esenciales para el desarrollo de esta investigación.

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

9%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unamba.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

1%

7

libros.uat.edu.mx

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen.....	11
Abstract.....	12
Introducción	13
Revisión de literatura	17
Materiales y métodos.....	39
Resultados y discusión.....	64
Discusiones.....	89
Conclusiones	94
Recomendaciones.....	97
Referencias.....	98
Anexos	101

Lista de Tabla

Tabla N°1.Total de muestras para cada ensayo	40
Tabla N°2.Ensayos Mecánicos	40
Tabla N°3.Ensayos Físicos.	41
Tabla N°4.Operacionalización de Variables.....	41
Tabla N° 5.Dosificación para cara muestra	57
Tabla N° 6.Ensayo In situ - prueba de color.....	64
Tabla N°7.Ensayo In situ- Prueba de granulometría con botella	64
Tabla N° 8.Prueba de Cinta de Barro	64
Tabla N°9. Ensayos In situ - Presencia de arcilla	65
Tabla N°10.Granulometría.....	65
Tabla 11.Límites de Consistencia.	66
Tabla N° 12.Resumen de Límites de Consistencia	67
Tabla 13.Peso específico relativo de Sólidos.....	67
Tabla N° 14. Contenido de Humedad.....	68
Tabla 15.Ensayo de cloruros y sulfatos	68
Tabla N°16.Ensayo de sales en el suelo	68
Tabla N° 17.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe patrón	69
Tabla N° 18.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe+0.5% de cabuya	70
Tabla N°19.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +1% de cabuya	70
Tabla N°20.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +1.5% de cabuya	71
Tabla N° 21.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +2 % de cabuya	71
Tabla N° 22.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +3% de cabuya	72
Tabla 23.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe patrón.....	73
Tabla N° 24.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe +0.5% de cabuya.....	74
Tabla N° 25.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+1% de cabuya.	74

Tabla N° 26.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+1.5% de cabuya.	75
Tabla 27.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+2% de cabuya.....	75
Tabla N° 28.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+3% de cabuya.	76
Tabla 29.Resultado del ensayo de succión del adobe patrón.....	77
Tabla N° 30.Resultado del ensayo de succión del adobe +0.5% de cabuya.....	77
Tabla N°31.Resultado del ensayo de succión del adobe +1% de cabuya.....	78
Tabla N° 32.Resultado del ensayo de succión del adobe +1.5% de cabuya.....	78
Tabla 33.Resultado del ensayo de succión del adobe +2 % de cabuya.....	79
Tabla N° 34.Resultado del ensayo de succión del adobe +3 % de cabuya.....	79
Tabla N° 35.Resultado del ensayo de mortero a tracción del adobe patrón.	80
Tabla N° 36.Resultados del ensayo de succión con adobe + 3% de cabuya	81
Tabla N° 37.Resultados del ensayo de resistencia del murete a la compresión del adobe patrón.	82
Tabla 38.Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de muretes del adobe +3% de cabuya.	82
Tabla N°39.Resultados del ensayo de resistencia del murete a la tracción del adobe patrón. .	84
Tabla N° 40.Resultado de la Resistencia a la tracción del murete con adobe +3% de cabuya	85
Tabla N° 41.Ensayo de Inundación Simulada en Muretes	86
Tabla N° 42.Análisis de costo de la fibra de Cabuya.....	86
Tabla 43.Análisis de costo del Adobe de tierra convencional	87
Tabla 44. Análisis de costo del Adobe con fibra de cabuya.	87

Lista de Figuras

Figura N° 1. Extracción de Fibra de Cabuya	21
Figura N° 2.Muro de adobe reforzado con malla natural Cabuya	22
Figura N° 3.Propiedades Físicas de la Fibra Sisal	23
Figura N° 4.Evaluación de la resistencia a la compresión de muretes de adobe	27
Figura N° 5. Ensayo de carga diagonal o tracción indirecta.....	27
Figura N° 6.Prueba de Sedimentación con una botella	30
Figura N° 7.Prueba de Plasticidad.....	31
Figura N° 8.Prueba de Presencia de Arcilla	31
Figura N° 9.Ensayo de Resistencia del mortero a la Tracción	37
Figura N°10. Ubicación de la Cantera.....	45
Figura N° 11.Lugar de extracción de la muestra.....	45
Figura N° 12. Prueba de olor	46
Figura N° 13.Prueba de color.....	46
Figura N°14.Prueba de Sedimentación del suelo	47
Figura N° 15.Prueba de Rollo.....	47
Figura N° 16.Prueba de Presencia de Arcilla.....	48
Figura N° 17. Tamizado de la muestra	49
Figura N° 18. Preparación de las muestras de Límite Líquido y Plástico	50
Figura N°19. Muestra en copa de Casa Grande	50
Figura N° 20.Resultados de Ensayos Extraídos en el Laboratorio	51
Figura N° 21.Muestra de contenido de humedad.....	51
Figura N° 22.Ensayo de Contenido de Sales en el suelo	52
Figura N° 23.Lugar de Extracción de la Fibra	53
Figura N°24.Extracción de la Penca de Cabuya	53
Figura N° 25, Extracción del líquido de la penca	54
Figura N° 26.Eliminación de la Cobertura externa de la Penca.....	54

Figura N°27.Eliminación del exceso del extracto.....	55
Figura N°28.Proceso de secado de la fibra.	55
Figura N° 29.Recorte de la fibra en la medida que se utilizará	56
Figura N° 30.Pesado del material para sacar la correcta dosificación	56
Figura N° 31.Muestras de adobe en las gaveras	57
Figura N° 32. Secado de las muestras de adobe.....	58
Figura N° 33.Mezcla con fibra de Cabuya	59
Figura N°34. Toma de datos para el ensayo de compresión.....	59
Figura N° 35.Muestra sometida al ensayo de compresión	60
Figura N°36.Toma de datos para el ensayo de tracción	60
Figura N° 37.Muestra sometida al ensayo de Tracción.....	61
Figura N° 38.Muestra sometida al ensayo de Succión.	61
Figura 39.Muestra del Mortero sometida al ensayo de tracción	62
Figura N° 40, Muestra sometida al ensayo de compresión	62
Figura N°41,Muestra de Murete sometidos al ensayo de tracción.....	63
Figura 42.Muestras sometidas al ensayo de inundación.....	63

Lista de Gráficas

Gráfico N° 1. Curva Granulométrica	66
Gráfico N° 2. Curva de Fluidéz	67
Gráfico N° 3. Resumen de los resultados de la resistencia a la compresión	72
Gráfico 4. Resumen de los resultados de resistencia a la tracción	76
Gráfico N° 5. Resumen de los resultados del ensayo de succión	80
Gráfico 6. Resumen de los resultados de la resistencia del mortero a la tracción	81
Gráfico 7. Resumen de los resultados de la resistencia a la compresión en muretes	83
Gráfico N° 8. Resumen de los resultados de la resistencia a la tracción de muretes	85
Gráfico 9. Resumen de los resultados de los análisis de costos	88

Resumen

En la actualidad, Perú enfrenta desafíos significativos en términos de vulnerabilidad de sus construcciones tradicionales frente a desastres naturales, especialmente en regiones rurales como el distrito de Chongoyape. Los pobladores de los centros poblados pertenecientes a este distrito aún construyen sus viviendas con adobe, manteniendo técnicas ancestrales que, si bien son económicas y accesibles, presentan serias deficiencias estructurales que las hacen propensas a daños severos durante eventos sísmicos y climáticos extremos. Por ello, surge la pregunta ¿En qué medida la adición de la fibra de cabuya mejorará las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada?, en la cual la hipótesis señala que la adición de la fibra de cabuya mejorará las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada. De esta manera se planteó como objetivo general Estudiar las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada incorporándole fibra de cabuya a la mezcla. Para esta Investigación se realizaron ensayos físicos y mecánicos según lo estipulado en la norma E.080, tanto para la muestra patrón y la experimental con fibra de cabuya con una dosificación de 0.5%,1%,1.5%,2% y 3% Esto permitió realizar una comparación exhaustiva de las propiedades de cada muestra y evaluar la adición de la fibra de cabuya en el rendimiento del material. En conclusión, la adición de cabuya en un 3% mejoran tanto las propiedades físicas como mecánicas de la unidad de tierra reforzada.

Palabras clave: adobe, unidad de tierra reforzada, cabuya, propiedades físicas y mecánicas.

Abstract

Peru currently faces significant challenges in terms of the vulnerability of its traditional constructions to natural disasters, especially in rural regions such as the district of Chongoyape. The inhabitants of the towns belonging to this district still build their houses with adobe, maintaining ancestral techniques that, although they are economical and accessible, present serious structural deficiencies that make them prone to severe damage during seismic and extreme weather events. Therefore, the question arises: To what extent will the addition of cabuya fiber improve the physical and mechanical properties of a reinforced earth unit, in which the hypothesis states that the addition of cabuya fiber will improve the physical and mechanical properties of a reinforced earth unit. Thus, the general objective was to study the physical and mechanical properties of a reinforced earth unit by adding cabuya fiber to the mix. For this research, physical and mechanical tests were carried out as stipulated in the E.080 standard, both for the standard sample and the experimental sample with cabuya fiber at a dosage of 0.5%, 1%, 1.5%, 2% and 3%. This allowed an exhaustive comparison of the properties of each sample and the evaluation of the addition of cabuya fiber in the performance of the material. In conclusion, the addition of cabuya at 3% improves both the physical and mechanical properties of the reinforced earth unit.

Keywords: adobe, reinforced earth unit, cabuya, physical and mechanical properties.

Introducción

La preocupación mundial por el cambio climático y la sostenibilidad ha provocado una reevaluación urgente de los materiales de construcción tradicionales y su impacto ambiental. De acuerdo con un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [1], la industria de la construcción es responsable de cerca del 40% de todas las emisiones de dióxido de carbono en el mundo, subrayando la necesidad de explorar técnicas y materiales de construcción más ecológicos.

Ante este desafío ambiental, surge la siguiente pregunta de investigación: "¿En qué medida la adición de la fibra de cabuya mejorará las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada?". En respuesta a esta indagación, se formuló la siguiente hipótesis: "La adición de la fibra de cabuya mejorará las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada". Este planteamiento pretende no solo explorar las mejoras estructurales que se podrían obtener con este aditivo natural, sino también se busca proporcionar una solución sostenible a los problemas de construcción actuales.

Entre las diversas alternativas, los materiales de construcción basados en la tierra, como el adobe, han captado la atención debido a su abundancia, bajo costo y su mínimo impacto en términos de emisiones de carbono. Sin embargo, estos materiales también presentan limitaciones, principalmente su vulnerabilidad a la erosión y a los desastres naturales. Según Rotondaro, Esteves y Cuitiño-Rosales (2020) en la "Revista de Arquitectura (Bogotá)" [2], estos materiales tienden a tener menor resistencia a la tracción y a la flexión en comparación con los materiales de construcción convencionales. La construcción de adobe en Perú ha sido durante siglos una estrategia vital de la arquitectura tradicional, debido a su disponibilidad y costo efectivo. Sin embargo, en la última década, la durabilidad y la seguridad de estas edificaciones han sido objeto de debate intenso.

Según un estudio de 2021 publicado en la revista "Journal of Building Engineering" por Federica Greco, Paulo B. Lourenço, las viviendas de adobe son especialmente vulnerables a los desastres naturales, como terremotos y deslizamientos de tierra, debido a su relativa falta de resistencia estructural. Los desastres naturales han provocado pérdidas catastróficas en las regiones rurales del Perú, y en muchos casos, las casas de adobe han sido las primeras en derrumbarse [3]. Asimismo, INDECI informa que el número de viviendas afectadas en el distrito de Chongoyape en el año 2023 fue de 462 viviendas de las cuales 60 quedaron

inhabitables, además la mayor parte del total de estas viviendas se encuentran ubicadas en zonas rurales donde el material predominante es el adobe [4].

Por otro lado, Betancur, Ramos y Quispe en su artículo de 2022 para "Cuadernos de Vivienda Urbanismo" detallaron que la construcción moderna de adobe a menudo carece de los métodos tradicionales de refuerzo y acabado, lo que reduce aún más la durabilidad y resistencia de estas viviendas. Muchos de estos edificios carecen de la adecuada inspección y mantenimiento regular, lo que agrava aún más el problema [5].

En conjunto, estas cuestiones plantean un problema complejo que no puede ser ignorado. Las políticas de construcción y vivienda en Perú deben abordar la vulnerabilidad de las viviendas de adobe a los desastres naturales y a los efectos del cambio climático. Además, también se deben tener en cuenta las tradiciones y prácticas de construcción para garantizar que las nuevas edificaciones sean tanto culturalmente apropiadas como seguras y duraderas.

La fibra de cabuya, un material renovable, ha surgido como un candidato prometedor para reforzar el adobe y mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Históricamente, la cabuya se ha utilizado en diversas culturas para la fabricación de cuerda y tela, demostrando su resistencia y durabilidad. Sin embargo, su uso en la construcción es un campo relativamente nuevo y aún en estudio. La cabuya es un producto de la planta de agave, que es resistente y puede crecer en diversas condiciones climáticas, lo que hace que sea un recurso renovable y accesible. Además de su disponibilidad, su naturaleza resistente al fuego agrega un valor adicional cuando se utiliza como refuerzo en la construcción de adobe, mejorando la resistencia al fuego de estas estructuras. En contraste con los materiales de construcción convencionales, que a menudo se requieren grandes cantidades de energía para su producción y generan una considerable cantidad de residuos que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente, el adobe reforzado con cabuya se presenta como una alternativa viable y respetuosa con el medio ambiente.

El éxito de este estudio podría presentar una solución práctica y rentable a la problemática de la vulnerabilidad de las construcciones de adobe ante eventos naturales adversos, una realidad que se vive no solo en Perú, sino en muchas regiones del mundo. Además, podría fomentar la creación de políticas públicas que prioricen la utilización de materiales de construcción más sostenibles, robustos y amigables con el medio ambiente, una necesidad evidente en nuestro

actual contexto global de cambio climático y creciente preocupación por la sostenibilidad. Asimismo, este estudio busca explorar estas cuestiones y contribuir a la comprensión de cómo la incorporación de fibras de cabuya puede mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adobe. Esta investigación se alinea con los esfuerzos mundiales para desarrollar prácticas de construcción más sostenibles y resistentes a desastres, y tiene el potencial de impactar significativamente en la construcción en Perú y en otros lugares donde se utilicen materiales de construcción basados en tierra.

La construcción de edificios con tierra ha sido una práctica milenaria en diferentes culturas alrededor del mundo debido a su disponibilidad y bajo costo. Sin embargo, estos materiales a menudo se perciben como frágiles y propensos a la degradación. En la investigación propuesta se busca estudiar las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada con fibras de cabuya, un material fibroso obtenido de ciertas especies de agave y se ha utilizado tradicionalmente en la fabricación de cuerdas, tejidos y otros productos debido a sus propiedades mecánicas.

La justificación de esta investigación radica en su contribución potencial a la mejora de la durabilidad y resistencia de los materiales de construcción de tierra. Con la incorporación de fibras de cabuya, es posible que la tierra, un recurso ampliamente disponible y sostenible, pueda utilizarse en aplicaciones de construcción más resistentes y duraderas. Este estudio podría revelar nuevas formas de mejorar las propiedades de la tierra como material de construcción, lo que puede tener implicaciones significativas para la arquitectura y construcción sostenible.

Los beneficiarios de esta investigación son numerosos. Los constructores y arquitectos interesados en la construcción sostenible podrían utilizar la información obtenida en este estudio para diseñar y construir estructuras más resistentes y duraderas con materiales locales y sostenibles. Asimismo, las comunidades en regiones donde la cabuya y la tierra son abundantes se podrían beneficiar al tener acceso a métodos de construcción más resistentes y duraderos que utilicen recursos locales.

Finalmente, cabe destacar que la cabuya es un recurso natural y renovable, convirtiéndose en una alternativa ecológica y sostenible en comparación a otros materiales de refuerzo sintéticos o convencionales. Sin embargo, es importante considerar que su inclusión en el adobe se debe

realizar con proporciones y prácticas constructivas adecuadas para garantizar los mejores resultados.

De esta manera se planteó como objetivo principal de esta investigación: Estudiar las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada incorporándole fibra de cabuya a la mezcla, y como objetivos específicos tenemos: Clasificar el tipo de suelo a utilizar para la elaboración de unidades de tierra reforzada; Determinar las características físicas de la fibra de cabuya.; Determinar el porcentaje óptimo de la incorporación de la fibra de cabuya.; Determinar la resistencia a la compresión en unidades de albañilería de tierra reforzada con dosificaciones de fibra de cabuya del 0.5%, 1% ,1.5% ,2% y 3%; Determinar la resistencia a la tracción en unidades de albañilería de tierra reforzada con dosificaciones de fibra de cabuya del 0.5%, 1% ,1.5% ,2% y 3% ; Determinar la resistencia a la tracción del mortero; Determinar la resistencia a la compresión en muretes de tierra reforzada ; Determinar la resistencia a la tracción indirecta en muretes de tierra reforzada; Determinar el porcentaje de absorción y el tiempo del derrumbe de los muretes de tierra reforzada con la incorporación de la fibra de cabuya. ; Comparar el costo y beneficio de una unidad de tierra reforzada de la muestra patrón y la experimental.

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedentes Internacionales:

[6] **P. Latha, B. Murugesan y B. Thomas**, en el artículo "*Compressed earth block reinforced with sisal fiber and stabilized with cement: Manual compaction procedure and influence of addition on mechanical properties*" esta investigación tiene como objetivo examinar si es viable mejorar las propiedades técnicas de los CSEB, mediante la integración de las fibras de sisal y estabilizándolos con cemento Portland. Para fortalecer la mezcla se añadió un 5% en peso de fibra de sisal previamente tratada con NaOH, la cual varió entre 0% y 2.0% del peso seco del bloque, mientras que el contenido de cemento Portland se analizó en un rango de 0% a 12%. Después de ello se realizaron pruebas de compresión y flexión en los bloques de acuerdo con las especificaciones de ASTM. Los resultados mostraron que la mezcla óptima para mejorar la resistencia a la compresión de los CSEB consistía en un 10% de cemento y un 1% de fibra de sisal. En la cual se observó un aumento en la resistencia a la compresión de los CSEB al agregar cemento y fibras de sisal, tal como se determinó mediante los resultados de las pruebas.

[7] **F. Okonta y P. Kloukinas**, en el artículo "*Role of fiber inclusion in adobe masonry construction*" Se realizó una investigación sobre las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, tanto sin refuerzo como reforzada con fibras naturales. Se utilizaron fibras de sisal de 25 mm de longitud como refuerzo en morteros y en unidades de adobe con un contenido de fibra del 0,75%. Para evaluar la resistencia al corte, tracción y compresión, se llevaron a cabo una serie de ensayos en tripletes, coplas y prismas. Además, se realizaron pruebas de compresión uniaxial y compresión diagonal en carpetas y paneles de pared para determinar la resistencia a la compresión y al corte del adobe. Los resultados mostraron que la inclusión de fibras de sisal en el mortero incrementó la resistencia a la tracción en un 31%, el coeficiente de fricción en un 22% y la resistencia a la compresión de los prismas en un 25%, en comparación con el mortero no reforzado. Asimismo, las carpetas reforzadas mostraron un aumento significativo en la resistencia a la compresión y los paneles de pared reforzados triplicaron la resistencia al corte. Este estudio se seleccionó como antecedente porque considera el uso de fibra de sisal como aditivo para mejorar la resistencia a la compresión de unidades de mampostería de tierra reforzada.

[8] **T. Alene, T. Mohammed y A. Gualu**, en su artículo de investigación "*Use of sisal fiber and cement to improve load bearing capacity of mud blocks*" se propuso evaluar cómo la adición de fibras de sisal y cemento puede mejorar la resistencia a la compresión de los bloques de barro. El estudio 24 mezclas diferentes, produciendo un total de 96 bloques de

arcilla roja, cemento Portland y fibras de sisal recolectadas en Etiopía. Los niveles de cemento y fibra de sisal se variaron del 0% al 15% y del 0% al 1.25% respectivamente. Después de la fabricación, los bloques se dejaron endurecer durante 28 días. Posteriormente, se realizaron pruebas de resistencia de densidad siguiendo las normas ASTM y resistencia a la compresión. Los resultados mostraron que la incorporación de fibras de sisal y cemento a los bloques de barro incrementó la resistencia a la compresión hasta en un 210.1%. La combinación óptima para lograr la mayor resistencia a la compresión fue un 10% de cemento y un 1% de fibra de sisal. Específicamente, la adición de un 1% de fibra de sisal aumentó la resistencia a la compresión en un 44.1%, mientras que la incorporación de un 15% de cemento la mejoró en un 39.2%.

Antecedentes Nacionales:

[9] **Según la investigación brindada por Tisnado Godoy**, El estudio se enfoca en analizar cómo la inclusión de fibras de cabuya influye en las propiedades físicas y mecánicas de los muros de adobe. Adoptando un enfoque de investigación aplicada y cuantitativa, se llevó a cabo un diseño cuasi-experimental para explicar los resultados obtenidos. Para las pruebas, se emplearon 561 unidades de adobe, que incluyeron cubos, pilas, muretes y unidades de albañilería de adobe. Estas unidades fueron reforzadas con diferentes concentraciones de fibra de cabuya, a saber, 0.0%, 0.5%, 0.75% y 1.0%. Los resultados revelan que la resistencia del adobe se ve beneficiada por la incorporación de fibras de cabuya. Por ejemplo, la resistencia a la compresión simple de los cubos de adobe aumentó progresivamente con cada adición de fibra, alcanzando un promedio de 24.29 Kgf/cm² con la inclusión del 1.0% de fibra. En el caso de la resistencia a la compresión axial en muretes, la máxima resistencia se registró en 8.53 Kgf/cm² con el agregado del 0.75% de fibra. Asimismo, en los ensayos de compresión diagonal en muretes, los valores también experimentaron un aumento con la inclusión de fibras, alcanzando un máximo de 0.34 Kgf/cm² con el 0.75% de fibra. Las conclusiones del estudio indican que la adición de fibras de cabuya potencia tanto la resistencia física como la mecánica de los muros de adobe. La dosificación óptima para lograr una mayor resistencia a la compresión y a la flexión fue del 1.0% de fibra, mientras que para la resistencia a la tracción y en muretes, la concentración óptima fue del 0.75%.

[10] La investigación realizada por Gómez Delgado aborda un problema crucial en el ámbito de la construcción: la insuficiente resistencia sísmica de los adobes, que son bloques de construcción elaborados con barro y paja. El objetivo principal del estudio fue examinar cómo la inclusión de paja de trigo y fibra de cabuya podría mejorar las propiedades mecánicas del adobe en la ciudad de Chachapoyas. Para abordar este objetivo, se implementó un diseño

cuasiexperimental en un enfoque de investigación aplicada. Se empleó una muestra de 1368 adobes en el estudio. La metodología consistió en agregar incrementos graduales de paja de trigo y fibra de cabuya a los adobes, con concentraciones del 0.25%, 0.50% y 0.75%, respectivamente. Posteriormente, se evaluó la resistencia a la compresión mediante tres pruebas de laboratorio diferentes: pruebas por unidad de albañilería (P.U.A), pruebas por pilas axiales (P.P.A) y pruebas por muretes diagonales (P.M.D). Los resultados obtenidos indicaron que la adición de paja de trigo y fibra de cabuya resultó en un incremento de la resistencia a la compresión en todas las pruebas realizadas. Por ejemplo, para la P.U.A, se observaron aumentos del 4.32%, 9.89% y 32.84% respectivamente, para las tres proporciones de aditivos. En el caso de las P.P.A, los incrementos fueron del 45.87%, 20.27% y 23%, mientras que para las P.M.D, se registraron aumentos del 38.73%, 33.55% y 22.39%. Todos los adobes superaron las pruebas después de un período de 28 días de endurecimiento. En conclusión, los resultados revelaron que los adobes que incorporaron paja de trigo y fibra de cabuya exhibieron una notable mejora en su resistencia a la compresión en comparación con los adobes convencionales.

[11] El estudio realizado por el autor Illanes Choce busca mejorar la durabilidad y resistencia del adobe, un material de construcción tradicional, mediante la incorporación de cabuya y mucílago de cactus. Para lograr su objetivo, experimentó con diversas dosificaciones de fibra de cabuya y una dosificación fija de mucílago de cactus del 18%, buscando la proporción que maximiza la resistencia del adobe sin afectar su trabajabilidad. También comparó las propiedades de los adobes con y sin tamizar y cotejó sus resultados con las investigaciones de otros autores. El autor evaluó la efectividad de su enfoque a través de pruebas de campo y de laboratorio. Descubrió que la incorporación del 2% de fibra de cabuya a la mezcla de adobe ofrecía la resistencia ideal. Los adobes resultantes mejoraron en una serie de aspectos en comparación con los adobes tradicionales sin tamizar. La investigación reveló que los adobes estabilizados con cabuya y mucílago de cactus experimentaron mejoras significativas en diversas propiedades mecánicas. Se observó un aumento del 41.62% en la resistencia a la compresión, un incremento del 106.48% en la resistencia a la compresión del murete, un aumento del 14.93% en la resistencia a la tracción del mortero y un incremento del 17.38% en la resistencia a la flexión. Además, se evidenció una mayor resistencia al agua, con una absorción reducida al 21.56% y solo un 2% de daño por la acción directa del agua. En resumen, el estudio demostró que la inclusión de cabuya y mucílago de cactus en los adobes puede mejorar significativamente su resistencia y su capacidad para resistir el agua, con una concentración óptima de fibra de cabuya del 2%.

Bases teóricas

Adobe:

El término "adobe" se refiere a un material compuesto principalmente de tierra la cual está sin cocer, al que se pueden agregar elementos naturales para mejorar su resistencia, Asimismo, la norma señala que no todas las canteras de suelo son aptas para la producción de unidades de adobe. Se sugiere que la proporción óptima de suelo debe contener aproximadamente un 10-20% de arcilla, un 15-25% de limo y un 55-70% de arena, excluyendo los suelos orgánicos[12].

Unidad de Tierra Reforzada: Se refiere a un bloque o volumen de tierra que ha sido mejorado con un material de refuerzo, tal como fibras naturales o sintéticas, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas[12]. Los refuerzos pueden aumentar la resistencia a la compresión, la resistencia al corte, y la durabilidad general de la tierra, lo que permite su uso en una gama más amplia de aplicaciones de construcción.

El término "tierra reforzada" también puede referirse a técnicas geotécnicas donde se usa un material de refuerzo para mejorar la estabilidad de taludes o muros de contención. En estos casos, el refuerzo puede estar formado por geotextiles, redes de acero, o fibras, entre otros.

Aunque la Norma Técnica Peruana (NTP) E.080 "Albañilería" [12] no habla explícitamente sobre "unidades de tierra reforzada", sí establece directrices importantes para la construcción con unidades de albañilería, que pueden ser de concreto, sílico-calcáreo, arcilla cocida, entre otros materiales. Los principios descritos en esta norma, como los referentes a las propiedades de los materiales y los métodos de construcción, pueden ser aplicables al diseño y construcción con unidades de tierra reforzada.

Composición: La elaboración de bloques de tierra reforzada implica una mezcla cuidadosamente equilibrada de limos, arenas, arcilla y agua, con un suelo ideal que contiene alrededor del 15% al 25% de limos, del 55% al 70% de arena y del 10% al 20% de arcilla.

Sin embargo, la capacidad del suelo no puede ser determinada únicamente por su aspecto visual, por lo que se recomienda llevar a cabo diferentes pruebas más específicas como se describe en los anexos de la Norma E.080[12]. Además, para una composición completa de la unidad de albañilería de tierra reforzada, también se debe incluir el tipo de refuerzo que se va a utilizar y en qué proporción.

Agua: Es una sustancia química compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En el adobe actúa como un agente de unión, permitiendo que las partículas de tierra se adhieran entre sí y formen una estructura cohesiva. Además, el manejo adecuado del agua durante el proceso de secado es crucial para obtener bloques de adobe de calidad. Asimismo, en la Normativa E 0.80 nos indica que la proporción de agua necesaria para la fabricación de unidades de adobe no debe superar el 20% en relación con el peso del material seco [12]

Arcilla: Desempeña un papel fundamental en la elaboración del adobe ya que es uno de los componentes principales en su mezcla. Esta además aporta propiedades plásticas y cohesivas a la mezcla, lo que facilita la formación de bloques de adobe. Estas contienen minerales arcillosos y minerales no arcillosos, los cuales son responsables de proporcionar la plasticidad y características de secado y cocción a los productos finales elaborados con este material[12]. Asimismo, según la norma E.080 nos dice que para la fabricación de unidades de tierra reforzada un requisito indispensable es la presencia de arcilla antes de seleccionar las canteras.

La fibra de cabuya: también conocida como fibra de sisal o agave sisalana, es una fibra natural que se extrae de las hojas del agave. Es ampliamente reconocida por su resistencia, durabilidad y flexibilidad, lo que la convierte en una excelente opción para reforzar materiales de construcción como los bloques de tierra.

Figura N° 1. Extracción de Fibra de Cabuya



Fuente: Revista de Ciencia y Tecnología, núm. 24, pp. 81-86, 2020 [13].

Físicamente: la fibra de cabuya es fuerte y resistente, pudiendo soportar una tensión considerable antes de romperse. Esto se debe a su estructura interna fibrosa, que le permite distribuir las fuerzas aplicadas a lo largo de su longitud. Además, es notablemente flexible, capaz de doblarse sin romperse, lo que la convierte en una excelente opción para aplicaciones que requieren un cierto grado de movimiento o flexibilidad. [14]

Figura N° 2. Muro de adobe reforzado con malla natural Cabuya



Fuente: Propuesta Integral de Reforzamiento para Edificaciones de Adobe. [15]

Mecánicamente: la fibra de cabuya tiene una excelente resistencia a la tracción y es muy resistente a la degradación y al desgaste. Esto, junto con su resistencia natural a los insectos y al moho, hace que la fibra de cabuya sea especialmente adecuada para su uso en la construcción.

La fibra de cabuya se utiliza en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, se puede tejer en cuerdas o hilos, o se puede usar como relleno en productos textiles. Sin embargo, una de las aplicaciones más interesantes es su uso en la construcción. Cuando se mezcla con tierra u otros materiales de construcción, la fibra de cabuya puede mejorar la resistencia y la durabilidad de los bloques o ladrillos resultantes. Esto se debe a que la fibra ayuda a distribuir las cargas y a prevenir la formación de grietas, mejorando así la resistencia general del material.[13]

Figura N° 3. Propiedades Físicas de la Fibra Sisal

Fiber Characteristics	Jute Fiber	Sisal Fiber	Sugarcane Bagasse Fiber	Coconut/Coir Fiber
Fiber diameter (μ)	18 \pm 1.1	20 \pm 1.2	22 \pm 1.2	21 \pm 1.1
Fiber fineness (Tex, g/km)	17 \pm 1.1	21 \pm 1.2	32 \pm 1.2	30 \pm 1.3
Fiber length (mm)	30 \pm 2	30 \pm 2	30 \pm 2	30 \pm 2
Fiber aspect ratio (-)	167–344	200–400	136–318	143–429
Density (g/cm ³)	1.3	1.5	0.82	1.2
Porosity (%)	15–17	12–14	39–42	32–35
Cellulose content (%)	61–72	66–78	45–55	32–43
Lignin content (%)	12–13	8–11	19–24	41–45
Crystallinity (%)	60–65	68–70	51–53	27–33
Angle of orientation (°)	8–10	10–25	14–15	30–49
Tensile strength (MPa)	480 \pm 16.2	381 \pm 23.6	68 \pm 9.1	175 \pm 8.2
Elongation at break (%)	2.3 \pm 0.1	2.45 \pm 0.1	1.5 \pm 0.1	3.6 \pm 0.2
Modulus (GPa)	37.5 \pm 1.4	28.5 \pm 0.8	18.7 \pm 0.8	22.0 \pm 0.2
Tenacity (cN/Tex)	20.02 \pm 1.5	17.7 \pm 0.9	14.2 \pm 0.4	15.3 \pm 0.6

Fuente: [14]

Aparte de su aplicación en la construcción, la incorporación de cabuya en el adobe se emplea como un refuerzo natural para potenciar la resistencia y la durabilidad de las edificaciones de adobe. Este material de construcción tradicional ha sido empleado durante siglos en numerosas aplicaciones. culturas alrededor del mundo. Está hecho de una mezcla de tierra, agua y a menudo un material orgánico como paja. Incorporar la fibra de cabuya en el adobe puede tener varios beneficios significativos. Entre ellos tenemos:

- **Mayor resistencia a la tracción:** La resistencia a la tracción es una medida de cuánto puede resistir un material ser estirado o tirado antes de romperse. Al añadir la fibra de cabuya al adobe, se puede mejorar su resistencia a la tracción. Esto se debe a que las fibras de cabuya son muy fuertes y pueden ayudar a distribuir las fuerzas de tensión a través del material.[9]
- **Mejora de la durabilidad:** La durabilidad se refiere a cuánto puede durar un material antes de empezar a degradarse. La fibra de cabuya es conocida por su resistencia a la descomposición, lo que puede mejorar la durabilidad general de las estructuras de adobe.[9]

- **Reducción de la formación de grietas:** Las fibras de cabuya pueden ayudar a prevenir la formación de grietas en las estructuras de adobe. Las grietas pueden formarse debido a la contracción del material durante el secado o a causa de las fuerzas de compresión y tensión. Las fibras de cabuya pueden ayudar a distribuir estas fuerzas de manera más uniforme, lo que puede prevenir la formación de grietas.[9]
- **Aumento de la resistencia al agua:** La fibra de cabuya puede ayudar a mejorar la resistencia al agua del adobe, ya que puede ayudar a reducir la absorción de agua. Esto puede ser particularmente útil en regiones donde la lluvia o la humedad son comunes.[9]

Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe: se refieren a los estándares y procesos que se deben seguir para producir bloques de adobe de alta calidad. Esto incluye la realización de pruebas para confirmar el contenido adecuado de arcilla y arena, la preparación correcta del suelo y un proceso de secado cuidadoso.

En términos de forma y dimensiones, los bloques de adobe pueden ser cuadrados o rectangulares, con un bloque cuadrado no superior a 0.40 metros de lado por razones de peso. Un bloque rectangular, por otro lado, debe seguir una relación, que el largo debe ser la mitad de su ancho y su altura es la cuarta parte, independiente de su forma[12]. Estos requisitos de dimensión se diseñan para garantizar la manejabilidad y la eficiencia en la construcción.

Preparación:

- En primer lugar, para garantizar la calidad de los bloques de adobe, es imprescindible realizar pruebas de campo para confirmar la presencia suficiente de arcilla y determinar la combinación óptima de arcilla y arena gruesa. Estas pruebas deben llevarse a cabo según lo indicado en los anexos de la Norma.
- Después, una vez identificado el suelo adecuado, se debe preparar para la fabricación de los bloques. Este proceso comienza cerniendo la tierra para eliminar cualquier material extraño o grava más grande. Luego, la tierra cernida se somete a un proceso de hidratación durante al menos 48 horas, una etapa conocida como "dormido". [16]
- Posteriormente, los bloques formados se secan lentamente en un lugar protegido del sol y del viento para minimizar la aparición de grietas. Se recomienda espolvorear arena fina en el lugar de secado para ayudar a reducir las tensiones de encogimiento durante el proceso de secado.

- Luego, una vez que los bloques se han secado completamente, se evalúa su calidad. Un bloque de adobe de calidad debe estar libre de materiales extraños, grietas u otros defectos que puedan perjudicar su resistencia o durabilidad.
- Finalmente, en cuanto a las formas y dimensiones de los bloques, los bloques de adobe pueden tener una forma cuadrada o rectangular, y en ciertas circunstancias, pueden tener ángulos diferentes de 90 grados para acomodar diseños arquitectónicos específicos.

Resistencia a compresión en unidades:

Según lo establecido por las directrices de la Norma E.80[12], es un indicador de cuánta carga de compresión puede soportar el bloque antes de que se produzca una falla estructural, es decir, antes de que se agriete o se rompa, se requiere una rigurosa evaluación en laboratorio para determinar sus capacidades.

- El ensayo de laboratorio consiste en realizar una prueba de compresión en cubos de estos materiales, con cada arista del cubo midiendo 0.1 metros. Se aplica fuerza al cubo hasta que se deforma o se rompe, lo que nos permite medir su resistencia a la compresión.
- Posteriormente, procedemos a calcular la resistencia última del material. Este cálculo nos proporciona el límite máximo de fuerza que el material puede soportar antes de romperse, y se calcula utilizando una expresión específica, en este caso, $f_o=1.0\text{Mpa}=10.2\text{kgf/cm}^2$.
- Seguidamente, con seis muestras de adobes listas para el ensayo, seleccionamos las cuatro mejores y calculamos su promedio. Si este promedio resulta ser igual o superior a la resistencia última calculada, podemos afirmar que el material es apto para la construcción.

Resistencia a tracción en unidades:

Según lo establecido por las directrices de la Norma E.80 [12], sirve para determinar cuánta tensión puede soportar un material de tierra sin romperse, una propiedad conocida como resistencia a la tracción.

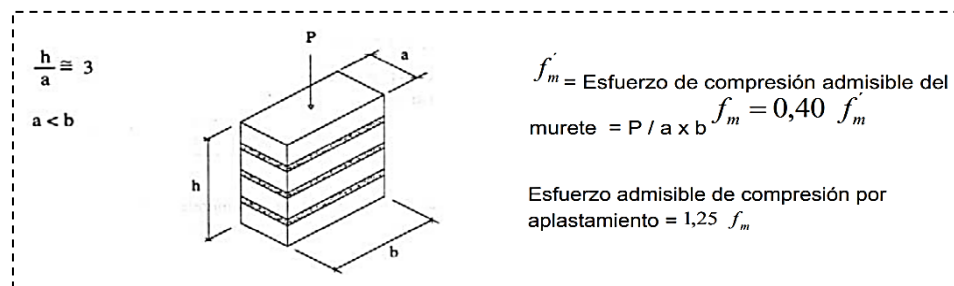
- La prueba que se emplea es el Ensayo Brasileño de Tracción, el cual se realiza en cilindros de este material, con dimensiones específicas de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de largo.
- Este ensayo nos permite calcular la resistencia máxima del material, que en este caso está estipulada en 0.08MPa, equivalente a 0.81 kgf/cm². Para preparar las muestras para este ensayo, se deben ajustar los niveles de humedad: se necesita entre un 20% y un 25% para adobes y entre un 10% y un 15% para tapiales. Una vez ajustada la humedad, las muestras deben secarse durante 28 días en un lugar protegido de la luz solar y el viento.
- Por último, se seleccionan las cuatro mejores muestras, es decir, las que demostraron la mayor resistencia a la tracción, de un lote de seis. Entonces, se calcula su promedio. Si este promedio resulta ser igual o superior a la resistencia máxima preestablecida, entonces podemos afirmar que el material de tierra tiene la suficiente resistencia a la tracción para su uso en construcción.

Resistencia a compresión en muretes:

Según lo establecido por las directrices de la Norma E.80[12], se refiere a la capacidad de una pequeña pared o estructura (el murete) para soportar cargas o presiones que se aplican directamente sobre su superficie.

- La resistencia máxima establecida para esta prueba es de 0.6 MPa, o lo que es igual, 6.12 kgf/cm². Esta resistencia máxima es el punto hasta el cual el murete puede soportar la presión antes de que su estructura ceda o colapse.
- El procedimiento para evaluar esta resistencia implica realizar pruebas en muretes que tienen una altura aproximada a tres veces la menor dimensión de su base. Luego de estas pruebas, se seleccionan las cuatro mejores muestras de un total de seis. Las "mejores" muestras son las que han demostrado la mayor resistencia a la compresión.
- Para que el murete sea considerado adecuado para uso constructivo, el promedio de la resistencia a la compresión de estas cuatro muestras seleccionadas debe ser igual o superior a la resistencia máxima mencionada, después de un periodo de secado de 28 días

Figura N° 4. Evaluación de la resistencia a la compresión de muretes de adobe



Fuente: Norma E.080. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Pág. 1

Resistencia a compresión diagonal o tracción indirecta en muretes

Según lo establecido por las directrices de la Norma E.80 [12] se refiere a la capacidad de estas pequeñas estructuras (muretes) para resistir tensiones que se originan al aplicar una fuerza de compresión de manera diagonal.

- Se establece una resistencia última de 0.025 MPa o 0.25 kgf/cm². Esta cifra representa la máxima tensión que el murete puede soportar sin quebrarse o fallar.
- La prueba implica ejercer una fuerza de compresión en diagonal en muretes de dimensiones específicas, aproximadamente de 0.65 metros de ancho por 0.65 metros de largo. Esta fuerza diagonal genera una tensión indirecta en el material.
- Para validar la resistencia del murete, se seleccionan las cuatro mejores muestras de un total de seis. Estas mejores muestras son las que muestran la mayor resistencia a la tracción indirecta. El promedio de estas cuatro muestras debe ser igual o superior a la resistencia última definida. Esto debe ser así luego de que las muestras hayan pasado un periodo de secado de 28 días.

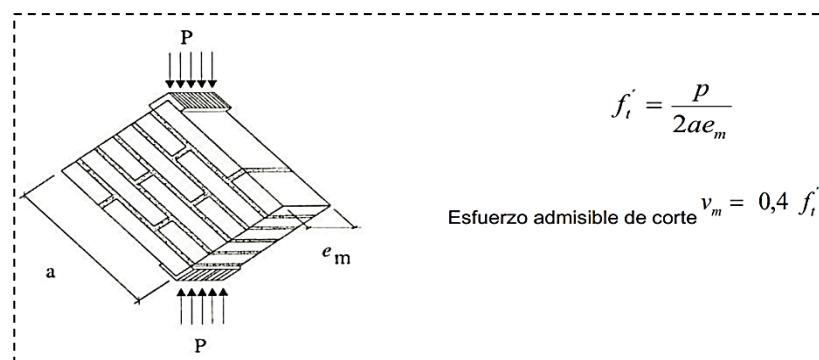


Figura N° 5. Ensayo de carga diagonal o tracción indirecta

Fuente: Norma E.080. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Pág. 16

La Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613 [17] proporciona los procedimientos para determinar el peso, la absorción de agua y la capilaridad en unidades de albañilería como bloques de concreto, ladrillos, entre otros.

- **Determinación del Peso:** Consiste en la medición de la masa de la unidad de albañilería. Esta información es importante para calcular la carga que la estructura puede soportar, para determinar la cantidad de material que se necesitará para un proyecto de construcción, entre otras cosas.
- **Absorción de Agua:** Se refiere a la cantidad de agua que una unidad de albañilería puede absorber. Una alta tasa de absorción puede indicar un material poroso, lo que podría afectar la durabilidad y la resistencia del material. En términos generales, una unidad de albañilería con una baja tasa de absorción de agua es preferible para la mayoría de las aplicaciones de construcción.
- **Capilaridad:** Se trata de la habilidad del material para transportar agua a través de sus poros, lo que puede afectar la resistencia y durabilidad del material. Es una propiedad importante para considerar especialmente en zonas con alta humedad o lluvia.

Ensayos de Materiales

Ensayos In Situ

a) *Prueba de olor:*

Tiene como finalidad de identificar la presencia de materia orgánica.

Procedimiento:

- Es una prueba sensorial.
- Consiste tomar entre tus manos un poco de tierra húmeda, apreciar su olor y detectar la presencia de moho.[18]

b) *Prueba de color:*

Tiene como objetivo identificar el tipo de suelo mediante una percepción visual.

Procedimiento:

- Este método se basa en la percepción sensorial.
- Se toma una pequeña muestra de la tierra en estado seco y se observa el color.
- Se identifica las tonalidades [18]:
 - ✓ Los que muestran un color castaño oscuro, verde olivo o negro, la cual estima la presencia de materia orgánica.
 - ✓ Los suelos de tonalidades grises denotan la existencia de corales, calizas o yeso, siendo propensos a la erosión, son pocos cohesivos.
 - ✓ Si el color es gris claro, esto indica la presencia de limo o carbonato de calcio, caracterizados por una cohesión débil y susceptibles a la corrosión, además esto significa que son pocos cohesivos.
 - ✓ Tonos amarillos ocres sugieren la presencia de hidratos de carbono.
 - ✓ Mientras que los suelos de colores rojos a castaño oscuro contienen óxido de hierro y son suelos resistentes.

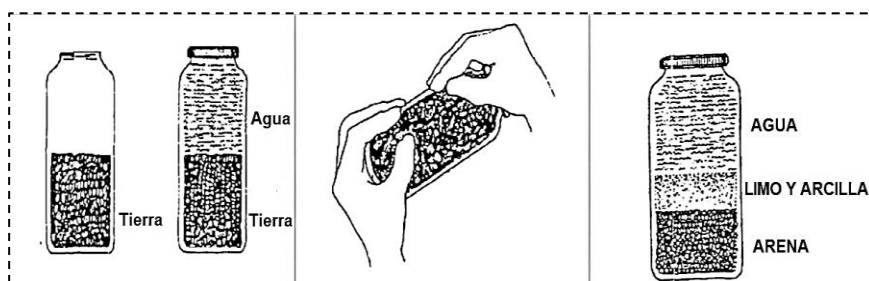
c) Prueba de sedimentación:

Es un método utilizado para determinar los componentes como Limos, arenas y arcillas que tienen nuestra muestra a utilizar

Procedimiento:

- Se tamiza la tierra de nuestra muestra a utilizar.
- Se coloca la tierra tamizada hasta la mitad de una botella de vidrio y la otra mitad se completa con agua.
- Por último, se agita la botella y se deja reposar durante dos días en una superficie plana para luego proceder a medir la cantidad de muestra asentada la cual va a determinar el porcentaje de limos, arcillas y arenas.

Figura N° 6. Prueba de Sedimentación con una botella



Fuente: Manual para construcción de Viviendas de Adobe. [19]

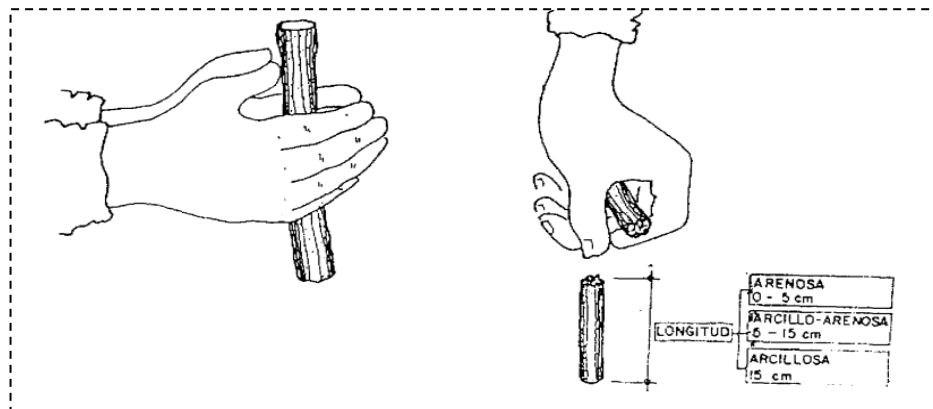
e) Prueba De Plasticidad (Prueba Del Rollo):

El ensayo de prueba de barro o cinta de rollo se realiza para observar si la cantidad de arcilla que contiene nuestra tierra sea la adecuada.

Procedimiento:

- Se toma una parte de la muestra extraída y se va humedeciendo con agua hasta hacer una masa consistente.
- Con las palmas de la mano se procede a realizar un rollito de 20 cm de largo y de 1 a 2 cm de diámetro.
- Si nuestro rollo de barro llega a romperse entre los 5 y 15 cm quiere decir que nuestra tierra se clasifica como arcillo-arenosa y es la adecuada.
- Si esta llega a romperse al medir 5 cm significa que nuestro suelo se clasifica como arenoso y es referible no usarlo.
- Si nuestro rollo llega a alcanzar más de 15 cm de largo entonces nuestra tierra es muy arcillosa por lo que es recomendable agregar arena.

Figura N° 7. Prueba de Plasticidad.



Fuente: Manual para construcción de Viviendas de Adobe. [19]

f) Prueba de presencia de arcilla o Resistencia seca:

Este ensayo se realiza para determinar la presencia de arcilla en nuestro suelo a estudiar.

Procedimiento:

- Se toma una parte de la muestra extraída y se va humedeciendo con agua hasta hacer una masa consistente.
- Luego de ello se procede a elaborar 4 muestras en forma de esferas con la palma de las manos.
- Una vez realizadas las muestras, se dejan secar durante 48 horas.
- Después del secado correspondiente se procede a aplastar con el dedo pulgar y el dedo índice las muestras.
- Si las esferas llegan a romperse quiere decir que nuestro suelo es poco arcilloso, en cambio si estas no se quiebran ni se rompen quiere decir que contiene una buena cantidad de arcilla por lo es un suelo optimo a utilizar

Figura N° 8. Prueba de Presencia de Arcilla



Fuente: Norma E.080. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Pág. 20[12]

Determinación de las propiedades del suelo en el laboratorio:

a) Granulometría:

- **Normativa:** Para este ensayo se utiliza la normativa NTP: 339.128 [20]
- **Definición:** Este ensayo analiza la variedad de tamaños de partículas presentes en el suelo. Se emplea el tamizado para separar las partículas de mayor tamaño, aquellas que superan los 75 micrómetros (y quedan atrapadas en el tamiz N°200), mientras que la sedimentación se utiliza para examinar las partículas más pequeñas, inferiores a 75 micrómetros [20]
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se toma una muestra del suelo a estudiar
 - ✓ Luego se procede a llevarla al horno.
 - ✓ Se pone la muestra en una serie de tamices apilados, con el tamiz más grueso en la parte superior y el más fino (tamiz N°200) en la parte inferior, para luego comenzar a tamizar.
 - ✓ Una vez completado el tamizado, se pesa el suelo retenido en cada tamiz individualmente para luego anotarlo.
 - ✓ Se construye una curva granulométrica que muestre la distribución de tamaños de las partículas.
- **Cálculo:**

Porcentaje de Peso Retenido (% Retenido):

$$\%Retenido = \left(\frac{W_{retenido}}{W_{total}} \right) \times 100$$

- $W_{retenido}$ = Peso del suelo retenido en un tamiz específico.
- W_{total} = Peso total de la muestra de suelo.

b) Contenido de Humedad:

- **Normativa:** Para este ensayo se utiliza la normativa NTP 339.127 [21].
- **Definición:** es la cantidad de agua presente en el suelo, expresada como un porcentaje del peso seco del suelo.

- **Procedimiento:**

- ✓ Se toma la muestra extraída de nuestro lugar de estudio y se coloca en una tara.
- ✓ Se pesa inmediatamente la muestra del suelo húmeda utilizando una balanza.
- ✓ Se lleva al horno a una temperatura de 110°C y se procede a dejarlo durante 24 horas para asegurarse que toda el agua se haya evaporado, después de ello se saca y se deja enfriar.
- ✓ Una vez enfriada, se pesa la muestra seca y se registra el peso

- **Cálculo:**

El contenido de humedad del suelo (w) se calcula utilizando la fórmula:

$$w = \left(\frac{W_h - W_s}{W_s} \right) \times 100$$

- W_h = Peso del suelo retenido en un tamiz específico.
- W_s = Peso total de la muestra de suelo.

c) **Límites de Atterberg:**

▪ **Límite Líquido:**

- **Normativa:** Para este ensayo se utiliza la normativa NTP 339.129 [22]
- **Definición:** determina el contenido de humedad en el que el suelo cambia de estado plástico a líquido.
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se mezcla una cantidad representativa de suelo con agua destilada para formar una pasta homogénea.
 - ✓ La pasta homogénea que se formó se coloca en la copa de Casagrande.
 - ✓ Luego se utiliza una herramienta para cortar una ranura a través de la pasta de suelo en la copa de Casagrande. Posteriormente se mide el contenido de humedad de la muestra cuando la ranura se cierra después de 25 golpes de la copa. Este contenido de humedad es el límite líquido.

- **Cálculo:**

Para el límite líquido se utiliza una gráfica que Consiste en representar la relación entre el número de golpes de la copa y el contenido de humedad W_n sobre un gráfico semilogarítmico.

d) Límite plástico:

- **Normativa:** Para este ensayo se utiliza la normativa NTP 339.129 [22]

- **Definición:** propiedad física del suelo que define el contenido de humedad en el cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico

- **Procedimiento:**

- ✓ Se toma una muestra representativa de suelo y se mezcla con agua destilada para formar una masa homogénea.
- ✓ Se toma una porción de la masa y se enrolla con las manos sobre una superficie plana y no absorbente, formando un hilo de aproximadamente 3.2 mm de diámetro.
- ✓ El enrollado se repite varias veces, agregando o quitando agua según sea necesario, hasta que el hilo se rompa cuando alcanza un diámetro de aproximadamente 3.2mm.
- ✓ Cuando la masa realizada con las manos se desintegrará de al alcanzar dicho diámetro, se procedió a medir el contenido de humedad, el cual se considerará como el valor del límite plástico.

- **Cálculo:**

El límite plástico se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$LP = \left(\frac{W_a}{W_s} \right) \times 100$$

- LP= Límite plástico,
- W_a = Peso del agua.
- W_{total} = Peso seco de la muestra

e) Índice de Plasticidad:

- **Normativa:** Para este ensayo se utiliza la normativa NTP 339.129 [22]
- **Definición:** es una medida que describe la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo. En otras palabras, es la amplitud del rango de contenido de humedad en el cual un suelo exhibe propiedades plásticas.
- **Cálculo:**
Se calcula restando el límite plástico del límite líquido y se expresa como un porcentaje

$$\text{Índice de Plasticidad} = LL - LP$$

Donde:

- LL: Límite líquido.
- LP: Límite plástico.

Ensayos Físicos:

a) Succión:

- **Normativa:** Para este ensayo se utiliza la normativa NTP 399.613 [17]
- **Definición:** Utilizada para medir la capacidad de absorción de agua de los bloques de adobe.
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se ponen los bloques de adobe al horno durante 24 horas y se pesa el bloque.
 - ✓ Se colocan en un repiente con 3 mm de agua, poniendo el adobe en unos soportes, durante un minuto
 - ✓ Luego se procede a pesar cada muestra después de evaluarla y anotar los datos.

b) Inundación simulada:

- **Normativa:** Se ha tomado el modelo de una investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú ya que no existe normativa relacionada con respecto a este ensayo.[23]
- **Definición:** Este ensayo tiene como objetivo medir el daño que experimentan las construcciones de adobe debido a la exposición prolongada al agua por inundaciones; es decir, determinar la medida en que los muros de adobe se deteriorarán a lo largo del tiempo debido a los desastres naturales. [23]

- **Procedimiento:**

- ✓ Se arman piscinas ya sea de concreto o de plástico para poner las muestras ahí y ensayarlas.
- ✓ Dentro de las piscinas se elaboran los muretes utilizando adobes y mortero con espesor de 15 cm, representativos del material que se va a evaluar.
- ✓ Se mide cada 60 minutos la ascensión del agua por capilaridad en cada murete.
- ✓ Por último, se va a registrar el tiempo de derrumbe de cada murete.

Ensayos Mecánicos:

a) Ensayo de Resistencia a la compresión:

- **Normativa:** Norma Técnica Peruana (NTP) E.080 [12]
- **Definición:** Determina la capacidad del material al aplicar una fuerza de compresión creciente sobre una muestra de adobe hasta que se produce su falla, registrando la carga máxima soportada.
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se elaboran muestras de adobe en forma de cubos de 0.1 de arista
 - ✓ Después de tener las muestras correspondientes de patrón y grupo control, se deja secar 28 días.
 - ✓ Se identifica y mide cada una de las muestras
 - ✓ Se registran las cargas hasta la rotura de las muestras. [12]

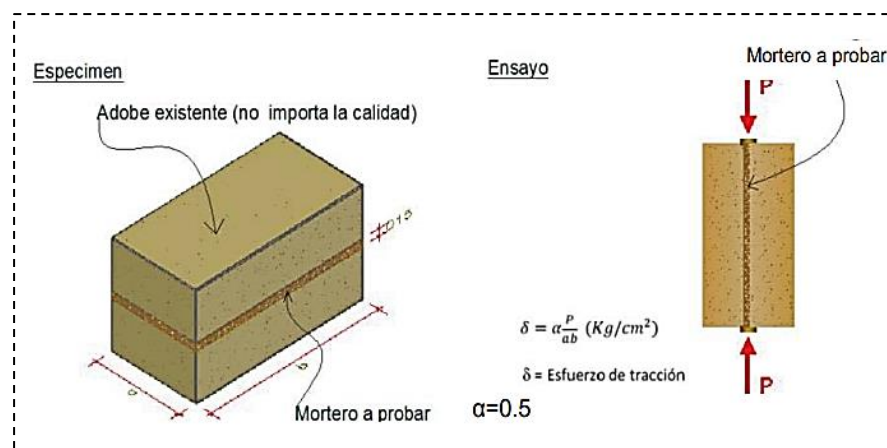
b) Ensayo de Resistencia a la tracción:

- **Normativa:** Norma Técnica Peruana (NTP) E.080 [12]
- **Definición:** Determina la capacidad del material al aplicar una fuerza de tracción creciente a una muestra de adobe en forma de cilindro hasta que se produce su falla, registrando la carga máxima soportada.
- **Procedimiento**
 - ✓ Se elaboran muestras de adobe en forma de cilindros 6" de diámetro y 12" de largo.
 - ✓ Después de tener las muestras correspondientes de patrón y grupo control, se deja secar 28 días.
 - ✓ Se identifica y mide cada una de las muestras
 - ✓ Se registran las cargas hasta la rotura de las muestras. [12]

c) Ensayo de Resistencia del Mortero a la tracción:

- **Normativa:** Norma Técnica Peruana (NTP) E.080 [12]
- **Definición:** Evalúa la fuerza máxima que el mortero puede resistir antes de fracturarse bajo una carga de tracción. Es crucial para determinar su idoneidad en aplicaciones donde la adhesión y la integridad estructural son importantes, asegurando la estabilidad y durabilidad de las construcciones.
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se elaboran muestras que consisten en dos adobes unidos por mortero de barro, se debe asegurar que la unión sea uniforme y libre de huecos.
 - ✓ Después de tener las muestras unidas correspondientemente se deja secar 28 días.
 - ✓ Se identifica y mide cada una de las muestras
 - ✓ Se registran las cargas hasta que se produzca la falla por tracción indirecta.[13]
- **Cálculo:**

Figura N° 9. Ensayo de Resistencia del mortero a la Tracción



Fuente: Norma E.080. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Pág. 15

d) Ensayo de Resistencia del Murete a la compresión:

- **Normativa:** Norma Técnica Peruana (NTP) E.080 [12].
- **Definición:** Se evalúa la capacidad de un muro de adobe para soportar cargas de compresión aplicando una fuerza creciente sobre las pilas de adobe hasta que se produce su falla, registrando la carga máxima soportada
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se elabora muretes en forma de pilas utilizando adobes y mortero con espesor de 15 cm, representativos del material que se va a evaluar.

- ✓ Se deja secar durante 28 días en condiciones adecuadas.
- ✓ Se identifica y se procede a medir su ancho, largo y alto de cada espécimen.
- ✓ Se aplican las cargas hasta que se produzca la falla por compresión.[12]

e) Ensayo de Resistencia del Murete a la compresión diagonal o tracción indirecta:

- **Normativa:** Norma Técnica Peruana (NTP) E.080 [12].
- **Definición:** Determina la resistencia del murete de adobe a las fuerzas de tracción indirecta aplicadas de manera diagonal hasta que se produzca una falla para evaluar su máxima resistencia.
- **Procedimiento:**
 - ✓ Se elabora muretes de $0.65m \times 0.65m \times 0.12m$ utilizando adobes y mortero con espesor de 15 cm, representativos del material que se va a evaluar.
 - ✓ Se deja secar durante 28 días en condiciones adecuadas.
 - ✓ Se identifica y se procede a medir su ancho, largo y alto de cada espécimen.
 - ✓ Se aplican las cargas hasta que se produzca la falla por compresión.[12]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación:

Según la perspectiva de esta investigación es en relación con el objetivo planteado, es de tipo aplicada ya que se buscaron soluciones a la problemática mediante la introducción de nuestra propuesta. Asimismo, En términos del enfoque de recolección y análisis de datos, este estudio se clasifica como una investigación cuantitativa, ya que se obtendrán resultados numéricos y medibles, con el propósito de brindar información de nuevos materiales de construcción a poblaciones rurales.

Nivel de Investigación

Este estudio adoptó un diseño experimental sofisticado para asegurar la precisión y la validez de los resultados. Según Sampieri [24], se caracterizan por la manipulación intencional de una o más variables independientes, que se suponen causas, y la observación de los efectos resultantes en una o más variables dependientes. En este caso, al introducir distintas dosificaciones de fibra de cabuya en el proceso de fabricación del adobe observando de esta manera su impacto en las variables dependientes, que son las propiedades físicas y mecánicas de los adobes resultantes. Además de ser un diseño experimental, esta investigación también adopta un enfoque cuasiexperimental. Esto se debe a que, además de las unidades experimentales que se analizaron agregándole fibras de cabuya, también se emplearon muestras de control las cuales están compuestas por unidades de albañilería de tierra tradicional elaboradas con agua, tierra y paja. Este enfoque permite una comparación más sólida y contrastante entre las propiedades físicas y mecánicas de los adobes reforzados con fibras de cabuya y los de fabricación tradicional, proporcionando un análisis más riguroso y equilibrado del impacto real de la inclusión de fibras de cabuya en los adobes.

Pregunta de Investigación:

¿En qué medida la adición de la fibra de cabuya mejorará las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada?

Hipótesis:

La adición de la fibra de cabuya mejorará las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada

Población y Muestra:

La población y la muestra están compuestas por todas las unidades de albañilería de tierra reforzada con fibra de cabuya, las cuales están constituidas por 492 adobes a las cuales se le realizarán pruebas respectivas a cada una de las unidades mencionadas. En las muestras se le añadirán la fibra en porcentajes de 0.5%,1%,1.5%,2% y 3%.

Muestreo: El método de muestreo utilizado es de conveniencia y no probabilístico, lo que significa que las muestras no son seleccionadas al azar, sino que dependen de las causas que el investigador considere apropiadas. Se tomarán muestras de las unidades de tierra reforzada producidas para cada dosificación de fibra de cabuya, las cuales serán evaluadas y seleccionadas siguiendo ciertos criterios que mejoren la calidad del análisis.

Tabla N°1.Total de muestras para cada ensayo

Grupo control	Compresión	Tracción	Mortero	Muretes		Inundación	Succión
				Compresión	Tracción Indirecta		
Unidades de adobe tradicionales	6	6	12	18	108	18	6
Unidades de adobe con 0.5% de Cabuya	6	6	12	18	108	18	6
Unidades de adobe con 1% de Cabuya	6	6				18	6
Unidades de adobe con 1.5% de Cabuya	6	6				18	6
Unidades de adobe con 2% de Cabuya	6	6				18	6
Unidades de adobe con 3% de Cabuya	6	6				18	6
						Total	492

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se muestran los ensayos de manera más detallada del total de muestras de adobe para realizar esta investigación.

Tabla N°2.Ensayos Mecánicos

ENSAYOS MECÁNICOS						
Ensayos	Unidades de adobe tradicionales	Unidades de adobe con 0.5% de Cabuya	Unidades de adobe con 1% de Cabuya	Unidades de adobe con 1.5% de Cabuya	Unidades de adobe con 2% de Cabuya	Unidades de adobe con 3% de Cabuya
Resistencia a la compresión	6	6	6	6	6	6
Resistencia a la tracción	6	6	6	6	6	6
Muretes	% más óptimo					
Resistencia a la compresión	18			18		
Resistencia a la tracción	108			108		
Mortero	% más óptimo					
Resistencia a la tracción	12			12		
					Total	348

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°3. Ensayos Físicos.

ENSAYOS FÍSICOS						
Ensayos	Unidades de adobe tradicionales	Unidades de adobe con 0.5% de Cabuya	Unidades de adobe con 1% de Cabuya	Unidades de adobe con 1.5% de Cabuya	Unidades de adobe con 2% de Cabuya	Unidades de adobe con 3% de Cabuya
Succión	6	6	6	6	6	6
Inundación Simulada	18	18	18	18	18	18
					Total	144

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 y 3 se muestra de manera más detallada el número de adobes que se realizará en la presente investigación, de la cual tenemos que realizar 348 muestras para los ensayos mecánicos de las cuales 72 serán utilizados para compresión y tracción, 36 serán utilizadas para pilas y 216 en muretes, asimismo también se harán 144 muestras para los ensayos físicos.

Operacionalización de Variables:

Tabla N°4. Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	VARIABILIDAD	MÉTODO DE MEDICIÓN
Fibra de Cabuya	Proporción de Fibra de Cabuya	%	0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 3%	balanza

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
Propiedades Mecánicas de la tierra reforzada	Resistencia a la compresión de las unidades de tierra reforzada	kg/cm ²	NTP E.080 - Ensayo de compresión de cubos
	Resistencia a la tracción de las unidades de tierra reforzada	kg/cm ²	NTP E.080 - Ensayo de compresión de cilindros
	Resistencia del murete a la compresión	kg/cm ²	NTP E.080
	Resistencia del murete a la tracción directa	kg/cm ²	NTP E.080
Propiedades Físicas de la tierra reforzada	Pesaje	Kg	NTP 399.613
	Medición dimensional	Cm	NTP 399.613
	Absorción	%	NTP 399.613
	Absorción y Capilaridad	%min	Ensayo de inundación simulada
Evaluación Económica	Costo de materiales y herramientas	S/.	Microsoft Excel
	Costo de mano de obra	S/.	Microsoft Excel

VARIABLE INTERVINIENTE	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR	METODO DE MEDICIÓN
Medida de la fibra de cabuya	cm	3	centímetro

Fuente: Elaboración propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de Investigación

Según Sampieri [24], es una técnica que implica la recopilación meticulosa de datos mediante la visualización directa y el estudio cuidadoso de los fenómenos, comportamientos, objetos o individuos. Al decir que se utilizará la técnica de observación para esta investigación, se hace referencia al acto de examinar de cerca y registrar sistemáticamente las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de tierra reforzadas con fibras de cabuya. Esto implica, la observación de cómo las fibras de cabuya interactúan con el adobe, cómo alteran su composición, y cómo mejoran sus propiedades físicas y mecánicas. Este plan nos guiará en la identificación de qué características específicas observar, interpretando y analizando en cómo se comporta incorporando fibras naturales a las unidades de albañilería de tierra.

Instrumentos de recolección de datos

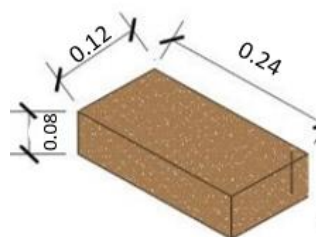
Según Sampieri [24] es esencialmente una herramienta o un dispositivo que usamos para recoger datos observables, proporcionando una representación cuantitativa o cualitativa de los conceptos o variables que estamos investigando. Estos instrumentos nos ayudan a concretar ideas abstractas en valores tangibles y comprobables, convirtiendo nuestras teorías y hipótesis en hechos demostrables. Para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada con fibras de cabuya, los siguientes instrumentos de medición son necesarios:

- Las Normas técnicas peruanas.
- La Norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”
- Manual de construcción del adobe reforzado con Geomallas.

Dimensiones del bloque de adobe a investigar

Para realizar las muestras con las medidas adecuadas se recurrió a la Norma E080 la cual nos indica del ancho debe ser la mitad del largo y el espesor debe ser la cuarta parte de esta, por ello se utilizaron las siguientes medidas:

- **Largo:** 24 cm
- **Ancho:** 12 cm
- **Espesor:** 8 cm



Procedimiento metodológico de la Investigación

1. Adquisición de materiales:

- Estudio de suelos previos de la cantera a utilizar.
- Adquisición y/o fabricación de la fibra de la cabuya.

2. Elaboración de las muestras:

Después de obtener la materia prima clasificada, cumpliendo los parámetros establecidos por las normas, se procede a elaborar las muestras de tierra reforzada para cada ensayo correspondiente.

Se utilizará las dosificaciones de la fibra de cabuya adecuadas, además se elaborarán las muestras tanto para el grupo control y experimental para los siguientes ensayos:

ETAPA I

- Elaboración de cubos de tierra reforzada
- Elaboración de cilindros de tierra reforzada

ETAPA II

- **Muestras para realizar el ensayo de absorción:** se consideran a utilizar las que obtienen un % óptimo de la primera etapa realizada.

ETAPA III

- **Elaboración de muretes de tierra reforzada:** se consideran a utilizar las que obtienen un % óptimo de la primera etapa realizada.

3. Ensayos de todas las muestras: se procede a realizar todos los ensayos correspondientes según la normativa, como los ensayos de resistencia a la compresión y tracción, tanto para muestras patrón como para las que tienen dosificación de fibra.

- **Ensayo de la resistencia a la compresión:** se toma las muestras del grupo control y las del grupo experimental, en la cual se aplicará una carga donde se observará la rotura de la muestra.
- **Ensayo de la resistencia a la tracción:** se toma las muestras del grupo control y las del grupo experimental, en la cual se aplicará una carga donde se observará la rotura de la muestra.
- **Ensayo de succión:** Luego de realizar y analizar los ensayos de la resistencia a la compresión y tracción, se elige el % más óptimo del grupo experimental y control, la muestra estará en estado seco para luego proceder a sumergirla durante 24 horas.

- **Ensayo de resistencia a la compresión en muretes:** se toma las muestras del grupo control y las del grupo experimental con el % más óptimo, en la cual se aplicará una carga donde se observará la rotura de la muestra.

 - **Ensayo de resistencia a la tracción en muretes:** se toma las muestras del grupo control y las del grupo experimental con el % más óptimo, en la cual se aplicará una carga donde se observará la rotura de la muestra.

 - **Ensayo de inundación simulada en muretes:** se construirán los muretes para el grupo control y experimental con el % más óptimo, luego se inundarán en las piscinas para luego proceder a tomar datos de capilaridad, absorción y tiempo de falla de cada murete.
- 4. Recolección y Análisis de resultados:** Se procederá a recaudar todos los resultados obtenidos de acuerdo con los ensayos presentados anteriormente. Asimismo, se procederá a realizar un análisis de costos para la construcción de muro de albañilería con tierra reforzada y sin reforzar.
- 5. Comparación de resultados:** se procede a comparar nuestra muestra patrón con la muestra experimental para corroborar nuestra hipótesis.
- 6. Validar la Hipótesis:** los resultados obtenidos y el análisis realizado serán fundamentales para determinar la validez de la hipótesis planteada.

Ubicación de la zona de estudio

Se obtendrá el material de la cantera ubicada en la provincia de Chiclayo, Chongoyape – Perú.

- **Ubicación de la cantera:** C.P. Cuculí
- **Departamento:** Lambayeque.
- **Provincia:** Chiclayo.
- **Distrito:** Chongoyape.

Figura N°10. Ubicación de la Cantera



Fuente: Google Maps

El Caserío Pueblo Cuculí está situado en el distrito de Chongoyape, a una distancia de 45 km de la ciudad de Chiclayo. Se caracteriza por su topografía llana y se encuentra a una altitud de 166 metros sobre el nivel del mar. Está localizado en la región que se extiende entre el valle del río Chancay y la comunidad de "Santa Lucía" en Ferreñafe. Además, el caserío se encuentra a solo 10 minutos de distancia del embalse de Tinajones.

Figura N° 11. Lugar de extracción de la muestra



Fuente: Propia

Ensayos de Materiales:

1. Ensayos In-situ

a) Prueba de olor:

Procedimiento:

- Con nuestras manos agarramos un poco de la muestra húmeda extraída y procedemos a olerla y percibir la presencia de moho.

Figura N° 12. Prueba de olor



Fuente: Propia

b) Prueba de color:

Procedimiento:

- Se tomó una muestra en estado seco en nuestras manos.
- Se realizó el análisis de colores correspondientes, teniendo en cuenta que si presenta una coloración oscura o negra presenta un alto contenido de materia orgánica.
- Esta técnica no requiere de equipos ya que se basa en la observación visual y en la capacidad sensorial para distinguir matices de color en el suelo

Figura N° 13. Prueba de color



Fuente: Propia

c) **Prueba de sedimentación:**

Procedimiento:

- Se tamizó la muestra extraída en estado seco.
- Se colocó en una botella de vidrio y la otra mitad se completa con agua destilada.
- Por último, se agitó la botella y se dejó reposar durante dos días en una superficie plana
- Después de ese tiempo se procedió a medir la cantidad de muestra asentada la cual va a determinar el porcentaje de limos, arcillas y arenas.

Figura N°14. Prueba de Sedimentación del suelo



Fuente: Propia

d) **Prueba De Plasticidad (Prueba Del Rollo):**

Procedimiento:

- Para realizar este ensayo se tomó la muestra extraída de las que se pretende realizar los adobes, y se comenzó a humedecer hasta tener una masa manejable.
- Se elaboró la cinta de barro, y después se procedió a medir el tamaño de la muestra.

Figura N° 15. Prueba de Rollo



Fuente: Propia

e) Prueba De Presencia De Arcilla:

Procedimiento:

- Se utilizó la misma muestra con la que realizamos la cinta de barro, de la cual se elaboraron 4 esferas de 2 cm aproximadamente.
- Luego de dejarlas secar 48 horas, se procedió a aplastarlas con el pulgar y el índice como se muestra en la imagen, teniendo como resultado, que ninguna de las 4 esferas sufrió algún agrietamiento.

Figura N° 16. Prueba de Presencia de Arcilla



b) Elaboración de las 4 muestras



a) Aplastando las muestras después 2 días.

Fuente: Propia

Determinación de las propiedades del suelo en el laboratorio:

a) Granulometría:

Para este ensayo se utiliza la normativa NTP: 339.128 [20] y ASTM D 422 [25]

- Materiales:

- ✓ Balanza digital.
- ✓ Tamices.
- ✓ Taras

- **Procedimiento:**

- ✓ Se puso en un recipiente la muestra a utilizar y se procedió meterla al horno.
- ✓ Se pasó la muestra por los tamices considerados para el ensayo.
- ✓ Deben registrarse los pesos retenidos de las muestras en cada tamiz.
- ✓ En el registro, se debe incluir un apartado para anotar el peso retenido de las muestras en cada tamiz.
- ✓ Las anotaciones deben incluir el porcentaje retenido parcial, el porcentaje retenido acumulado, el porcentaje que pasa y luego se debe presentar la curva granulométrica.
- ✓ Una vez recopilados los datos, se calcularán los porcentajes de grava, arena y finos, así como los coeficientes de curvatura y uniformidad.

Figura N° 17. Tamizado de la muestra



Fuente: Propia

b) Limite Liquido y Plástico:

Para este ensayo se toma como referencia la norma NTP 339.129

Materiales

- Copa Casagrande
- Espátula
- Balanza
- Tamiz N°40
- Horno.
- Taras
- Ranurador.

Procedimiento:

- Se tomó la muestra extraída y se saturó con agua destilada.
- Se procede a dejar la muestra durante 24 horas para poderla ensayar.
- Se colocó nuestra muestra en la copa de casa grande, se da una oscilación de 30 a 35 golpes.
- Con la muestra sobrante del límite líquido se moldea pequeños rollitos en una superficie plana para realizar el análisis del límite plástico
- Una vez realizados los rollitos se pesan y se llevan al horno durante 24 horas, luego se retiran y se vuelven a pesar para la toma de datos.

Figura N° 18. Preparación de las muestras de Límite Líquido y Plástico



Fuente: Propia

Figura N°19. Muestra en copa de Casa Grande



Fuente: Propia

Figura N° 20. Resultados de Ensayos Extraídos en el Laboratorio



Fuente: Propia

c) Contenido de Humedad:

Para este ensayo se toma como referencia la norma NTP 339.131

Materiales

- Tara
- Tamiz N°04
- Fiola de 500ml.
- Agua Destilada
- Embudo

Procedimiento:

- La se tomó la muestra luego de pasarla por el horno.
- Se pasó por el tamiz n°04
- Se colocó la muestra en la fiola y se procedió a rellenarla con agua destilada para luego pesarla.
- Se deja reposar durante un día y se procede a pesar de nuevo la muestra.

Figura N° 21. Muestra de contenido de humedad



Fuente: Propia

d) Contenido de Sales:

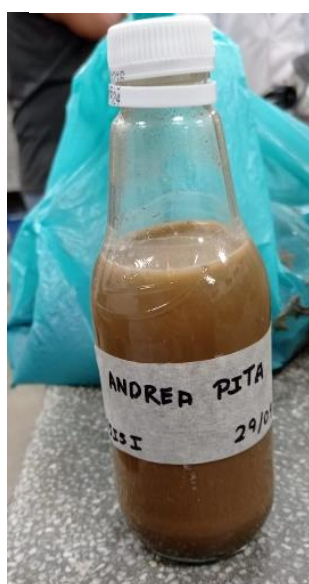
Materiales

- Una botella de vidrio.
- 50 gr de muestra seca.
- Una balanza.
- Una estufa
- Un vaso graduado
- Un embudo
- Papel filtro

Procedimiento:

- Se tamizó 50 gr de nuestra muestra seca.
- Con un embudo se vertió la muestra en una botella de vidrio y se completó con agua destilada.
- Se agitó la botella durante 1 minuto, para luego dejarla reposar 48 horas.
- Lugo de dos días ya se pudo ver la separación entre el sedimento y el agua.
- Se pone a cocinar en una tara nuestro líquido, para luego con un papel filtro colar el resto de los sedimentos que quedan.
- En un vaso graduado se lleva nuestra muestra al horno y después de un día se procede a pesar para ver el contenido de sales retenido.

Figura N° 22. Ensayo de Contenido de Sales en el suelo

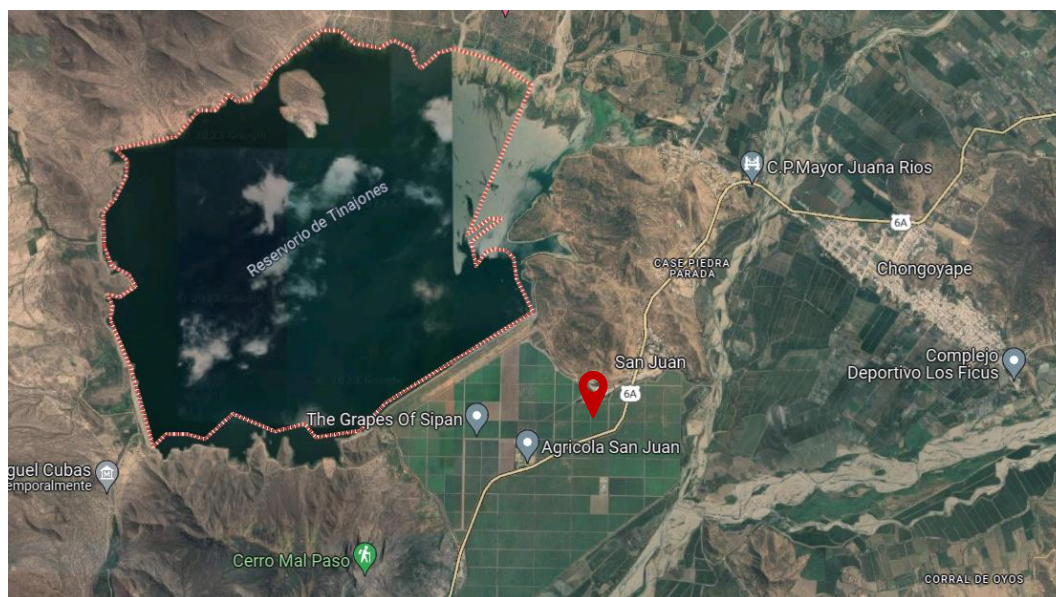


Fuente: Propia

Lugar de extracción de la fibra de Cabuya:

La penca del cual se obtendrá la fibra de cabuya fue extraída del C.P. San Juan – Tinajones, en el trayecto Chiclayo -Chongoyape, el cual dé se encuentra a unos 10 minutos de la cantera donde se realizarán los adobes.

Figura N° 23.Lugar de Extracción de la Fibra



Fuente: Propia

Equipos: para recolectar la penca de donde extraen la cabuya, se necesita.

- Guantes.
- Machete.
- Botas.
- Sacos.

Figura N°24.Extracción de la Penca de Cabuya



Fuente: Propia

Proceso para obtener la fibra: Una vez obtenida la penca de cabuya o sisal , se procede a chancarla para que de esta manera se extraiga el líquido que tiene en su interior, seguido de ello se pasa por en medio de un carrizo para eliminar los restos de recubrimiento que esta posee, la cual será llevada en un recipiente con agua dejándolas reposar de 3 a 5 días para que eliminen todo su líquido , después de ello en una driza o cordel se tienden y se ponen a secar una semana para poder utilizarla. [27]

Figura N° 25, Extracción del líquido de la penca



Fuente: Propia

Figura N° 26. Eliminación de la Cobertura externa de la Penca



Fuente: Propia

Figura N°27. Eliminación del exceso del extracto



Fuente: Propia

Figura N°28. Proceso de secado de la fibra.



Fuente: Propia

Una vez que haya cumplido el proceso de secado la fibra, se procede a medir y a cortarlas a 3 cm para emplearla a la mezcla.

Figura N° 29. Recorte de la fibra en la medida que se utilizará



Fuente: Propia

Elaboración de los bloques de adobe:

Para dosificar la cantidad de materiales a utilizar en mi mezcla, lo he sacado en proporción a volúmenes, teniendo en cuenta que para cada muestra se utilizará 5 kg d tierra, la cual ha sido cuantificada de baldes haciendo de esta manera una proporción de 4 baldes de tierra, 1 balde y medio de agua y uno de pajilla o fibra teniendo la siguiente dosificación 4: 1 ½ :1

Figura N° 30. Pesado del material para sacar la correcta dosificación



Fuente: Propia

Tabla N° 5. Dosificación para cara muestra

Dosificación de las unidades	Peso de la mezcla (gr)	Peso de la viruta (gr)
Unidades de adobe tradicionales	4200	-
Unidades de adobe con 0.5% de Cabuya	4200	21gr
Unidades de adobe con 1% de Cabuya	4200	42 gr
Unidades de adobe con 1.5% de Cabuya	4200	63 gr
Unidades de adobe con 2% de Cabuya	4200	84 gr
Unidades de adobe con 3% de Cabuya	4200	126 gr

Fuente: Propia

La mezcla se coloca en las gaveras de adobe, asegurándose de llenarlos completamente. Se utiliza las manos para presionar la mezcla en cada esquina y así evitar huecos. Antes de ello, las gaveras de adobe se sumergen en agua por cada muestra que se realiza, de esta manera se facilita el desmolde.

Figura N° 31. Muestras de adobe en las gaveras



Fuente: Propia

Para realizar el secado de las unidades de adobe, se utiliza una superficie horizontal que esté limpia y libre de materiales orgánicos. Al principio, las unidades de adobe se colocan en áreas cubiertas para protegerlas del sol y el viento durante los primeros días, ya que dicha exposición temprana puede causar grietas y debilitar el adobe. Después de una semana de haber sido desencofradas, las unidades se ponen de costado para garantizar un secado uniforme en todos sus lados. Hasta completar los 28 días de secado para cada muestra.

Figura N° 32. Secado de las muestras de adobe



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Con el mismo procedimiento, se realizan las muestras con cada fibra para cada porcentaje que hay.

Figura N° 33. Mezcla con fibra de Cabuya



Fuente: Propia

Pruebas en el laboratorio

- a) **Resistencia a la compresión:** Luego de un período de secado de 28 días, se procede a evaluar la resistencia a la compresión de los cubos con arista de 0.1m. Se realiza la medición inicial del largo y ancho de cada muestra de adobe tradicional. Posteriormente, se someten las muestras a la máquina de compresión y se registra la carga cuando aparecen las primeras fisuras.

Toma de datos:

Figura N°34. Toma de datos para el ensayo de compresión



Fuente: Propia

Figura N° 35. Muestra sometida al ensayo de compresión



Fuente: Propia

- b) **Resistencia a la tracción:** Una vez transcurridos 28 días desde el proceso de secado de los cilindros de adobe con dimensiones de 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas de altura, se tomaron mediciones del largo y diámetro de cada muestra, obteniendo un promedio. Posteriormente, se aplicó una carga axial sobre cada espécimen.

Figura N°36. Toma de datos para el ensayo de tracción



Fuente: Propia

Figura N° 37. Muestra sometida al ensayo de Tracción



Fuente: Propia

- c) **Ensayo de succión:** Después de los 28 días de secado los adobes 24x12x8, se somete a succión, tomando las medidas primero del largo y ancho de cada espécimen de los adobes tradicionales, se mete a una bandeja de 3 cm de profundidad y se ensayan a 1 minuto cada muestra.

Figura N° 38. Muestra sometida al ensayo de Succión.



Fuente: Propia

- d) **Ensayo del mortero a la tracción:** después de los 28 días realizada las muestras de adobes, se unen de a dos utilizando 1.5 cm de mortero la cual se dejará secar otros 28 días más para poder realizar el ensayo, se toman los valores de las medidas de las muestras y se someten a un ensayo de tracción.

Figura 39. Muestra del Mortero sometida al ensayo de tracción



Fuente: Propia

- e) **Ensayo de Compresión en muretes:** Después de 28 días de secado de las muestras de adobe de 24x12x8, se unen en pilas de tres en tres en cada pila, uniéndolo con un mortero de 1.5 cm los tres adobes, para luego dejarlos secar durante 28 días y proceder a ensayarlos, midiendo cada muestra para luego proceder a ensayarlos bajo una carga.

Figura N° 40, Muestra sometida al ensayo de compresión



Fuente: Propia

- f) **Ensayo de Tracción en muretes:** Después de realizar cada muestra de adobe que se utilizará, se deja secar durante 28 días, de las cuales 18 adobes serán utilizados por cada murete y serán unida por un mortero de 1.5 cm, dejando secarlas 28 días para luego ensayarlas bajo una carga axial.

Figura N°41, Muestra de Murete sometidos al ensayo de tracción



Fuente: Propia

- g) **Ensayo de Inundación Simulada:** Después de realizar las muestras de adobe, tomo 18 de estas para realizar el murete al igual que los que se usarán para el ensayo de tracción de los muretes. Para llevar a cabo este ensayo se arma unas piscinas en las cuales serán armados los muretes y se procede a llenar la piscina con la altura, tapando un afila de adobes, la cual se ensayará tomando en cuenta el tiempo de derrumbe de estas.

Figura 42. Muestras sometidas al ensayo de inundación



Fuente: Propia

Resultados y discusión

Resultados:

Ensayos In-situ :

Tabla N° 6. Ensayo In situ - prueba de color

PRUEBA DE COLOR			
<i>Muestra</i>	<i>Suelo Inorganico</i>	<i>Suelo Organico</i>	<i>Suelo poco cohesivo</i>
N°01		x	

Fuente: Propia

En la tabla 06 se muestran los resultados de las pruebas insitu realizadas en la cantera donde se hicieron las muestras de adobe, las cuales muestran un resultado de suelo orgánico apto para usarlo en la construcción.

Tabla N°7. Ensayo In situ- Prueba de granulometría con botella

PRUEBA DE GRANULOMETRÍA CON BOTELLA	
<i>Arena</i>	20 cm
<i>Limos y arcilla</i>	30 cm

Fuente: Propia

En la tabla 07 se muestran los resultados de las pruebas insitu de granulometría realizadas en la cantera donde se hicieron las muestras de adobe., las cuales muestran un resultado de arenas y arcillas admisible apto para usarlo en la construcción.

Tabla N° 8. Prueba de Cinta de Barro

PRUEBA DE CINTA DE BARRO	
El enrollado alcanza de 5 - 20 cm	SI 20 CM
Resultado	APTO

Fuente: Propia

En la tabla 08 se muestran los resultados de las pruebas insitu de cinta de barro realizadas en la cantera donde se hicieron las muestras de adobe., las cuales alcanzaron una medida admisible apto para usarlo en la construcción.

Tabla N°9. Ensayos In situ - Presencia de arcilla

PRUEBA DE PRESENCIA DE ARCILLA	
<i>Muestra</i>	<i>Agrietamiento a las 48 horas</i>
1	No
2	No
3	No
4	No
Resultado	cumple

Fuente: Propia

En la tabla 08 se muestran los resultados de las pruebas insitu de las 4 bolitas de barro realizadas en la cantera donde se hicieron las muestras de adobe para observar la presencia de arcilla, las cuales alcanzaron una medida admisible apto para usarlo en la construcción.

Ensayos de Análisis Granulométrico:

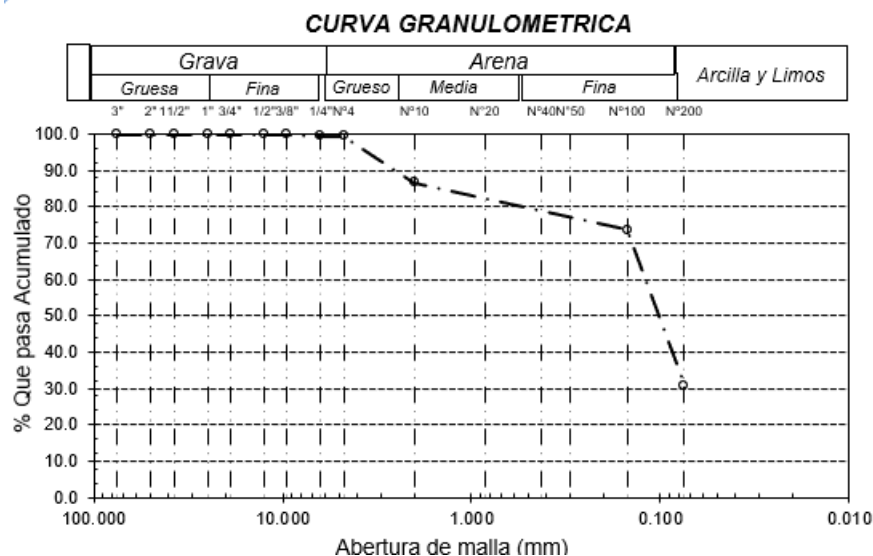
Tabla N°10. Granulometría

Analisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.5	99.5
Nª 4	4.750	0.5	99.5
Nª 10	2.000	13.3	86.7
Nª 20	0.850	15.9	84.1
Nº 50	0.300	20.3	79.7
Nª 100	0.150	26.2	73.8
Nº 200	0.075	69.2	30.8
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.0	0.5
	G. F %	0.5	
% Arena	A.G %	12.8	68.7
	A.M %	5.4	
	A.F %	50.5	
% Arcilla y Limo		30.8	30.8
Total			100.0
Contenido de Humedad			12.2

Fuente: Propia

En la tabla 10 se observan los porcentajes acumulados de la muestra que atraviesa cada tamiz según su número. Asimismo, indica la distribución granulométrica, clasificando el suelo de acuerdo con el tamaño de sus partículas. Los resultados indican un algo porcentaje de arenas con un 68.7%, seguido de un 30.8% de arcillas y limos y finalmente un 0.5% de grava.

Gráfico N° 1. Curva Granulométrica



Fuente: Propia

En el gráfico 01 se muestra la curva granulométrica producto de la tabla 10 en el cual se utilizaron los tamices 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°50, N°100, N°200.

Límites de Atterberg:

Tabla 11. Límites de Consistencia.

<i>Datos de ensayo.</i>	<i>Límite líquido</i>			<i>Límite Plástico</i>
N° de tarro	T-20	T-15	R-5	R-3
N° de golpes	35	25	15	X
Tarro + suelo húmedo	22.87	25.93	26.39	23.89
Tarro + suelo seco	20.85	22.69	22.89	21.72
Agua	2.02	3.24	3.5	2.17
Peso del tarro	13.55	13.34	15.04	7.21
Peso del suelo seco	7.3	9.35	7.85	14.51
Porcentaje de humedad	27.67	34.65	44.59	14.96

Fuente: Propia

En la tabla 11 se observan los resultados de los límites de consistencia que se realizan para determinar el límite líquido y plástico de nuestra del suelo a estudiar.

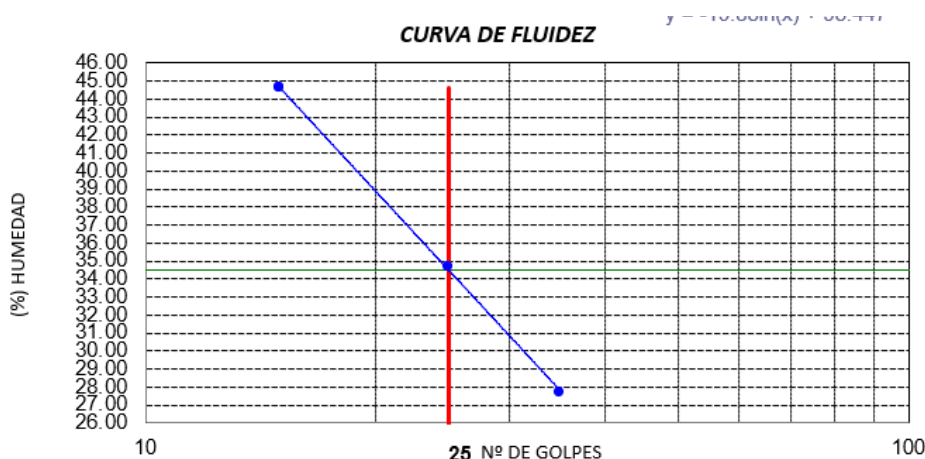
Tabla N° 12. Resumen de Límites de Consistencia

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	%
Límite Líquido	34.47
Límite Plástico	14.96
Índice de Plasticidad	19.51

Fuente: Propia

En la tabla 12 se muestran los resultados resumidos de los límites de consistencia, teniendo así un límite líquido de 34.47%, un límite plástico de 14.96% y un índice de plasticidad de 19.51%.

Gráfico N°2. Curva de Fluidez



Fuente: Propia

El gráfico 02 muestra la relación de porcentaje de humedad en relación con el número de golpes realizados para determinar los límites de Assterberg.

Ensayo de Gravedad Específica:

Tabla 13. Peso específico relativo de Sólidos.

		C-01
1. N° de fiola		F-3
2. Peso de la fiola	g.	89.97
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3)	g.	140.0
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	370.0
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	339.0
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	$(3)/((3+6)-5)$ g/cm ³	2.624

Fuente: Propia

En la tabla 13 se muestran los resultados de gravedad específica de los sólidos el cual nos da 2.624 g/cm³.

Ensayo de Contenido de Humedad:

Tabla N° 14. Contenido de Humedad.

		C-01
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200.1
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1075.4
C.- Peso de recipiente	(gr.)	68.4
D.- Contenido de humedad	(%)	12.39

Fuente: Propia

En la tabla 14 se observan los resultados del contenido de humedad

Ensayo De Cloruros Y Sulfatos Del Suelo:

Tabla 15. Ensayo de cloruros y sulfatos

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA		
TESISTA :	Pita Farro Andrea Celeste.	
ENSAYO :	Cloruros y Sulfatos	
ESPECIFICACIÓN :	Estudio de Suelo	
Cloruros Cl	ppm	560
	%	0.06
Sulfatos SO ²	ppm	228
	%	0.02

La tabla 15 muestra los resultados de los ensayos de cloruros y sulfatos que se le hizo al suelo para ver si es factible utilizarlo para elaborar nuestras mezclas, en el cual hay un porcentaje admisible de cada uno, teniendo así un 0.06% de cloruros y un 0.02% de sulfatos.

Tabla N°16. Ensayo de sales en el suelo

sales	%	0.02
-------	---	------

Se resultados de los ensayos de sales que se le hizo al suelo para ver si el porcentaje de salinidad que tiene el suelo para evaluar su factibilidad en el uso de la construcción de adobes, en el cual hay un porcentaje admisible de 0.02%

Ensayo de resistencia a la compresión del material tierra:

Para este ensayo se utilizaron las muestras tradicionales y las de fibra de cabuya al 0.5%,1%,1.5%.2% y 3% para determinar la resistencia a la tracción se tomaron los 04 mejores resultados según la normativa E.080.

Tabla N° 17.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe patrón

<i>Muestra</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	9.7	9.986	1857.3	19.174
P2	9.5	10.032	1456.3	15.281
P3	9.6	10.024	1117.9	11.617
P4	9.6	10.008	1174.3	12.223
P5	9.6	10.186	1132.6	11.582
P6	9.8	10.068	874.8	8.865
<i>Promedio</i>				12.68

Fuente: Propia

En la tabla 17 se observan los resultados de las muestras patrón (adobe con adición de pajilla de arroz) sometidas al ensayo de compresión en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión es de 10.2 kg/cm² por lo que, en la presente investigación se obtuvo un valor de 12.68 kg/cm², producto del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla N° 18. Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe+0.5% de cabuya

<i>Muestra</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	9.6	10.008	1980.7	20.62
P2	9.7	9.986	1857.3	19.17
P3	9.6	10.024	1617.2	16.81
P4	9.5	10.032	1644.4	17.25
P5	9.6	10.186	1866	19.08
P6	9.8	10.068	1630.9	16.53
Promedio				18.08

Fuente: Propia

En la tabla 18 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición de 0.5% de fibra de cabuya) sometidas al ensayo de compresión en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión es de 10.2 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se obtuvo un valor de 18.08 kg/cm^2 , producto del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras.

Tabla N° 19. Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +1% de cabuya

<i>Muestra</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	9.5	10.032	2332.4	24.47
P2	9.7	9.986	1405.6	14.51
P3	9.6	10.024	1994.2	20.72
P4	9.6	10.008	1890.2	19.67
P5	9.6	10.186	2062.5	21.09
P6	9.8	10.068	1861.2	18.86
Promedio				20.09

Fuente: Propia

En la tabla 19 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición de 1% de fibra de cabuya) sometidas al ensayo de compresión en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión es de 10.2 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se obtuvo un valor de 20.09 kg/cm^2 , producto del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla N°20.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +1.5% de cabuya

<i>Muestra</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	9.5	10.032	1975	20.72
P2	9.7	9.986	1930.4	19.93
P3	9.6	10.008	1782.1	18.55
P4	9.6	10.186	2014.5	20.60
P5	9.6	10.068	2038.3	20.66
P6	9.8	10.024	1854.4	19.27
<i>Fuente: Propia</i>			Promedio	20.11

En la tabla 20 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición de 1.5% de fibra de cabuya) sometidas al ensayo de compresión en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión es de 10.2 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se obtuvo un valor de 20.11 kg/cm^2 , producto del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla N° 21.Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +2 % de cabuya

<i>Muestra</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	9.5	10.032	2507.1	26.31
P2	9.7	9.986	2045.6	21.12
P3	9.8	10.068	2116.1	21.44
P4	9.6	10.008	2091.4	21.77
P5	9.6	10.186	2070.8	21.18
P6	9.6	10.024	2026.8	21.06
			Promedio	21.38

Fuente: Propia

En la tabla 21 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición de 2% de fibra de cabuya) sometidas al ensayo de compresión en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión es de 10.2 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se obtuvo un valor de 21.38 kg/cm^2 , producto del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

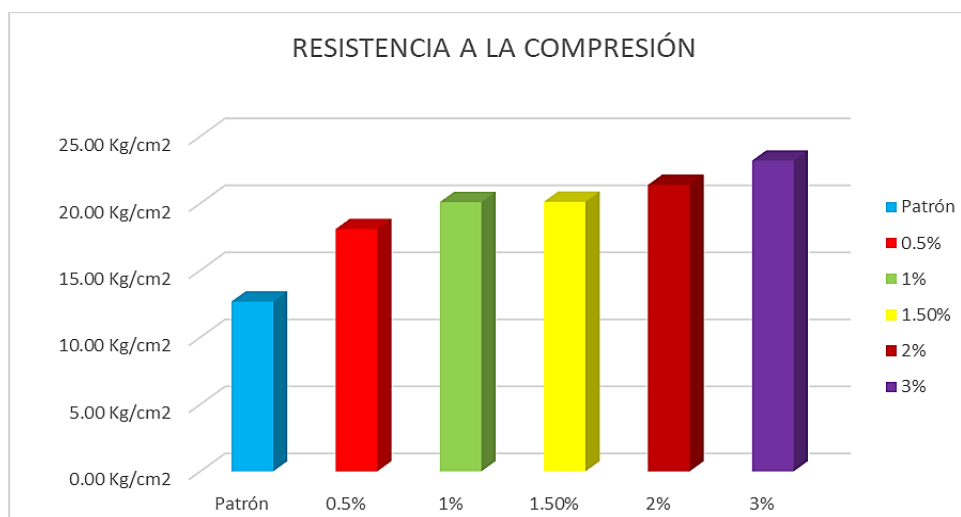
Tabla N° 22. Resultado de la Resistencia a la compresión del adobe +3% de cabuya

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (P) (Kg)	Resistencia última f_0 (Kg/cm ²)
P1	9.5	10.032	2403	25.21
P2	9.7	9.986	1726.4	17.82
P3	9.6	10.024	2290.3	23.80
P4	9.6	10.008	2113.9	22.00
P5	9.6	10.186	2125.2	21.73
P6	9.8	10.068	2135.7	21.64
Promedio				22.29

Fuente: Propia

En la tabla 22 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición de 3% de fibra de cabuya) sometidas al ensayo de compresión en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión es de 10.2 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se obtuvo un valor de 22.29 kg/cm^2 , producto del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Gráfico N° 3. Resumen de los resultados de la resistencia a la compresión



Fuente: Propia

La norma E080 nos da un valor estipulado permisible de $1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$, lo cual al observar los resultados vemos que las muestras de mayor resistencia fueron las experimentales de 3% de cabuya y menor resistencia fue la muestra patrón.

Ensayo de resistencia a la tracción del material tierra:

Para este ensayo se utilizaron las muestras tradicionales y las de fibra de cabuya al 0.5%,1%,1.5%.2% y 3% para determinar la resistencia a la tracción se tomaron los 04 mejores resultados según la normativa E.080.

Tabla 23.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe patrón.

Muestra	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Resistencia última f_0 (Kg/cm²)
P1	29.7	14.26	2152.8	3.239
P2	27.9	14.26	2110.3	3.379
P3	28.4	14.58	1586.2	2.440
P4	28.7	14.34	1292.3	1.999
P5	29.1	14.32	1093.2	1.671
P6	28.8	14.53	669.1	1.017
Promedio				2.34

Fuente: Propia

En la tabla 23 se observan los resultados de las muestras patrón (adobe con adición con paja de cáscara de arroz) con una medida de 6" × 12" las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.8 kgf/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra patrón supera a esta, obteniendo un valor de 2.34 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla N° 24. Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe +0.5% de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (d) (cm)</i>	<i>Altura (h) (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	28.85	14.51	3127.2	4.76
P2	30.2	14.51	2315.4	3.36
P3	27.93	14.59	3012.0	4.71
P4	28.93	14.56	2879.7	4.35
P5	28	14.99	1780.0	2.70
P6	28.45	14.67	1671.3	2.55
Promedio				3.78

Fuente: Propia

En la tabla 24 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición con 0.5% de fibra) con una medida de 6" × 12" las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.8 kgf/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra con 0.5% de fibra de cabuya supera a esta, obteniendo un valor de 3.78 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla N° 25. Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe +1% de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (d) (cm)</i>	<i>Altura (h) (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f0 (Kg/cm²)</i>
P1	28.3	14.3	3420.1	5.39
P2	28.2	14.18	3139.5	5.00
P3	28.1	14.35	3208.4	5.06
P4	28.1	14.41	3340.2	5.26
P5	29.3	14.35	3047.4	4.62
P6	28.2	14.42	2825.4	4.43
Promedio				4.99

Fuente: Propia

En la tabla 25 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición con 1% de fibra de cabuya) con una medida de 6" × 12" las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.8 kgf/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra con 1% de fibra de cabuya supera a esta, obteniendo un valor de 4.99 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla N° 26.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+1.5% de cabuya.

Muestra	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Resistencia última f0 (Kg/cm²)
P1	28.7	14.59	3662.4	5.57
P2	28.7	14.51	3360.7	5.14
P3	28.2	14.61	3515.1	5.43
P4	29.6	14.29	3636.9	5.47
P5	28.7	14.56	4110.9	6.26
P6	28.0	14.59	3097.8	4.82
Promedio				5.40

Fuente: Propia

En la tabla 26 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición con 1.5% de fibra de cabuya) con una medida de 6" × 12" las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.8 kgf/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra con 1.5% de fibra de cabuya supera a esta, obteniendo un valor de 5.40 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Tabla 27.Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+2% de cabuya.

Muestra	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Resistencia última f0 (Kg/cm²)
P1	28.9	14.51	6072.6	9.24
P2	28.9	14.56	5456.6	8.25
P3	28.0	14.99	6383.0	9.68
P4	27.9	14.59	5045.8	7.88
P5	30.2	14.51	4991.4	7.25
P6	28.5	14.67	11959.1	18.24
Promedio				8.76

Fuente: Propia

En la tabla 27 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición con 2% de fibra de cabuya) con una medida de 6" × 12" las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.8 kgf/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra con 2% de fibra de cabuya supera a esta, obteniendo un valor de 8.76 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

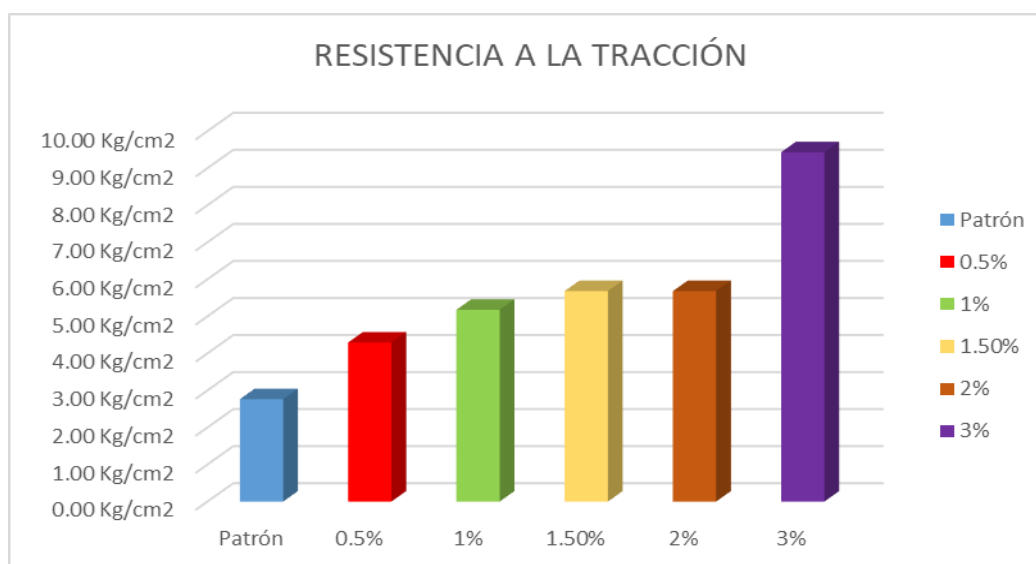
Tabla N° 28. Resultado de la Resistencia a la Tracción del adobe+3% de cabuya.

Muestra	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Resistencia última f0 (Kg/cm ²)
P1	27.6	14.31	6128.2	9.89
P2	28.6	14.1	5959.8	9.42
P3	28.2	14.3	6223.4	9.83
P4	30.1	14.19	5765.7	8.59
P5	28.4	14.31	5368.1	8.42
P6	29.4	14.51	8417.4	12.57
Promedio				9.43

Fuente: Propia

En la tabla 28 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición con 3% de fibra de cabuya)) con una medida de 6" × 12" las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.8 kgf/cm² por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra con 3 % de fibra de cabuya supera a esta, obteniendo un valor de 9.43 kg/cm², del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Gráfico 4. Resumen de los resultados de resistencia a la tracción



Fuente: Propia

La norma E080 nos da un valor estipulado permisible es de 0.08MPa = 0.81 kgf/cm², lo cual al observar nuestros resultados vemos que las muestras de mayor resistencia fueron las muestras experimentales de 3% de cabuya y menor resistencia fue la muestra patrón.

Ensayo de succión:

Para este ensayo se utilizaron las muestras tradicionales y las de fibra de cabuya al 0.5%,1%,1.5%.2% y 3%.

Tabla 29.Resultado del ensayo de succión del adobe patrón.

<i>Muestra</i>	<i>Peso Seco (gr)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm2)</i>	<i>Peso con agua absorbida (gr)</i>	<i>Agua Succión (gr)</i>	<i>Succión (gr/min/área)</i>
P1	3650	24.1	11.5	277.15	3580	-70	-50.5
P2	3650	23.9	11.7	279.63	3540	-110	-78.7
P3	3560	23.9	11.8	282.02	3370	-190	-134.7
P4	3610	23.6	12.1	285.56	3410	-200	-140.1
P5	3560	23.7	12.1	286.77	3520	-40	-27.9
P6	3460	27.1	11.8	319.78	3490	30	18.8
Promedio							-68.9

Fuente: Propia

Los resultados de la tabla 29 se observan los resultados de la muestra patrón la cual está compuesta en su interior con paja de arroz la mayoría de las succiones sale con un error negativo lo cual indica que al mojarse la muestra en un minuto tiene un promedio de -68.9 esto se refiere a que va a perder el material mientras se moje.

Tabla N° 30.Resultado del ensayo de succión del adobe +0.5% de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Peso Seco (gr)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm2)</i>	<i>Peso con agua absorbida (gr)</i>	<i>Agua Succión (gr)</i>	<i>Succión (gr/min/área)</i>
P1	3489	23.8	12.0	286.0522	3445	-44	-30.8
P2	3533	23.9	11.1	266.0787	3463	-70	-52.6
P3	3438	23.9	12.0	286.8	3379	-59	-41.1
P4	3552	24.2	12.1	292.82	3501	-51	-34.8
P5	3643	24.4	11.7	285.48	3606	-37	-25.9
P6	3489	24.2	11.9	287.98	3396	-93	-64.6
Promedio							-41.6

Fuente: Propia

Los resultados de la tabla 30 se observan los resultados de la muestra la cual está compuesta con 0.5% de fibra de cabuya la mayoría de las succiones sale con un error negativo lo cual indica que al mojarse la muestra en un minuto tiene un promedio de -41.6 esto se refiere a que va a perder el material mientras se moje.

Tabla N°31.Resultado del ensayo de succión del adobe +1% de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Peso Seco (gr)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm2)</i>	<i>Peso con agua absorbida (gr)</i>	<i>Agua Succión (gr)</i>	<i>Succión (gr/min/área)</i>
P1	3212	24.2	11.7	282.172	3199	-13	-9.2
P2	3370	24.2	12.2	295.119	3240	-130	-88.1
P3	3484	24.2	12.0	289.8434	3540	56	38.6
P4	3218	24.2	11.5	278.8566	3173	-45	-32.3
P5	3438	24.2	12.1	293.304	3389	-49	-33.4
P6	3208	24.2	11.8	285.681	3170	-38	-26.6
Promedio							-25.16

Fuente: Propia

Los resultados de la tabla 31 se observan los resultados de la muestra la cual está compuesta con 1% de fibra de cabuya la mayoría de las succiones sale con un error negativo lo cual indica que al mojarse la muestra en un minuto tiene un promedio de -41.6 esto se refiere a que va a perder el material mientras se moje.

Tabla N° 32.Resultado del ensayo de succión del adobe +1.5% de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Peso Seco (gr)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm2)</i>	<i>Peso con agua absorbida (gr)</i>	<i>Agua Succión (gr)</i>	<i>Succión (gr/min/área)</i>
P1	3232	24.2	11.8	286.528	3199	-33	-23.0
P2	3164	24.2	11.7	283.5514	3131	-33	-23.3
P3	3282	24.1	12.1	290.5014	3244	-38	-26.2
P4	3262	24.2	12.0	289.6014	3227	-35	-24.2
P5	3534	24.2	12.1	293.6186	3498	-36	-24.5
P6	3256	24.2	11.7	283.6966	3241	-15	-10.6
Promedio							-22.0

Fuente: Propia

Los resultados de la tabla 32 se observan los resultados de la muestra con 1.5% de fibra de cabuya la mayoría de las succiones sale con un error negativo lo cual indica que al mojarse la muestra en un minuto tiene un promedio de -22 esto se refiere a que va a perder el material mientras se moje.

Tabla 33. Resultado del ensayo de succión del adobe +2 % de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Peso Seco (gr)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>Peso con agua absorbida (gr)</i>	<i>Agua Succión (gr)</i>	<i>Succión (gr/min/área)</i>
P1	3411	24.5	12.1	296.45	3438	27	18.2
P2	3319	24.4	11.8	287.92	3326	7	4.9
P3	3154	24.3	12.3	298.89	3169	15	10.0
P4	3568	24	11.8	283.2	3525	-43	-30.4
P5	3497	24.2	12.5	302.5	3455	-42	-27.8
P6	3491	24.1	12.0	289.2	3490	-1	-0.7
<i>Promedio</i>							-4.3

Fuente: Propia

Los resultados de la tabla 33 se observan los resultados de la muestra con 2% de fibra de cabuya la mayoría de las succiones sale con un error negativo lo cual indica que al mojarse la muestra en un minuto tiene un promedio de -4.3 esto se refiere a que va a perder el material mientras se moje.

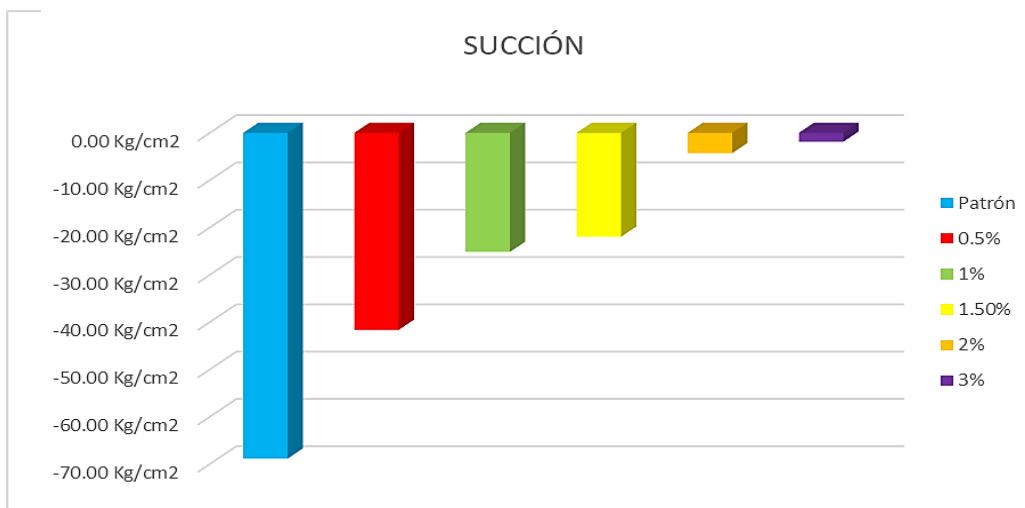
Tabla N° 34. Resultado del ensayo de succión del adobe +3 % de cabuya

<i>Muestra</i>	<i>Peso Seco (gr)</i>	<i>Largo (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>Peso con agua absorbida (gr)</i>	<i>Agua Succión (gr)</i>	<i>Succión (gr/min/área)</i>
P1	3571	24	11.6	277.92	3546	-25	-18.0
P2	3427	24.1	12.1	290.5978	3480	53	36.5
P3	3478	24.8	11.7	289.7632	3500	22	15.2
P4	3525	24.3	11.9	289.7289	3505	-20	-13.8
P5	3454	24.1	11.6	279.319	3424	-30	-21.5
P6	3504	24	12.1	289.992	3490	-14	-9.7
<i>Promedio</i>							-1.9

Fuente: Propia

Los resultados de la tabla 34 se observan los resultados de la muestra con 3% de fibra de cabuya la mayoría de las succiones sale con un error negativo lo cual indica que al mojarse la muestra en un minuto tiene un promedio de -1.9 esto se refiere a que va a perder el material mientras se moje.

Gráfico N°5. Resumen de los resultados del ensayo de succión



Fuente: Propia

En esta grafica podemos determinar la capacidad del material al estar en contacto con el agua en un tiempo determinado lo cual nos da como resultados que a partir que el adobe patrón pierde más material que los adobes con cabuya, sin embargo, el adobe del 3% es el que pierde menos material en comparación con los otros

Ensayo de resistencia del mortero a la tracción:

Tabla N° 35. Resultado del ensayo de mortero a tracción del adobe patrón.

Muestra	α	Ancho (a) (cm)	Largo (b) (cm)	Carga (P) (Kg)	$\delta = \alpha \frac{P}{ab}$ (Kg/cm²)
P1	0.5	2048.6	11.7	24.300	3.60
P2	0.5	1984.1	11.8	24.000	3.50
P3	0.5	1736.1	12	24.200	2.99
P4	0.5	1674.5	11.8	24.500	2.90
P5	0.5	2163.2	12.1	24.300	3.68
P6	0.5	1155.5	11.6	24.100	2.07
Promedio					3.25

Fuente: Propia

La tabla 35 se observan los resultados de las muestras patrón (adobe con adición con paja de cáscara de arroz) las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.12 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra tradicional supera a esta, obteniendo un valor de 3.25 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

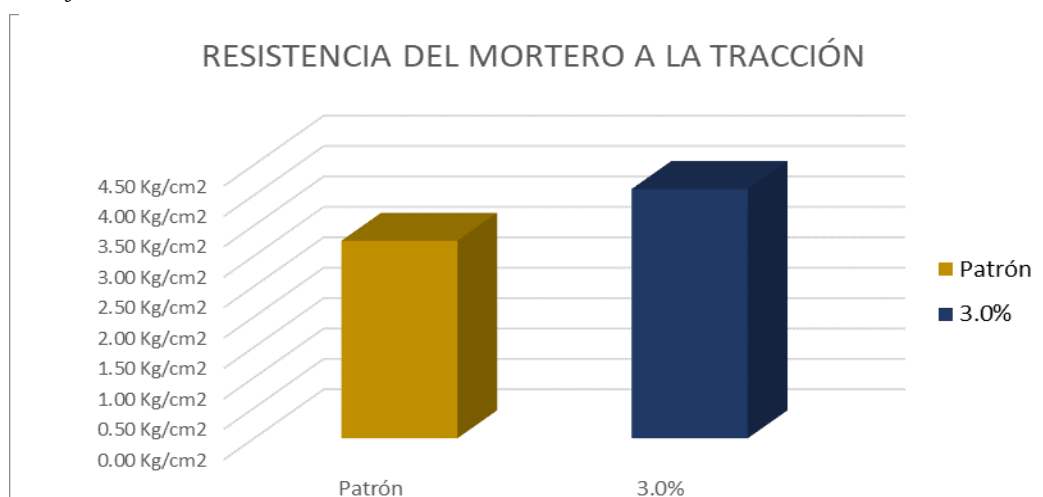
Tabla N° 36. Resultados del ensayo de succión con adobe + 3% de cabuya

Muestra	α	Ancho (a) (cm)	Largo (b) (cm)	Carga (P) (Kg)	$\delta = \alpha \frac{P}{ab}$ (Kg/cm ²)
P1	0.5	3306.7	12.1	24.200	5.65
P2	0.5	2419.8	12.3	24.100	4.08
P3	0.5	2750.6	12	24.600	4.66
P4	0.5	2209.9	12.1	24.000	3.80
P5	0.5	2190.5	11.8	24.100	3.85
P6	0.5	2238.9	12.5	24.300	3.69
Promedio					4.10

Fuente: Propia

La tabla 36 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición del 3% de fibra de cabuya) las cuales son sometidas al ensayo de tracción en unidades de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.12 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra tradicional supera a esta, obteniendo un valor de 4.10 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

Gráfico 6. Resumen de los resultados de la resistencia del mortero a la tracción



Fuente: Propia

La norma E080 nos da un valor estipulado permisible es de $0.012 \text{ MPa} = 0.12 \text{ kgf/cm}^2$, lo cual, al observar nuestros resultados según las gráficas, vemos una notable diferencia entre la muestra patrón y la muestra con un 3% de fibra de cabuya la cual es el resultado más óptimo, obteniendo así una resistencia última de 4.10 kg/cm^2 .

Ensayo de resistencia del murete a la compresión:

Para este ensayo se utiliza las muestras tradicionales y la muestra con 3% de fibra de cabuya ya que es mejor porcentaje de todos los estudiados en los ensayos anteriores.

Tabla N° 37. Resultados del ensayo de resistencia del murete a la compresión del adobe patrón.

<i>Muestra</i>	<i>Ancho (a) (cm)</i>	<i>Largo (b) (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>f_m</i>	<i>Resistencia última 0.4*f_m (Kg/cm²)</i>
P1	12.3	24.0	7981.9	22.0	8.80
P2	12.0	24.0	6727.2	20.5	8.22
P3	12.1	24.2	6731.4	21.8	8.73
P4	12.0	25.0	7155.8	19.8	7.93
P5	12.5	24.3	7040.0	22.0	8.79
P6	12.5	24.5	6799.0	21.6	8.66
Promedio					8.60

Fuente: Propia

La tabla 37 se observan los resultados de las muestras patrón (adobe con adición de paja de arroz) las cuales son sometidas al ensayo de compresión de pilas de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión de muretes es de 6.12 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra tradicional supera a esta, obteniendo un valor de 8.60 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

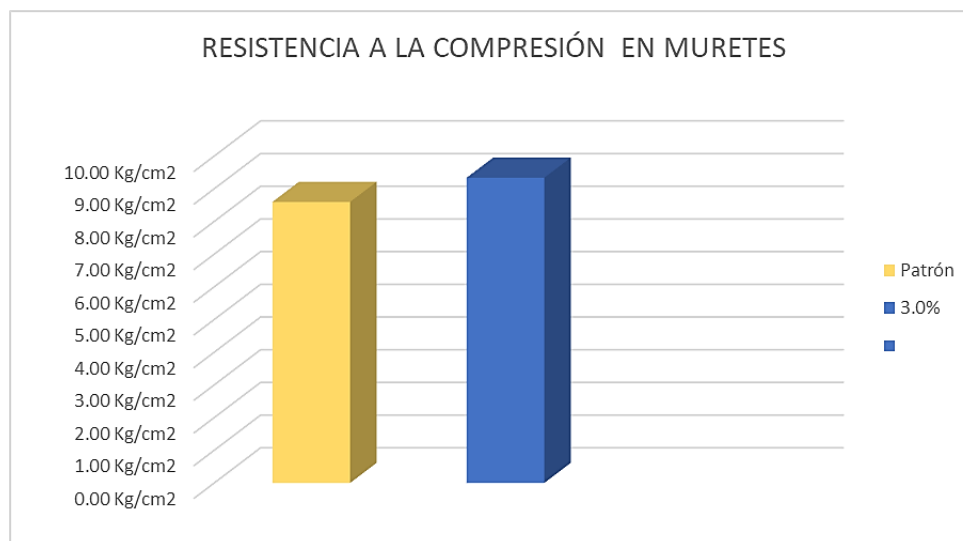
Tabla 38. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de muretes del adobe +3% de cabuya.

<i>Muestra</i>	<i>Ancho (a) (cm)</i>	<i>Largo (b) (cm)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>f_m</i>	<i>Resistencia última 0.4*f_m (Kg/cm²)</i>
P1	12.3	24.0	7981.9	27.0	10.82
P2	12.0	24.0	6727.2	23.4	9.34
P3	12.1	24.2	6731.4	23.0	9.20
P4	12.0	25.0	7155.8	23.9	9.54
P5	12.5	24.3	7040.0	23.2	9.27
P6	12.5	24.5	6799.0	22.2	8.88
Promedio					9.34

Fuente: Propia

La tabla 38 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición del 3% de fibra de cabuya) las cuales son sometidas al ensayo de compresión de pilas de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la compresión de muretes es de 6.12 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra de 3% supera a esta y a la tradicional, obteniendo un valor de 9.34 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe

Gráfico 7. Resumen de los resultados de la resistencia a la compresión en muretes



Fuente: Propia

La norma E080 nos da un valor estipulado permisible es de $0.6 \text{ MPa} = 6.12 \text{ kgf/cm}^2$, lo cual, al observar nuestros resultados según las gráficas, vemos una diferencia pequeña entre la muestra patrón y la muestra optima la cual, pero el mejor resultado es la del 3% de fibra de cabuya teniendo un resultado de 9.34 kg/cm^2 .

Ensayo de resistencia del murete a la tracción:

Para este ensayo se utiliza las muestras tradicionales y la muestra con 3% de fibra de cabuya ya que es mejor porcentaje de todos los estudiados en los ensayos anteriores.

Tabla N°39. Resultados del ensayo de resistencia del murete a la tracción del adobe patrón.

<i>Muestra</i>	<i>Largo (a) (cm)</i>	<i>Espesor (em) (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>Carga (P) (Kg)</i>	<i>Resistencia última f't (Kg/cm²)</i>
P1	65.0	12	780	637	0.41
P2	65.0	12	780	450	0.29
P3	65.0	12	780	474	0.30
P4	64.0	12	768	525	0.34
P5	65.0	12	780	450	0.29
P6	64.0	12	768	423	0.28
<i>Promedio</i>					0.34

Fuente: Propia

La tabla 39 se observan los resultados de las muestras patrón (adobe con adición de paja de arroz) las cuales son sometidas al ensayo de tracción diagonal de muretes de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.25 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra tradicional supera a esta, obteniendo un valor de 0.34 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe.

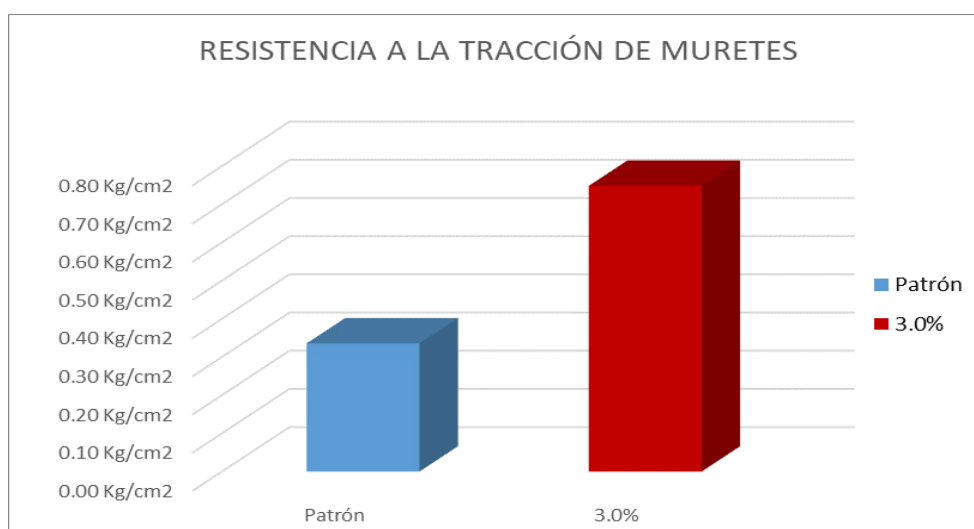
Tabla N° 40. Resultado de la Resistencia a la tracción del murete con adobe +3% de cabuya

Muestra	Largo (a) (cm)	Espesor (em) (cm)	Área (cm ²)	Carga (P) (Kg)	Resistencia última f't (Kg/cm ²)
P1	65.0	12	780	744	0.48
P2	62.0	12	744	867	0.58
P3	64.0	12	768	1094	0.71
P4	65.0	12	780	1304	0.84
P5	64.0	12	768	1325	0.86
P6	65.0	12	780	880	0.56
Promedio					0.75

Fuente: Propia

La tabla 40 se observan los resultados de las muestras experimentales (adobe con adición del 3% de fibra de cabuya) las cuales son sometidas al ensayo de compresión de pilas de tierra reforzada. De acuerdo con la Norma E.080. el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.25 kg/cm^2 por lo que, en la presente investigación se observa que la muestra de 3% supera a esta y a la tradicional, obteniendo un valor de 0.75 kg/cm^2 , del promedio de las fuerzas obtenidas de las 4 mejores muestras de adobe

Gráfico N° 8. Resumen de los resultados de la resistencia a la tracción de muretes



La norma E080 nos da un valor estipulado permisible es de $0.025 \text{ MPa} = 0.25 \text{ kgf/cm}^2$, lo cual, al observar nuestros resultados según las gráficas, vemos una notable diferencia entre la muestra patrón y la muestra optima la cual es la de 3% de fibra de cabuya.

Ensayo de Inundación simulada:

Tabla N° 41. Ensayo de Inundación Simulada en Muretes

%	Fecha	Hora Inicio	Hora de Derrumbe	Duración	capilaridad (cm)
0.5	12/05/2024	11:00	11:15	15 minutos	12
1	12/05/2024	11:00	11:15	15 minutos	10
1.5	12/05/2024	11:00	11:15	15 minutos	8
2	12/05/2024	11:00	11:15	15 minutos	8
3	12/05/2024	11:00	13:00	60 minutos	4.1
Patrón	12/05/2024	11:00	11:20	20 minutos	5

Fuente: Propia

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la inundación simulada de la muestra patrón y la muestra experimental, en la cual se puede observar que las muestras experimentales del 0.5% al 2% duraron el mismo tiempo, quedando la de 3% y el patrón, en la cual nos da un resultado óptimo y máximo el murete de 3% teniendo una capilaridad de 4.1 cm hasta el tiempo de derrumbe que fueron una hora

Análisis de los costos:

Tabla N° 42. Análisis de costo de la fibra de Cabuya

PARTIDA:		Penca de Cabuya				
RENDIMIENTO:	100	und/día				
				Costo directo unitario por:	und	0.8444
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario s/.	Precio Parcial s/.	Total, s/.
Mano de Obra						0.78
Peón	hh	0.50	0.080	19.62	0.7848	
Materiales						0.05
Penca de cabuya	kg		0.126	0.252	0.03175	
Transporte	GLB		0.010	2.000	0.02000	
Equipo y Herramienta						0.01
Herramienta Manual	%MO		0.01	0.785	0.00785	

Fuente: Propia

Antes de realizar los análisis de costos unitarios de las unidades de tierra reforzada, se llevó a cabo un análisis preliminar para estimar el costo aproximado que tendría la fibra de cabuya. Cabe señalar que este material será recolectado de zonas rurales, por lo cual se considera un gasto asociado a la mano de obra para su recolección, el transporte, así como el proceso de obtención de la fibra. Con base en estos factores, se obtuvo un valor aproximado a s/. 0.84 como e muestra en la Tabla 42.

Tabla 43. Análisis de costo del Adobe de tierra convencional

PARTIDA:		Unidad de tierra convencional				
RENDIMIENTO:	500	und/día	HORAS:	8		
Costo directo unitario por:					und	0.44
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario s/.	Precio Parcial s/.	Total s/.
Mano de Obra						0.35
Oficial	hh	1.00	0.016	21.68	0.35	
Materiales						0.0783
tierra	kg		0.002304	0.015	0.00003	
Agua	lt		0.718556	0.0000418	0.00003	
Pajilla de Arroz	kg		0.1117222	0.7	0.0782	
Equipo y Herramienta						0.02
Herramienta Manual	%MO		5.00	0.35	0.02	

Fuente: Propia

En la tabla 43 se muestra el análisis de costo del adobe tradicional el cual tiene paja de arroz en su interior, teniendo un costo unitario de s/. 0.44.

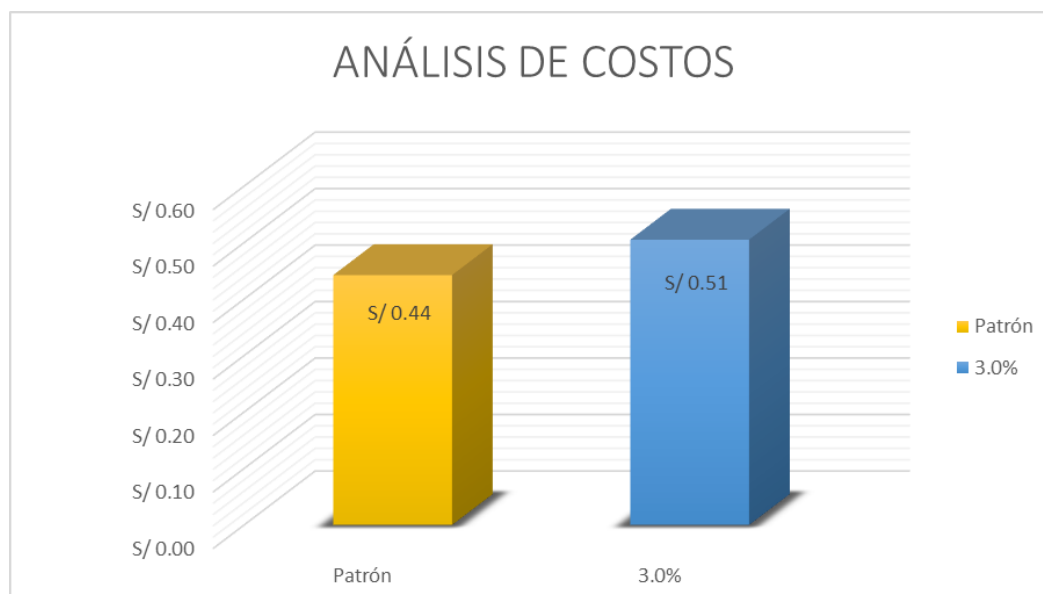
Tabla 44. Análisis de costo del Adobe con fibra de cabuya.

PARTIDA:		Unidad de tierra con fibra de Cabuya				
RENDIMIENTO:	500	und/día	HORAS:	8		
Costo directo unitario por:					und	0.51
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario s/.	Precio Parcial s/.	Total s/.
Mano de Obra						0.35
Oficial	hh	1.00	0.016	21.68	0.35	
Materiales						0.1410
tierra	kg		2.304000	0.015	0.0346	
Agua	lt		0.700702	0.0000418	0.00003	
fibra de cabuya	kg		0.1260000	0.8444	0.1064	
Equipo y Herramienta						0.02
Herramienta Manual	%MO		5.00	0.35	0.0173	

Fuente: Propia

En la tabla 44 se muestra el análisis de costo del adobe con fibra de cabuya en su composición, teniendo un costo unitario de s/. 0.51.

Gráfico 9. Resumen de los resultados de los análisis de costos.



Fuente: Propia

En la figura 9 se exhibe la variación de los resultados del análisis del costo unitario por adobe, comparando dos tipos de materiales de construcción: el adobe tradicional con paja de arroz a S/ 0.44 por unidad y el adobe con fibra de cabuya a S/ 0.51 por unidad, evidenciando una diferencia económica de S/ 0.07 por adobe. La discrepancia en costos se atribuye principalmente al uso de la fibra de cabuya, que demanda una cantidad ligeramente mayor por unidad de adobe. A pesar de esto, al considerar las ventajas potenciales a largo plazo, como la mejora en la resistencia estructural y los beneficios, la inversión inicial adicional en adobes con fibra de cabuya puede justificarse desde una perspectiva económica y sostenible.

Discusiones

La clasificación del tipo de suelo es un paso esencial para asegurar la calidad y viabilidad de las unidades de tierra reforzada. Por ello, de acuerdo a lo establecido en el manual de construcción de viviendas de adobe [19] y en Apuntes para el diseño de construcción con adobe [18], se llevaron a cabo pruebas in situ para evaluar la calidad de la muestra obtenida. Estas pruebas incluyeron ensayos de olor, color, sedimentación, prueba de rollo y detección de arcilla. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 06, 07 y 08, donde se observa un suelo orgánico con buena presencia de arcillas y limos, así como un resultado satisfactorio en la prueba de cinta de barro. Además, la prueba de las 4 bolitas, detallada en la tabla 09, indica un contenido de arcilla adecuado. Sin embargo, es importante destacar que estos resultados no son concluyentes por sí solos, por lo que se requieren ensayos adicionales en laboratorio.

Los ensayos de laboratorio, como se muestra en las tablas 10 a 14, incluyen el análisis granulométrico, el contenido de humedad y los límites de Atterberg, estos datos al ser comparados con los resultados de la tesis de Illanes y Santa María [11], se observa una mínima diferencia de resultados en los porcentajes de arenas, gravas, arcillas y limos es mínima, esta leve variación de resultados se relaciona con el lugar de extracción de la muestra suelo. Fuera de eso, se puede concluir que la caracterización del suelo es satisfactoria.

Conforme al objetivo secundario planteado para determinar las características fisicoquímicas de la fibra de cabuya, se llevaron a cabo diversos ensayos. Físicamente, la fibra de cabuya mostró una alta resistencia a la tracción y una moderada elasticidad, lo que permite una buena integración en la unidad de tierra reforzada y mejora la flexibilidad del material compuesto, al ser comparados con otras fibras como la de yute, bagazo de caña o coco se muestra en la Figura 03 [14]. Químicamente, se evaluaron parámetros como pH, humedad, y contenidos de cromo, cobre, cenizas, cadmio, bario, hierro, níquel y plomo. Los resultados obtenidos como se muestra en la tabla 9 revelaron un pH neutro de 6.83, una humedad controlada de 1.97 %, y niveles de elementos químicos dentro de límites seguros: cromo 0.61 ppm, cobre 0.43 ppm, cenizas 1.58%, lignina 11.09%, cadmio 1.22 ppm, bario 0.97 ppm, hierro 0.086 ppm, níquel 0.01 ppm, y plomo 0.002 ppm, los cuales confirman propiedades físicas favorables y una seguridad química, la cual nos permite utilizar este material como adición a nuestro grupo experimental y en futuras construcciones.

Mediante una serie de pruebas mecánicas y físicas, de todos los ensayos realizados se determinó que la incorporación del 3% de fibra de cabuya en la mezcla de tierra reforzada proporciona los mejores resultados en términos de resistencia y durabilidad. Este porcentaje optimiza la distribución de las fibras dentro de la unidad de tierra reforzada, mejorando significativamente la resistencia a la compresión y tracción sin comprometer la manejabilidad del material. Haciendo un análisis comparativo entre los antecedentes evaluados como el de T. Alene, T. Mohammed y A. Gualu, en su artículo de investigación “Use of sisal fiber and cement to improve load bearing capacity of mud blocks” muestra que el porcentaje óptimo que encontraron es del 1% de fibra de sisal, también conocida como cabuya [8]. Asimismo, el estudio realizado por Illanes Coche y Santa María [11] concluye que el porcentaje óptimo de fibra es del 2%. Sin embargo, esta investigación realizada indica que el 3% de fibra de cabuya ofrece ventajas superiores en términos de resistencia y durabilidad. En contraste con cantidades menores utilizadas en otras investigaciones no proporcionan suficientes beneficios estructurales.

En los objetivos específicos para determinar la resistencia a la compresión se realizó el ensayo Según la Norma E.080 [12], en la cual se usaron muestras con un tamaño de 10 cm de arista, las muestras de tierra reforzada deben alcanzar un valor mínimo de 10.2 kg/cm² en el ensayo de resistencia a la compresión después de 28 días de secado, tomando el promedio de los cuatro mejores resultados de las muestras ensayadas como el valor de resistencia a la compresión. Las pruebas de resistencia a la compresión en unidades de tierra reforzada se hicieron con diferentes dosificaciones de 0.5%,1%,1.5%,2% y 3% de fibra de cabuya demostraron que la mezcla con un 3% de fibra presentó la mayor resistencia, alcanzando valores de 22.29 kg/cm² como se muestra en la Tabla 20 pero comparando con la normativa, incluso hasta la muestra patrón supera el valor mínimo con un 12.68 kg/cm². Por otro lado, Comparando Investigaciones, como la de Illanes y Santa María nos damos cuenta de que a pesar de que su mayor porcentaje fue el 2% ella tuvo una resistencia casi similar a la de esta investigación con un 24.43 kg/cm² esto conlleva muchos factores del porque esa leve variación de diferencia. En un artículo de investigación [26] indica que, a mayor longitud de fibra de Agave, se incrementa la resistencia a la compresión. Por lo cual, si comparamos ambas investigaciones hay una mínima diferencia ya que en la presente investigación se utilizó una longitud de fibra de 3 cm y en la investigación [11] utilizaron fibra de 15 cm.

Las pruebas de resistencia a la tracción realizadas en unidades de tierra reforzada con dimensiones de 6"×12", en las que se añadieron dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 3% de fibra de cabuya, indicaron que la proporción del 3% de fibra ofrece la mejor resistencia a la tracción, con un valor de 9.43 kg/cm². Este resultado supera significativamente lo establecido en la norma E0.80 [12] que indica una resistencia última de 0.8 kg/cm².

No obstante, al comparar con la muestra patrón que contiene paja de arroz, observamos que esta tiene una resistencia última de 2.37 kg/cm², la cual también excede lo indicado por la normativa. Esto demuestra que la fibra de cabuya contribuye considerablemente a mejorar la cohesión interna y la distribución de cargas dentro de las unidades de tierra reforzada. Las dosificaciones inferiores mostraron mejoras graduales, aunque no tan notables como la del 3%.

El mortero de adobe reforzado con fibra de cabuya y el reforzado con paja de arroz presentan diferencias significativas en sus propiedades mecánicas. En ensayos de tracción, el mortero con paja de arroz mostró una resistencia última de 2.37 kg/cm², superior a la mínima establecida por la normativa E0.80 (0.12 kg/cm²)[12]. Por otro lado, el mortero de adobe con fibra de cabuya, al ser sometido a ensayos similares con una dosificación del 3%, reveló una resistencia a la tracción de 4.10 kg/cm², destacando significativamente en la mejora de la cohesión y durabilidad del material. Comparando ambos, la fibra de cabuya no solo mejora las propiedades mecánicas del mortero de manera más efectiva que la paja de arroz, sino que también distribuye mejor las cargas aplicadas.

Los ensayos de resistencia a la compresión realizados en pilas de tierra reforzada con fibra de cabuya y paja de arroz revelan diferencias notables en sus propiedades mecánicas. Las pilas con un 3% de fibra de cabuya presentan una resistencia significativamente mayor, alcanzando valores de 9.34 kg/cm², en comparación con un valor de 8.60 kg/cm² para el patrón, lo que representa una mejora del 60% respecto a la norma E0.80 [12]. Por otro lado, al comparar estos resultados con los de la investigación [11], que mostró una mejora del 17.8% con una resistencia de 6.34 kg/cm² para tierra sin cernir, se evidencia una clara superioridad de la fibra de cabuya. Esto indica que la adición de fibra de cabuya no solo mejora las propiedades individuales de las unidades de tierra, sino que también contribuye significativamente a la integridad estructural de construcciones más grandes, como los muretes, destacando en comparación con otras fibras como la paja de arroz.

Los ensayos específicos de resistencia a la tracción indirecta en muretes de tierra reforzada mostraron resultados los cuales indican que las muestras con un 3% de fibra de cabuya exhiben una capacidad superior para soportar tensiones, con valores de 0.75 kg/cm^2 , en comparación con los muretes reforzados con paja de arroz, que alcanzaron 0.34 kg/cm^2 . Esta diferencia significativa en resistencia supera los estándares establecidos por la normativa E.080 el valor mínimo del material tierra a la tracción es de 0.25 kg/cm^2 . La capacidad mejorada de resistir tensiones laterales y cargas imprevistas es crucial para garantizar la integridad estructural de las construcciones, lo que conlleva a una mejora sustancial en la durabilidad y seguridad de estas.

El análisis de la absorción de agua y el tiempo de derrumbe de los muretes de tierra reforzada una pérdida de material en todos los casos sometidos al ensayo de succión. Se observó que, durante este proceso, el adobe mezclado con paja de arroz experimentó una mayor pérdida de material en comparación con aquellos reforzados con fibra de cabuya. Entre estos últimos, se evidenció una disminución gradual de la pérdida de material con el incremento del porcentaje de fibra, siendo el compuesto con un 3% de fibra el que mostró la menor pérdida, posiblemente debido a una distribución más homogénea de la fibra en su matriz.

Por otro lado, al someter los diferentes compuestos al ensayo de inundación simulada, se observó que, a los 15 minutos, los porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% se derrumbaron dejando inesperadamente al murete con 3% de fibra, así como a la muestra patrón. No obstante, después de transcurrir 5 minutos adicionales, el adobe patrón colapsó, dejando solo el muro con un 3% de fibra, el cual finalmente cedió tras 60 minutos de exposición al agua.

Al comparar estos resultados con investigaciones[11] que emplearon mucílago natural para estabilizar los muros, se observa una mayor durabilidad en presencia de agua. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que esta investigación se vio influenciada por el tipo de mortero utilizado para unir los adobes, el cual fue de naturaleza simple y carente de aditivos estabilizadores. Esta circunstancia también incidió en la resistencia ante la inundación, ya que los adobes con menor absorción de agua pueden asociarse a la ausencia de aditivos tanto en el mortero como en su composición interna.

Para el análisis de costo-beneficio de las unidades de tierra reforzada se realizó una comparación con la muestra patrón y la experimental con un 3% de fibra de cabuya. A pesar de que la inclusión de fibra implica una inversión mínima, los beneficios asociados, como la mejora en resistencia, durabilidad y la reducción de costos de mantenimiento, compensan esto. La unidad reforzada exhibe una vida útil extendida y una integridad estructural superior, lo que justifica el desembolso adicional y garantiza un rendimiento económico positivo a largo plazo. Además, cabe destacar que la fibra de cabuya presenta una ventaja económica adicional, dado que su disponibilidad en las comunidades locales facilita su acceso a un costo relativamente bajo. Esto contrasta con otros materiales, cuya adquisición puede implicar mayores gastos logísticos y económicos. Por lo tanto, la elección de la fibra de cabuya como refuerzo no solo se justifica por sus cualidades técnicas, sino también por su viabilidad económica, al ser un recurso abundante y de bajo costo en las regiones donde se implementan.

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten evidenciar importantes ventajas estructurales derivadas del uso de fibra de cabuya al 3% como refuerzo en unidades de adobe. Este refuerzo no solo cumple, sino que supera ampliamente los valores mínimos establecidos por la Norma E.080, en términos de resistencia a la compresión (22.29 kg/cm^2) y a la tracción (9.43 kg/cm^2). Estas mejoras podrían atribuirse a la mayor cohesión interna y capacidad de distribución de cargas proporcionadas por la fibra dentro de la matriz de tierra.

En comparación con unidades reforzadas con paja de arroz, la fibra de cabuya mostró un desempeño superior tanto en unidades individuales como en elementos estructurales mayores (morteros, pilas y muretes). Estas ventajas técnicas no solo mejoran el rendimiento mecánico del adobe, sino que también amplían su viabilidad constructiva, especialmente en contextos donde se prioriza el uso de materiales naturales y sostenibles.

Al contrastar con investigaciones previas, como aquellas que utilizaron fibras más largas, las pequeñas variaciones encontradas sugieren que la longitud de la fibra y el tipo de suelo utilizado podrían influir en los resultados, lo que abre la posibilidad de futuras investigaciones sobre la optimización de estos parámetros.

Conclusiones

Mediante ensayos de granulometría, contenido de humedad y límites de Atterberg, se determinó que nuestro suelo tiene una proporción de 0.5% de gravas, un 68.7% de arenas y un 30.8% de arcillas y limos la cual se obtiene un suelo SC con clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO un suelo A-2-6(2). Por otro lado, según los límites de consistencia tenemos un límite líquido de 34.47%, un límite plástico de 14.96% y un índice de plasticidad un 19.51%, con un contenido de humedad de 12.39 %, dando de esta manera un suelo areno arcilloso.

La evaluación de las características fisicoquímicas de la fibra de cabuya reveló su idoneidad para aplicaciones constructivas. Los ensayos demostraron que la fibra posee propiedades mecánicas favorables, como alta resistencia a la tracción y moderada elasticidad, lo que la hace adecuada como refuerzo para la tierra. Además, los análisis químicos mostraron que la fibra de cabuya presenta un pH neutro, una humedad controlada y niveles seguros de elementos como cromo, cobre, cadmio, bario, hierro, níquel y plomo.

La determinación del porcentaje óptimo de fibra de cabuya en la mezcla de tierra se determinó mediante los ensayos físicos y mecánicos realizados, como la resistencia a la compresión, tracción y otros. Estos mostraron que un porcentaje del 3% de fibra proporciona las mejores mejoras en resistencia y durabilidad, mientras que porcentajes menores ofrecen beneficios proporcionales, pero no tan significativos.

Las pruebas de resistencia a la compresión en unidades de albañilería de tierra reforzada demostraron que el porcentaje patrón tuvo una resistencia de 12.68 kg/cm^2 , seguido de ello el adobe con 0.5% de fibra de cabuya tuvo un resultado de 18.08 kg/cm^2 , el de 1% de fibra dio 20.11 kg/cm^2 , el de 2% de fibra un valor de 21.38 kg/cm^2 y por último el de 3% de fibra de cabuya 22.29 kg/cm^2 . De esta manera se determinó que el porcentaje del 3% proporcionó la mayor resistencia a la compresión en comparación con los demás porcentajes.

Las pruebas de resistencia a la tracción en unidades de albañilería de tierra reforzada demostraron que el porcentaje patrón tuvo una resistencia de $2.37 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, seguido de ello el adobe con 0.5% de fibra de cabuya tuvo un resultado de 3.78 kg/cm^2 , el de 1% de fibra dio 4.99 kg/cm^2 , el de 2% de fibra un valor de 8.76 kg/cm^2 y por último el de 3% de fibra de cabuya 9.43 kg/cm^2 . De esta manera se determinó que el porcentaje del 3% proporcionó la mayor resistencia a la tracción en comparación con los demás porcentajes.

La resistencia a la tracción del mortero reforzado con fibra de cabuya se determinó mediante los ensayos de la muestra patrón dando un resultado de 3.25kg/cm^2 y la muestra optima de los ensayos anteriores que es el 3% de fibra de cabuya dio un resultado de 4.10kg/cm^2 . Demostrando de esta manera que el resultado del 3% resalta como refuerzo estructural, aumentando la cohesión y la capacidad de carga del mortero.

Los ensayos de resistencia a la compresión en pilas de tierra reforzada de la muestra patrón demostró una resistencia de 8.58kg/cm^2 y la experimental de 9.34kg/cm^2 que el porcentaje del 3% de fibra de cabuya resultó en la mayor resistencia estructural. De esta manera se determinó que el porcentaje del 3% proporcionó la mayor resistencia a la compresión en pilas en comparación con el adobe patrón.

Los ensayos de resistencia a la tracción en muretes de tierra reforzada de la muestra patrón demostró una resistencia de 0.34kg/cm^2 y la experimental del 3% de fibra un resultado de de 0.75kg/cm^2 al. De esta manera se determinó que el porcentaje del 3% demostró una mayor capacidad para soportar tensiones, lo que sugiere una mejor distribución de cargas y una mayor integridad estructural en comparación con porcentajes menores.

Para determinar el porcentaje de absorción de agua y el tiempo de derrumbe de los muretes de tierra reforzada se realizaron las muestras al mismo tamaño que las que se usó para determinar la tracción del murete, esto nos va a permitir evaluar el tiempo de volteo del muro. Los resultados fueron que la muestras del 0.5%,1%,1.5%,2% se derrumbaron a los 15 minutos, la muestra patrón duró 5 minutos más que estos y por último el porcentaje del 3% de fibra de colapso a los 60 minutos con una capilaridad de 4.1 cm. Estos resultados indican que la fibra de cabuya al 3% mejora la durabilidad de los muretes al reducir la penetración de agua

Al comparar el costo y los beneficios entre una unidad de tierra reforzada de la muestra patrón y la experimental, se destaca que, aunque la implementación de la fibra de cabuya implica un costo adicional de S/ 0.07 en comparación con el tradicional, estos recursos son fácilmente accesibles desde la flora local. Los beneficios a largo plazo de la unidad reforzada con fibra de cabuya, incluyendo una mayor resistencia, durabilidad y seguridad estructural, sobrepasan considerablemente los costos asociados. Este análisis subraya la viabilidad económica y técnica de emplear recursos naturales disponibles en la región para mejorar las propiedades de las estructuras de tierra reforzada, ofreciendo un retorno de inversión favorable y fomentando la sostenibilidad en la construcción.

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que la incorporación de fibra de cabuya al 3% en las unidades de adobe mejora significativamente su comportamiento estructural. Este refuerzo contribuye al aumento de la resistencia a la compresión y a la tracción, superando los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica Peruana E.080, y presenta un rendimiento superior frente al refuerzo con paja de arroz. Asimismo, se evidencian ventajas importantes en elementos estructurales como morteros, pilas y muretes, ya que el uso de fibra de cabuya mejora la cohesión interna, la distribución de cargas y la estabilidad de las estructuras. Estos hallazgos posicionan a la fibra de cabuya como una alternativa técnica, eficiente y sostenible, especialmente adecuada para construcciones en zonas rurales, donde se prioriza el uso de materiales accesibles y de bajo impacto ambiental.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio in situ del suelo para determinar de manera más eficiente su calidad, lo que permitirá ahorrar tiempo y potencialmente identificar un suelo de mejor calidad.

Se recomienda tener cuidado al momento de extraer la penca de la cabuya, esto se debe utilizar una protección adecuada ya que para que quede como producto final de fibra pasa por una serie de procesos, en el cual se tiene que quitar todo el líquido y este puede irritar la piel hasta por más de dos días.

Se debe tener en cuenta el lugar de extracción de la penca de cabuya en futuras investigaciones, ya que para esta investigación no afectó las actividades ni el entorno ambiental de la zona de estudio, dado que los habitantes locales no emplean estas plantas para ningún propósito específico.

Se recomienda adicionar algún aditivo natural a la mezcla de fibra de cabuya para mejorar la resistencia de las unidades de tierra reforzada frente a inundaciones o lluvias. Ya que estos aditivos tienen propiedades hidrofóbicas, la absorción de agua y mejora la impermeabilidad del material.

Se recomienda considerar el uso de fibra de cabuya dispuesta en forma de geomallas como técnica de refuerzo estructural para muros de adobe. Este sistema consiste en la colocación de una malla entramada, elaborada con drizas de cabuya y fijada sobre la superficie del muro. Al tratarse de un material natural, económico y compatible con técnicas constructivas tradicionales, constituye una solución accesible y sostenible. Se sugiere utilizar geomallas de drizas de cabuya en futuras investigaciones, a fin de evaluar su comportamiento estructural en campo, su durabilidad a largo plazo y su desempeño frente a distintas condiciones ambientales.

Referencias

- [1] ONU, «2020 GLOBAL STATUS REPORT FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION,» Global Alliance for buildings and construction, 2020.
- [2] M. G. Cuitiño-Rosales, R. Rotondaro y A. Esteves, «Comparative analysis of thermal aspects and mechanical resistance of building materials and elements with earth,» *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, Bogotá, 2020.
- [3] F. Greco y P. B. Lourenço, «Evaluación sísmica de grandes construcciones históricas de adobe vernáculo en la Región Andina del Perú. Aprendiendo de Casa Arones en Cusco,» *Revista de Ingeniería de la Construcción*, vol. 40, n° 102341, 2021.
- [4] «Informe de Emergencia Archives - INDECI Tarea de Todos», INDECI Tarea de Todos. Accedido: 10 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://portal.indeci.gob.pe/informe/informe-de-emergencia/>
- [5] H. N. C. Betancur, E. H. Ramos, G. B. Quispe, Á. C. Gutiérrez, y A. P. C. Mendoza, «Características de la arquitectura vernácula en zonas altoandinas de Perú. Una contribución al estudio del mundo rural*,» *Cuad. Vivienda Urban.*, vol. 15, pp. 1-15, 2022.
- [6] A. Latha y B. Murugesan, «Compressed earth block reinforced with sisal fiber and stabilized with cement: Manual compaction procedure and influence of addition on mechanical properties», *Mater. Today Proc.*, abr. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.373.
- [7] I. Kafodya, F. Okonta, y P. Kloukinas, «Role of fiber inclusion in adobe masonry construction», *J. Build. Eng.*, vol. 26, p. 100904, nov. 2019, doi: 10.1016/j.job.2019.100904.
- [8] T. E. Alene, T. A. Mohammed, y A. G. Gualu, «Use of sisal fiber and cement to improve load bearing capacity of mud blocks», *Mater. Today Commun.*, vol. 33, p. 104557, dic. 2022, doi: 10.1016/j.mtcomm.2022.104557.
- [9] O. O. Tisnado Godoy, «Evaluación de las propiedades físico mecánicas en muros de albañilería de adobe con adición de fibra de cabuya, Puno - 2022,» Universidad César Vallejo, Lima, 2022.
- [10] C. P. Gomez Delgado, «Incorporación de la Paja de Trigo y Fibra de Cabuya, para Mejorar Propiedades Mecánicas del Adobe, Chachapoyas – 2022.,» Universidad César Vallejo, Lima, 2022
- [11] C. Illanes Chocce, «Diseño y evaluación de unidades de adobe estabilizado con mucílago de cactus y fibra de cabuya para mejorar la resistencia a compresión, flexión y

reducir la absorción del agua en el distrito de Tapo, provincia Tarma, departamento de Junín,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2022.

- [12] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma E.080,» Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima, 2017.
- [13] L. Pruna, F. Velasco, F. Chachapoya, y C. Paredes, «Elaboración de la fibra de cabuya en tejido plano como matriz de refuerzo para la construcción de un retrovisor», *Ingenius Rev. Cienc. Technol.*, n.º 24, pp. 81-86, 2020.
- [14] «Materials | An Open Access Journal from MDPI». Accedido: 10 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/journal/materials>
- [15] J. A. Quispe Acosta y S. M. Rondón Durand, «Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe. Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos», ago. 2012, Accedido: 10 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/1492>
- [16] contruccionesuce, «Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo, saludables y seguras», CONSTRUCCIONES UCE. Accedido: 25 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://construccionesuce.wordpress.com/2021/09/14/manual-de-construccion-con-adobe-reforzado-con-geomallas-de-viviendas-de-bajo-costo-saludables-y-seguras/>
- [17] Norma Técnica Peruana, «Ntp 399.613 Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 2017.
- [18] «63690383 Buena Tierra Apuntes para el Diseno Contruccion con Adobe 1 - 2. MATERIALES PARA - Studocu». Accedido: 20 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/obras-preliminares/63690383-buena-tierra-apuntes-para-el-diseno-contruccion-con-adobe-1/56414555>
- [19] Morales, R., Rengifo, L., Irala, C., & Torres, R.. «Manual para la construcción de viviendas de adobe». Accedido: 08 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/36315341/Manual_para_la_Construccion_de_Viviendas_Adobe
- [20] NTP 339.128 1999 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico, INDECOPI, 1999.
- [21] NTP 339.127 – MTC E108 -1999 Método de Ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, MTC E108-1999, 1999.

- [22] NTP 339.129 1999 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos, INDECOPI, 1999.
- [23] CA Daniel y HG Walter, “Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones”, 04 de noviembre de 2011. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/d0ffc387-e8ed-44f6-8107-41936c6c4415>
- [24] D. R. H. Sampieri, «Metodología de la Investigación,» Mc Graw Hill, México, 2014.
- [25] «ASTM D422-07 Análisis Granulométrico | PDF | Medición de flujo | Agua». Accedido: mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/326383267/ASTM-D422-07-Analisis-Granulometrico>
- [26] M. Caballero-Caballero, F. Chinas-Castillo, J. L. Montes Bernabé, R. Alavéz-Ramírez, y M. E. Silva Rivera, «Effect on compressive and flexural strength of agave fiber reinforced adobes», *J. Nat. Fibers*, vol. 15, n.º 4, pp. 575-585, jul. 2018, doi: 10.1080/15440478.2017.1349709.

Anexos

Anexo 01 – Validación de Ensayos



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



INFORME DE ENSAYO

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata - C-5

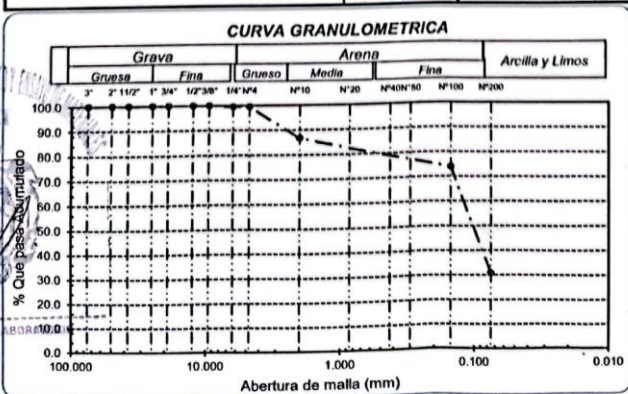
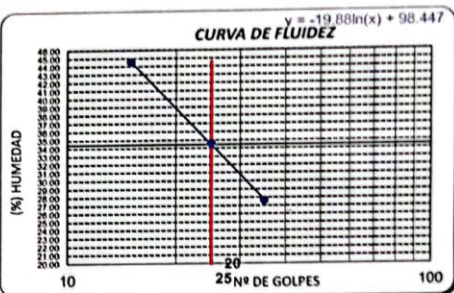
Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 3.10 m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.5	99.5
N° 4	4.750	0.5	99.5
N° 10	2.000	13.3	86.7
N° 20	0.850	15.9	84.1
N° 50	0.300	20.3	79.7
N° 100	0.150	26.2	73.8
N° 200	0.075	69.2	30.8

Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.0	0.5
	G. F %	0.5	
% Arena	A.G %	12.8	68.7
	A.M %	5.4	
	A.F %	50.5	
% Arcilla y Limo		30.8	30.8
Total		100.0	100.0
Contenido de Humedad			12.2

CURVA DE FLUIDEZ	
Límite líquido (LL)	34.47 (%)
Límite Plástico (LP)	14.96 (%)
Índice Plástico (IP)	19.51 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SC
Descripción del suelo	Arena arcillosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (2)
Descripción	REGULAR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
Escuela : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Tesis " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación :

Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

		C-01
1. N° de fiola		F-3
2. Peso de la fiola	g.	89.97
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiol	(2+3) g.	140.0
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	370.0
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	339.0
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	$(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$	2.624

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Henry Rivadeneyra Obltus
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Testista : Pita Farro, Andrea Celeste
Faculta : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Testis : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Lugar :

Fecha de emis : Chiclayo, Octubre
Ensayo : Contenido de humedad
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.127

I.- Datos	C-01
A.- Peso de muestra húme (gr)	1200.1
B.- Peso de muestra seca (gr)	1075.4
C.- Peso de recipiente (gr)	68.4
D.- Contenido de humedc (%)	12.39


 Rvadeni, gr
 Oblatas
 Tec. Laboratorio
 USAT



LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



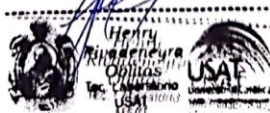
INFORME DE ANÁLISIS F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTES	: ANDREA CELESTE PITA FARRO
PROYECTO	: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada con fibras de cabuya
MUESTRA	: FIBRA DE CABUYA
PROCEDENCIA	: UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FECHA DE INGRESO	: 29 de Setiembre del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		M-001
DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	6.83
HUMEDAD	%	1.97
LIGNINA	%	11.09
CENIZAS	%	1.58
CROMO	ppm	0.61
COBRE	ppm	0.43
CADMIO	ppm	1.22
BARIO	ppm	0.97
HIERRO	ppm	0.086
NIQUEL	ppm	0.01
PLOMO	ppm	0.0012

*METODOS DE ENSAYO UTILIZADOS: Humedad: NTP 205 004/79, Cenizas NTP 205 004/79 Determinación de Metales por absorción atómica. Llama - EAA con Horno de Grafito ND: No detectable, fuera del rango
TRUJILLO, 09 DE SETIEMBRE DEL 2023



Carlos Alberto Valdivia
CARLOS ALBERTO VALDIVIA
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperúsac@gmail.com

INFORME DE ENSAYO N° 0729

EXPEDIENTE N° 645 - 2023 L.E.M. AMAZING S.A.C

DATOS DEL CLIENTE

SOLICITANTE : ANDREA CELESTE PITA FARRO
PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA"
UBICACIÓN : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Referencia:

NTP 399.152 :2002 - Ensayo normalizado para la determinación del contenido de sst de suelo y agua subterránea.
 NTP 339.177 :2002 - Ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
 NTP 339.178 :2003 - Ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea

Tipo de Análisis : Analisis Químico

		CALICATA	C-1		
		MUESTRA	M-1		
Cloruros Cl	ppm		560		
	%		0.06		
Sulfatos SO ²	ppm		228		
	%		0.02		

Observaciones:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Compresión

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (P) (Kg)	f ₀ (Kg/cm ²)
P1	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	9.7	9.986	1857.3	19.174
P2	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	9.5	10.032	1456.3	15.281
P3	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.024	1117.9	11.617
P4	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.008	1174.3	12.223
P5	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.186	1132.6	11.582
P6	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	9.8	10.068	874.8	8.865


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Tesis : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la compresión en cubos

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (P) (Kg)	f ₀ (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 1% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.5	10.032	2332.4	24.473
P2	Adobes con 1% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.7	9.986	1405.6	14.511
P3	Adobes con 1% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.024	1994.2	20.723
P4	Adobes con 1% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.008	1890.2	19.674
P5	Adobes con 1% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.186	2062.5	21.092
P6	Adobes con 1% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.8	10.068	1861.2	18.862


Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la compresión en cubos

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (P) (Kg)	f0 (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 1.5% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.5	10.032	1975	20.723
P2	Adobes con 1.5% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.7	9.986	1930.4	19.929
P3	Adobes con 1.5% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.008	1782.1	18.549
P4	Adobes con 1.5% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.186	2014.5	20.601
P5	Adobes con 1.5% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.068	2038.3	20.656
P6	Adobes con 1.5% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.8	10.024	1854.4	19.270


 Henry Ribadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C. P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la compresión en cubos

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (P) (Kg)	f ₀ (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.5	10.032	2507.1	26.306
P2	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.7	9.986	2045.6	21.118
P3	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.8	10.068	2116.1	21.445
P4	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.008	2091.4	21.768
P5	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.186	2070.8	21.177
P6	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.024	2026.8	21.062


 Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES


Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la compresión en cubos

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga (P) (Kg)	f ₀ (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.5	10.032	2403	25.214
P2	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.7	9.986	1726.4	17.823
P3	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.024	2290.3	23.800
P4	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.008	2113.9	22.002
P5	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.6	10.186	2125.2	21.733
P6	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	9.8	10.068	2135.7	21.643


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Fc (Kg/cm ²)
P1	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	29.7	14.26	2152.8	3.239
P2	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	27.9	14.26	2110.3	3.379
P3	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	28.4	14.58	1586.2	2.440
P4	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	28.7	14.34	1292.3	1.999
P5	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	29.1	14.32	1093.2	1.671
P6	Unidades de adobe tradicionales	15/10/2023	12/11/2023	28	28.8	14.53	669.1	1.017


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Tesisista : Pita Farro ,Andrea Celeste
Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Fc (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 0.5% de fibra	28/10/2023	25/11/2023	28	28.85	14.5	3127.2	4.756
P2	Adobes con 0.5% de fibra	28/10/2023	25/11/2023	28	30.2	14.5	2315.4	3.364
P3	Adobes con 0.5% de fibra	28/10/2023	25/11/2023	28	27.93	14.6	3012	4.706
P4	Adobes con 0.5% de fibra	28/10/2023	25/11/2023	28	28.93	14.6	2879.7	4.352
P5	Adobes con 0.5% de fibra	28/10/2023	25/11/2023	28	28	15.0	1780	2.700
P6	Adobes con 0.5% de fibra	28/10/2023	25/11/2023	28	28.45	14.7	1671.3	2.549


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Tesisista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f _c (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 1% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.3	14.3	3420.1	5.390
P2	Adobes con 1% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.2	14.18	3139.5	5.002
P3	Adobes con 1% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.1	14.35	3208.4	5.060
P4	Adobes con 1% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.1	14.41	3340.2	5.261
P5	Adobes con 1% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	29.3	14.35	3047.4	4.622
P6	Adobes con 1% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.2	14.42	2825.4	4.431


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA. "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Fc (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 1.5% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.7	14.59	3662.4	5.572
P2	Adobes con 1.5% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.7	14.51	3360.7	5.138
P3	Adobes con 1.5% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.2	14.61	3515.1	5.426
P4	Adobes con 1.5% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	29.6	14.29	3636.9	5.468
P5	Adobes con 1.5% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.7	14.56	4110.9	6.263
P6	Adobes con 1.5% de fibra	30/10/2023	27/11/2023	28	28.0	14.59	3097.8	4.822


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica del Ecuador



TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f _c (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.9	14.51	6072.6	9.235
P2	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.9	14.56	5456.6	8.247
P3	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.0	14.99	6383	9.682
P4	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	27.9	14.59	5045.8	7.883
P5	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	30.2	14.51	4991.4	7.252
P6	Adobes con 2% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.5	14.67	11959.1	18.242


 Henry Rivaadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 USAT
 Universidad Católica
 Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f_c (Kg/cm ²)
P1	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	27.6	14.31	6128.2	9.885
P2	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.6	14.1	5959.8	9.415
P3	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.2	14.3	6223.4	9.832
P4	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	30.1	14.19	5765.7	8.594
P5	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	28.4	14.31	5368.1	8.424
P6	Adobes con 3% de fibra	15/10/2023	12/11/2023	28	29.4	14.51	8417.4	12.570


 Henry Rivadencura Obltas
 Tec. Laboratorio USAT



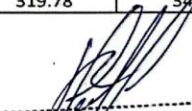

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo a la succión de Albañilería de adobe



Código	Identificación	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso con agua absorbida (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
P1	Unidades de adobe tradicionales	3650	24.1	11.5	7.6	277.15	3580	-70	-50.5
P2	Unidades de adobe tradicionales	3650	23.9	11.7	7.6	279.63	3540	-110	-78.7
P3	Unidades de adobe tradicionales	3560	23.9	11.8	7.5	282.02	3370	-190	-134.7
P4	Unidades de adobe tradicionales	3610	23.6	12.1	7.2	285.56	3410	-200	-140.1
P5	Unidades de adobe tradicionales	3560	23.7	12.1	7.0	286.77	3520	-40	-27.9
P6	Unidades de adobe tradicionales	3460	27.1	11.8	7.1	319.78	3490	30	18.8
								Promedio de Succión	-68.9

Henry Rivadeneiro Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad
 TESIS

INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE
 TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Código	Identificación	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso con agua absorbida (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
P1	Acabos con 0.5% de fibra	3489	23.8	12.0	7.7	286.0522	3445	-44	-30.8
P2	Acabos con 0.5% de fibra	3533	23.9	11.1	7.8	266.0787	3463	-70	-52.6
P3	Acabos con 0.5% de fibra	3438	23.9	12.0	7.2	286.8	3379	-59	-41.1
P4	Acabos con 0.5% de fibra	3552	24.2	12.1	7.1	292.82	3501	-51	-34.8
P5	Acabos con 0.5% de fibra	3643	24.4	11.7	7.5	285.48	3606	-37	-25.9
P6	Acabos con 0.5% de fibra	3489	24.2	11.9	7.0	287.98	3396	-93	-64.6
								Promedio de Succión	-41.6


 Hecho y
 Obtenido
 en el Laboratorio
 USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la succión de Albañilería de adobe

Código	Identificación	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso con agua absorbida (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
P1	Adobes con 1% de fibra	3212	24.2	11.7	7.6	282.172	3199	-13	-9.2
P2	Adobes con 1% de fibra	3370	24.2	12.2	7.6	295.119	3240	-130	-88.1
P3	Adobes con 1% de fibra	3484	24.2	12.0	7.5	289.8434	3540	56	38.6
P4	Adobes con 1% de fibra	3218	24.2	11.5	7.2	278.8566	3173	-45	-32.3
P5	Adobes con 1% de fibra	3438	24.2	12.1	7.0	293.304	3389	-49	-33.4
P6	Adobes con 1% de fibra	3208	24.2	11.8	7.1	285.681	3170	-38	-26.6
Promedio de Succión									-25.2


 Henry Ribadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la succión de Albañilería de adobe

Código	Identificación	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso con agua absorbida (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
P1	Adobes con 1.5% de fibra	3232	24.2	11.8	7.8	286.528	3199	-33	-23.0
P2	Adobes con 1.5% de fibra	3164	24.2	11.7	8	283.5514	3131	-33	-23.3
P3	Adobes con 1.5% de fibra	3282	24.1	12.1	8.5	290.5014	3244	-38	-26.2
P4	Adobes con 1.5% de fibra	3262	24.2	12.0	7.7	289.6014	3227	-35	-24.2
P5	Adobes con 1.5% de fibra	3534	24.2	12.1	7.6	293.6186	3498	-36	-24.5
P6	Adobes con 1.5% de fibra	3256	24.2	11.7	7.9	283.6966	3241	-15	-10.6
								Promedio de Succión	-22.0


 Henry
 Ruedenebra
 Obltus
 Tec. Laboratorio
 USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la succión de Albañilería de adobe

Código	Identificación	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso con agua absorbida (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
P1	Adobes con 2% de fibra	3411	24.5	12.1	7.5	296.45	3438	27	18.2
P2	Adobes con 2% de fibra	3319	24.4	11.8	7.6	287.92	3326	7	4.9
P3	Adobes con 2% de fibra	3154	24.3	12.3	7.7	298.89	3169	15	10.0
P4	Adobes con 2% de fibra	3568	24.0	11.8	7.4	283.2	3525	-43	-30.4
P5	Adobes con 2% de fibra	3497	24.2	12.5	7.6	302.5	3455	-42	-27.8
P6	Adobes con 2% de fibra	3491	24.1	12.0	7.1	289.2	3490	-1	-0.7
Promedio de Succión									-4.3


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste

TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "

Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo a la succión de Albañilería de adobe

Código	Identificación	Peso Seco (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso con agua absorbida (gr)	Agua Succión (gr)	Succión (gr/min/área)
P1	Adobes con 3% de fibra	3571	24.0	11.6	7.5	277.92	3546	-25	-18.0
P2	Adobes con 3% de fibra	3427	24.1	12.1	8	290.5978	3480	53	36.5
P3	Adobes con 3% de fibra	3478	24.8	11.7	7.5	289.7632	3500	22	15.2
P4	Adobes con 3% de fibra	3525	24.3	11.9	7.2	289.7289	3505	-20	-13.8
P5	Adobes con 3% de fibra	3454	24.1	11.6	7.3	279.319	3424	-30	-21.5
P6	Adobes con 3% de fibra	3504	24.0	12.1	7.7	289.992	3490	-14	-9.7
Promedio de Succión									-1.9


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA
 UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Compresión de Muretes

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	a	b	p	f'm	0.4*f'm
P1	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	12.3	24	7981.9	21.996	8.80
P2	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	12.0	24	6727.2	20.544	8.22
P3	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	12.1	24.2	6731.4	21.813	8.73
P4	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	12.0	25	7155.8	19.814	7.93
P5	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	12.5	24.3	7040	21.987	8.79
P6	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	12.5	24.5	6799	21.647	8.66


 Henry
 Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro, Andrea Celeste
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Compresión de Muretes

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	a	b	p	f'm	0.4*f'm
P1	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	12.3	24	7981.9	27.039	10.82
P2	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	12.0	24	6727.2	23.358	9.34
P3	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	12.1	24.2	6731.4	22.988	9.20
P4	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	12.0	25	7155.8	23.853	9.54
P5	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	12.5	24.3	7040	23.177	9.27
P6	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	12.5	24.5	6799	22.201	8.88

Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TECNICO DE LABORATORIO

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción del Mortero

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	α	P	a	b	$\delta = \alpha \frac{P}{ab}$
P1	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2048.6	11.7	24.300	3.60
P2	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	1984.1	11.8	24.000	3.50
P3	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	1736.1	12	24.200	2.99
P4	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	1674.5	11.8	24.500	2.90
P5	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2163.2	12.1	24.300	3.68
P6	Unidades de adobe tradicionales	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	1155.5	11.6	24.100	2.07

[Handwritten Signature]
 Eddy Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Tesisista : Pita Farro ,Andrea Celeste
Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción del Mortero

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	α	P	a	b	$\delta = \alpha \frac{P}{ab}$
P1	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	3306.7	12.1	24.2	5.65
P2	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2419.8	12.3	24.1	4.08
P3	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2750.6	12	24.6	4.66
P4	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2209.9	12.1	24	3.80
P5	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2190.5	11.8	24.1	3.85
P6	adobe+3%de fibra de cabuya	10/04/2024	8/05/2024	28	0.5	2238.9	12.5	24.3	3.69


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 Tesista : Pita Farro ,Andrea Celeste
 TESIS : " ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA "
 Ubicación : C.P Cuculí - Chongoyape
 ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción de Muretes

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	a	e	AREA	p	ft
P1	Unidades de adobe tradicionales	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	637.000	0.41
P2	Unidades de adobe tradicionales	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	450.000	0.29
P3	Unidades de adobe tradicionales	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	474.000	0.30
P4	Unidades de adobe tradicionales	16/04/2024	14/05/2024	28	64.0	12	768	525.000	0.34
P5	Unidades de adobe tradicionales	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	450.000	0.29
P6	Unidades de adobe tradicionales	16/04/2024	14/05/2024	28	64.0	12	768	423.000	0.28


 Henry Rivadeneira Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT



 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad : INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
Tesis : Pita Farro ,Andrea Celeste
Ubicación : C.P Cuculi - Chongoyape

ENSAYO : Ensayo de Resistencia a la Tracción de Muretes

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	a	e	AREA	p	f't
P1	adobe+3%de fibra de cabuya	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	744.000	0.48
P2	adobe+3%de fibra de cabuya	16/04/2024	14/05/2024	28	62.0	12	744	867.000	0.58
P3	adobe+3%de fibra de cabuya	16/04/2024	14/05/2024	28	64.0	12	768	1094.000	0.71
P4	adobe+3%de fibra de cabuya	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	1304.000	0.84
P5	adobe+3%de fibra de cabuya	16/04/2024	14/05/2024	28	64.0	12	768	1325.000	0.86
P6	adobe+3%de fibra de cabuya	16/04/2024	14/05/2024	28	65.0	12	780	880.000	0.56


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 20 de mayo del 2024



Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA”**.

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** a la estudiante Andrea Celeste Pita Farro identificado con DNI N° 72043666 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado **“Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de una unidad de tierra reforzada con fibras de cabuya”** para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta. NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada (12)

Atentamente.


LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL


Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



Solicitud de Ensayo : 1604A-24/ LEMS W&C
 Solicitante : ANDREA CELESTE PITA FARRO

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Martes, 16 de abril del 2024
 Inicio de ensayo : Martes, 14 de mayo del 2024
 Fin de ensayo : Martes, 14 de mayo del 2024

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm ²	Altura/ espesor	P kgf	Resistencia Compresión kgf/cm ²
01	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	65.0	60.0	780	5.0	744	0.48
02	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	62.0	60.0	744	5.0	867	0.58
03	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	64.0	64.0	768	5.3	1094	0.71
04	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	65.0	63.0	780	5.3	1304	0.84
05	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	64.0	60.0	768	5.0	1325	0.86
06	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	65.0	62.0	780	5.2	880	0.56
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.75	(Kg/Cm2)	

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 26614



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : **1604A-24/ LEMS W&C**
 Solicitante : **ANDREA CELESTE PITA FARRO**

Proyecto / Obra : **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS DE CABUYA**

Ubicación : **Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.**
 Fecha de Apertura : **Martes, 16 de abril del 2024**
 Inicio de ensayo : **Martes, 14 de mayo del 2024**
 Fin de ensayo : **Martes, 14 de mayo del 2024**

Ensayo : **ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.**

Referencia : **NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.**

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm ²	Altura/espesor	P kgf	Resistencia Compresión kgf/cm ²
01	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	65.0	60.0	780	5.0	744	0.48
02	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	62.0	60.0	744	5.0	867	0.58
03	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	64.0	64.0	768	5.3	1094	0.71
04	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	65.0	63.0	780	5.3	1304	0.84
05	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	64.0	60.0	768	5.0	1325	0.86
06	MURETE ADOBE PATRON + 3% FIBRA DE CABUYA	16/04/2024	14/05/2024	28	12.0	65.0	62.0	780	5.2	880	0.56
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.75	(Kg/Cm2)	

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 26614



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 02 - Ficha técnica del material

FICHA TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Denominación del Bien	: Adobe con fibra de Cabuya.		
Denominación técnica	: Bloque de Adobe con refuerzo natural de cabuya.		
Tipo de unidad	: Unidad de Albañilería no cocida.		
Dimensiones (mm)	: Largo	Ancho	Altura
	240	120	80
Peso	: 3,493 kg		



DESCRIPCIÓN GENERAL: Es un bloque de adobe natural reforzado con fibra vegetal de cabuya (Agave), sin cocción, con bajo impacto ambiental y elaborado de forma artesanal.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Según la NTP E.080, el adobe es una unidad de tierra cruda moldeada y secada al aire. La norma permite el uso de refuerzos como fibras vegetales para mejorar su resistencia, aunque no establece una clasificación específica para estos. Su uso debe cumplir con los criterios de resistencia y estabilidad definidos por la norma.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS:

	Según NTP	Según muestra
Variación dimensional (%)	± 8 ⁽¹⁾	± 14 ⁽²⁾
Resistencia a la compresión (unidad)	10.2 kg/cm ² ⁽³⁾	22.29 kg/cm ² ⁽²⁾
Resistencia a la tracción (unidad)	0.81 kg/cm ² ⁽⁴⁾	9.43 kg/cm ² ⁽²⁾
Succión inicial (al asentado)	10-20 g/200 cm ² ·min ^{(5)*}	1.9 g/200 cm ² ·min ^{(2)*}
Capilaridad (cm)	No especificado	4.1 cm ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Tolerancia dimensional para unidades de albañilería.

⁽²⁾ Resultados experimentales con 3 % de fibra de cabuya (tierra cruda).

⁽³⁾ Norma E.080 – Resistencia mínima a compresión para unidades de tierra cruda.

⁽⁴⁾ Norma E.080 – Resistencia mínima a tracción para unidades de tierra cruda.

⁽⁵⁾ Norma E.070 – Se tomó como referencia la succión de bloques de arcilla cocida; sin embargo, el adobe con fibra, al ser tierra sin cocer, pierde material y presenta un comportamiento capilar distinto.

⁽⁶⁾ Valor de capilaridad determinado en base al estudio del Ing. Ángel Bartolomé, como referencia orientativa para comportamiento higroscópico del adobe.

OTRAS ESPECIFICACIONES :

- El proceso de elaboración se realiza de manera manual .
- El secado debe efectuarse durante 28 días.
- Tener en cuenta las condiciones climáticas durante la elaboración y secado , ya que esta puede alterar el producto final de las unidades si no se tiene un buen cuidado.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 03- Panel Fotográfico
Ensayos In situ en la cantera



Cantera donde se realizaron las muestras de adobe



Elaboración de las muestras con cada porcentaje seleccionado



Ensayos del suelo en el laboratorio



Ensayo de las muestras a tracción



Ensayo de las muestras a compresión



Ensayo de las muestras a succión



Ensayo del mortero a tracción



Ensayo de las pilas a compresión



Elaboración de muestras y ensayo de los muretes.



.Inundación simulada de muretes.

