

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS

**INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS
PROPIEDADES DE COMPRESIÓN AXIAL Y DIAGONAL EN LA
MAMPOSTERIA DE ADOBE, CUSCO 2023**

PRESENTADO POR:

- **Bach:** FLOREZ HAQUEHUA, FERDINAND WILBERT
- **Bach:** MAMANI CHOQUENAIRA, PEDRO DENNIS

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

ASESOR:

PhD. AIDA ZAPATA MAR

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Influencia de la fibra de caña de azúcar en las propiedades de Compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe, Cusco 2023

presentado por: Pedro Dennis Namani Choguenairo con DNI Nro.: 71975569... presentado por: Ferdinand Wilbert Flores Haquehua con DNI Nro.: 45498339..... para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Civil.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|----------------|---|--------------------|
| Del 1 al 10% | No se considera plagio. | X |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las correcciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 06 de febrero de 2024.....

Aida Zapata de Coahuil

Firma

Post firma Ph.D. Ing. AIDA ZAPATA NAR

Nro. de DNI 46939604.....

ORCID del Asesor 0000 - 000 2 - 5500 - 0134

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:325341618

NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN AXIAL Y DIAGONAL EN LA MAM

AUTOR

PEDRO DENNIS; FERDINAND WILBER MANI CHOQUENAIRA; FLOREZ HAQUEH UA

RECUENTO DE PALABRAS

44340 Words

RECUENTO DE CARACTERES

221832 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

205 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.7MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 6, 2024 11:20 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 6, 2024 11:23 AM GMT-5

● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)

DEDICATORIA

Este trabajo dedicó principalmente a Dios, como una manifestación de agradecimiento por haberme otorgado la vida y la salud. En memoria de mi querida madre, Adelaida Jaquehua Huaman, que descansa en paz. Además, expreso mi eterno agradecimiento a mi amado padre, Teófilo Florez Tumpe, y a mi querido hermano y hermanas, quienes continúan siendo mi constante fuente de apoyo y motivación. Su presencia y aliento han sido esenciales en este recorrido académico, y este logro también es mérito de ellos.

Ferdinand Wilbert, Florez Haquehua.

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado salud y así poder cumplir todas mis metas propuestas. a mi querida madre Anastacia por su amor incondicional y devoción, a mi padre Rodolfo por el apoyo constante que me dio y a mis hermanos con quienes comparto experiencias día a día.

Pedro Dennis, Mamani Choquenaira

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis. En primer lugar, agradezco sinceramente a nuestra asesora, la PhD. AIDA ZAPATA MAR, por su invaluable orientación, apoyo constante y sabios consejos que fueron fundamentales para el éxito de este trabajo.

Agradecemos también a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por compartir sus conocimientos y brindarme las herramientas necesarias para abordar los desafíos presentes en este proyecto de investigación.

A nuestros amigos, quienes siempre estuvieron ahí, brindándonos su ánimo y motivación, les agradecemos de corazón. Sus palabras alentadoras y su compañía fueron un motor clave durante este proceso.

Finalmente, agradecemos a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por proporcionar un entorno académico propicio para el aprendizaje y la investigación.

Ferdinand Wilbert y Pedro Dennis

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación denominado: “Influencia de la fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe cusco 2023” cuyo objetivo general es determinar la influencia de la adición de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en la ciudad de Cusco.

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se pretende dar solución a un problema social con materiales propias de la zona. Cuyo diseño de estudio es netamente experimental, debido a la manipulación intencional de las variables independientes para lograr la medición y control de las variables dependientes. En efecto el presente trabajo de tesis también es cuantitativo, en atención a los porcentajes de adición de la fibra de caña de azúcar (0, 2 y 4%). Por lo tanto, se tuvo tres muestras de estudio.

Cada muestra de estudio estaba conformada por seis especímenes para cada ensayo, de los cuales se eligió los cuatro mejores resultados con los cuales se trabajó, tal como indica la norma peruana E.080 (diseño y construcción con tierra reforzada).

En la investigación realizada se llegó a la conclusión de que la adición de fibra de caña de azúcar tiene un efecto positivo significativo sobre las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe.

La resistencia a compresión axial (F_m) en las pilas de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar (solo 4% de fibra), incrementa en un 71.14% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional) y en cuanto a su módulo de elasticidad (E_m), en las pilas de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, incrementa en un 52.32% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional).

La resistencia a compresión diagonal (V_m) en los mueres de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, incrementa en un 105.38% con respecto a los mueres de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional)) y en cuanto a su módulo de corte (G_m), en los muretes de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, incrementa en un 102.44% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional).

Palabras claves: adobe, fibra de caña de azúcar, paja, resistencia a compresión axial y diagonal

ABSTRACT

The following research work called: “influence of sugar cane fiber on the axial and diagonal compression properties in adobe masonry Cusco 2023” whose general objective is to determine the influence of the addition of sugar cane fiber on the Axial and diagonal compression properties in adobe masonry in the city of Cusco.

The present research is of an applied type, since it aims to provide a solution to a social problem with materials from the area. Whose study design is purely experimental, due to the intentional manipulation of the independent variables to achieve the measurement and control of the dependent variables. In fact, this thesis work is also quantitative, taking into account the percentages of addition of sugarcane fiber (0, 2 and 4%). Therefore, there were three study samples.

Each study sample was made up of six specimens for each test, from which the four best results with which they worked were chosen, as indicated by the Peruvian standard E080 (design and construction with reinforced earth).

In the research carried out, it was concluded that the addition of sugar cane fiber has a significant positive effect on the axial and diagonal compression properties in adobe masonry.

The axial compression resistance (F_m) in the adobe piles with the addition of 4% sugar cane fiber (only 4% fiber) increases by 71.14% with respect to the adobe piles with the addition of 4% straw (traditional adobe) and in terms of its elastic modulus (E_m), in the adobe piles with the addition of 4% sugar cane fiber, it increases by 52.32% with respect to the adobe piles with the addition of 4 % straw (traditional adobe).

The diagonal compression resistance (V_m) in the adobe walls with the addition of 4% sugar cane fiber increases by 105.38% with respect to the adobe walls with the addition of 4% straw (traditional adobe) and Regarding its shear modulus (G_m), in the adobe walls with the addition of 4% sugar cane fiber, it increases by 102.44% with respect to the adobe piles with the addition of 4% straw (traditional adobe).

Keywords: adobe, sugar cane fiber, straw, axial and diagonal compression resistance.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| RESUMEN | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xv |
| INTRODUCCIÓN | xxi |
| MOTIVACIÓN..... | xxii |
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.1.1 Relevancia Social..... | 2 |
| 1.1.2 Implicancias Prácticas..... | 2 |
| 1.2 DELIMITACIÓN, NORMATIVIDAD Y VIABILIDAD DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.2.1 Delimitación..... | 2 |
| 1.2.2 Normatividad..... | 3 |
| 1.2.3 Viabilidad..... | 3 |
| 1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.4.1 Problema General..... | 4 |
| 1.4.2 Problemas Específicos..... | 4 |
| 1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 5 |
| 1.5.1 Objetivo General | 5 |
| 1.5.2 Objetivo Especifico..... | 5 |
| CAPITULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN..... | 7 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.1.1 | Antecedentes a nivel nacional | 7 |
| 2.1.2 | Antecedentes a nivel internacional..... | 8 |
| 2.2 | MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.2.1 | Adobe Tradicional..... | 10 |
| 2.2.2 | Marco conceptual | 12 |
| 2.2.3 | Caña..... | 15 |
| 2.2.4 | Propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe..... | 19 |
| 2.2.5 | Propiedades mecánicas del mortero de barro | 20 |
| 2.2.6 | Propiedades mecánicas de la mampostería de adobe | 20 |
| CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES | | 23 |
| 3.1 | FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 24 |
| 3.1.1 | Hipótesis General | 24 |
| 3.1.2 | Hipótesis Específicos | 24 |
| 3.2 | IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES | 24 |
| 3.2.1 | Variables independientes..... | 24 |
| 3.2.2 | Variables dependientes..... | 24 |
| 3.3 | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 25 |
| CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | | 26 |
| 4.1 | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 27 |
| 4.2 | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 27 |
| 4.3 | ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN | 27 |
| 4.4 | DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MUESTRA | 29 |
| 4.5 | ENSAYOS PRELIMINARES PARA SELECCIÓN DE SUELO ADECUADO PARA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE..... | 31 |
| 4.5.1 | Prueba de cinta de barro | 31 |
| 4.5.2 | Prueba resistencia seca | 31 |
| 4.5.3 | Prueba de botella | 32 |
| 4.5.4 | Prueba de densidad..... | 33 |
| 4.6 | EXTRACCIÓN DE MUESTRA | 36 |

| | | |
|--|---|-----|
| 4.6.1 | Suelo..... | 36 |
| 4.6.2 | Fibra de caña de azúcar | 36 |
| 4.7 | CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE ADOBES | 38 |
| 4.7.1 | Suelo..... | 38 |
| 4.8 | FABRICACIÓN DE ESPECÍMENES | 47 |
| 4.8.1 | Unidades de adobe | 47 |
| 4.8.2 | Testigos cilíndricos de mortero de barro..... | 52 |
| 4.8.3 | Pilas de mampostería de adobe | 55 |
| 4.8.4 | Muretes de mampostería de adobe..... | 57 |
| 4.9 | PROGRAMA DE ENSAYOS EXPERIMENTALES..... | 58 |
| 4.9.1 | Ensayos para determinar las propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe | 58 |
| 4.9.2 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del mortero de barro | 65 |
| 4.9.3 | Ensayos para determinar las propiedades de la mampostería de adobe | 68 |
| CAPITULO V: SISTEMATIZACIÓN DE DATOS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS | | 73 |
| 5.1 | UNIDAD DE ADOBE | 74 |
| 5.1.1 | Variación dimensional..... | 74 |
| 5.1.2 | Absorción..... | 77 |
| 5.1.3 | Resistencia a la Compresión | 78 |
| 5.1.4 | Resistencia a la Tracción o Flexión en unidades de adobe. | 81 |
| 5.1.5 | Resistencia a la Compresión en Cubos | 85 |
| 5.1.6 | Resistencia del material tierra a la tracción (Ensayo brasileño de cilindros de 6" x 12") | 88 |
| 5.2 | MORTERO DE BARRO..... | 92 |
| 5.2.1 | Resistencia del Mortero a la Compresión de testigos de cilindro de 3"x6" | 92 |
| 5.2.2 | Esfuerzo de Adherencia del Mortero de 3 Unidades..... | 95 |
| 5.2.3 | Esfuerzo de Adherencia del Mortero de 2 Unidades..... | 99 |
| 5.3 | MAMPOSTERIA DE ADOBE | 102 |
| 5.3.1 | Resistencia de la mampostería de adobe a compresión..... | 102 |
| 5.3.2 | Resistencia de la Mampostería de Adobe a Tracción Indirecta | 119 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 136 |
| 6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ADOBE | 137 |
| 6.1.1 Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión..... | 137 |
| 6.1.2 Análisis Comparativo de la Resistencia a Tracción en Unidades de Adobe | 138 |
| 6.1.3 Análisis Comparativo de Resistencia a la Compresión en Cubos..... | 139 |
| 6.1.4 Análisis Comparativo de Resistencia a la Tracción (ensayo brasileño) de cilindros de 6” x 12” | 140 |
| 6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MORTERO DE BARRO | 142 |
| 6.2.1 Análisis Comparativo de la Resistencia del Mortero a Compresión | 142 |
| 6.2.2 Análisis Comparativo de la Resistencia de Adherencia de Mortero de tres Unidades.. | 143 |
| 6.2.3 Análisis Comparativo de la Resistencia de Adherencia de Mortero de dos Unidades.. | 144 |
| 6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE | 146 |
| 6.3.1 Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión Axial en Pilas | 146 |
| 6.3.2 Análisis Comparativo del Módulo de Elasticidad en Pilas | 147 |
| 6.3.3 Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes | 148 |
| 6.3.4 Análisis Comparativo del Módulo de Corte en Muretes..... | 149 |
| CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 151 |
| 7.1 CONCLUSIONES..... | 152 |
| 7.2 RECOMENDACIONES | 153 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS Y ELECTRÓNICAS..... | 154 |
| ANEXOS | 158 |
| PANEL FOTOGRÁFICO..... | 165 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Viviendas particulares con paredes de adobe | 4 |
| Tabla 2 | Producción anual de caña de azúcar según departamento,2010 – 2022(Toneladas) | 17 |
| Tabla 3 | Características químicas de la fibra de bagazo de caña de azúcar | 18 |
| Tabla 4 | Características químicas de la fibra de bagazo de caña de azúcar | 19 |
| Tabla 5 | Operacionalización de variables | 25 |
| Tabla 6 | Descripción de la muestra y cuantificación de cada tipo de muestra. | 30 |
| Tabla 7 | Porcentajes por tipos de suelos obtenidas por prueba de botella. | 33 |
| Tabla 8 | Densidad de paja y fibra de caña de azúcar. | 35 |
| Tabla 9 | Densidad del suelo | 36 |
| Tabla 10 | Datos y resultados del ensayo de gravedad específica de suelo. | 41 |
| Tabla 11 | Análisis granulométrico de la muestra de suelo | 42 |
| Tabla 12 | Resumen de ensayo de límite líquido y plástico del suelo..... | 46 |
| Tabla 13 | Correlación de sistemas de clasificación AASHTO y ASTM | 46 |
| Tabla 14 | Dosificación para cada porcentaje de muestra para elaboración de unidades de adobe | 49 |
| Tabla 15 | Muestras de unidades de adobe por tipo para variación dimensional..... | 59 |
| Tabla 16 | Muestras de unidades de adobe por tipo para ensayo de adsorción..... | 60 |
| Tabla 17 | Muestras de unidades de adobe por tipo para ensayo de compresión..... | 62 |
| Tabla 18 | Muestras de cubos de adobe para ensayo de compresión | 63 |
| Tabla 19 | Muestras de unidades de adobe por tipo para ensayo de tracción. | 64 |
| Tabla 20 | Muestras de cilindros de 3”x 6” para ensayo de compresión | 65 |
| Tabla 21 | Muestras de probetas de 3 piezas para ensayo de adherencia..... | 66 |
| Tabla 22 | Muestras de probetas de 3 piezas por tipo para ensayo de adherencia | 68 |
| Tabla 23 | Muestras de pilas de cada tipo para ensayo de compresión axial | 69 |
| Tabla 24 | Muestras de muretes por tipo para ensayo de tracción indirecta | 71 |
| Tabla 25 | Ensayo variación dimensional de 4% de paja..... | 74 |
| Tabla 26 | Ensayo variación dimensional de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.... | 75 |
| Tabla 27 | Ensayo variación dimensional 4% de fibra de caña de azúcar. | 76 |
| Tabla 28 | Ensayo de absorción de unidad de adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar..... | 77 |
| Tabla 29 | Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe con adición 4% de paja. | 78 |

| | |
|--|----|
| Tabla 30 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe con adición 4% de paja..... | 78 |
| Tabla 31 Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 79 |
| Tabla 32 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 79 |
| Tabla 33 Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar | 80 |
| Tabla 34 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar. | 80 |
| Tabla 35 Resumen de los promedios resistencia a la compresión de unidades de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 81 |
| Tabla 36 Ensayo resistencia a la tracción de unidades de adobe con adición de 4% de paja | 81 |
| Tabla 37 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe con adición de 4% de paja. | 82 |
| Tabla 38 Ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar. | 82 |
| Tabla 39 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar. | 83 |
| Tabla 40 Ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar. | 83 |
| Tabla 41 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar..... | 84 |
| Tabla 42 Resumen de los promedios de resistencia a tracción de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar..... | 84 |
| Tabla 43 Ensayo de 6 muestras de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de paja..... | 85 |
| Tabla 44 Ensayo 6 muestras de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar. | 86 |
| Tabla 45 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar..... | 86 |
| Tabla 46 Ensayo de 6 muestras de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de fibra de caña de azúcar..... | 87 |

| | |
|--|----|
| Tabla 47 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de fibra de caña de azúcar. | 87 |
| Tabla 48 Resumen de los promedios de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 88 |
| Tabla 49 Ensayo de 6 muestras de resistencia a la tracción en testigos de 4% de paja. | 88 |
| Tabla 50 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de 4% de paja. | 89 |
| Tabla 51 Ensayo de 6 muestras de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 6" x 12" de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 89 |
| Tabla 52 Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 6" x 12" de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 90 |
| Tabla 53 Ensayo de 6 muestras de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 4% de fibra de caña de azúcar. | 90 |
| Tabla 54 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 4% de fibra de caña de azúcar. | 91 |
| Tabla 55 Resumen de los promedios de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 91 |
| Tabla 56 Ensayo de 6 muestras de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de paja. | 92 |
| Tabla 57 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de paja. | 92 |
| Tabla 58 Ensayo de 6 muestras de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar. | 93 |
| Tabla 59 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar. | 93 |
| Tabla 60 Ensayo de 6 muestras de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de fibra de caña de azúcar. | 94 |
| Tabla 61 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de fibra de caña de azúcar. | 94 |
| Tabla 62 Resumen de los promedios de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 95 |
| Tabla 63 Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de paja. | 95 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 64 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de paja..... | 96 |
| Tabla 65 Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 96 |
| Tabla 66 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 97 |
| Tabla 67 | 97 |
| Tabla 68 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de fibra de caña de azúcar. | 98 |
| Tabla 69 Resumen de los promedios resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 98 |
| Tabla 70 Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 2 und muestra 1 (4% de paja)..... | 99 |
| Tabla 71 Cuatro mejores muestras de ensayo de adherencia de 2 und muestra 1 (4% de paja). | 99 |
| Tabla 72 Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma e-0.80 de la muestra 2 (2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar). | 100 |
| Tabla 73 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de la muestra 2 (2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar). | 100 |
| Tabla 74 Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de 4% de fibra de caña de azúcar. | 101 |
| Tabla 75 Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de 4% de fibra de caña de azúcar..... | 101 |
| Tabla 76 Resumen de los promedios de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 diseño y construcción con tierra reforzada de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 102 |
| Tabla 77 Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 4% de paja. | 102 |
| Tabla 78 Selección de los Cuatro Mejores Resultados con adición de 4% de paja. | 103 |
| Tabla 79 Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 103 |
| Tabla 80 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de la Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 104 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 81 Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 104 |
| Tabla 82 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión axial con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 105 |
| Tabla 83 Resumen de la Resistencia Característica de Compresión Axial de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 105 |
| Tabla 84 Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja. | 107 |
| Tabla 85 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de módulo de elasticidad con adición de 4% de paja. | 108 |
| Tabla 86 Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 110 |
| Tabla 87 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 111 |
| Tabla 88 Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 113 |
| Tabla 89 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 114 |
| Tabla 90 Resumen del Módulo de Elasticidad Característica de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4 % de fibra de caña de azúcar. | 115 |
| Tabla 91 Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja. | 119 |
| Tabla 92 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja. | 119 |
| Tabla 93 Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 120 |
| Tabla 94 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 120 |
| Tabla 95 Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 121 |
| Tabla 96 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 121 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 97 Resumen de la Resistencia de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 122 |
| Tabla 98 Módulo de corte en muretes de Adobe con adición de 4% de paja. | 124 |
| Tabla 99 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de módulo de corte en muretes de Adobe con adición de 4% de paja. | 125 |
| Tabla 100 Módulo de Corte en Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 127 |
| Tabla 101 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Corte en Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 128 |
| Tabla 102 Módulo de Corte en Muretes de Adobe con 4% de fibra de caña de azúcar. | 130 |
| Tabla 103 Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Corte de Muretes de Adobe con 4% de fibra de caña de azúcar. | 131 |
| Tabla 104 Resumen del Módulo de Corte en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 132 |
| Tabla 105 Resistencia compresión promedio de unidades de adobe. | 137 |
| Tabla 106 Resistencia a tracción promedio en unidades de adobe. | 138 |
| Tabla 107 Resistencia a compresión promedio en cubos de 10cm de lado. | 139 |
| Tabla 108 Resistencia a la tracción de cilindros de 6"x12" de adobe. | 141 |
| Tabla 109 Resistencia a compresión promedio en cilindros de 3"x6" | 142 |
| Tabla 110 Resistencia de adherencia de mortero promedio de 3 unidades de adobe. | 143 |
| Tabla 111 Resistencia de adherencia promedio de mortero de 2 unidades de adobe. | 145 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Molde de madera de la unidad de adobe a usar..... | 12 |
| Figura 2. Esquema de refuerzo con caña para adobe..... | 14 |
| Figura 3. Esquema de colocación de refuerzo con geomalla..... | 14 |
| Figura 4. Compresión axial en pila..... | 21 |
| Figura 5. Compresión diagonal en murete..... | 21 |
| Figura 6. Prueba de cinta de barro..... | 31 |
| Figura 7. Prueba de resistencia seca..... | 32 |
| Figura 8. Prueba de botella..... | 32 |
| Figura 9. Medición de espesores de arcilla, limo y arena..... | 33 |
| Figura 10. La masa de la fibra de caña de azúcar medida a través de una balanza electrónica. | 34 |
| Figura 11. Variación de volumen de agua por adición de fibra de caña de azúcar..... | 34 |
| Figura 12. La masa de paja medida a través de una balanza electrónica..... | 34 |
| Figura 13. Variación de volumen de agua por adición de paja..... | 35 |
| Figura 14. Ensayo de peso unitario NTP.400.017.2011..... | 35 |
| Figura 15. Extracción y zarandeo de suelo para elaboración de unidades de adobe..... | 36 |
| Figura 16. Bagazo de caña azúcar sin deshilachado en in situ..... | 37 |
| Figura 17. Seccionamiento de fibra de caña de azúcar en 10cm..... | 37 |
| Figura 18. Fibra de caña de azúcar deshilachado..... | 38 |
| Figura 19. Prueba de contenido de humedad del suelo..... | 39 |
| Figura 20. Contenido de humedad..... | 39 |
| Figura 21. Ensayo de gravedad específica de suelo..... | 40 |
| Figura 22. Gravedad específica de cada muestra y promedio de estas..... | 41 |
| Figura 23. Ensayo de análisis granulométrico del suelo..... | 42 |
| Figura 24. Curva granulométrica..... | 43 |
| Figura 25. Equipos para ensayo el límite líquido y plástico..... | 44 |
| Figura 26. Ensayo de límite líquido..... | 44 |
| Figura 27. Ensayo de límite plástico..... | 45 |
| Figura 28. Grafica de límite líquido..... | 45 |
| Figura 29. Grafica de contenido de humedad de límite plástico..... | 46 |
| Figura 30. Extracción de ichu del cerro pikol..... | 47 |
| Figura 31. Fibra de bagazo de caña de azúcar in situ (Pachachaca-Abancay)..... | 48 |

| | |
|--|-----|
| Figura 32. Proceso de preparación de barro para elaborar unidades de adobe con adición con 4% de paja..... | 49 |
| Figura 33. Proceso de preparación de barro para elaborar unidades de adobe con adición con 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 50 |
| Figura 34. Proceso de preparación de barro para elaborar unidades de adobe con adición con 4% de fibra de caña de azúcar..... | 50 |
| Figura 35. Fabricación de unidades de adobe con adición de 4% de paja..... | 51 |
| Figura 36. Elaboración de unidades de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 51 |
| Figura 37. Elaboración de unidades de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 51 |
| Figura 38. Proceso de secado de unidades de adobe. | 52 |
| Figura 39. Elaboración de testigos de cilindros de 3"x6"..... | 53 |
| Figura 40. Secado de testigos de cilindro de 3"x6". | 53 |
| Figura 41. Elaboración de probetas de tres piezas con adición de 4% de paja..... | 54 |
| Figura 42. Elaboración de probetas de tres piezas con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 54 |
| Figura 43. Elaboración de probetas de tres piezas con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 54 |
| Figura 44. Proceso de hidratación de mortero. | 55 |
| Figura 45. Elaboración de probetas de dos piezas. | 55 |
| Figura 46. Elaboración de pilas con adición de 4% de paja. | 56 |
| Figura 47. Elaboración de pilas con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 56 |
| Figura 48. Elaboración de pilas con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 57 |
| Figura 49. Elaboración de muretes con adición de 4% de paja. | 57 |
| Figura 50. Elaboración de muretes con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 58 |
| Figura 51. Elaboración de muretes con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 58 |
| Figura 52. Medición de largo de la unidad de adobe. | 59 |
| Figura 53. Medición de ancho de la unidad de adobe..... | 59 |
| Figura 54. Proceso de saturación con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar. | 61 |
| Figura 55. Esfuerzo vs Deformación Unitaria de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja | 106 |

| | |
|--|-----|
| Figura 56. Esfuerzo vs Deformación Unitaria de Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 109 |
| Figura 57. Esfuerzo vs Deformación Unitaria de Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | 112 |
| Figura 58. Fallas de pilas | 115 |
| Figura 59. Falla por Cortante en Pila muestra M ₁ 4P 01 | 116 |
| Figura 60. Falla por Cortante en Pila muestra M ₁ 4P 03 | 116 |
| Figura 61. Falla Cónica en Pila muestra M ₁ 4P 04..... | 117 |
| Figura 62. Falla por Cortante en Pila muestra M ₂ 2P2F 02..... | 117 |
| Figura 63. Falla Cónica en Pila muestra M ₂ 2P2F 06..... | 117 |
| Figura 64. Falla Cónica en Pila muestra M ₃ 4F 03 | 118 |
| Figura 65. Falla Cónica en Pila muestra M ₃ 4F 04..... | 118 |
| Figura 66. Falla Cónica en Pila muestra M ₃ 4F 05..... | 118 |
| Figura 67. Carga vs Deformación Horizontal de Muretes de Adobe con adición de 4% de paja. | 122 |
| Figura 68. Carga vs Deformación Vertical de Muretes de Adobe con adición de 4% de paja | 123 |
| Figura 69. Carga vs Deformación Horizontal de Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 126 |
| Figura 70. Carga vs Deformación Vertical de Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 126 |
| Figura 71. Carga vs Deformación Horizontal de Muretes de Adobe con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar. | 129 |
| Figura 72. Carga vs Deformación Vertical de Muretes de Adobe con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar | 129 |
| Figura 73. Fallas en muretes | 132 |
| Figura 74. Falla combinada..... | 133 |
| Figura 75. Falla de cortante | 133 |
| Figura 76. Falla combinada..... | 133 |
| Figura 77. Falla de cortante. | 134 |
| Figura 78. Falla cortante y combinada respectivamente..... | 134 |
| Figura 79. Falla combinada..... | 134 |
| Figura 80. Falla combinada y de cortante respectivamente. | 135 |
| Figura 81. Figura 2: Falla combinada y de cortante respectivamente. | 135 |

| | |
|---|-----|
| Figura 82. Resistencia compresión promedio en unidades de adobe..... | 137 |
| Figura 83. Resistencia a tracción promedio en unidades de adobe..... | 138 |
| Figura 84. Resistencia a compresión promedio en cubos en unidades de adobe..... | 140 |
| Figura 85. Resistencia a tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" de adobe. | 141 |
| Figura 86. Resistencia a compresión promedio en cilindros 3"x6" de adobe. | 142 |
| Figura 87. Resistencia de adherencia promedio de mortero de 3 unidades de adobe..... | 144 |
| Figura 88. Resistencia de adherencia promedio de mortero de 2 unidades de adobe..... | 145 |
| Figura 89. Dispersión de la resistencia a compresión axial en cada uno de las pilas por tipo de muestra..... | 146 |
| Figura 90. Resistencia a compresión axial promedio en pilas de adobe..... | 146 |
| Figura 91. Dispersión del módulo de elasticidad en cada uno de las pilas por tipo de muestra. | 147 |
| Figura 92. Módulo de elasticidad promedio en las pilas de adobe por tipo de muestra | 147 |
| Figura 93. Dispersión de la resistencia a compresión diagonal por tipo de muestra..... | 148 |
| Figura 94. Resistencia promedio a compresión diagonal en muretes de adobe por cada tipo de muestra..... | 148 |
| Figura 95. Módulo de corte en cada murete por tipo de muestra | 149 |
| Figura 96. Módulo de corte promedio en muretes | 149 |
| Figura 97. Peso (Muestra + Capsula) de muestra 1 y muestra 2 antes de colocar al horno. . | 166 |
| Figura 98. Peso (Muestra + Capsula) de muestra 3 y muestra 4 antes de colocar al horno. . | 166 |
| Figura 99. Cuatro muestras en capsulas para ensayo de contenido de humedad..... | 166 |
| Figura 100. Cuarteo de suelo. | 167 |
| Figura 101. Pesado de suelo antes de lavar y después de poner al horno..... | 167 |
| Figura 102. Distribución de suelos por tamaño. | 167 |
| Figura 103. Peso de suelo y peso de (matraz + Agua)..... | 168 |
| Figura 104. Extracción de aire con bomba de vacíos. | 168 |
| Figura 105. Peso (Matraz + Agua + Suelo). | 168 |
| Figura 106. Zarandeo de suelo..... | 169 |
| Figura 107. Fragmentación de suelo con herramienta manuales. | 169 |
| Figura 108. Elaboración de pilas con adicción 4% de paja. | 169 |
| Figura 109. Verificación de verticalidad de pila 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 170 |
| Figura 110. Verificación de horizontalidad con nivel de mano de pilas con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 170 |

| | |
|---|-----|
| Figura 111. Verificación de verticalidad de pila con adicción 4% de fibra de caña de azúcar. | 170 |
| Figura 112. Colocación de topes de madera. | 171 |
| Figura 113. Elaboración de muretes con adicción 4% de paja. | 171 |
| Figura 114. Verificación de verticalidad de murete con adicción 4% de paja. | 171 |
| Figura 115. Elaboración de muretes con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 172 |
| Figura 116. Elaboración de muretes con adicción 4% de fibra de caña de azúcar. | 172 |
| Figura 117. Capping de muretes de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4 % de fibra de caña de azúcar..... | 172 |
| Figura 118. Estado de pilas antes del ensayo compresión axial con adicción de 4% de paja. | 173 |
| Figura 119. Estado de pilas después del ensayo compresión axial con adicción de 4% de paja. | 173 |
| Figura 120. Estado de pilas antes del ensayo compresión axial con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 173 |
| Figura 121. Estado de pilas después del ensayo compresión axial con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 174 |
| Figura 122. Estado de pilas antes del ensayo compresión axial con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar. | 174 |
| Figura 123. Estado de pilas después del ensayo compresión axial con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar. | 174 |
| Figura 124. Estado de muretes antes del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de paja..... | 175 |
| Figura 125. Estado de muretes después del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de paja..... | 175 |
| Figura 126. Estado de muretes antes del ensayo compresión diagonal con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 175 |
| Figura 127. Estado de muretes después del ensayo compresión diagonal con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 176 |
| Figura 128. Estado de muretes antes del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar..... | 176 |
| Figura 129. Estado de muretes después del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar..... | 176 |

| | |
|---|-----|
| Figura 130.Elaboración de cubos de 10cm de lado | 177 |
| Figura 131. Cubos con adición 4% de paja..... | 177 |
| Figura 132. Cubos con adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar. | 177 |
| Figura 133. Cubos con adición 4% de fibra de caña de azúcar. | 178 |
| Figura 134. Ensayo de compresión de cubos de 10cm de lado | 178 |
| Figura 135. Estado de unidades de adobe antes del ensayo compresión simple en la maquina UNIVERSAL..... | 178 |
| Figura 136. Estado de unidades de adobe después del ensayo compresión simple en la maquina UNIVERSAL..... | 179 |
| Figura 137. Ensayo compresión simple en cilindros de 3"x6" con adición de 4% de fibra de caña de azúcar..... | 179 |
| Figura 138. Ensayo compresión simple en cilindros de 3"x6" con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 179 |
| Figura 139. Ensayo compresión simple en cilindros de 3"x6" con adición de 4% de paja... 180 | |
| Figura 140. Unidades de adobe para ensayo tracción a flexión con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar..... | 180 |
| Figura 141. Unidades de adobe para ensayo tracción a flexión con adicción 4% de paja..... | 180 |
| Figura 142. Unidades de adobe para ensayo tracción a flexión con adicción 4% de fibra de caña de azúcar. | 181 |
| Figura 143. Estado de la unidad de adobe antes del ensayo a tracción en la maquina UNIVERSAL..... | 181 |
| Figura 144. Estado de la unidad de adobe después del ensayo tracción en la maquina UNIVERSAL..... | 181 |
| Figura 145. Testigos de cilindros de 6" x 12" con adicción 4% de paja | 182 |
| Figura 146. Estado de cilindros de 6"x12" antes del ensayo tracción indirecta en la maquina UNIVERSAL..... | 182 |
| Figura 147. Estado de cilindros de 6"x12" después del ensayo tracción indirecta en la maquina UNIVERSAL..... | 182 |

INTRODUCCIÓN

Durante miles de años, los pueblos indígenas de América y la región andina de América del Sur han utilizado ladrillos cocidos como elemento estructural en sus viviendas, evidenciándose en la actualidad con la existencia de edificaciones históricas de adobe tales como: Templos, iglesias, casonas, ruinas. Hoy en día, el uso del adobe es una alternativa viable para resolver el problema de la falta de viviendas económicas. construidas por auto construcción de bajo costo a través de la propuesta de una casa auto construible de bajo costo. Además de ser un material amigable con el medio ambiente que no emite contaminación por degradación de químicos, considerando que en la actualidad se está tomando mucho más interés en la revalorización y mantenimiento de los patrimonios culturales e históricos de nuestra región hechos con adobe, Algunos de estos edificios históricos todavía existen; sin embargo, requieren conservación o renovación continua utilizando materiales en estudio y, en algunos casos, reconstrucción utilizando materiales originales. Las razones justifican la importancia de esta investigación, que tiene como objetivo mejorar la calidad de la mampostería tradicional en cuanto a sus propiedades mecánicas, principalmente resistencia a la compresión axial y resistencia a la compresión diagonal. con la adición de fibras naturales de caña de azúcar el cual se adquirirá del Centro poblado de Pachachaca, Distrito de Abancay, Provincia de Abancay, de la región de Apurímac.

MOTIVACIÓN

En primer lugar, nos vimos intrigados por el potencial transformador que encierra el adobe. Este material, con raíces históricas y arraigo en comunidades con recursos limitados, representa una alternativa accesible económicamente y con un fuerte vínculo cultural. No obstante, su uso se ha visto disminuido debido a sus limitaciones frente a condiciones externas adversas, tales como lluvia, viento y sismos. Esta realidad motivó nuestra investigación, ya que visualizamos la posibilidad de revitalizar el adobe, no solo como un material de construcción, sino como un símbolo de sostenibilidad y resistencia.

La necesidad de abordar desafíos específicos también nos impulsó a embarcarnos en este proyecto. Durante el proceso de fabricación de unidades de adobe, observamos la presencia recurrente de fisuras, y notamos que el revestimiento con barro en exteriores carece de durabilidad debido a problemas de adherencia. Identificar estas problemáticas nos motivó a explorar soluciones prácticas y científicas que pudieran fortalecer la viabilidad del adobe en aplicaciones modernas.

Además, la accesibilidad económica del adobe lo convierte en una opción atractiva, especialmente para comunidades en áreas rurales con recursos financieros limitados. Al reconocer su potencial como solución habitacional asequible, nos sentimos compelidos a contribuir al mejoramiento de este material, asegurando que siga siendo una alternativa viable en el panorama actual de construcción.

En resumen, la motivación para abordar la tesis sobre el adobe surge de nuestra convicción de que este material tiene un papel fundamental que desempeñar en la construcción sostenible del siglo XXI. La combinación de su rica herencia cultural, su accesibilidad económica y la necesidad de superar desafíos técnicos específicos nos ha llevado a este proyecto, con la esperanza de contribuir a un renacimiento significativo y duradero del adobe en la arquitectura contemporánea.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de este estudio es brindar recomendaciones efectivas sobre la influencia de las fibras de caña de azúcar sobre las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, para mejorar su calidad y durabilidad, ya que no existen estudios sobre la aplicación de esta unidad de albañilería de adobe con la adición de fibra de caña de azúcar en la región de Cusco.

1.1.1 Relevancia Social

El propósito de este estudio es enriquecer la identidad cultural de nuestra población al preservar el patrimonio histórico y cultural construido exclusivamente con adobe. Asimismo, se busca fomentar que los materiales ecológicos y naturales, como la caña de azúcar, pueden mejorar la calidad de las construcciones de tierra. En la actualidad, la sociedad tiende a optar por edificaciones de concreto principalmente por razones de seguridad estructural, estas construcciones resultan ser mucho más costosas a comparación de las construcciones de tierra, además adicionando a ello estos materiales de concreto presentan componentes químicos, que al ingresar al cuerpo humano producen enfermedades respiratorias que afectan la salud del trabajador; Sin embargo, es importante reconsiderar alternativas sostenibles que contribuyan a la preservación de nuestras raíces culturales.

Es importante señalar que una estructura construida con adobe puede resistir fuerzas sísmicas si se sigue las pautas establecidas por la Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada.

1.1.2 Implicancias Prácticas

Esta investigación intenta resolver la problemática existente con la mampostería de adobe tradicional el cual estas poseen propiedades de compresión axial y diagonal no tan favorables.

La aplicación del estudio de investigación generalmente puede realizarse en lugares donde sea posible la producción de adobe y con acceso a la fibra de caña de azúcar.

1.2 DELIMITACIÓN, NORMATIVIDAD Y VIABILIDAD DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Delimitación

La presente investigación se llevó a cabo en el año 2023, en el departamento de cusco, en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

El suelo para la elaboración de unidades de adobe fue extraído del área colindante con el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil ubicado en el distrito de Wánchaq en la ciudad universitaria de Perayoc.

La paja fue recolectada del Distrito de San Jerónimo del cerro de Pikol y la fibra de caña de azúcar fue recolectada del Centro poblado de Pachachaca, Distrito de Abancay, Provincia de Abancay, en la región de Apurímac.

Para realizar los ensayos correspondientes, se ha usado la máquina de compresión axial y diagonal, la cual está compuesta por una celda de carga, gata hidráulica y diales digitales para registro de datos.

1.2.2 Normatividad

En este estudio, la preparación de muestras y pruebas de laboratorio se realizaron de acuerdo con las especificaciones técnicas de la Norma E.080 (Diseño y Construcción con tierra reforzada); en el caso de la fibra de caña de azúcar, no existe normativa para ser aplicado en la elaboración de la unidad de albañilería.

1.2.3 Viabilidad

La investigación es viable por la existencia de materia prima tierra y arcilla (Distrito de Wanchaq, específicamente de Laboratorio Mecánica de Suelos y Materiales de la UNSAAC) y la fibra de caña de azúcar proviene del Centro poblado de Pachachaca, Distrito de Abancay, Provincia de Abancay, en la región de Apurímac.

La investigación es viable por la disponibilidad de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNSAAC para realizar los ensayos correspondientes.

1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En estos últimos años, la construcción con adobe ha seguido evolucionando a nivel mundial ya que existen investigaciones en el cual se busca mejorar las propiedades mecánicas tanto de la unidad de albañilería como de la mampostería en general, ya que en la actualidad dicho material tradicional presenta propiedades mecánicas no tan favorables.

En América latina se ha visto que existen estudios en el cual tratan de mejorar las propiedades mecánicas del adobe adicionándole fibras de origen natural en los cuales se han obtenido resultados favorables.

En el Perú las construcciones de adobe aún se siguen empleando por su bajo costo y el fácil acceso a la materia prima que es la tierra, pero sin embargo se ha visto que estas construcciones son vulnerables a agentes externos como la humedad, lluvia, sismo, etc.

En la región del cusco las construcciones de adobe tradicional presentan propiedades mecánicas no tan favorables, ya que casi todas las familias más que todo en las zonas rurales tienden a construir sus viviendas con adobe por su bajo costo.

En consecuencia, este estudio presenta una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional mediante la inclusión de fibra de caña de azúcar. Esto se respalda con resultados positivos obtenidos en estudios internacionales donde se incorporó la fibra de caña de azúcar tanto en la mezcla de barro como en la de concreto.

Según la última encuesta del INEI en la región de Cusco aún existen familias con preferencia a construcciones de viviendas con unidades de adobe más que todo en las zonas rurales, ya que las construcciones con adobe son de bajo costo a comparación de los materiales industriales en el cual esta investigación sería muy útil para estas personas con finanzas limitadas para así puedan tener ya sea viviendas o cercos de adobe con mayor resistencia y durabilidad.

También puede ser utilizada en la restauración de estructuras pre coloniales, centros arqueológicos y cascos monumentales de adobe con la sustitución de paja por fibra, ya que se verifico que la fibra de

caña de azúcar trabaja mucho mejor a comparación de la paja en las unidades de adobe y juntas de muro.

Tabla 1

Viviendas particulares con paredes de adobe

| DEPARTAMENTO | PROVINCIA | AÑO | |
|--------------|---------------|--------|--------|
| | | 2007 | 2017 |
| CUSCO | CUSCO | 60 140 | 49 860 |
| | ACOMAYO | 7 103 | 6 752 |
| | ANTA | 13 096 | 13 480 |
| | CALCA | 13 258 | 14 859 |
| | CANAS | 9 785 | 10 314 |
| | CANCHIS | 22 931 | 22 934 |
| | CHUMBIVILCAS | 14 395 | 16 953 |
| | ESPINAR | 13 377 | 13 845 |
| | LA CONVENCION | 24 924 | 19 339 |
| | PARURO | 8 056 | 7 826 |
| | PAUCARTAMBO | 8 400 | 9 380 |
| | QUISPICANCHI | 17 074 | 19 844 |
| | URUBAMBA | 11 036 | 12 408 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo Nacional de Población y Vivienda.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema General

¿En qué medida influye la adición de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco?

1.4.2 Problemas Específicos

Problema específico 1:

¿Como son las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, sin la adición de fibra de caña de azúcar?

Problema específico 2:

¿En qué medida influye la adición de 2% de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco?

Problema específico 3:

¿En qué medida influye la adición de 4% de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco?

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la adición de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco.

1.5.2 Objetivo Especifico

Objetivo Específico 1:

Determinar el valor de las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, sin la adición de la fibra de caña de azúcar.

Objetivo Específico 2:

Determinar el valor de las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco con la adición de 2% de fibra de caña de azúcar.

Objetivo Específico 3:

Determinar el valor de las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco con la adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

CAPITULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

A continuación, se presenta el estado de arte del presente estudio de investigación, entre ellos los siguientes trabajos de investigación:

- ✓ Herrera & Núñez (2021) realizaron un estudio titulado: “Influencia de la fibra de caña de azúcar, en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe, San Ignacio 2021”, en la ciudad de Moyobamba - Perú. El objetivo general del estudio fue analizar la influencia de la incorporación de fibra de caña de azúcar en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe. La muestra estuvo constituida por 12 testigos rectangulares de adobe. Los instrumentos que se usaron fueron lo que determina el capítulo II de la Norma E.080 de tierra reforzada. Los resultados obtenidos indican que a mayor porcentaje de fibra de caña de azúcar aumenta la resistencia a comparación de la muestra patrón al 0%.
- ✓ Cabrera & Tello (2022) desarrollaron un estudio titulado: “Propuesta de adición de fibras de bagazo de caña en bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento para su uso como unidad de albañilería en la construcción de viviendas rurales resistentes a las lluvias en la ciudad de Piura” fue realizada en la ciudad de Piura - Perú. El objetivo general de este estudio fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizados (BTCE) con cemento e incorporada con fibras de bagazo de caña para su uso en la construcción de viviendas rurales sostenibles y resistentes a los efectos de lluvias. La muestra estuvo constituida por unidades de BTC (bloques de tierra comprimida) sin estabilizar y estabilizado con cemento y bagazo de caña. Los instrumentos que se usaron fueron la máquina universal ELE INTERNATIONAL Modelo 36-0640/06 y lo que se determina en la norma E.080 de tierra reforzada. El diseño que se utilizó fue experimental. Los resultados obtenidos han sido que la dosis de 4% de cemento y 0.75% de fibra de bagazo de caña tuvo el mejor desempeño de resistencia a la compresión y flexión en estado seco (2.31 y 0.66 Mpa respectivamente) como también en estado saturado (1.65 y 0.41 Mpa respectivamente).
- ✓ Kamiyama & Zavaleta (2021) realizaron un estudio titulado: “Análisis comparativo de adobe reforzado con bagazo de caña de azúcar, según el tipo de suelo, en Pascona - La Libertad” fue realizado en la ciudad de Trujillo del país de Perú. El objetivo general del estudio fue Comparar y evaluar cómo influye la adición bagazo de caña de azúcar en la resistencia del adobe reforzado según el tipo de suelo. La muestra estuvo constituida por unidades con adición de 0%, 5%, 10% y 15% de bagazo de caña de azúcar. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron todo lo que se menciona en la Norma E.080 de tierra reforzada. Los resultados obtenidos han sido que solo las muestras de tierra tipo 1 pasan el valor mínimo requerido por la Norma E.080 cuyo valor es de 10 kg/cm². La fibra mejoro la capacidad de

resistencia donde los valores más altos fueron obtenidos a las muestras de tierra combinadas con 10% de fibra.

- ✓ Alva & Moreno (2023) realizaron un estudio titulado: “Mejoramiento de propiedades del adobe para incrementar resistencia mecánica, adicionando ceniza de hoja de molle– Pachma – Yuracmarca – Huaylas – Ancash – 2022” se realizó en la ciudad de Chimbote - Perú. El objetivo general del estudio fue determinar la resistencia a la compresión del adobe con la adición de 6% y 8% de ceniza de hojas de molle (Schinus). La muestra estuvo constituida por unidades con adición de 6% y 8% de ceniza de hoja de molle en su peso. Los instrumentos que se usaron fueron todo lo que se menciona en la Norma E.080 de tierra reforzada.

El diseño que se utilizo fue experimental. Los resultados obtenidos han sido que al adicionar el 6% de ceniza de hoja de molle indican que la resistencia a la compresión alcanza 28.65 kg/cm² a los 14 días mayor respecto al patrón, respectivamente 30.81kg/cm² a los 28 días y adicionar el 8% de ceniza de hoja de molle indican que la resistencia a la compresión alcanza 34.97 kg/cm² a los 14 días mayor respecto al patrón, respectivamente 38.00 kg/cm² a los 28 días.

Bejar, Aschly (2022) desarrollaron un estudio titulado: “Evaluación de las propiedades físico mecánicas en adobes empleando fibra seca de retama y fibra de yute, Ayacucho – 2022” realizada en la ciudad de Callao - Perú. El objetivo general del estudio fue evaluar cómo influye la adición de la fibra seca de retama y fibra yute en las propiedades físico mecánicas del adobe, Ayacucho – 2022. La muestra estuvo constituida por unidades de adobe con adición de 1.75%, 1.95%, 2.20%, 2.30% y 2.45% de fibra de retama y yute. Los instrumentos que se usaron fueron todo lo que se menciona en la Norma E.080 de tierra reforzada. El diseño que se utilizo fue experimental. Los resultados obtenidos han sido que el empleo de fibra seca de retama y yute mejoro la resistencia a la compresión, flexión y tracción, resultando con valores mayores respecto al mínimo establecido por la Norma E. 080.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

A continuación, se presenta los estudios realizados a nivel internacional con los temas relacionados al presente trabajo de investigación:

- ✓ Robles , Arceo , Moreno , & Chávez (2021) realizaron un estudio titulado: “Análisis de la resistencia mecánica ante compresión de bloques de adobe con agregados de fibra de bagazo de caña” fue realizada en el estado de Colima del país de México. El objetivo general del estudio fue evaluar si el adobe con agregados de fibra de bagazo de caña presenta ventajas mecánicas, respecto a bloques de adobe tradicional. La muestra estuvo constituida por tres tratamientos experimentales (1%, 5% y 10%) y un tratamiento testigo (0%). El diseño que se utilizo fue experimental

Los instrumentos que se usaron fueron la máquina de esfuerzos Shimadzu UH-500KNI y las que se menciona en la norma ASTM E8M. Los resultados obtenidos han sido que el agregado

de fibra de bagazo de caña incrementa la resistencia mecánica y la elasticidad de los bloques. Se encontró que los bloques con un porcentaje en peso de agregado de bagazo de caña de entre el 5 % y 10 %, mostraron tanto un incremento en resistencia como en deformación previa a la fractura, respecto a la de los bloques hechos con adobe tradicional.

- ✓ Paricaguán & Muñoz (2019) desarrollaron un estudio titulado: “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar” que se realizó en la ciudad de Naguanagua - Venezuela. El objetivo general del estudio fue evaluar si el concreto reforzado con fibra de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto propiamente dicho. La muestra estuvo constituida por dos dosificaciones (0 y 2.5) % de fibra con reemplazo en parte del agregado fino. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron una prensa hidráulica con indicador de carga, marca Baldwin, modelo universal y lo indicado en la norma venezolana Covenin 338:2002. Los resultados obtenidos han sido que los concretos reforzados con fibras naturales con bagazo de caña de azúcar tienen el potencial para ser usados como materiales de construcción económicos, ya que su tendencia a medida que transcurre el tiempo de curado es similar a las mezclas elaboradas de manera tradicional. Las fibras naturales son materiales que actúan como una alternativa tecnológica para un amplio rango de aplicaciones donde sea requerida la detección y el monitoreo de fisuramiento. El concreto fibroreforzado le permite a la estructura, después de la fisuración, continuar “absorbiendo” carga sin colapsar y continuar funcionando. De allí la importancia de reforzar los concretos con fibras aportándole características específicas y ventajosas para los distintos ramos de la construcción.
- ✓ Espinoza (2015) realizó un estudio titulado: “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar” que se realizó en la ciudad de Cuenca - Ecuador. El objetivo general del estudio fue determinar el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar, en adiciones del 2.5%, 5% y 8% de fibras con respecto al peso del agregado grueso. La muestra estuvo constituida por probetas con incorporaciones del 2.5, 5 y 8% de fibra con relación al volumen absoluto de la mezcla. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron una prensa digital para rotura de cilindros de concreto. Los resultados obtenidos han sido que el comportamiento mecánico del del CRFN, fue decreciendo a medida que aumentaba el porcentaje de inclusión de fibras naturales. El porcentaje aceptable en base a los resultados obtenidos tanto en la resistencia a la compresión como a la resistencia a la tracción por flexión, es el de 1.5% de fibra con respecto al volumen. Las incorporaciones de 2.5% de fibra decayó la resistencia a la compresión alrededor de 50% con respecto al elemento de prueba patrón. En cambio, con los porcentajes de 5% y 8% no se obtuvo resistencia apropiadas para la utilización en elementos estructurales.
- ✓ Guerrero (2019) llevó a cabo un estudio titulado "Alternativas de estabilización del adobe para disminuir su contracción volumétrica y agrietamiento" en la ciudad de Bogotá, Colombia. El

propósito principal de la investigación fue realizar una revisión bibliográfica de estudios previos para ofrecer una guía de soluciones aplicables en la reparación o construcción de viviendas de adobe. La muestra analizada incluyó la estabilización del adobe utilizando minerales, materiales de origen vegetal y compuestos sintéticos.

Los resultados obtenidos revelaron que la estabilización con aditivos minerales se utiliza comúnmente para reparar grietas en estructuras existentes o para la creación de morteros en las juntas de bloques de adobe. Esto se debe a que los materiales minerales presentan una mayor resistencia y menor rigidez. A pesar de que los estabilizadores minerales tienen una amplia disponibilidad local, no se consideran la opción más económica o sostenible en comparación con otros tipos de estabilización.

En contraste, los estabilizadores de adobe de origen vegetal tienen una aplicación extendida tanto en la construcción de bloques como en muros de adobe. Estos aditivos, generalmente compuestos por fibras de plantas, destacan por su alta disponibilidad y su bajo costo económico. En el caso de las fibras, proporcionan un confinamiento al adobe, reduciendo la probabilidad de expansión o contracción del material.

Los aditivos con origen sintético generalmente tienen el objetivo de estabilizar el adobe a partir de residuos industriales y/o comerciales. Está a pesar de ser una estrategia con alto sentido de responsabilidad ambiental, es poco aplicable para las construcciones en lugares de difícil acceso, debido a la baja disponibilidad de los materiales. No obstante, en general presentan una alternativa de solución viable debido a la baja probabilidad, que presentaron las muestras estudiadas, de aparición de grietas, y representan una solución orientada a la sostenibilidad ambiental.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Adobe Tradicional

2.2.1.1 Características del adobe tradicional

Moscoso (2016) indica lo siguiente:

El adobe se elabora con una mezcla de arcilla, arena y agua, aunque generalmente se le adiciona un elemento que ayude a los esfuerzos de corte como puede ser la paja; dicha mezcla es vertida en moldes de madera en forma de bloques y secada al sol. Evidentemente no cualquier tierra es la óptima para la elaboración de adobes, por lo que es necesario hallar, en las cercanías, una tierra que posea los porcentajes adecuados de arcilla (15%), arena (70%), por lo que para ello se puede realizar pruebas empíricas como la prueba del rollo.

El adobe es un material muy sensible a la humedad, su absorción varía entre 0 a 4%, pero no debería exceder el 4%. En cuanto a su comportamiento térmico, es posible decir que es un material higroscópico pues tiene la capacidad de mantener el calor o el frío, su coeficiente

de conductividad varía entre 0,46 y 0,81 W/m.K, por esta razón puede asimilarse a un material aislante. (p. 2)

Las investigaciones sobre la elaboración de adobe han revelado los siguientes:

- ✓ El uso de adobe en la construcción de viviendas proporciona una significativa inercia térmica.
- ✓ Cuando el proceso de secado del adobe se realiza a la sombra, se observa una contracción menor.

2.2.1.2 Fabricación del adobe tradicional

El primer paso es la extracción de tierra de forma manual, eliminando todas impurezas y piedras; acto seguido se realiza la mezcla de tierra y paja con agua en proporciones definidas.

Después de la mezcla, se deja reposar durante dos días en un proceso de hidratación. La mezcla resultante se vierte sobre una superficie cubierta con paja, y se compacta intensamente al introducir la masa de barro con mayor fuerza en un molde de madera húmeda conocido como adobera. Durante este proceso, se empuja la mezcla en las esquinas utilizando el puño con movimientos circulares hacia abajo y luego hacia arriba para asegurar un llenado completo. La superficie se nivelada con la mano y, finalmente, el molde se levanta bruscamente hacia arriba para que el adobe se desprenda del molde.

En un clima seco muy seco y cálido, es recomendable cubrir los adobes con una lona o paja para prevenir grietas causadas por un secado excesivamente rápido. Después de dos o tres días aproximadamente sin estar completamente secos, los adobes se colocan en posición de canto para permitir la aireación en ambas caras. Se dejan secar al sol durante aproximadamente 28 a 30 días, controlando el proceso para garantizar un secado lento y evitar posibles fisuras. Las dimensiones adecuadas deben facilitar la manipulación por parte del operador, aunque pueden variar significativamente según la zona.

Las publicaciones técnicas suelen sugerir una serie de procedimientos y pruebas específicas; no obstante, los habitantes locales tienden a emplear métodos más simples y accesibles. A continuación, se describen las siguientes etapas.

A. Selección de la tierra adecuada

La población en general, para la elaboración de unidades de adobe, emplea el material presente en el lugar de construcción. Para esto, se llevan a cabo exámenes de pruebas preliminares, tales como la prueba de botella, la cinta de barro y la resistencia seca.

Los ensayos mencionados permiten obtener una tierra adecuada para elaboración de unidades de adobe.

B. Preparación del barro

Se selecciona una cantidad de tierra adecuada y se procede a zarandear para eliminar piedras y terrones para elaboración de unidades de adobe, se somete a un proceso de hidratación con agua por lo menos por 48 horas; esta operación se denomina “dormir el barro”, para que el agua penetre completamente en los grumos de arcilla.

C. Mezclado

Se remoja una cantidad de tierra adecuada, retirando materiales orgánicos e inorgánicos como raíces o fragmentos de vidrio, etc. Se lleva a cabo el mezclado de la tierra seleccionada con agua, ejecutándose un amasado con pala y pico para obtener una mezcla homogénea, seguidamente se va adicionando paja o cualquier otra fibra a la mezcla de barro en una proporción de volumen para controlar las fisuras de la unidad de adobe.

D. Moldeo de adobes

La Norma E.080 (2017) donde indica “Las dimensiones del molde para elaborar las unidades de adobe serán de 1:2 (Ancho: Largo) y la altura debe medir entre 8cm y 12cm” (p. 19). Para nuestro ensayo las dimensiones de la unidad de adobe será 26 cm x 13cm x 9cm.

Antes de verter la mezcla de barro en la adobera, es necesario humedecer las superficies internas con agua. Esto se realiza con el propósito de prevenir que la unidad de adobe se adhiera y experimente deformaciones.



Figura 1. Molde de madera de la unidad de adobe a usar.

E. Secado del adobe

El secado de unidad de adobe debe ser lento, para lo cual debe realizarse sobre tendales protegidos del sol y viento. El proceso debe controlarse para producir una evaporación muy lenta del agua, mientras la arcilla y barro se contraen y adquieren resistencia. Si la contracción es muy rápida, se produce fisuras.

El secado unidades de adobe puede variar de acuerdo al clima y como mínimo debe secar 28 días. Después de 3 a 5 días debe colocarse en posición de canto las unidades de adobe para un secado rápido y uniforme. (Norma E.080, 2017)

2.2.2 Marco conceptual

A. Muro de adobe

“Es una mampostería propiamente dicha cuya estabilidad lateral esta confinada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluyen refuerzos” (Norma E.080, 2017, p. 5).

B. Mampostería de adobe

“Se refiere al material compuesto por unidades de adobe asentadas con mortero a determinada orden de hilada” (Norma E.070, 2019, p. 7).

C. Mortero

“Material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, mucílagos de cactus, y otros comprobados)” (Norma E.080, 2017, p. 5).

D. Tendal

Las unidades de adobe se rajan con el sol, por eso se recomienda hacer un tendal de ramas, calaminas, etc. a una altura adecuada. Para proteger por lo menos por los dos primeros días.

Para elaborar unidad de adobe para protección y cuidado en el secado, la superficie debe estar nivelada, libres elementos extraños y si es posible colocar una capa de arena o paja para evitar la adherencia del adobe con la superficie.

2.2.2.1 Elaboración de adobe pre colonial

Al recopilar información sobre el tema, se identificaron los siguientes hallazgos:

- ✓ Según Escobar & Rivera (2021) hicieron una investigación denominada “Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020” indica que las casonas coloniales están conformadas constructivamente con una cimentación y sobre cimentación de profundidad variable, compuesta por piedras de diversos tamaños, asentada con mortero de cal y arcilla, la mampostería está conformado con bloques de adobe con mortero de barro las dimensiones de las unidades cuyo ancho de muro varía entre 30 a 50cm estas unidades de adobe tienen en promedio una resistencia a compresión de 8.47 kg/cm² en cuanto al ensayo uniaxial.
- ✓ Según Valdez (2020) hizo una investigación denominada “Comportamiento estructural de Monumentos Históricos mediante metodologías convencionales - Iglesia San Cristóbal, Ayacucho 2020” indica que se encontró unidades de adobes elaborados con piedras mezclados con tierra, cal y agua estas unidades tenían dimensiones de 60cm de largo, 60cm de ancho y 30cm de alto, la resistencia a la compresión del adobe obtenido el cual fue de 12 kg/cm².
- ✓ Según Diaz (2015) hizo una investigación denominada “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona espinach – ex palacio municipal en la ciudad de cajamarca” indica que antiguamente los adobes eran elaborados con tierra que provenía de los huaycos que contenía arcilla, arena hasta en algunos caso con piedra el cual se mezclaba con paja y se deja secar al aire libre entre 15 días a 30 días y las dimensiones que tenían fueron de 70cm de largo, 40cm de ancho y 10cm de alto, la resistencia a la compresión del adobe obtenido el cual fue de 5.80 kg/cm².

2.2.2.2 Refuerzos en muros y contrafuertes de edificaciones de tierra reforzada

Es importante destacar que el objetivo principal de esta investigación es evaluar la influencia de la adición de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal de la mampostería de adobe. Sin embargo, durante los experimentos, también se incorporó la fibra de caña de azúcar al mortero utilizado para las juntas. Los resultados, en promedio, fueron favorables, logrando duplicar la resistencia de las juntas de mortero con paja tradicional.

No obstante, se observó que las juntas presentan deficiencias en cuanto a la disposición de fuerzas laterales, especialmente en situaciones de fuerzas sísmicas. En relación a este problema, la Norma E.080 propone soluciones alternativas, tales como el refuerzo con geomallas, sogas sintéticas, madera aserrada, carrizo o sogas naturales como cabuya o sisal.

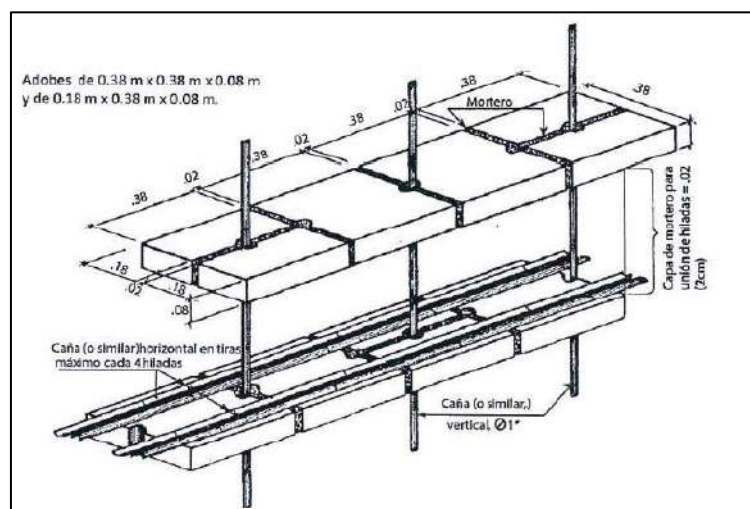


Figura 2. Esquema de refuerzo con caña para adobe

Fuente: (Norma E.080, 2017)

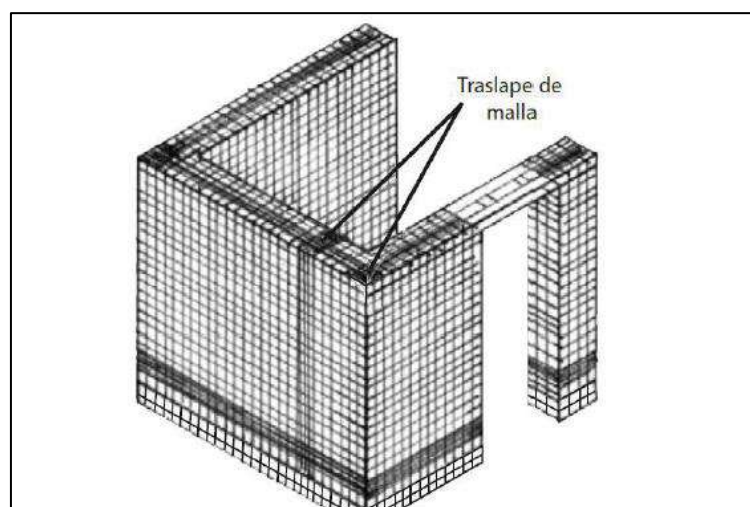


Figura 3. Esquema de colocación de refuerzo con geomalla.

Fuente: (Norma E.080, 2017)

2.2.2.3 Ventajas del uso del adobe tradicional

- ✓ Se utiliza recursos accesibles y material in situ de la zona.
- ✓ Permite construir viviendas de bajo costo y con menor impacto ambiental.
- ✓ Tiene buenas propiedades térmicas, lo que significa que mantiene una temperatura agradable en el interior de la casa durante todo el año.
- ✓ La construcción de vivienda con unidades de adobes resulta ser sencillo y económico.
- ✓ No se requiere de personal altamente capacitado, dado que en muchos casos se realiza la autoconstrucción.
- ✓ La unidad de adobe es un aislante acústico, impidiendo que los sonidos penetren en el interior de la vivienda o salgan de él.
- ✓ El adobe es un material reciclable que no produce contaminación; esto implica que se pueden reutilizar las unidades de adobe de construcciones antiguas o triturarlas para emplear la tierra nuevamente en actividades agrícolas.
- ✓ La construcción de viviendas resulta ser económico y puede utilizarse recursos in situ y mano de obra disponibles de la zona.

2.2.2.4 Desventajas del uso del adobe tradicional

- ✓ La unidad de adobe es vulnerable a la humedad, por lo que, si se construye en una zona con mucha lluvia o en una zona inundable, puede presentar problemas de deterioro y desintegración.
- ✓ La construcción de viviendas con unidades de adobe es limitada el número de pisos o de gran altura, ya que no es resistente como otros materiales.
- ✓ Las viviendas de adobe son susceptibles a los movimientos sísmicos en comparación con otros materiales de construcción más resistentes.
- ✓ La elaboración de unidades de adobe requiere de un tiempo prolongado, y un tiempo de secado como mínimo de 28 días.

2.2.3 Caña

2.2.3.1 Historia caña de azúcar

Esta dulce planta es conocida desde hace unos 5000 años por los habitantes de la isla Nueva Guinea, de donde pasó a la India y también a la China Meridional. Es aquí donde descubrieron sus maravillosas propiedades. En un principio tenía fines medicinales. La expedición persa comandada por Darío en el año 513 a.c. Llegó al valle del Indo y recogió cañas para llevarlas a su tierra, estos expedicionarios se refirieron a ella como “Una caña que da miel sin intervención de las abejas” lo que significa que ya se producía azúcar de esta dulce caña.

Estas plantas en Persia fueron sembradas y guardadas en el más absoluto secreto, hasta que

Alejandro Magno conquistó Persia el año 331 a.c. y lo llevó hasta Europa donde lo hizo conocido.

Los persas desarrollaron un procedimiento para obtener azúcar cristalizada hirviendo el jugo de la caña. Los egipcios optaron por desarrollar un método químico de refinación utilizando para ello cenizas de diferentes materiales. Los romanos la denominaron “Sal de la India”. El azúcar es en la actualidad un alimento habitual en la dieta de todos los países. Reivindicado por científicos y expertos internacionales, es considerado hoy como uno de los principales aportes energéticos para el organismo. (Dargente , 2017)

2.2.3.2 Producción de caña en el Perú

El cultivo de la caña de azúcar para la producción de azúcar en el Perú se realiza principalmente en la costa, donde se localizan las mayores áreas debido a que presenta condiciones climáticas y edáficas únicas, que permiten sembrar y cosechar durante todo el año, y obtener rendimientos excepcionales.

En el primer semestre del 2022, se observa una leve recuperación en la producción nacional de caña de azúcar al aumentar en 0,2%, para registrar 4 millones 294 mil 378 toneladas, las cuales se sustentaron principalmente en mayores áreas cosechadas, es decir, 2,4% más que en el mismo periodo del año anterior pese a la caída en los niveles de rendimiento (-2,1%), el cual se registró en 115,8 toneladas por hectárea. (Moreyra , 2022)

Tabla 2*Producción anual de caña de azúcar según departamento, 2010 – 2022 (Toneladas)*

| Departamento | 2010 | 2015 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | var.2021/2020 | 2021(ene-jun) | 2022(ene-jun) | var.2021/2020(ene-jun) |
|--------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
| Producción(t) | | | | | | | | | | |
| Nacional | 9660895 | 10211856 | 10336178 | 10902906 | 10468800 | 9827808 | -6.10% | 4284611 | 4294378 | 0.20% |
| Lambayeque | 2824848 | 2022870 | 2648009 | 2566492 | 2184189 | 2267691 | 3.80% | 1051635 | 971798 | -7.60% |
| La libertad | 4911755 | 5529691 | 4795513 | 5514278 | 5344455 | 4705541 | -12.00% | 1972567 | 2090470 | 6% |
| Ancash | 578284 | 988272 | 870729 | 957461 | 975401 | 910075 | -6.70% | 355152 | 368628 | 3.80% |
| Lima | 1293061 | 1614043 | 1528325 | 1525064 | 1378391 | 1525491 | 10.70% | 703937 | 718708 | 2.10% |
| Arequipa | 52947 | 56980 | 55859 | 64633 | 64801 | 55598 | -14.20% | 18505 | 26914 | 45.40% |
| Superficie cosecha (ha) | | | | | | | | | | |
| Nacional | 76983 | 84574 | 84838 | 86473 | 84590 | 84852 | 0.30% | 36215 | 37092 | 2.40% |
| Lambayeque | 26773 | 23430 | 27600 | 26362 | 23382 | 25595 | 9.50% | 10963 | 10065 | -8.20% |
| La libertad | 34235 | 40928 | 35055 | 38717 | 38826 | 38111 | -1.80% | 15799 | 17405 | 10.20% |
| Ancash | 5174 | 6594 | 6874 | 7101 | 7098 | 6924 | -2.40% | 2819 | 3116 | 10.50% |
| Lima | 10163 | 12992 | 11707 | 11847 | 10899 | 10949 | 0.50% | 5109 | 5425 | 6.20% |
| Arequipa | 638 | 630 | 545 | 605 | 561 | 593 | 5.60% | 208 | 268 | 28.90% |
| Rendimiento(kg/ha) | | | | | | | | | | |
| Nacional | 125494 | 120744 | 121834 | 126085 | 123760 | 115823 | -6.40% | 118310 | 115776 | -2.10% |
| Lambayeque | 105511 | 86337 | 95941 | 97356 | 93412 | 88600 | -5.20% | 95926 | 96550 | 0.70% |
| La libertad | 143471 | 135107 | 136801 | 142427 | 137652 | 123470 | -10.30% | 124856 | 120107 | -3.80% |
| Ancash | 111761 | 149874 | 126666 | 134839 | 137424 | 131431 | -4.40% | 125974 | 118302 | -6.10% |
| Lima | 127234 | 124236 | 130552 | 128735 | 126472 | 139329 | 10.20% | 137791 | 132474 | -3.90% |
| Arequipa | 83005 | 90433 | 102571 | 106785 | 115459 | 93799 | -18.80% | 88996 | 100396 | 12.80% |

Fuente (Moreyra , 2022)

2.2.3.3 Características químicas de la fibra de bagazo de caña de azúcar

La caña está constituida principalmente por agua, fibra y sólidos solubles (especialmente azúcares). Tiene otros compuestos, que por las cantidades en que aparecen se consideran elementos menores. Tal es el caso de los minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos que pueden estar en forma libre o combinada. (Zegarra, 2002, p. 32)

Tabla 3

Características químicas de la fibra de bagazo de caña de azúcar

| Componentes | (%) |
|--|----------|
| Agua | 74.50 |
| <u>Azúcares:</u> | 14.00 |
| Sacarosa | 12.50 |
| Dextrosa | 0.90 |
| Levulosa | 0.60 |
| <u>Fibra:</u> | 10.00 |
| Celulosa | 5.50 |
| Pentosana (xilana) | 2.00 |
| Pentosa (arabana, goma caña) | 0.50 |
| Lignina | 2.00 |
| <u>Cenizas:</u> | 0.50 |
| Silicio (SiO ₂) | 0.25 |
| Potasio(K ₂ O) | 0.12 |
| Sodio (Na ₂ O) | 0.01 |
| Calcio (CaO) | 0.02 |
| Magnesio (MgO) | 0.01 |
| Hierro (Fe ₂ O ₃) | indicios |
| Fosforo (P ₂ O ₅) | 0.07 |
| Azufre (SO ₄ H ₂) | 0.02 |
| COLORO | indicios |

Fuente (Zegarra, 2002, p. 33)

Tabla 4*Características químicas de la fibra de bagazo de caña de azúcar*

| Componentes | (%) |
|-------------------------------------|----------|
| <u>Cuerpos nitrogenados:</u> | 0.40 |
| Albuminoides | 0.12 |
| Aminoácidos (asparagina) | 0.07 |
| Amidoácidos | 0.20 |
| Ácido nítrico | 0.01 |
| Amoniaco | indicios |
| Cuerpos xánticos | indicios |
| Grasa y cera | 0.20 |
| Pectina (gomas) | 0.20 |
| Ácidos libres (málico, succinico) | 0.08 |
| Ácidos combinados | 0.12 |
| Total: | 100 |

Fuente (Zegarra, 2002, p. 33)

2.2.4 Propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe

A continuación, enumeraremos las propiedades físico - mecánicas más representativas de la unidad de adobe.

2.2.4.1 Variación dimensional

Seminario (2013) señala lo siguiente:

La variación que existe entre las caras opuestas de la unidad de albañilería de adobe se le denomina variabilidad dimensional, (ancho, largo y altura). Es por ello que la dimensión de cada adobe es diferente, por lo que, a mayor variación dimensional, mayor espesor de la junta y mientras mayor sea el espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión y la fuerza cortante. (p. 13).

2.2.4.2 Absorción

La NTP 399.613 (2005) establece que:

Los métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto tienen como objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación a una temperatura entre 15.5°C a 30°C. En otras palabras, se obtendrá un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes después de 5 y 24 horas de inmersión en agua. (p. 9)

2.2.4.3 Resistencia a compresión de unidades de adobe

Según la Norma E.080 (2017) indica:

La resistencia a compresión de la unidad de albañilería de adobe tradicional y estabilizado se calculará con respecto al área transversal. El ensayo requerirá un mínimo de 6 adobes, de los cuales se seleccionarán 4 de las 6 ensayadas. Los ensayos se llevarán a cabo utilizando piezas completamente secas, estableciendo el valor mínimo aceptable de (f_o) en $f_o = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kg/cm}^2$. (p. 15)

2.2.4.4 Resistencia a la tracción por flexión

Según la Norma NTP 399.613 (2005) indica:

Los métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales, el ensayo se realiza en una máquina de compresión sobre una unidad de adobe completa, la cual se apoya en una luz y se carga en el centro. El procedimiento consiste en aplicar un esfuerzo de tracción por flexión hasta que la unidad se rompa. (p. 4)

2.2.5 Propiedades mecánicas del mortero de barro

El mortero desempeña la función de unir las unidades de adobe para constituir la mampostería. En las construcciones de adobe, este mortero se elabora con el mismo material empleado en la fabricación de las unidades. En la mayoría de los casos, no se le añade paja, fibra natural ni ningún aditivo adicional.

2.2.5.1 Resistencia del mortero a compresión

Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. La resistencia a compresión es la carga por unidad de área a la cual una probeta de mortero de barro, cilíndrica o prismática, falla en el ensayo de compresión simple. (NTP 399.613, 2005, p. 5)

2.2.5.2 Adherencia del mortero

Es una atracción molecular físico - química entre la superficie del ladrillo o adobe y el mortero de junta en íntimo contacto y que las unidades de albañilería trabajen de forma monolítica. (Sandoval, 2015, p. 17)

El procedimiento de ensayo se realiza según. Norma mexicana NMX – C-082 -1974 y Norma E. 080.

2.2.6 Propiedades mecánicas de la mampostería de adobe

Las propiedades mecánicas que destacan principalmente son la resistencia a compresión en pilas y la resistencia a compresión diagonal en muretes.

2.2.6.1 Resistencia de la mampostería de adobe a compresión axial

Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. La resistencia a compresión axial de la mampostería de adobe es importante porque mide la máxima fuerza axial por unidad de área que puede soportar la mampostería, en un estado de compresión pura. Se calcula mediante el ensayo de compresión axial sobre especímenes de mampostería (pilas). (Norma E.080, 2017, p. 16)

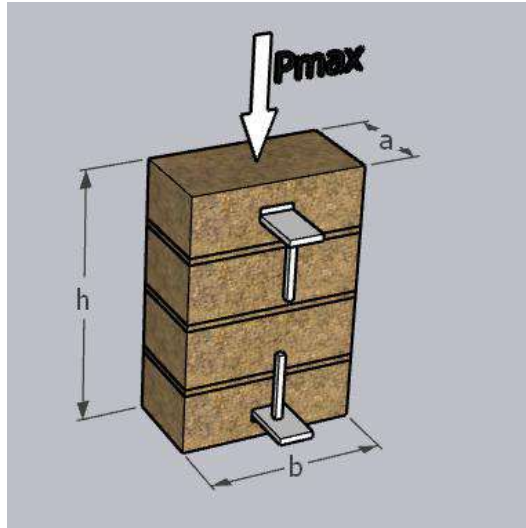


Figura 4. Compresión axial en pila

$$f_m = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima aplicada que resiste la pila (kg).

A : Área transversal (cm²).

2.2.6.2 Resistencia de la mampostería de adobe a compresión diagonal

Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de muretes de albañilería. La resistencia máxima a compresión diagonal de la mampostería de adobe es importante porque este valor caracteriza el comportamiento de los muros ante la acción de fuerzas laterales en su plano. Se calcula mediante el ensayo de compresión diagonal de muretes. (Norma E.080, 2017, p. 16)

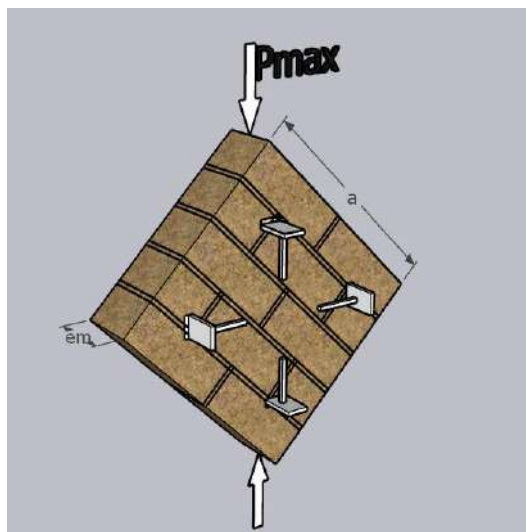


Figura 5. Compresión diagonal en murete

$$V_m = \frac{P_{max}}{2ae_m}$$

Donde:

V_m : Resistencia al corte (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima o carga de rotura (Kg).

a : Lado del murete (cm).

e_m : Espesor del murete (cm).

CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

La adición de fibra de caña de azúcar mejorara las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco.

3.1.2 Hipótesis Específicos

Hipótesis Específico 01:

La adición de la fibra de caña de azúcar mejorará las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, con la adición de 2%.

Hipótesis Específico 02:

La adición de la fibra de caña de azúcar mejorará las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, con la adición de 4%.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

3.2.1 Variables independientes

- ✓ Cantidad de fibra de caña de azúcar: 0%, 2% y 4%

3.2.2 Variables dependientes

- ✓ Propiedades de compresión axial.
- ✓ Propiedades de compresión diagonal.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

Operacionalización de variables

| Variables | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
|--|---|--|---|---------------------------|
| <p>Variable independiente:</p> <p>Cantidad de fibra de caña de azúcar</p> | <p>La fibra de caña de azúcar se extraerá del bagazo, esta es el resultado luego de la extracción del jugo azucarado que tiene la caña de azúcar.</p> <p>El bagazo de caña requiere de un tratamiento previo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección in situ (Comunidad de Pachachaca – Abancay). - Seccionamiento a 10cm del bagazo de caña de azúcar. - Saturación de bagazo seccionado. - Proceso de deshilachado para la obtención de la fibra para ello se utilizó equipo empírico de fabricación propia. - Secado a temperatura ambiente. | <p>Porcentaje de fibra de caña de azúcar</p> | <p>Porcentaje de 0%</p> <p>Porcentaje de 2%</p> <p>Porcentaje de 4%</p> | <p>Kg (kilogramos)</p> |
| <p>Variable dependiente:</p> <p>Resistencia a la compresión axial y diagonal</p> | <p>La resistencia de compresión axial y diagonal se obtendrá cuando dichas muestras serán sometidas a fuerzas mediante una maquina compresora</p> | <p>Resistencia a compresión axial y diagonal</p> | <p>Resistencia a compresión axial y diagonal con adición de 0%.</p> <p>Resistencia a compresión axial y diagonal con adición de 2%.</p> <p>Resistencia a compresión axial y diagonal con adición de 4%.</p> | <p>Kg/cm²</p> |

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

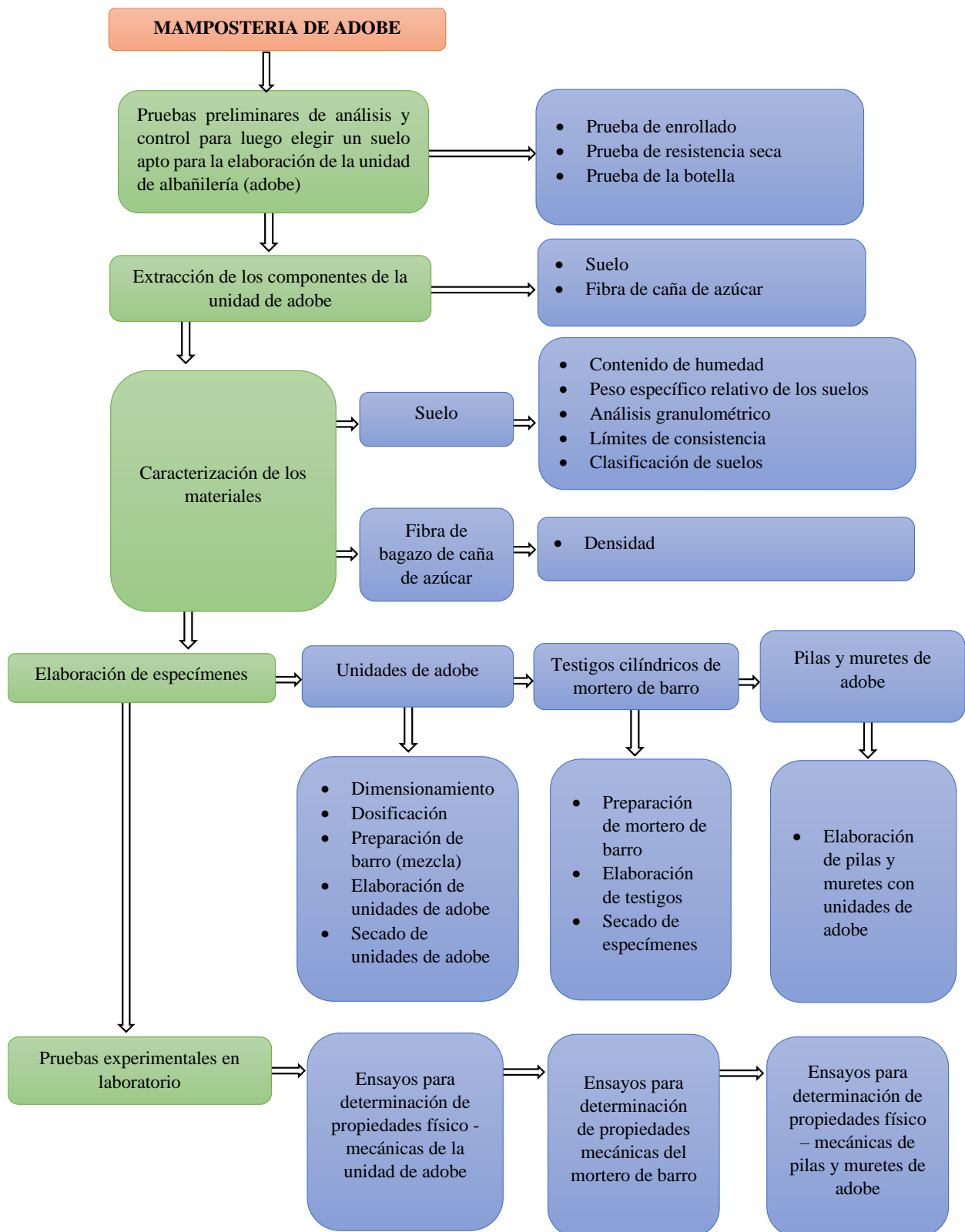
La investigación es aplicada tiene como objetivo principal la búsqueda y consolidación del saber, así como la aplicación de los conocimientos cultural y científico, que se pretende dar solución a un problema social con materiales propias de la zona. (Pimenta, 2017, p. 19)

4.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Cuyo diseño de estudio es netamente cuasi - experimental, “debido a la manipulación intencional de las variables independientes para lograr la medición y control de las variables dependientes” (Hernández, 2014, p. 184).

4.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

En efecto el presente trabajo de tesis es de tipo cuantitativo, en atención a los porcentajes de adición de la fibra de caña de azúcar. “Por la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico” (Hernández, 2014, p. 37).



Fuente: Elaboración propia

4.4 DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MUESTRA

Se realizaron pruebas en un total de 183 muestras, que incluyeron unidades de adobe, cilindros de mortero de barro de dimensiones 3" x 6" y 6" x 12", cubos de mortero, probetas de adherencia de dos y tres piezas, así como pilas y muretes. Las cuales se sometieron a diferentes pruebas. Se consideró realizar seis especímenes con adicción de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

Se elaboro 500 unidades de adobe ,18 cubos de 10cm de lado, 18 cilindros de 3" x 6" y 18 cilindros de 6" x 12". La cantidad de muestra se detallará en siguiente tabla.

Tabla 6*Descripción de la muestra y cuantificación de cada tipo de muestra.*

| ENSAYOS | ESPECIMEN | DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm) | N° DE MUESTRAS POR VARIABLE (% en relación con el volumen muestra) | | | N° MUESTRAS TOTALES |
|--|-----------|-----------------------------------|--|--------------------------|-------------|---------------------------|
| | | | 4% de paja | 2% de paja + 2% de fibra | 4% de fibra | |
| Variación dimensional | Adobe | 26x13x9 | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Adsorción | Adobe | 26x13x9 | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Resistencia compresión en cubos | Cubos | 10x10x10 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Resistencia a compresión | Adobe | 26x13x9 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Resistencia a tracción | Adobe | 26x13x9 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Resistencia del mortero a compresión | Cilindro | 7.62x15.24 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Resistencia a tracción indirecta | Cilindro | 15.24x30.48 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Ensayo de adherencia del mortero (2 und) | Pila | 26x30x13 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Ensayo de adherencia del mortero (3 und) | Pila | 26x19.5x13 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Resistencia a compresión axial | Pila | 37.5x26x9 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Resistencia a compresión diagonal | Murete | 51x51x13 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| NUMERO TOTAL DE MUESTRAS EN UNIDADES DE ADOBE | | | | | | 183 |

Fuente: Elaboración propia

4.5 ENSAYOS PRELIMINARES PARA SELECCIÓN DE SUELO ADECUADO PARA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE

En cuanto a la elección del suelo se consideró la tierra que está ubicada detrás del laboratorio de mecánicas de suelo de la Facultad de Ingeniería Civil (UNSAAC), una por la cercanía al laboratorio propiamente dicho y lo otro ya que este suelo tenía indicios de contener arcilla, pero ante todo ello se realizó las pruebas preliminares que indica la Norma E.080, para así validar las características de la tierra a utilizar, pruebas que se mencionan a continuación:

4.5.1 Prueba de cinta de barro

Se tomo una cantidad de tierra al cual se le mezclo con agua hasta que tenga una humedad que permitió hacer cilindros de 12mm de diámetro, colocando en una mano, se aplano poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. (Norma E.080, 2017, p. 19)

En este caso la cinta alcanzo una longitud de 10cm aproximadamente, que según los parámetros de la Norma E.080 se consideraría un suelo con poco contenido de arcilla.



Figura 6. Prueba de cinta de barro.

4.5.2 Prueba resistencia seca

La (Norma E.080, 2017) nos indica formar cuatro bolitas sobre las palmas de la mano con tierra de la zona agregándole una mínima cantidad de agua necesaria a cada bolita, dejar secar las cuatro bolitas por 48 horas, asegurándose que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrame de agua, etc. Una vez transcurrido las 48 horas se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano, en este caso el suelo seleccionado no se rompió el cual indica que contiene arcilla.



Figura 7. Prueba de resistencia seca

4.5.3 Prueba de botella

Consiste en tomar una cantidad de tierra en estado natural, para nuestro ensayo se tomó un cuarto de tierra de la capacidad de la probeta. Después de verter la tierra en la probeta se hecho agua hasta los tres cuartos partes de la capacidad de la probeta. Luego se procedió a sacudir por un tiempo necesario y se colocó en una superficie plana y nivelada para permitir que repose hasta que las partículas del suelo se reorganicen y el agua se cristalice. De esta manera, la materia orgánica queda flotando en la parte superior, seguida por la arcilla en la parte inferior, luego el limo por debajo y, finalmente, la arena en el fondo.

Luego, se procede a medir las longitudes de cada capa o estrato obtenido, y se cuantifican mediante porcentajes en relación con la longitud total del suelo vertido en la probeta.

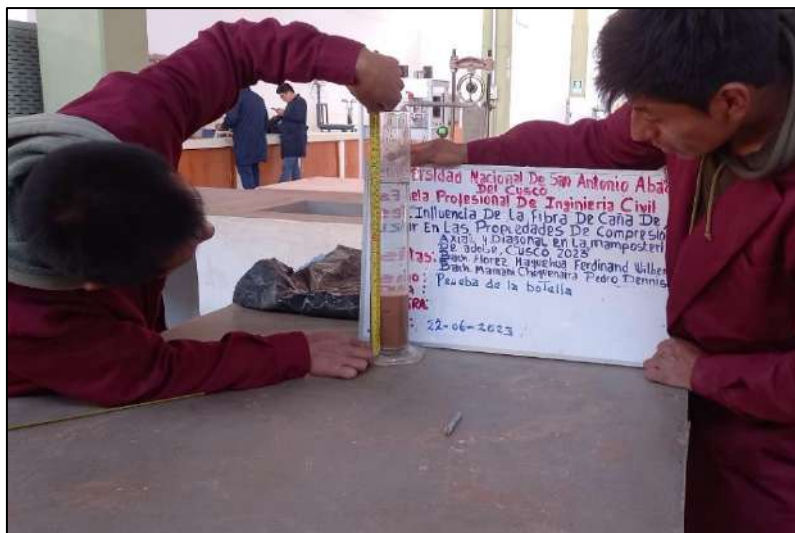


Figura 8. Prueba de botella



Figura 9. Medición de espesores de arcilla, limo y arena

Tabla 7

Porcentajes por tipos de suelos obtenidas por prueba de botella.

| Material | Longitud (cm) | Porcentaje | Norma E.080 | Cumple |
|----------|---------------|------------|-------------|--------|
| Arcilla | 2.4 | 24% | 10% - 20% | No |
| Limo | 1.8 | 18% | 15% - 25% | Si |
| Arena | 5.8 | 58% | 55% - 75% | Si |
| Total | 10 | 100% | 100% | Si |

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que el contenido de arcilla en porcentaje no está dentro de los parámetros indicados en la Norma E.080, se diría que tiene un contenido de arcilla relativamente alta, pero no muy lejano de los parámetros indicados y en cuanto al contenido de limo y arena estas sí se encuentran dentro de los parámetros ya mencionados.

Después de llevar a cabo las pruebas preliminares mencionadas, se concluyó que el suelo seleccionado es adecuado para la fabricación de unidades de adobe

4.5.4 Prueba de densidad

La densidad se refiere a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen. Se expresa como la masa dividida por el volumen. La fórmula general para la densidad (ρ) es:

$$\rho = m/v$$

Donde:

ρ = Es la densidad (kg/m³)

m = Es la masa (kg)

v = Es el volumen (m³)



Figura 10. La masa de la fibra de caña de azúcar medida a través de una balanza electrónica.



Figura 11. Variación de volumen de agua por adición de fibra de caña de azúcar



Figura 12. La masa de paja medida a través de una balanza electrónica.



Figura 13. Variación de volumen de agua por adición de paja.

Tabla 8

Densidad de paja y fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Volumen de agua en probeta sin adición (ml) | Volumen con adición (ml) | Variación de volumen(ml) | Peso(g) | Densidad(kg/m ³) |
|----------------------|---|--------------------------|--------------------------|---------|------------------------------|
| Paja | 600 | 635 | 35 | 15 | 428.57 |
| Fibra caña de azúcar | 600 | 645 | 45 | 15 | 333.33 |



Figura 14. Ensayo de peso unitario NTP.400.017.2011

Tabla 9

Densidad del suelo

| Datos | Resultados |
|--|------------|
| Peso molde (kg) | 6.40 |
| Peso molde (kg) + Peso suelo(kg) | 9.80 |
| Peso de suelo(kg) | 3.40 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2097.77 |
| Densidad del suelo(g/cm ³) | 1.62 |

Fuente: Elaboración propia

4.6 EXTRACCIÓN DE MUESTRA

4.6.1 Suelo

La tierra elegida para la elaboración de unidades de adobe se extrajo de la parte exterior de laboratorio Mecánica de Suelos y Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, por tal razón:

Primeramente, por la facilidad de extraer el suelo y por la cercanía para realizar los ensayos los pertinentes.

La extracción del suelo se realizó utilizando herramientas manuales de trabajo de pala y pico, seguidamente para almacenarla se colocó tela arpillera de polipropileno para evitar que el suelo se mezcle con materia inorgánicas y orgánicas.

Para producir la cantidad necesaria de unidades de adobe y mortero de barro, se llevó a cabo la extracción de 2 metros cúbicos de tierra.



Figura 15. Extracción y zarandeo de suelo para elaboración de unidades de adobe

4.6.2 Fibra de caña de azúcar

Para extraer la fibra de caña de azúcar, se siguieron los siguientes pasos:

Primero, se determinó el lugar donde abunda la caña de azúcar, para nuestro caso se escogió el Centro poblado de Pachachaca, Distrito de Abancay, Provincia de Abancay, en la región de Apurímac.

Segundo, se cortó las fibras de caña de azúcar en tamaños de 10cm con segadera y tijera.

Tercero, se procedió remojar la fibra de caña de azúcar por 24 horas para facilitar el deshilachado.

Cuarto, seguidamente se deshilachó la fibra de caña de azúcar con herramientas manuales que fueron elaborados de forma manual.

Quinto, se dejó secar las fibras de caña de azúcar por 48 horas, para elaborar las unidades de adobe se extrajo 12 kilos de fibra.



Figura 16. Bagazo de caña de azúcar sin deshilachado en situ.



Figura 17. Seccionamiento de fibra de caña de azúcar en 10cm



Figura 18. Fibra de caña de azúcar deshilachado.

4.7 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE ADOBES

4.7.1 Suelo

La composición del suelo y sus propiedades físicas dependen del lugar donde se elija el terreno para la producción de adobe; dicha selección se basa en ensayos de campo tradicionales. Puede estar formado por diferentes porcentajes de arcilla, limo y arena. Para identificar la composición del suelo y sus propiedades físicas, es esencial llevar a cabo los siguientes ensayos:

A. Contenido de humedad

“La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas” (Manual Ensayo de Materiales, 2016, p. 49).

a. Procedimiento de ensayo

Para determinar el contenido humedad se toma una porción muestra de suelo en estado natural y cuarteado, posteriormente se registran los pesos de cada capsula debidamente identificadas, en seguida se coloca la tierra en las capsulas y procede a pesar, seguidamente se coloca la muestra húmeda en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 horas, por último, se pesan las capsulas con las muestras seca del suelo.



Figura 19. Prueba de contenido de humedad del suelo.

b. Cálculo del contenido de humedad

El cálculo de contenido de humedad del suelo se procederá mediante la siguiente fórmula.

$$W = \frac{\text{Peso de agua} * 100}{\text{Peso de suelo secado al horno}}$$

Donde:

W = Contenido de humedad expresado en porcentaje (%).

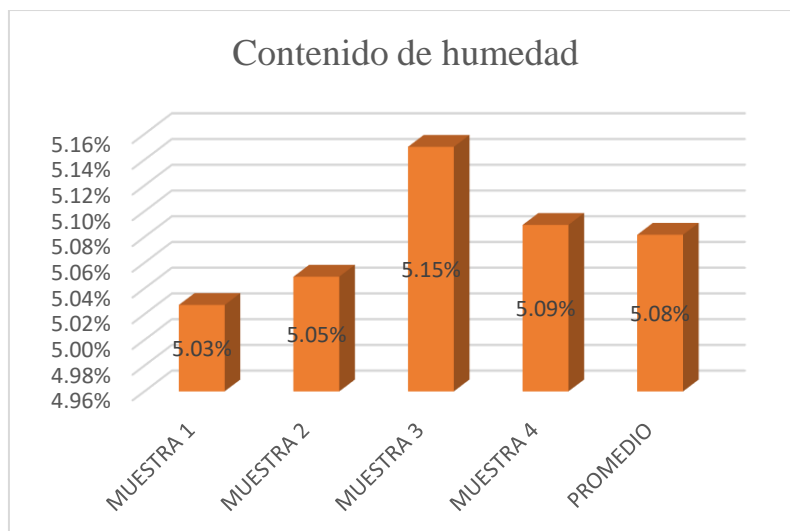


Figura 20. Contenido de humedad.

B. Peso específico relativo de los suelos

“El peso específico relativo de las partículas sólidas es la relación entre el peso en aire del volumen de un material, a una temperatura indicada y el peso en aire del volumen de agua a la misma temperatura” (Manual Ensayo de Materiales, 2016, p. 80).

a. Procedimiento de ensayo

Se procede a pesar una muestra de suelo que pasa el tamiz número N°4, para realizar nuestro ensayo se tomó 50g de muestra de suelo secado al horno por 24 horas. Seguidamente se procede a pesar el picnómetro con agua hasta la marca de aforado de 500ml. Se disminuye una cantidad de agua necesaria para que ingrese la muestra de tierra. Se somete a la bomba de vacíos para asegurar que no haya burbujas de aire. Seguidamente se llena agua con la pipeta hasta la marca de 500ml y se vuelve someter a la bomba de vacíos, finalmente se pesa el picnómetro con la muestra.



Figura 21. Ensayo de gravedad específica de suelo.

b. Cálculo del peso específico relativo del suelo

El cálculo del peso específico relativo del suelo se procederá mediante la siguiente formula:

$$G_s = \frac{W_s}{W_{fw} + W_s - W_{fsw}}$$

Donde:

G_s = Peso específico de las partículas sólidas del suelo.

W_s = Peso seco del suelo en gr.

W_{fw} = Peso del picnómetro + Peso del agua en gr.

W_{fsw} = Peso del picnómetro + Peso del suelo + Peso del agua en gr.

Tabla 10

Datos y resultados del ensayo de gravedad específica de suelo.

| MUESTRA | PRUEBA 01 | PRUEBA 02 | PRUEBA 03 | PROMEDIO |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|
| Peso suelo seco (gr) | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| Peso picnómetro + Agua (gr) | 678.83 | 643.36 | 643.56 | 655.25 |
| Peso picnómetro + Agua + Suelo seco (gr) | 709.7 | 674.55 | 672.4 | 685.55 |
| Peso específico | 2.61 | 2.66 | 2.36 | 2.54 |

Fuente: Elaboración propia

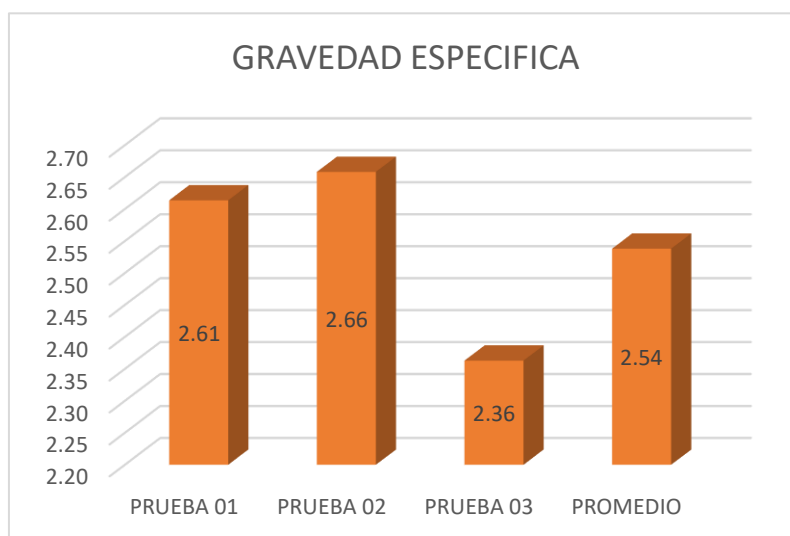


Figura 22. Gravedad específica de cada muestra y promedio de estas.

C. Análisis granulométrico por tamizado

Cuantificar la distribución del tamaño de las partículas del suelo que pasan a través de diferentes tamices, desde aberturas más grandes a más pequeñas, para determinar el porcentaje de suelo que pasa a través de diferentes tamices.

a. Procedimiento de ensayo

Se utiliza una cantidad representativa de muestra seca y, a continuación, se realiza el cuarteo de esta muestra, tomando una cuarta parte de la misma. Posteriormente, se pesa la cantidad necesaria de la muestra y se procede a lavarla para separar las partículas que pasan a través del tamiz N° 200. Luego, la muestra se coloca en un horno y se seca a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 horas. Una vez que la muestra está completamente seca, se lleva a cabo el tamizado correspondiente utilizando diferentes tamices. Finalmente, se pesa el material retenido en cada tamiz.



Figura 23. Ensayo de análisis granulométrico del suelo.

b. Análisis granulométrico de la muestra del suelo

La Norma E.080 (2017) nos indica que la unidad de adobe debe estar en el rango de arcilla 10% – 20%, limo 15% – 25%, arena 55% – 75%, si el suelo no se encuentra en los rangos establecidos se realiza una sus correcciones respectivas. Para llevar a cabo el análisis granulométrico, empleamos una muestra de suelo con un peso inicial de 800 gr. Inicialmente, se sometió la muestra a un proceso de lavado y posteriormente se secó en un horno durante 24 horas. Después de este periodo, se pesó la muestra, obteniendo un peso de suelo de 381.12 gr. A continuación, se llevó a cabo el tamizado, resultando en una pérdida de 6.09 gramos durante este proceso.

Tabla 11

Análisis granulométrico de la muestra de suelo

| Tamices | | Peso Retenido | Peso Retenido | % Retenido | % Retenido | % Que pasa |
|---------|-------|---------------|----------------|------------|------------|------------|
| (Pulg) | (mm) | (gr) | corregido (gr) | Parcial | Acumulado | |
| 3/4 | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8 | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| # 4 | 4.76 | 9.93 | 9.93 | 1.25% | 1.25% | 98.75% |
| # 10 | 2.360 | 42.27 | 42.270 | 5.32% | 6.58% | 93.42% |
| # 20 | 1.100 | 45.78 | 45.780 | 5.77% | 12.34% | 87.66% |
| # 40 | 0.590 | 37.92 | 37.920 | 4.78% | 17.12% | 82.88% |
| # 60 | 0.297 | 47.12 | 47.120 | 5.94% | 23.05% | 76.95% |
| # 100 | 0.149 | 60.15 | 60.150 | 7.58% | 30.63% | 69.37% |
| #200 | 0.075 | 82.47 | 82.470 | 10.39% | 41.02% | 58.98% |
| Cazuela | | 50.39 | 50.390 | 6.35% | 47.36% | 52.64% |
| Lavado | | - | 417.880 | 52.64% | 100.00% | 0.00% |
| Total | | | 793.91 | 100.00% | | |

Fuente: Elaboración propia.

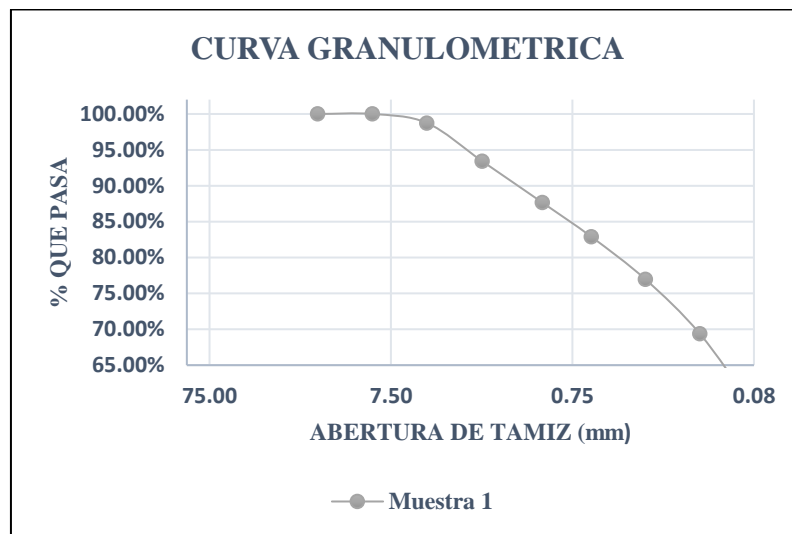


Figura 24. Curva granulométrica.

D. Límites de consistencia o Atterberg (límite líquido y límite plástico)

Los límites de Atterberg se definen como los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los estados de consistencia de un suelo de grano fino. Para nuestro caso estudiaremos límite líquido y límite plástico.

El límite líquido (LL): Es el contenido de humedad que debe tener el suelo para que pase de un estado líquido a un estado plástico.

El límite plástico (LP): Es el contenido de humedad que debe tener el suelo para que pase de un estado semisólido a plástico.

Índice de plasticidad (IP): Se refiere al rango de variación del contenido de humedad en el cual el suelo conserva su propiedad plástica. El índice de plasticidad se define como la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

a. Procedimiento de ensayo

En primer lugar, para determinar el límite líquido, se elige una muestra y se seca en el horno; si es necesario, se desagrega el material. Se obtiene una muestra de aproximadamente 250 gramos que pasa a través de la malla N°40. Luego, se coloca la muestra en un recipiente y se le agrega una pequeña cantidad de agua, mezclándola hasta que quede uniforme. Después, se coloca una porción de la mezcla en el centro de la cuchara de Casagrande y se enrasa a nivel de esta. Utilizando el acanalador, se divide la mezcla por el centro hasta lograr separarla en dos partes iguales. La altura del suelo debe igualar la altura de la cabeza del calador. Luego, se aplican y cuentan los golpes necesarios para cerrar la ranura, siendo la cantidad de golpes ideal entre 15 y 35. Se extrae una muestra de la mezcla, se pesa y se lleva al horno para determinar el contenido de humedad. Este procedimiento se repite para obtener al menos tres puntos de muestra; en este caso, se obtuvieron cuatro puntos, para finalmente determinar el contenido de humedad a los 25 golpes.

Para determinar el límite plástico, se utiliza el material seco que pasa a través del tamiz N°40. Se toma aproximadamente 30 gramos de este material y se le agrega agua hasta lograr una mezcla consistente, que pueda enrollarse sin adherirse a las manos. Este proceso se lleva a cabo sobre una placa de vidrio, mezclando y esparciendo la mezcla hasta alcanzar un contenido de agua que cumpla con los criterios mencionados anteriormente. Una vez obtenida la mezcla en su estado plástico, se toma una parte de esta, se coloca en una cápsula previamente pesada y se lleva al horno para determinar su contenido de humedad. Este procedimiento se repite para cuatro muestras.



Figura 25. Equipos para ensayo el límite líquido y plástico.



Figura 26. Ensayo de límite líquido.



Figura 27. Ensayo de limite plástico.

b. Cálculo de los límites de plasticidad

Los ensayos de límite de Atterberg se realizaron en base a la norma MTC E 111, se siguió los procedimientos indicados en dicha norma, se realizó los ensayos limite líquido, limite plástico y índice plasticidad del suelo seleccionado.

Se llevaron a cabo los ensayos de límites de Atterberg según la norma MTC E 111. A través de este ensayo y el análisis correspondiente, fue posible determinar el índice de plasticidad del suelo seleccionado. A continuación, se presentan las gráficas pertinentes al análisis de límites de plasticidad.

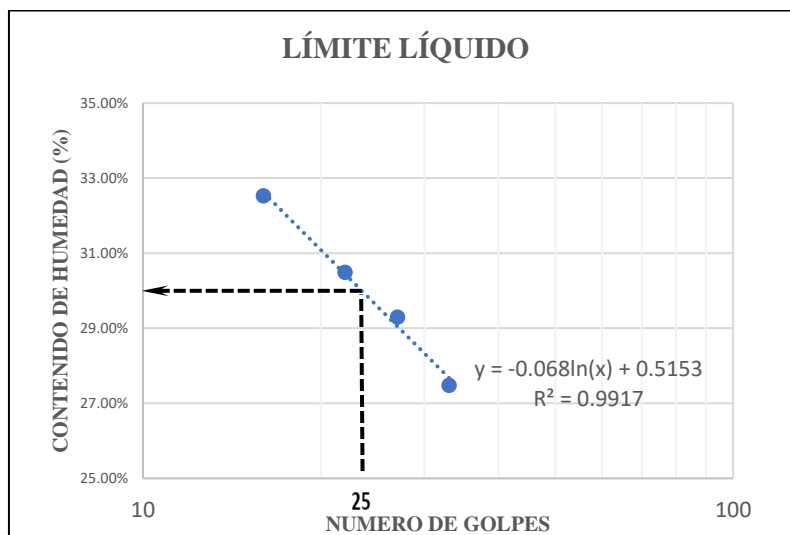


Figura 28. Grafica de limite líquido.

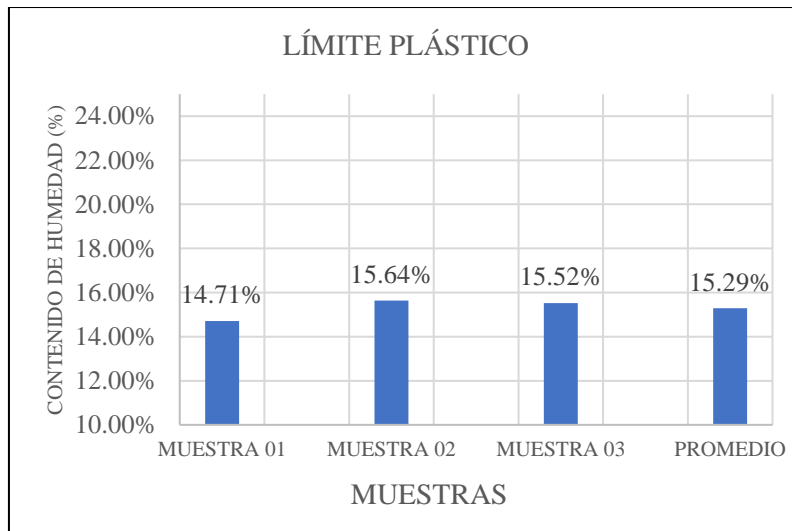


Figura 29. Grafica de contenido de humedad de limite plástico.

Tabla 12

Resumen de ensayo de limite líquido y plástico del suelo.

| LÍMITE DE ATTERBERG | |
|-------------------------|--------|
| Límite líquido = | 29.64% |
| Límite plástico = | 15.29% |
| Índice de plasticidad = | 14.35% |

Fuente: Elaboración propia.

E. Clasificación unificada de suelos (SUCS)

La categorización de los suelos se realizará de acuerdo con el sistema presentado en el cuadro. Este sistema de clasificación proporciona una estimación aproximada del comportamiento de los suelos. A continuación, se presenta una correlación entre los dos sistemas de clasificación, AASHTO y ASTM:

Tabla 13

Correlación de sistemas de clasificación AASHTO y ASTM

| Clasificación de suelos AASHTO | Clasificación de suelos ASTM |
|--------------------------------|------------------------------|
| A-1-a | GW, GP, GM, SW, SP, SM |
| A-1-b | GM, GP, SM, SP |
| A-2 | GM, GC, SM, SC |
| A-3 | SP |
| A-4 | CL, ML |
| A-5 | ML, MH, CH |
| A-6 | CL, CH |
| A-7 | OH, MH, CH |

Fuente: US Army Corps of Engineers

Habiendo establecido las características del suelo según los puntos anteriores, se procede a la clasificación del suelo, tomando en cuenta la granulometría, plasticidad e índice de grupo. En base a todo el procedimiento y de acuerdo con la clasificación SUCS, se llega a la conclusión de que nuestro suelo es Arcilla de baja plasticidad (CL); correlacionando esta clasificación con AASHTO, corresponde a A-4.

4.8 FABRICACIÓN DE ESPECÍMENES

Para la fabricación de unidades de adobe nos basaremos en la Norma E.080, donde nos indica los procedimientos a seguir para elaborar las unidades de adobe y los ensayos correspondientes que se debe realizar.

4.8.1 Unidades de adobe

En la fabricación de unidades de adobe se siguieron los siguientes procedimientos:

A. Dimensionamiento de los componentes de la unidad de adobe

La Norma E.080 (2017) donde indica que “La unidad de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho, la altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08m y 0.12m” (p. 19). para nuestra investigación las dimensiones de unidad de adobe fueron de 0.26m de largo, 0.13m de ancho y 0.09m de altura; los valores están dentro de los parámetros establecidos según la Norma E.080.

Se determino también la longitud de la fibra de caña de azúcar y de la paja, la longitud elegida para realizar nuestras unidades de adobe fue de 0.10m.



Figura 30. Extracción de ichu del cerro pikol.



Figura 31. Fibra de bagazo de caña de azúcar in situ (Pachachaca-Abancay).

B. Dosificación de los componentes para la preparación del barro

Para realizar nuestros ensayos se elaboraron en total 500 unidades de adobe, la distribución realizada fue en 3 porcentajes (4% de fibra de caña de azúcar, 2% de fibra de caña de azúcar + 2% de paja y 4% de paja) y manteniendo constante el peso del suelo, los porcentajes están relación al volumen absoluto de cada componente y el peso de la tierra.

Para determinar peso del suelo, fibra de caña de azúcar y de la paja, se realizó ensayos preliminares de ensayo de gravedad específica, ensayos de cálculos de densidad y peso unitarios para suelo. Con los resultados obtenidos se realiza el cálculo correspondiente el peso del suelo en kilogramos y así mismo cálculo de la cantidad necesaria de fibra de caña de azúcar y/o paja para cada porcentaje específico.

La Norma E.080 (2017) nos indica “La cantidad de agua requerida para moldear las unidades de adobe, no debe pasar el 20% respecto al peso del contenido seco” (p. 18), pero para nuestra fabricación de unidades de adobe, se incorporó un 27% en relación al peso seco.

A continuación, se proporcionará la información detallada sobre la dosificación en la tabla siguiente:

Tabla 14

Dosificación para cada porcentaje de muestra para elaboración de unidades de adobe

| Muestra | Peso de suelo para una unidad de adobe (g) | Fibra de caña de azúcar para una unidad de adobe (g) | Paja para una unidad de adobe (g) | Agua para una unidad de adobe al 27% del peso seco (g) |
|--|--|--|-----------------------------------|--|
| 4% de paja | 4730 | 0 | 52.14 | 1291.18 |
| 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 4730 | 20.28 | 26.07 | 1289.61 |
| 4% de fibra de caña de azúcar | 4730 | 40.56 | 0 | 1288.05 |

Fuente: Elaboración propia

C. Preparación del barro

Se realiza los siguientes procedimientos:

Primero, se pesa la cantidad de tierra necesaria para la fabricación de unidades de adobe en una balanza digital para cada porcentaje y de igual manera se pesa el 27% de agua de peso seco.

Segundo, se lleva a cabo la humectación del suelo con agua que representa el 20% de su peso seco. Este proceso se ejecuta sobre una superficie plástica con el fin de prevenir la pérdida de humedad. La combinación de los componentes se realiza mediante el empleo de herramientas manuales como pala y pico. Posteriormente, se procede a pisar la mezcla con los pies hasta lograr una uniformidad adecuada

Tercero, transcurrido 48 horas de humedecimiento de la tierra se adiciona 7% de agua restante, en seguida se desparrama la fibra de caña de azúcar y/o paja conjuntamente realizando el amasado con los pies por capas hasta que la mezcla quede homogénea, este proceso se realiza para los tres porcentajes.



Figura 32. Proceso de preparación de barro para elaborar unidades de adobe con adición con 4% de paja.



Figura 33. Proceso de preparación de barro para elaborar unidades de adobe con adición con 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 34. Proceso de preparación de barro para elaborar unidades de adobe con adición con 4% de fibra de caña de azúcar.

D. Elaboración de unidades de adobe

Luego de 48 horas de humedecimiento de la mezcla de barro, se procede a elaborar las unidades de adobe con dimensiones de 0.26m de largo, 0.13m de ancho y 0.09m de altura.

Las unidades de adobe se elaboran en una superficie plana, para nuestro caso se elaboró una plataforma de triplay fenólico. La adobera debe estar mojada sus lados interiores para evitar que se adhiera la unidad de adobe, en seguida se coloca la adobera sobre la plataforma y se coloca el barro con fuerza por porciones debe estar al ras de la adobera, emparejando la superficie usando una regla. Este procedimiento se repite para cada unidad de adobe.



Figura 35. Fabricación de unidades de adobe con adición de 4% de paja.



Figura 36. Elaboración de unidades de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 37. Elaboración de unidades de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

E. Secado de las unidades de adobe

El secado se realizó sobre una plataforma de triplay fenólico. La Norma E.080 (2017) nos indica que el tiempo de secado como mínimo es 28 días, este proceso de secado debe controlarse para asegurar una evaporación del agua a una velocidad muy baja, mientras la arcilla y barro se contraen con tendal de tela arpillera de polipropileno a una altura adecuada. En caso de que la contracción ocurra de manera demasiado rápida, se producen fisuras. También debe protegerse el secado brusco del sol, los vientos, las lluvias, dado que son causantes que degradan la calidad de la unidad de adobe.



Figura 38. Proceso de secado de unidades de adobe.

4.8.2 Testigos cilíndricos de mortero de barro

A. Preparación de mortero de barro

Los porcentajes de tierra y fibra de caña de azúcar y/o paja se mantienen iguales a los utilizados previamente en la elaboración de unidades de adobe. Asimismo, el tamaño de las fibras de caña de azúcar y/o paja se mantiene constante en 0.10 metros. se siguió el mismo procedimiento para elaboración de unidades de adobe.

B. Elaboración de testigos cilíndricos

Se elaboro en total 18 moldes de PVC de 3” pulgadas de diámetro y 6” de altura ,6 unidades para cada porcentaje. se acomodó la mezcla de barro en tres capas y dejando la parte superior nivelada al ras.

Se dejo secar en el molde por un periodo de 2 días y concluido los dos días se retiró el molde, dejando secar por 28 días como mínimo.



Figura 39. Elaboración de testigos de cilindros de 3"x6".



Figura 40. Secado de testigos de cilindro de 3"x6".

C. Probetas de tres piezas de adobe para prueba de adherencia de mortero

Se elaboro 6 muestras de 4% de fibra de caña de azúcar ,6 muestras de 2% de fibra de caña de azúcar más 2% de paja y 6 unidades de 4% de paja, siendo un total 18 muestras. Se elaboro probetas de tres piezas de adobe con mortero de 0.015m, al momento de colocar el segundo unidad de adobe debe sobresalir un tercio de área de contacto con el primer y el tercer adobe se nivela con el primer adobe. La elaboración de muestras nos basamos según Norma NMX-C-082-1974. El secado debe ser como mínimo 28 días.



Figura 41. Elaboración de probetas de tres piezas con adición de 4% de paja.



Figura 42. Elaboración de probetas de tres piezas con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 43. Elaboración de probetas de tres piezas con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

D. Probetas de dos piezas de adobe para prueba de adherencia de mortero

Se elaboro 6 muestras de 4% de fibra de caña de azúcar ,6 muestras de 2% de fibra de caña de azúcar + 2% de paja y 6 unidades de 4% de paja, siendo un total 18 muestras. Se elaboro probetas de dos piezas de adobe con mortero de 0.015m, al momento de colocar el segundo unidad de adobe debe estar alineado con la primera cara del primer adobe y el área de contacto entre los adobes es 100%. La elaboración de muestras nos basamos según Norma E.080. El secado debe ser como mínimo 28 días.



Figura 44. Proceso de hidratación de mortero.



Figura 45. Elaboración de probetas de dos piezas.

4.8.3 Pilas de mampostería de adobe

La Norma E.080 (2017) indica que la altura de la pila debe ser aproximadamente tres veces la menor dimensión de la base (p. 16). Para nuestro ensayo utilizamos cuatro unidades de adobes las cuales fueron colocadas con una junta de 1.5cm, para asentado de unidades de adobe utilizamos la herramienta manual de badilejo, para controlar la verticalidad y horizontalidad utilizamos plomada y nivel de mano. El secado de pilas es 28 días como mínimo.

En la parte superior de la pila, se añade una capa de capping con el objetivo de lograr una superficie plana y uniforme. Esto se realiza para garantizar que, durante la ejecución del ensayo, la carga se distribuya de manera homogénea.

Se elaboro 6 muestras de 4% de fibra de caña de azúcar ,6 muestras de 2% de fibra de caña de azúcar más 2% de paja y 6 unidades de 4% de paja, siendo un total 18 muestras.



Figura 46. Elaboración de pilas con adición de 4% de paja.



Figura 47. Elaboración de pilas con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar



Figura 48. Elaboración de pilas con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

4.8.4 Muretes de mampostería de adobe

Se elaboraron 18 muretes para cada porcentaje de dimensiones de 0.51m x 0.51m x 0.13m con juntas de 1.5cm. El asentado de unidades de adobe se realizó utilizando plomada y nivel de mano para controlar la horizontalidad y verticalidad, también se usó una regla madera para el alineamiento del asentado.

El periodo de secado de los muretes es como mínimo de 28 días y transcurridas los 28 días se coloca una capa de capping de yeso tipo II en el vértice donde se aplicará la carga, esta capa capping se realiza con la finalidad que al momento de aplicar la distribución de la carga sea uniforme.



Figura 49. Elaboración de muretes con adición de 4% de paja.



Figura 50. Elaboración de muretes con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 51. Elaboración de muretes con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

4.9 PROGRAMA DE ENSAYOS EXPERIMENTALES

4.9.1 Ensayos para determinar las propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe

A. Variación dimensional

a. Procedimiento de ensayo

La evaluación de la variación dimensional de las unidades de adobe se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas por la Norma NTP 399.613,1999. Las unidades de adobe se seleccionaron de forma aleatoria.

Las mediciones de las dimensiones (largo, ancho y altura) de las unidades de adobe en todas sus caras fueron realizadas utilizando un vernier. Este procedimiento se llevó a cabo para los tres porcentajes evaluados (4% de paja, 2% de paja +2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar).

Tabla 15

Muestras de unidades de adobe por tipo para variación dimensional.

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia.

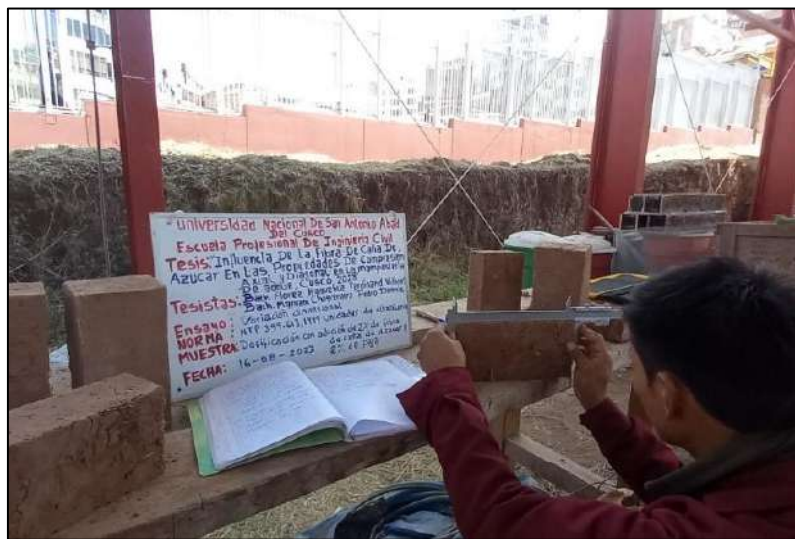


Figura 52. Medición de largo de la unidad de adobe.



Figura 53. Medición de ancho de la unidad de adobe.

b. Cálculo de variación dimensional

La variación dimensional de las unidades de adobe se calcula dividiendo "la diferencia entre la dimensión nominal y la dimensión promedio" entre "la dimensión nominal", y expresando el resultado como un porcentaje.

$$\% V = \frac{DN- DP}{DN} * 100$$

Donde:

% V = Variación dimensional

DN = Dimensión nominal

DP = Dimensión promedio

B. Absorción

a. Procedimiento de ensayo

Las unidades de adobe se tomaron al azar de cada tipo para realizar el ensayo, continuación se detallará en el siguiente cuadro.

Tabla 16

Muestras de unidades de adobe por tipo para ensayo de adsorción

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 54. Proceso de saturación con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

Las unidades de adobe se introducen en un horno a 110 ± 5 °C durante un período de 24 horas, en seguida se procede sumergir dentro de recipiente con agua.

b. Cálculo de la absorción

La determinación de la absorción de unidades de adobe se calcula dividiendo "La diferencia entre Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua y peso seco del espécimen" entre " Peso seco del espécimen ", y expresando el resultado como un porcentaje. (NTP 399.613, 2005, p. 9)

$$\text{Adsorción} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua.

C. Resistencia a compresión en unidades de adobe

a. Montaje e instrumentación

Se llevaron a cabo pruebas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC utilizando la máquina universal INSTROM. Se seleccionaron al azar 18 unidades de adobe para realizar el ensayo, y como resultado se obtuvo la relación entre la carga aplicada y el desplazamiento vertical. El ensayo se realizó con una velocidad constante de 375 kg/min.

Tabla 17*Muestras de unidades de adobe por tipo para ensayo de compresión*

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| | Total | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de unidades de adobe.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II ambas bases de la unidad de adobe, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, se colocó de forma centrada las unidades de adobe en máquina universal INSTROM.

Cuarto, se procede realizar el ensayo de compresión de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla.

El ensayo de compresión se realizó de acuerdo con las especificaciones establecidas en la Norma E.080.

c. Cálculo de la resistencia a compresión

La determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe implica la división de la carga máxima registrada en el instante de la falla entre la sección transversal del espécimen.

$$f_0 = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_0 = Resistencia a compresión (kg/cm²)

P_{max} = Carga máxima en el momento de falla (kg)

A = Área transversal (cm²)

D. Resistencia de compresión en cubos

El procedimiento de ensayo se realiza según. Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada.

Cubos de 10cm de lado para prueba de compresión.

Se elaboro 6 muestras de 4% de fibra de caña de azúcar ,6 muestras de 2% de fibra de caña de azúcar más 2% de paja y 6 unidades de 4% de paja, siendo un total 18 muestras. Se elaboro cubos de adobe de 10cm de lado y el secado debe ser como mínimo 28 días.

a. Montaje e instrumentación

Se llevaron a cabo pruebas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC, utilizando la máquina universal INSTROM, en 18 muestras de cubos de adobe de 10 cm de lado. Los resultados obtenidos representan la relación entre carga y desplazamiento vertical. El ensayo se llevó a cabo a una velocidad constante de 200 kg/min.

Tabla 18

Muestras de cubos de adobe para ensayo de compresión

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión en cubos de adobe de 10 cm de lado se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en la Norma E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada.

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de los cubos.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II a dos caras del cubo donde se apoyará el punto de cargas, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, se ubicó los cubos de adobe forma centrada y vertical para realizar el ensayo.

Cuarto, se procede realizar el ensayo de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla.

c. Cálculo de la resistencia en compresión en cubos de adobe

El esfuerzo de compresión en cubos se determinará dividiendo la carga máxima (P_{max}) registrada en el momento de la falla entre el área de aplicación de carga (S).

El cálculo del esfuerzo de adherencia se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$f_{o_c} = \frac{P_{max}}{L_p^2}$$

Donde:

f_{o_c} = Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm^2).

P_{max} = Carga máxima de falla (kg).

L_p = Lado promedio (cm)

E. Resistencia a tracción en unidades de adobe

a. Montaje e instrumentación

Se llevaron a cabo pruebas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC utilizando la máquina universal INSTRUM. Se seleccionaron al azar 18 unidades de adobe, y como resultado se obtuvo la relación entre la carga aplicada y el desplazamiento vertical. El ensayo se realizó a una velocidad constante de 50 kg/min.

Tabla 19

Muestras de unidades de adobe por tipo para ensayo de tracción.

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

La determinación de la resistencia a tracción de las unidades de adobe se llevará a cabo mediante el ensayo de flexión en tres puntos, también conocido como módulo de rotura. Este ensayo de tracción indirecta se realizará siguiendo las pautas establecidas en la norma ASTM C 67, que establece los métodos de prueba y evaluación para ladrillos de arcilla estructurales. A continuación, se presentará detalladamente el procedimiento desarrollado.

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de unidades de adobe.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II en la parte superior de la cara de la unidad de adobe donde se apoyará el punto de cargas, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, las unidades de adobe fueron posicionadas de manera centrada sobre los dos puntos de apoyo, asegurando que la longitud entre los apoyos en la base fuera de 22 cm y equidistante de los extremos.

Cuarto, se procede realizar el ensayo de compresión de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla.

c. Cálculo de la resistencia a tracción

La resistencia a la tracción de las unidades de adobe se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$f_t = \frac{1.5 (P_{max}.L)}{bB^2}$$

Donde:

f_t = Resistencia a tracción (kg/cm^2)

P_{max} = Carga máxima de falla (kg)

L = Longitud entre apoyos (cm)

b = Ancho del espécimen (cm)

B = Altura o esbeltez del espécimen (cm)

4.9.2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del mortero de barro

A. Resistencia del mortero a compresión

a. Montaje e instrumentación

Se llevaron a cabo pruebas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC, utilizando la máquina universal INSTROM, en 18 unidades de cilindros con un diámetro de 3 pulgadas y una altura de 6 pulgadas. Los resultados proporcionan la relación entre carga y desplazamiento vertical. El ensayo se realizó a una velocidad constante de 1 mm/min.

Tabla 20

Muestras de cilindros de 3"x 6" para ensayo de compresión

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| | Total | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión se llevó a cabo siguiendo las directrices de la NTP 399.613,2005, que describe el método de muestreo y ensayo aplicable a ladrillos de arcilla utilizados en albañilería.

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (diámetro y altura) de unidades de cilindro.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II ambas bases de la unidad de cilindro, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, se colocó de forma centrada las unidades de cilindro en máquina universal INSTROM.

Cuarto, se procede realizar el ensayo de compresión de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla, debidamente codificadas cada unidad de cilindro.

c. Cálculo de la resistencia del mortero a compresión

La resistencia a compresión de las unidades de adobe se calculará dividiendo la carga máxima registrada en el momento de la falla entre el área transversal del espécimen.

$$f_{o-mor} = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_{o-mor} = Resistencia a compresión (kg/cm²)

P_{max} = Carga máxima de falla del cilindro de mortero de barro(kg)

A = Área transversal cm²

B. Ensayo de adherencia del mortero de 3 unidades

Según Sandoval (2015), “La adherencia entre la superficie del ladrillo o adobe y el mortero de junta se debe a una atracción molecular físico - química cuando están en contacto íntimo, permitiendo que las unidades de albañilería funcionen de manera monolítica” (p. 17).

El procedimiento de ensayo se lleva a cabo de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-C-082-1974 para probetas de tres piezas de adobe utilizadas en la prueba de adherencia de mortero

Se elaboro 6 muestras de 4% de fibra de caña de azúcar ,6 muestras de 2% de fibra de caña de azúcar más 2% de paja y 6 unidades de 4% de paja, siendo un total 18 muestras. Se elaboro probetas de tres piezas de adobe con mortero de 1.5cm. Considerando que el área de contacto en el primer adobe y el segundo adobe es de dos tercios, de manera análoga, el área de contacto entre el segundo y el tercer adobe también representa dos tercios del área total de la unidad de adobe.

a. Montaje e instrumentación

Se realizaron ensayos a 18 muestras de probetas de adherencia (3 piezas) con una junta de mortero de 1.5cm en laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC en la maquina universal INSTRUM, lo cual nos proporciona como resultado carga vs desplazamiento vertical. El ensayo realizo con una velocidad constante de 0.75mm/min.

Tabla 21

Muestras de probetas de 3 piezas para ensayo de adherencia

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión en probetas de tres piezas se realizó en base a la Norma NMX-C-082-1974 “Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas”

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de las probetas.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II a tres caras de unidad de adobe donde se apoyará el punto de cargas, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, se ubicó las probetas de forma centrada y vertical para realizar el ensayo.

Cuarto, se procede realizar el ensayo de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla.

c. Cálculo del esfuerzo de adherencia del mortero

El esfuerzo de adherencia del mortero se calculará dividiendo la carga máxima (P_{max}) registrada en el momento de desprendimiento de las piezas entre el área de aplicación de la carga (S).

Cálculo del esfuerzo de adherencia se obtendrá con la siguiente formula:

$$f_{o_A} = \frac{3 P_{max}}{4aL}$$

Donde:

f_{o_A} = Esfuerzo de adherencia del mortero (kg/cm^2)

P_{max} = Carga máxima aplicada que logra desprendimiento de adobes (kg)

L = Largo del adobe (cm)

a = Ancho del adobe (cm)

C. Adherencia del mortero de 02 unidades

Según Sandoval (2015), “La adherencia entre la superficie del ladrillo o adobe y el mortero de junta se debe a una atracción molecular físico-química cuando están en contacto íntimo, permitiendo que las unidades de albañilería funcionen de manera monolítica” (p. 17).

El procedimiento de ensayo se realiza según. Norma E-0.80 diseño y construcción con tierra reforzada.

Probetas de 02 piezas de adobe para prueba de adherencia de mortero

Se elaboro 6 muestras de 4% de fibra de caña de azúcar ,6 muestras de 2% de fibra de caña de azúcar más 2% de paja y 6 unidades de 4% de paja, siendo un total 18 muestras. Se elaboro probetas de dos piezas de adobe con mortero de 1.5cm, siendo el área de contacto del primer y segundo adobe 100%, se nivela con el primer adobe y el secado debe ser como mínimo 28 días.

a. Montaje e instrumentación

Se realizaron ensayos a 18 muestras de probetas de adherencia (dos piezas) de 26cm de largo ,13cm de ancho, de 9cm de altura y con una junta de mortero de 1.5cm en laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC en la maquina universal INSTROM, lo cual nos proporciona como resultado carga vs desplazamiento vertical. El ensayo realizo con una velocidad constante de 0.45kg/min.

Tabla 22*Muestras de probetas de 3 piezas por tipo para ensayo de adherencia*

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| | Total | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión en probetas de dos piezas se llevó a cabo conforme a lo establecido en la Norma E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada).

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de las probetas.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II a dos caras de unidad de adobe donde se apoyará el punto de cargas, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, se ubicó las probetas de forma centrada y vertical, colocando madera de 1.5cmx1.5cm x15cm en la unión de la probeta tanto en la parte inferior y superior para realizar el ensayo.

Cuarto, se procede realizar el ensayo de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla.

c. Cálculo del esfuerzo de adherencia del mortero

El cálculo del esfuerzo de adherencia del mortero se realizará dividiendo la carga máxima (P_{max}) registrada en el momento de desprendimiento de las piezas entre el área de aplicación de carga (S).

Cálculo del esfuerzo de adherencia se obtendrá con la siguiente formula:

$$f_{o_A} = \frac{0.5 P_{max}}{ab}$$

Donde:

f_{o_A} = Esfuerzo de adherencia del mortero (kg/cm^2)

P_{max} = Carga máxima aplicada que logra el desprendimiento (kg)

a = Ancho del adobe (cm)

b = Largo del adobe (cm)

4.9.3 Ensayos para determinar las propiedades de la mampostería de adobe

A. Resistencia de la mampostería de adobe a compresión (ensayo de compresión axial en pilas)

a. Montaje e instrumentación

Se realizaron ensayos a 18 muestras de pilas de 40.5cm de altura ,13cm de ancho, de 9cm de altura y con una junta de mortero de 1.5cm en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería

Civil UNSAAC los cuales fueron realizados con un marco de carga metálica en el cual se le acoplo la celda de carga, la fuerza se aplicó mediante una gata hidráulica a una velocidad constante, dicho equipo nos proporciona como resultado carga vs desplazamiento vertical.

Tabla 23

Muestras de pilas de cada tipo para ensayo de compresión axial

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión axial en pilas de mampostería de adobe se efectuó de acuerdo con las indicaciones establecidas en la Norma E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada).

A continuación, se detallará el procedimiento desarrollado.

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de las pilas.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II a la base superior de la pila, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, Se instalaron topes de madera en el eje vertical del espécimen, asegurando que la distancia entre tope y tope fuera de 26 cm y estuviera equidistante a ambos extremos de la pila.

Cuarto, se colocó de forma centrada y vertical las pilas en la plataforma del equipo de ensayo.

Quinto, Se dispuso una placa metálica en la parte superior de la pila con el objetivo de distribuir de manera uniforme la carga sobre toda la superficie de contacto.

Sexto, Los diales digitales se colocaron de manera que estuvieran en contacto con los topes, permitiendo así el registro de las deformaciones.

Séptimo, se procede realizar el ensayo de compresión axial de forma perpendicular con una velocidad constante hasta el momento de falla, debidamente codificadas cada pila.

c. Cálculo de la resistencia a compresión axial en pilas.

La resistencia a la compresión axial de una pila (f_m) se determina dividiendo la carga máxima en el momento de la falla (P_{max}) entre el área transversal de la pila (A).

Cálculo de la resistencia a compresión axial en pilas se obtendrá con la siguiente formula:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_m = Resistencia a compresión axial (kg/cm²)

P_{max} = Carga máxima aplicada que resiste la pila (kg)

A = Área transversal cm^2

d. Cálculo del módulo de elasticidad

San Bartolomé, Quiun, & Silva (2018) señala lo siguiente:

Sobre la obtención del módulo de elasticidad de la mampostería de adobe. En su investigación, instrumentaron las pilas con dos diales digitales ubicados en la parte central y equidistantes de los extremos. El cálculo del módulo de elasticidad (E_m) se basa en la región más lineal o elástica de la gráfica carga (P) versus deformación (D), situada entre el 10% y el 50% de la carga en el punto de rotura. (p. 89)

El cálculo del módulo de elasticidad se realizará dividiendo el aumento del esfuerzo axial entre la deformación unitaria.

Esfuerzo axial $\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{A}$

Deformación unitaria asociada a la carga $\Delta\varepsilon = \frac{\Delta D}{L}$

Por lo tanto, el Módulo de Elasticidad será $E_m = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$

Donde:

$\Delta\sigma$ = Esfuerzo axial en el tramo elástico (kg/cm^2)

ΔP = Variación de fuerza en el tramo elástico(kg)

A = Area bruta cm^2

L = Longitud entre topes que se encuentran en contacto con los diales digitales (cm)

E_m = Modulo de elasticidad (kg/cm^2)

B. Resistencia de la mampostería de adobe a la tracción indirecta (ensayo de compresión diagonal de muretes)

a. Montaje e instrumentación

Se realizaron ensayos a 18 muestras de muretes de 51cm de lado, de 9cm de espesor y con una junta de mortero de 1.5cm en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UNSAAC los cuales fueron realizados con un marco de carga metálica en el cual se le acoplo la celda de carga, la fuerza se aplicó mediante una gata hidráulica a una velocidad constante, dicho equipo nos proporciona como resultado carga vs desplazamiento.

Tabla 24*Muestras de muretes por tipo para ensayo de tracción indirecta*

| | % Paja | % Fibra | Cantidad de muestra |
|--------|--------|---------|---------------------|
| Tipo 1 | 0.04 | - | 6 |
| Tipo 2 | 0.02 | 0.02 | 6 |
| Tipo 3 | - | 0.04 | 6 |
| Total | | | 18 |

Fuente: Elaboración propia

b. Procedimiento de ensayo

Se realizó según la Norma E.080 (2017) para efectuar el ensayo de compresión axial en pilas de mampostería de adobe.

A continuación, se detallará el procedimiento desarrollado.

Primero, se realizó dimensionamiento de longitudes (ancho, largo y altura) de los muretes.

Segundo, se realizó un capping con yeso tipo II a un vértice del murete, para que al momento de ensayar la carga este uniformemente distribuida.

Tercero, se colocó cuatro topes de madera en las diagonales equidistantes a los extremos, de manera que la distancia entre tope a tope sea de 28cm.

Cuarto, se instaló cuatro diales en los topes de madera y una celda de carga para el almacenamiento de deformaciones y cargas.

Quinto, se colocó una escuadra metálica en el vértice superior del murete con la finalidad de uniformizar la carga sobre toda la superficie de contacto al momento del ensayo.

Sexto, se procede realizar el ensayo de compresión diagonal con una velocidad constante hasta el momento de falla, debidamente codificadas cada pila.

Séptimo, los datos de las deformaciones y cargas fueron almacenadas en la celda de carga.

c. Cálculo de la resistencia a compresión diagonal en muretes

La determinación de la resistencia a tracción indirecta de la mampostería de adobe, mediante el ensayo de compresión diagonal en muretes, se logra dividiendo la carga máxima o carga de rotura entre el área neta del espécimen.

La determinación del esfuerzo de corte en pequeños muros está especificada en la Norma E.080 "Diseño y Construcción con tierra reforzada".

Este cálculo se lleva a cabo utilizando la siguiente expresión:

$$V_m = \frac{P_{max}}{2ae_m}$$

Donde:

V_m = Resistencia al corte (kg/cm²)

P_{max} = Carga máxima o carga de rotura (kg)

a = Lado del murete (cm)

e_m = Espesor del murete (cm)

d. Cálculo del módulo de corte

Según San Bartolomé, Quiun, & Silva (2018) señala lo siguiente:

Sobre la obtención del módulo de corte de la mampostería de adobe, instrumentando los muretes con cuatro diales digitales colocados en los ejes diagonales y de manera equidistante de las esquinas. El cálculo del módulo de corte (G_m) implica trabajar con la parte más lineal o elástica de la gráfica carga (P) versus deformación (D), situada entre el 10% y el 50% de la carga en el punto de rotura. (p. 93)

El cálculo del módulo de corte se realizará al dividir el aumento del esfuerzo de corte entre la deformación angular.

Variación de carga en la zona lineal

$$\Delta P = P(50\%) - P(10\%)$$

Esfuerzo cortante

$$\Delta V_m = \frac{\Delta P}{A} = \frac{\Delta P}{2ae_m}$$

Variación de desplazamiento en la zona lineal

$$\Delta D = D(50\%) - D(10\%)$$

Deformación unitaria asociada a G_m de los diales:

Deformación angular (Y)

$$Y = \varepsilon_V + \varepsilon_H$$

Por lo tanto, el módulo de corte (G_m), se obtendrá con la siguiente expresión:

$$G_m = \frac{\Delta V_m}{Y}$$

Donde:

P (10%): Carga aplicada al 10% de la carga máxima al momento de rotura (kg)

P (50%): Carga aplicada al 50% de la carga máxima al momento de rotura (kg).

D (10%): Desplazamiento que corresponde al 10% de la carga máxima al momento de rotura (mm).

D (50%): Desplazamiento que corresponde al 50% de la carga máxima al momento de rotura (mm).

L : Distancia entre los diales (cm).

A : Lado del murete (cm).

e_m : Espesor del murete (cm).

ε_v : Deformación unitaria vertical (mm/mm).

ε_H : Deformación unitaria horizontal (mm/mm).

CAPITULO V: SISTEMATIZACIÓN DE DATOS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

5.1 UNIDAD DE ADOBE

5.1.1 Variación dimensional

A continuación, se muestra resultados de las mediciones realizados.

Tabla 25

Ensayo variación dimensional de 4% de paja

| Muestr a | Longitud (cm) | | | | | Ancho (cm) | | | | | Altura (cm) | | | | | |
|-------------------------|---------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--|
| | Med. L1 | Med. L2 | Med. L3 | Med. L4 | Promedi o | Med. A1 | Med. A2 | Med. A3 | Med. A4 | Promedi o | Med. AL1 | Med. AL2 | Med. AL3 | Med.AL 4 | Promedi o | |
| 1 | 24.89 | 24.85 | 24.92 | 24.86 | 24.88 | 12.24 | 12.25 | 12.23 | 12.24 | 12.24 | 8.82 | 8.87 | 8.81 | 8.88 | 8.85 | |
| 2 | 24.87 | 24.85 | 24.88 | 24.94 | 24.89 | 12.27 | 12.26 | 12.23 | 12.26 | 12.26 | 8.89 | 8.87 | 8.87 | 8.84 | 8.87 | |
| 3 | 24.88 | 24.89 | 24.88 | 24.84 | 24.87 | 12.24 | 12.22 | 12.19 | 12.25 | 12.23 | 8.83 | 8.84 | 8.89 | 8.86 | 8.86 | |
| 4 | 24.75 | 25.11 | 24.83 | 24.85 | 24.89 | 12.23 | 12.24 | 12.25 | 12.27 | 12.25 | 8.82 | 8.85 | 8.87 | 8.85 | 8.85 | |
| PROMEDIO DE DIMENSIONES | | | | | 24.88 | | | | | | 12.24 | | | | | |
| DIMENSIÓN NOMINAL | | | | | 26.00 | | | | | | 13.00 | | | | | |
| VARIACIÓN DIMENSIONAL | | | | | 4.31% | | | | | | 5.83% | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de variación dimensional de 4% de paja son:

- ✓ La variación dimensional promedio de longitud es de 4.31%
- ✓ La variación dimensional promedio de ancho es de 5.83%
- ✓ La variación dimensional promedio de altura es de 1.63%

Tabla 26

Ensayo variación dimensional de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Muestr a | Largo (cm) | | | | | Ancho (cm) | | | | | Altura (cm) | | | | | |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--|
| | Med. L1 | Med. L2 | Med. L3 | Med. L4 | Promedi o | Med. A1 | Med. A2 | Med. A3 | Med. A4 | Promedi o | Med. AL1 | Med. AL2 | Med. AL3 | Med. AL4 | Promedi o | |
| 1 | 24.8 | 24.88 | 24.89 | 24.87 | 24.86 | 12.18 | 12.17 | 12.21 | 12.19 | 12.19 | 8.82 | 8.79 | 8.81 | 8.83 | 8.81 | |
| 2 | 24.91 | 24.87 | 24.86 | 24.83 | 24.87 | 12.21 | 12.19 | 12.16 | 12.22 | 12.20 | 8.76 | 8.87 | 8.78 | 8.77 | 8.80 | |
| 3 | 24.88 | 24.85 | 24.85 | 24.82 | 24.85 | 12.17 | 12.19 | 12.18 | 12.16 | 12.18 | 8.78 | 8.81 | 8.77 | 8.82 | 8.80 | |
| 4 | 24.84 | 24.85 | 24.83 | 24.86 | 24.85 | 12.21 | 12.18 | 12.23 | 12.22 | 12.21 | 8.82 | 8.85 | 8.79 | 8.77 | 8.81 | |
| PROMEDIO DE DIMENSIONES | | | | | 24.86 | | | | | | 12.19 | | | | | |
| DIMENSIÓN NOMINAL | | | | | 26.00 | | | | | | 13.00 | | | | | |
| VARIACIÓN DIMENSIONAL | | | | | 4.40% | | | | | | 6.22% | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de variación dimensional de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ La variación dimensional promedio de longitud es de 4.40%
- ✓ La variación dimensional promedio de ancho es de 6.22%
- ✓ La variación dimensional promedio de altura es de 2.19%

Tabla 27*Ensayo variación dimensional 4% de fibra de caña de azúcar.*

| Muestra | Largo (cm) | | | | | Ancho (cm) | | | | | Altura (cm) | | | | | |
|-------------------------|------------|---------|---------|---------|----------|------------|---------|---------|---------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|--|
| | Med. L1 | Med. L2 | Med. L3 | Med. L4 | Promedio | Med. A1 | Med. A2 | Med. A3 | Med. A4 | Promedio | Med. AL1 | Med. AL2 | Med. AL3 | Med. AL4 | Promedio | |
| 1 | 24.63 | 24.64 | 24.59 | 24.61 | 24.62 | 12.00 | 12.10 | 12.22 | 12.11 | 12.11 | 8.8 | 8.78 | 8.63 | 8.79 | 8.75 | |
| 2 | 24.59 | 24.58 | 24.61 | 24.63 | 24.60 | 12.11 | 12.14 | 12.10 | 12.12 | 12.12 | 8.76 | 8.83 | 8.72 | 8.71 | 8.76 | |
| 3 | 24.57 | 24.55 | 24.61 | 24.58 | 24.58 | 12.12 | 12.11 | 12.13 | 11.99 | 12.09 | 8.77 | 8.83 | 8.75 | 8.67 | 8.76 | |
| 4 | 24.61 | 24.63 | 24.62 | 24.54 | 24.60 | 12.13 | 12.16 | 12.11 | 12.13 | 12.13 | 8.74 | 8.73 | 8.7 | 8.81 | 8.75 | |
| PROMEDIO DE DIMENSIONES | | | | | 24.60 | | | | | | 12.11 | | | | | |
| DIMENSIÓN NOMINAL | | | | | 26.00 | | | | | | 13.00 | | | | | |
| VARIACIÓN DIMENSIONAL | | | | | 5.39% | | | | | | 6.84% | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de variación dimensional 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ La variación dimensional promedio de longitud es de 5.39%
- ✓ La variación dimensional promedio de ancho es de 6.84%
- ✓ La variación dimensional promedio de altura es de 2.76%

5.1.2 Absorción

A continuación, se muestra resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 28

Ensayo de absorción de unidad de adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Adobe | Muestra | Peso seco Wd (gr) | Tiempo de absorción (min) | Peso saturado Ws (gr) |
|--|---------|----------------------|------------------------------|--|
| 4% de paja | M - 01 | 4623.38 | 39 | No se realizó peso saturado debido a que la unidad de adobe se desintegro. |
| | M - 02 | 4620.83 | 40 | |
| | M - 03 | 4645.42 | 39 | |
| 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | M - 01 | 4417.04 | 47 | No se realizó peso saturado debido a que la unidad de adobe se desintegro. |
| | M - 02 | 4360.49 | 46 | |
| | M - 03 | 4322.65 | 47 | |
| 4% de fibra de caña de azúcar | M - 01 | 4433.15 | 90 | No se realizó peso saturado debido a que la unidad de adobe se desintegro. |
| | M - 02 | 4416.82 | 88 | |
| | M - 03 | 4443.45 | 90 | |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ensayo de absorción de unidad de adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de paja se desintegro en menos de 40min.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar se desintegro en menos de 47min.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar se desintegro en menos de 90min.

5.1.3 Resistencia a la Compresión

A continuación, se muestra resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 29

Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe con adición 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|----------|------------------|-------|--------|------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho | Altura | | | |
| M1 4P 01 | 24.85 | 12.26 | 8.88 | 108.87 | 1049.15 | 9.64 |
| M1 4P 02 | 24.85 | 12.25 | 8.87 | 108.66 | 954.81 | 8.79 |
| M1 4P 03 | 24.87 | 12.27 | 8.89 | 109.08 | 988.37 | 9.06 |
| M1 4P 04 | 24.88 | 12.24 | 8.83 | 108.08 | 1555.36 | 14.39 |
| M1 4P 05 | 24.84 | 12.26 | 8.87 | 108.75 | 1263.25 | 11.62 |
| M1 4P 06 | 24.85 | 12.27 | 8.85 | 108.59 | 953.45 | 8.78 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe con adición 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|---|------------------|-------|--------|------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho | Altura | | | |
| M1 4P 01 | 24.85 | 12.26 | 8.88 | 108.87 | 1049.15 | 9.64 |
| M1 4P 02 | 24.85 | 12.25 | 8.87 | 108.66 | 954.81 | 8.79 |
| M1 4P 03 | 24.87 | 12.27 | 8.89 | 109.08 | 988.37 | 9.06 |
| M1 4P 06 | 24.85 | 12.27 | 8.85 | 108.59 | 953.45 | 8.78 |
| Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | | 9.07 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | | 0.40 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | | 4.44% |
| Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) | | | | | | 8.66 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe con adición 4% de paja son:

- ✓ Resistencia compresión promedio de la unidad de adobe es de 9.07 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe es de 0.40
- ✓ Coeficiente de variación de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe es de 4.44%
- ✓ Resistencia característica de la unidad de adobe es de 8.66 kg/cm²

Tabla 31

Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|------------|------------------|-------|--------|------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho | Altura | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.8 | 12.19 | 8.82 | 107.52 | 1069.11 | 9.94 |
| M2 2P2F 02 | 24.91 | 12.21 | 8.76 | 106.96 | 1322.21 | 12.36 |
| M2 2P2F 03 | 24.87 | 12.19 | 8.83 | 107.64 | 1153.48 | 10.72 |
| M2 2P2F 04 | 24.83 | 12.23 | 8.79 | 107.50 | 809.66 | 7.53 |
| M2 2P2F 05 | 24.85 | 12.18 | 8.91 | 108.52 | 1241.93 | 11.44 |
| M2 2P2F 06 | 24.83 | 12.21 | 8.79 | 107.33 | 1121.27 | 10.45 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|---|------------------|-------|--------|------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho | Altura | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.8 | 12.19 | 8.82 | 107.52 | 1069.11 | 9.94 |
| M2 2P2F 03 | 24.87 | 12.19 | 8.83 | 107.64 | 1153.48 | 10.72 |
| M2 2P2F 05 | 24.85 | 12.18 | 8.91 | 108.52 | 1241.93 | 11.44 |
| M2 2P2F 06 | 24.83 | 12.21 | 8.79 | 107.33 | 1121.27 | 10.45 |
| Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | | 10.64 |
| desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | | 0.63 |
| coeficiente de variación (dispersión) | | | | | | 5.88% |
| resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) | | | | | | 10.01 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Resistencia compresión promedio de la unidad de adobe es de 10.64 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe es de 0.63
- ✓ Coeficiente de variación de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe es de 5.58%
- ✓ Resistencia característica de la unidad de adobe es de 10.01 kg/cm²

Tabla 33*Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar*

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|------------|------------------|-------|--------|------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho | Altura | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.63 | 12.1 | 8.79 | 106.36 | 2076.99 | 19.53 |
| M2 2P2F 02 | 24.58 | 12.14 | 8.83 | 107.20 | 2616.76 | 24.41 |
| M2 2P2F 03 | 24.57 | 12.12 | 8.77 | 106.29 | 2287.00 | 21.52 |
| M2 2P2F 04 | 24.55 | 12.12 | 8.84 | 107.14 | 2174.96 | 20.30 |
| M2 2P2F 05 | 24.61 | 12.13 | 8.74 | 106.02 | 2037.53 | 19.22 |
| M2 2P2F 06 | 24.54 | 12.13 | 8.81 | 106.87 | 2420.36 | 22.65 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34*Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar.*

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|---|------------------|-------|--------|------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho | Altura | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.63 | 12.1 | 8.79 | 106.36 | 2076.99 | 19.53 |
| M2 2P2F 03 | 24.57 | 12.12 | 8.77 | 106.29 | 2287.00 | 21.52 |
| M2 2P2F 04 | 24.55 | 12.12 | 8.84 | 107.14 | 2174.96 | 20.30 |
| M2 2P2F 06 | 24.54 | 12.13 | 8.81 | 106.87 | 2420.36 | 22.65 |
| Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | | 21.00 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | | 1.37 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | | 6.53% |
| Resistencia característica $f'o$ (kg/cm ²) | | | | | | 19.63 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Resistencia compresión promedio de la unidad de adobe es de 21.00 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe es de 1.37
- ✓ Coeficiente de variación de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe es de 6.53%
- ✓ Resistencia característica de la unidad de adobe es de 19.63 kg/cm²

Tabla 35

Resumen de los promedios resistencia a la compresión de unidades de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (dispersión) | Resistencia característica f'ó (kg/cm ²) |
|---------|---|--|--|--|
| 1 | 9.07 | 0.40 | 4.44% | 8.66 |
| 2 | 10.64 | 0.63 | 5.88% | 10.01 |
| 3 | 21.00 | 1.37 | 6.53% | 19.63 |

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Resistencia a la Tracción o Flexión en unidades de adobe.

A continuación, se muestra resultados de los ensayos realizados.

Tabla 36

Ensayo resistencia a la tracción de unidades de adobe con adición de 4% de paja

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Longitud entre apoyos(L) (cm) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|----------|------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho(b) | Altura(B) | | | |
| M1 4P 01 | 24.85 | 12.25 | 8.87 | 22.00 | 162.39 | 5.56 |
| M1 4P 02 | 24.85 | 12.26 | 8.87 | 22.00 | 221.35 | 7.57 |
| M1 4P 03 | 24.87 | 12.27 | 8.89 | 22.00 | 189.60 | 6.45 |
| M1 4P 04 | 24.88 | 12.24 | 8.83 | 22.00 | 174.63 | 6.04 |
| M1 4P 05 | 24.84 | 12.25 | 8.86 | 22.00 | 254.47 | 8.73 |
| M1 4P 06 | 24.85 | 12.27 | 8.85 | 22.00 | 159.21 | 5.47 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe con adición de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Longitud entre apoyos(L) (cm) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|---|------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho(b) | Altura(B) | | | |
| M1 4P 01 | 24.85 | 12.25 | 8.87 | 22.00 | 162.39 | 5.56 |
| M1 4P 02 | 24.85 | 12.26 | 8.87 | 22.00 | 221.35 | 7.57 |
| M1 4P 03 | 24.87 | 12.27 | 8.89 | 22.00 | 189.60 | 6.45 |
| M1 4P 04 | 24.88 | 12.24 | 8.83 | 22.00 | 174.63 | 6.04 |
| Resistencia a tracción promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | | 6.41 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | | 0.86 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | | 13.41% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | | 5.55 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la tracción de unidades adobe con adición de 4% de paja son:

- ✓ Resistencia a la tracción promedio de la unidad de adobe es de 6.41 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de la tracción de la unidad de adobe es de 0.86
- ✓ Coeficiente de variación de la tracción de la unidad de adobe es de 13.41%
- ✓ Resistencia característica de la unidad de adobe es de 5.55 kg/cm²

Tabla 38

Ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Longitud entre apoyos(L) (cm) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|------------|------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho(b) | Altura(B) | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.8 | 12.18 | 8.82 | 22.00 | 209.11 | 7.28 |
| M2 2P2F 02 | 24.91 | 12.21 | 8.76 | 22.00 | 260.82 | 9.19 |
| M2 2P2F 03 | 24.87 | 12.19 | 8.83 | 22.00 | 229.52 | 7.97 |
| M2 2P2F 04 | 24.83 | 12.22 | 8.78 | 22.00 | 170.10 | 5.96 |
| M2 2P2F 05 | 24.85 | 12.18 | 8.91 | 22.00 | 175.09 | 5.98 |
| M2 2P2F 06 | 24.83 | 12.23 | 8.79 | 22.00 | 209.56 | 7.32 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Longitud entre apoyos(L) (cm) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|---|------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho(b) | Altura(B) | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.8 | 12.18 | 8.82 | 22.00 | 209.11 | 7.28 |
| M2 2P2F 02 | 24.91 | 12.21 | 8.76 | 22.00 | 260.82 | 9.19 |
| M2 2P2F 03 | 24.87 | 12.19 | 8.83 | 22.00 | 229.52 | 7.97 |
| M2 2P2F 06 | 24.83 | 12.23 | 8.79 | 22.00 | 209.56 | 7.32 |
| Resistencia a tracción promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | | 7.94 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | | 0.89 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | | 11.20% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | | 7.05 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Resistencia a la tracción promedio de la unidad de adobe es de 7.94 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de la tracción de la unidad de adobe es de 0.89
- ✓ Coeficiente de variación de la tracción de la unidad de adobe es de 11.20%
- ✓ Resistencia característica de la unidad de adobe es de 7.05 kg/cm²

Tabla 40

Ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Longitud entre apoyos(L) (cm) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|----------|------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho(b) | Altura(B) | | | |
| M3 4F 01 | 24.63 | 12.00 | 8.8 | 22.00 | 285.31 | 10.13 |
| M3 4F 02 | 24.58 | 12.14 | 8.83 | 22.00 | 390.54 | 13.62 |
| M3 4F 03 | 24.57 | 12.12 | 8.77 | 22.00 | 236.78 | 8.38 |
| M3 4F 04 | 24.55 | 12.11 | 8.74 | 22.00 | 315.70 | 11.26 |
| M3 4F 05 | 24.61 | 12.13 | 8.74 | 22.00 | 339.29 | 12.08 |
| M3 4F 06 | 24.54 | 12.13 | 8.81 | 22.00 | 441.80 | 15.49 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones (cm) | | | Longitud entre apoyos(L) (cm) | Carga máxima(kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|---|------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------------|---|
| | Largo | Ancho(b) | Altura(B) | | | |
| M3 4F 01 | 24.63 | 12.00 | 8.8 | 22.00 | 285.31 | 10.13 |
| M3 4F 02 | 24.58 | 12.14 | 8.83 | 22.00 | 390.54 | 13.62 |
| M3 4F 04 | 24.55 | 12.11 | 8.74 | 22.00 | 315.70 | 11.26 |
| M3 4F 05 | 24.61 | 12.13 | 8.74 | 22.00 | 339.29 | 12.08 |
| Resistencia a tracción promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | | 11.77 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | | 1.47 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | | 12.45% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | | 10.31 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la tracción de unidades de adobe 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Resistencia a la tracción promedio de la unidad de adobe es de 11.77 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de la tracción de la unidad de adobe es de 1.47
- ✓ Coeficiente de variación de la tracción de la unidad de adobe es de 12.45%
- ✓ Resistencia característica de la unidad de adobe es de 10.31 kg/cm²

Tabla 42

Resumen de los promedios de resistencia a tracción de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coeficiente de variación (dispersión) | Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) |
|---------|---|--|---------------------------------------|---|
| 1 | 6.41 | 0.86 | 13.41% | 5.55 |
| 2 | 7.94 | 0.89 | 11.20% | 7.05 |
| 3 | 11.77 | 1.47 | 12.45% | 10.31 |

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Resistencia a la Compresión en Cubos

A continuación, se muestra resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 43

Ensayo de 6 muestras de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|------------------------|---------------------|--|
| | Lado(L) | Área(cm ²) | | |
| M3 4F 01 | 9.35 | 87.47 | 2155.92 | 24.65 |
| M3 4F 02 | 9.31 | 86.58 | 2326.48 | 26.87 |
| M3 4F 03 | 9.33 | 87.00 | 2304.70 | 26.49 |
| M3 4F 04 | 9.31 | 86.72 | 2360.95 | 27.22 |
| M3 4F 05 | 9.36 | 87.56 | 2908.43 | 33.22 |
| M3 4F 06 | 9.34 | 87.24 | 2541.02 | 29.13 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) |
|---|-----------------|------------------------|---------------------|--|
| | Lado(L) | Área(cm ²) | | |
| M3 4F 02 | 9.31 | 86.58 | 2326.48 | 26.87 |
| M3 4F 03 | 9.33 | 87.00 | 2304.70 | 26.49 |
| M3 4F 04 | 9.31 | 86.72 | 2360.95 | 27.22 |
| M3 4F 06 | 9.34 | 87.24 | 2541.02 | 29.13 |
| Esfuerzo de compresión en cubos f_o (kg/cm ²) | | | | 27.43 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | 1.17 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | 4.27% |
| Resistencia característica $f'o$ (kg/cm ²) | | | | 26.26 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de paja son:

- ✓ Esfuerzo de compresión promedio de cubos es de 27.43 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de compresión de cubos es de 1.17
- ✓ Coeficiente de variación de compresión de cubos es de 4.27%
- ✓ Resistencia característica de cubos de adobe es de 26.26 kg/cm²

Tabla 44

Ensayo 6 muestras de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) |
|------------|-----------------|------------------------|------------------|---|
| | Lado(L) | Área(cm ²) | | |
| M2 2P2F 01 | 9.36 | 87.52 | 2848.11 | 32.54 |
| M2 2P2F 02 | 9.37 | 87.70 | 3034.08 | 34.59 |
| M2 2P2F 03 | 9.36 | 87.66 | 3025.46 | 34.51 |
| M2 2P2F 04 | 9.37 | 87.70 | 2999.15 | 34.20 |
| M2 2P2F 05 | 9.36 | 87.61 | 3037.25 | 34.67 |
| M2 2P2F 06 | 9.36 | 87.61 | 2478.88 | 28.29 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) |
|---|-----------------|------------------------|------------------|---|
| | Lado(L) | Área(cm ²) | | |
| M2 2P2F 02 | 9.37 | 87.70 | 3034.08 | 34.59 |
| M2 2P2F 03 | 9.36 | 87.66 | 3025.46 | 34.51 |
| M2 2P2F 04 | 9.37 | 87.70 | 2999.15 | 34.20 |
| M2 2P2F 05 | 9.36 | 87.61 | 3037.25 | 34.67 |
| Esfuerzo de compresión en cubos f_o (kg/cm ²) | | | | 34.49 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | 0.21 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | 0.60% |
| Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) | | | | 34.29 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de compresión promedio de cubos es de 34.49 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de compresión de cubos es de 0.21
- ✓ Coeficiente de variación de compresión de cubos es de 0.60%
- ✓ Resistencia característica de cubos de adobe es de 34.29 kg/cm²

Tabla 46

Ensayo de 6 muestras de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) |
|------------|-----------------|------------------------|------------------|---|
| | Lado(L) | Área(cm ²) | | |
| M2 2P2F 01 | 9.11 | 83.04 | 2990.08 | 36.01 |
| M2 2P2F 02 | 9.12 | 83.17 | 3279.02 | 39.42 |
| M2 2P2F 03 | 9.11 | 83.04 | 2746.05 | 33.07 |
| M2 2P2F 04 | 9.10 | 82.81 | 2589.11 | 31.27 |
| M2 2P2F 05 | 9.12 | 83.17 | 2840.85 | 34.16 |
| M2 2P2F 06 | 9.10 | 82.86 | 3306.69 | 39.91 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) |
|---|-----------------|------------------------|------------------|---|
| | Lado(L) | Área(cm ²) | | |
| M2 2P2F 01 | 9.11 | 83.04 | 2990.08 | 36.01 |
| M2 2P2F 02 | 9.12 | 83.17 | 3279.02 | 39.42 |
| M2 2P2F 05 | 9.12 | 83.17 | 2840.85 | 34.16 |
| M2 2P2F 06 | 9.10 | 82.86 | 3306.69 | 39.91 |
| Esfuerzo de compresión en cubos f_o (kg/cm ²) | | | | 37.37 |
| desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | 2.76 |
| coeficiente de variación (dispersión) | | | | 7.38% |
| resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | 34.61 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de compresión promedio de cubos es de 37.37 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de compresión de cubos es de 2.76
- ✓ Coeficiente de variación de compresión de cubos es de 7.38%
- ✓ Resistencia característica de cubos de adobe es de 34.61 kg/cm²

Tabla 48

Resumen de los promedios de resistencia a la compresión en cubos de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Esfuerzo de compresión en cubos (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (dispersión) | Resistencia característica f' o (kg/cm ²) |
|---------|---|--|--|---|
| 1 | 27.43 | 1.17 | 4.27% | 26.26 |
| 2 | 34.49 | 0.21 | 0.60% | 34.29 |
| 3 | 37.37 | 2.76 | 7.38% | 34.61 |

Fuente: Elaboración propia

5.1.6 Resistencia del material tierra a la tracción (Ensayo brasileño de cilindros de 6" x 12")

A continuación, se muestra resultados de los ensayos realizados.

Tabla 49

Ensayo de 6 muestras de resistencia a la tracción en testigos de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área lateral(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|-------------|--------------------------------|------------------|--|
| | Largo (L) | Diámetro(D) | | | |
| M1 4P 01 | 28.04 | 14.40 | 1268.23 | 1176.61 | 1.86 |
| M1 4P 02 | 28.03 | 14.38 | 1266.40 | 1177.52 | 1.86 |
| M1 4P 03 | 27.91 | 14.37 | 1260.10 | 1130.35 | 1.79 |
| M1 4P 04 | 27.76 | 14.53 | 1266.85 | 1238.75 | 1.96 |
| M1 4P 05 | 27.76 | 14.43 | 1258.34 | 1700.96 | 2.70 |
| M1 4P 06 | 27.77 | 14.47 | 1262.72 | 1349.88 | 2.14 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia a la tracción de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área lateral(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) |
|---|-----------------|-------------|--------------------------------|------------------|--|
| | Largo (L) | Diámetro(D) | | | |
| M1 4P 01 | 28.04 | 14.40 | 1268.23 | 1176.61 | 1.86 |
| M1 4P 02 | 28.03 | 14.38 | 1266.40 | 1177.52 | 1.86 |
| M1 4P 03 | 27.91 | 14.37 | 1260.10 | 1130.35 | 1.79 |
| M1 4P 04 | 27.76 | 14.53 | 1266.85 | 1238.75 | 1.96 |
| Esfuerzo de tracción indirecta promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 1.87 |
| desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.07 |
| coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 3.58% |
| resistencia característica $f'o$ (kg/cm ²) | | | | | 1.80 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 6" x 12" de 4% de paja son:

- ✓ Esfuerzo de tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" es de 1.87 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" es de 0.07
- ✓ Coeficiente de variación de tracción indirecta es de 3.58%
- ✓ Resistencia característica en cilindros de 6"x12" es de 1.80 kg/cm²

Tabla 51

Ensayo de 6 muestras de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 6" x 12" de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área lateral(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) |
|------------|-----------------|-------------|--------------------------------|------------------|--|
| | Largo (L) | Diámetro(D) | | | |
| M2 2P2F 01 | 27.65 | 14.25 | 1238.16 | 1501.38 | 2.43 |
| M2 2P2F 02 | 27.66 | 14.35 | 1246.75 | 1574.41 | 2.53 |
| M2 2P2F 03 | 27.60 | 14.25 | 1235.15 | 1372.56 | 2.22 |
| M2 2P2F 04 | 27.56 | 14.32 | 1240.19 | 1462.37 | 2.36 |
| M2 2P2F 05 | 27.57 | 14.32 | 1240.31 | 1502.74 | 2.42 |
| M2 2P2F 06 | 27.58 | 14.25 | 1234.04 | 1668.30 | 2.70 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Cuatro mejores muestras de ensayo de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 6" x 12" de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área lateral(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) |
|--|-----------------|-------------|--------------------------------|------------------|--|
| | Largo (L) | Diámetro(D) | | | |
| M2 2P2F 01 | 27.65 | 14.25 | 1238.16 | 1501.38 | 2.43 |
| M2 2P2F 02 | 27.66 | 14.35 | 1246.75 | 1574.41 | 2.53 |
| M2 2P2F 04 | 27.56 | 14.32 | 1240.19 | 1462.37 | 2.36 |
| M2 2P2F 05 | 27.57 | 14.32 | 1240.31 | 1502.74 | 2.42 |
| Esfuerzo de tracción indirecta f_o (kg/cm ²) | | | | | 2.43 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.07 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 2.84% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | 2.36 |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ensayo de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 6" x 12" de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" es de 2.43 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" es de 0.07
- ✓ Coeficiente de variación de tracción indirecta es de 2.84%
- ✓ Resistencia característica en cilindros de 6"x12" es de 2.36 kg/cm²

Tabla 53

Ensayo de 6 muestras de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área lateral(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|-------------|--------------------------------|------------------|--|
| | Largo (L) | Diámetro(D) | | | |
| M3 4F 01 | 27.25 | 14.15 | 1210.71 | 1928.21 | 3.19 |
| M3 4F 02 | 27.29 | 14.14 | 1212.28 | 2430.79 | 4.01 |
| M3 4F 03 | 27.34 | 14.19 | 1218.79 | 2311.95 | 3.79 |
| M3 4F 04 | 27.29 | 14.22 | 1219.04 | 2199.91 | 3.61 |
| M3 4F 05 | 27.24 | 14.23 | 1217.33 | 1877.41 | 3.08 |
| M3 4F 06 | 27.34 | 14.22 | 1221.59 | 1919.14 | 3.14 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área lateral(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) |
|--|-----------------|-------------|--------------------------------|------------------|--|
| | Largo (L) | Diámetro(D) | | | |
| M3 4F 01 | 27.25 | 14.15 | 1210.71 | 1928.21 | 3.19 |
| M3 4F 04 | 27.29 | 14.22 | 1219.04 | 2199.91 | 3.61 |
| M3 4F 05 | 27.24 | 14.23 | 1217.33 | 1877.41 | 3.08 |
| M3 4F 06 | 27.34 | 14.22 | 1221.59 | 1919.14 | 3.14 |
| Esfuerzo de tracción indirecta f_o (kg/cm ²) | | | | | 3.26 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.24 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 7.36% |
| Resistencia característica $f'o$ (kg/cm ²) | | | | | 3.02 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" es de 3.26 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" es de 0.24
- ✓ Coeficiente de variación de tracción indirecta es de 7.36%
- ✓ Resistencia característica en cilindros de 6"x12" es de 3.02 kg/cm²

Tabla 55

Resumen de los promedios de resistencia del material tierra a la tracción en testigos de cilindros de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coeficiente de variación (dispersión) | Resistencia característica $f'o$ (kg/cm ²) |
|---------|--|--|---------------------------------------|--|
| 1 | 1.87 | 0.07 | 3.58% | 1.8 |
| 2 | 2.43 | 0.07 | 2.84% | 2.36 |
| 3 | 3.26 | 0.24 | 7.36% | 3.02 |

Fuente: Elaboración Propia

5.2 MORTERO DE BARRO

5.2.1 Resistencia del Mortero a la Compresión de testigos de cilindro de 3"x6"

A continuación, se da a conocer los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 56

Ensayo de 6 muestras de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a compresión (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Altura | Diámetro | | | |
| M1 4P 01 | 14.90 | 7.5 | 44.18 | 482.17 | 10.91 |
| M1 4P 02 | 14.82 | 7.5 | 44.18 | 555.65 | 12.58 |
| M1 4P 03 | 14.78 | 7.5 | 44.18 | 284.40 | 6.44 |
| M1 4P 04 | 14.89 | 7.5 | 44.18 | 718.94 | 16.27 |
| M1 4P 05 | 14.91 | 7.5 | 44.18 | 607.81 | 13.76 |
| M1 4P 06 | 14.90 | 7.5 | 44.18 | 600.55 | 13.59 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a compresión (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Altura | Diámetro | | | |
| M1 4P 01 | 14.90 | 7.5 | 44.18 | 482.17 | 10.91 |
| M1 4P 02 | 14.89 | 7.5 | 44.18 | 555.65 | 12.58 |
| M1 4P 05 | 14.91 | 7.5 | 44.18 | 607.81 | 13.76 |
| M1 4P 06 | 14.90 | 7.5 | 44.18 | 600.55 | 13.59 |
| Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 12.71 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 1.31 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 10.28% |
| Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) | | | | | 11.40 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de paja son:

- ✓ Resistencia a compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 12.71 kg/cm^2
- ✓ Desviación estándar de compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 1.31
- ✓ Coeficiente de variación de compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 10.28%
- ✓ Resistencia característica compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 11.40 kg/cm^2

Tabla 58

Ensayo de 6 muestras de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a compresión (kg/cm ²) |
|------------|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Altura | Diámetro | | | |
| M2 2P2F 01 | 14.88 | 7.4 | 43.01 | 612.80 | 14.25 |
| M2 2P2F 02 | 14.87 | 7.5 | 44.18 | 503.03 | 11.39 |
| M2 2P2F 03 | 14.89 | 7.5 | 44.18 | 395.53 | 8.95 |
| M2 2P2F 04 | 14.86 | 7.5 | 44.18 | 504.85 | 11.43 |
| M2 2P2F 05 | 14.84 | 7.4 | 43.01 | 317.06 | 7.37 |
| M2 2P2F 06 | 14.85 | 7.5 | 44.18 | 647.73 | 14.66 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a compresión (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Altura | Diámetro | | | |
| M2 2P2F 01 | 14.88 | 7.4 | 43.01 | 612.80 | 14.25 |
| M2 2P2F 02 | 14.87 | 7.5 | 44.18 | 503.03 | 11.39 |
| M2 2P2F 04 | 14.86 | 7.5 | 44.18 | 504.85 | 11.43 |
| M2 2P2F 06 | 14.85 | 7.5 | 44.18 | 647.73 | 14.66 |
| Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 12.93 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 1.77 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 13.67% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | 11.16 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Resistencia a compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 12.93 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 1.77
- ✓ Coeficiente de variación de compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 13.67%
- ✓ Resistencia característica compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 11.16 kg/cm²

Tabla 60

Ensayo de 6 muestras de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a compresión (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Altura | Diámetro | | | |
| M3 4F 01 | 14.69 | 7.4 | 43.01 | 601.01 | 13.97 |
| M3 4F 02 | 14.73 | 7.4 | 43.01 | 697.62 | 16.22 |
| M3 4F 03 | 14.72 | 7.3 | 41.85 | 631.85 | 15.10 |
| M3 4F 04 | 24.74 | 7.3 | 41.85 | 589.67 | 14.09 |
| M3 4F 05 | 14.75 | 7.4 | 43.01 | 516.19 | 12.00 |
| M3 4F 06 | 14.73 | 7.4 | 43.01 | 623.23 | 14.49 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Resistencia a compresión (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Altura | Diámetro | | | |
| M3 4F 01 | 14.69 | 7.4 | 43.01 | 601.01 | 13.97 |
| M3 4F 03 | 14.72 | 7.3 | 41.85 | 631.85 | 15.10 |
| M3 4F 04 | 24.74 | 7.3 | 41.85 | 589.67 | 14.09 |
| M3 4F 06 | 14.73 | 7.4 | 43.01 | 623.23 | 14.49 |
| Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 14.41 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.51 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 3.52% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | 13.91 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Resistencia a compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 14.41 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 0.51
- ✓ Coeficiente de variación de compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 3.52%
- ✓ Resistencia característica compresión promedio de cilindros de 3"x6" es de 13.91 kg/cm²

Tabla 62

Resumen de los promedios de resistencia mortero a la compresión en testigos de cilindros de 3" x 6" de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (dispersión) | Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) |
|---------|---|--|--|---|
| 1 | 12.71 | 1.31 | 10.28% | 11.4 |
| 2 | 12.93 | 1.77 | 13.67% | 11.16 |
| 3 | 14.41 | 0.51 | 3.52% | 13.91 |

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 Esfuerzo de Adherencia del Mortero de 3 Unidades

A continuación, se muestra resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 63

Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M1 4P 01 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 167.83 | 0.41 |
| M1 4P 02 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 121.11 | 0.30 |
| M1 4P 03 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 151.50 | 0.37 |
| M1 4P 04 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 243.13 | 0.60 |
| M1 4P 05 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 131.54 | 0.32 |
| M1 4P 06 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 48.99 | 0.12 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de paja.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M1 4P 01 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 167.83 | 0.41 |
| M1 4P 02 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 121.11 | 0.30 |
| M1 4P 03 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 151.50 | 0.37 |
| M1 4P 05 | 24.88 | 12.24 | 304.58 | 131.54 | 0.32 |
| Esfuerzo de adherencia promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 0.35 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.05 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 14.55% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | 0.30 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082C1974 de 4% de paja son:

- ✓ Esfuerzo de adherencia promedio de 03 und de adobe es de 0.35 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 0.05
- ✓ Coeficiente de variación de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 14.55%
- ✓ Resistencia característica de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 0.30 kg/cm²

Tabla 65

Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²) |
|------------|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 199.58 | 0.49 |
| M2 2P2F 02 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 181.89 | 0.45 |
| M2 2P2F 03 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 96.62 | 0.24 |
| M2 2P2F 04 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 188.69 | 0.47 |
| M2 2P2F 05 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 103.87 | 0.26 |
| M2 2P2F 06 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 170.10 | 0.42 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 199.58 | 0.49 |
| M2 2P2F 02 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 181.89 | 0.45 |
| M2 2P2F 04 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 188.69 | 0.47 |
| M2 2P2F 06 | 24.86 | 12.19 | 303.09 | 170.10 | 0.42 |
| Esfuerzo de adherencia promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 0.46 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.03 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 6.68% |
| Resistencia característica f'_o (kg/cm ²) | | | | | 0.43 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082C1974 de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de adherencia promedio de 03 und de adobe es de 0.46 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 0.03
- ✓ Coeficiente de variación de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 6.68%
- ✓ Resistencia característica de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 0.43 kg/cm²

Tabla 67

Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M3 4F 01 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 128.82 | 0.32 |
| M3 4F 02 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 230.88 | 0.58 |
| M3 4F 03 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 179.17 | 0.45 |
| M3 4F 04 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 312.07 | 0.79 |
| M3 4F 05 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 98.43 | 0.25 |
| M3 4F 06 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 125.65 | 0.32 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 68

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|--|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M3 4F 01 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 128.82 | 0.32 |
| M3 4F 02 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 230.88 | 0.58 |
| M3 4F 03 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 179.17 | 0.45 |
| M3 4F 04 | 24.60 | 12.11 | 297.94 | 312.07 | 0.79 |
| Esfuerzo de adherencia promedio f_o (kg/cm ²) | | | | | 0.54 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.20 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 36.78% |
| Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) | | | | | 0.34 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de 4% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de adherencia promedio de 03 und de adobe es de 0.54 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 0.20
- ✓ Coeficiente de variación de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 36.78%
- ✓ Resistencia característica de esfuerzo de adherencia promedio de 03 und es de 0.34 kg/cm²

Tabla 69

Resumen de los promedios resistencia adherencia de mortero de 3 unidades según la norma mexicana NMXC-082-C-1974 de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Esfuerzo de adherencia 03 und (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coeficiente de variación (dispersión) | resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) |
|---------|---|--|---------------------------------------|---|
| 1 | 0.35 | 0.05 | 14.55% | 0.3 |
| 2 | 0.46 | 0.03 | 6.68% | 0.43 |
| 3 | 0.54 | 0.2 | 36.78% | 0.34 |

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 Esfuerzo de Adherencia del Mortero de 2 Unidades

A continuación, se muestra resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 70

Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 2 und muestra 1 (4% de paja).

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia 02 Und (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|----------|------------------------|------------------|---|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M1 4P 01 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 251.29 | 0.41 |
| M1 4P 02 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 238.13 | 0.39 |
| M1 4P 03 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 199.13 | 0.33 |
| M1 4P 04 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 36.74 | 0.06 |
| M1 4P 05 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 210.47 | 0.34 |
| M1 4P 06 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 236.32 | 0.39 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 71

Cuatro mejores muestras de ensayo de adherencia de 2 und muestra 1 (4% de paja).

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia 02 Und (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|---|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M1 4P 01 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 251.29 | 0.41 |
| M1 4P 02 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 238.13 | 0.39 |
| M1 4P 05 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 210.47 | 0.34 |
| M1 4P 06 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 236.32 | 0.39 |
| Esfuerzo de adherencia promedio 02 UND fo (kg/cm ²) | | | | | 0.38 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.03 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 7.30% |
| Resistencia característica f'ó (kg/cm ²) | | | | | 0.36 |

| testigo | dimensiones(cm) | | area(cm2) | carga maxima(kg) | Esfuerzo de adherenci 02 UND a (kg/cm2) |
|--|-----------------|----------|-----------|------------------|---|
| | largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M1 4P 01 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 251.29 | 0.41 |
| M1 4P 02 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 238.13 | 0.39 |
| M1 4P 05 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 210.47 | 0.34 |
| M1 4P 06 | 24.96 | 12.24 | 305.54 | 236.32 | 0.39 |
| Esfuerzo de adherencia promedio 02 UND fo (kg/cm2) | | | | | 0.38 |
| desviacion estandar σ (kg/cm2) | | | | | 0.03 |
| coeficiente de variacion (dispersion) | | | | | 7.30% |
| resistencia caracteristica f'ó (kg/cm2) | | | | | 0.36 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtienen en el ensayo de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de la muestra 1(4% de paja) son:

- ✓ Esfuerzo de adherencia promedio de 02 und de adobe es de 0.38 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 0.03
- ✓ Coeficiente de variación de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 7.30%
- ✓ Resistencia característica de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 0.36 kg/cm²

Tabla 72

Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de la muestra 2 (2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar).

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia 02 Und (kg/cm ²) |
|------------|-----------------|----------|------------------------|------------------|---|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M2 2P2F 01 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 202.75 | 0.33 |
| M2 2P2F 02 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 153.77 | 0.25 |
| M2 2P2F 03 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 288.48 | 0.47 |
| M2 2P2F 04 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 246.30 | 0.41 |
| M2 2P2F 05 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 229.97 | 0.38 |
| M2 2P2F 06 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 271.70 | 0.45 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de la muestra 2 (2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar).

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia 02 Und (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|---|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M2 2P2F 03 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 288.48 | 0.47 |
| M2 2P2F 04 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 246.30 | 0.41 |
| M2 2P2F 05 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 229.97 | 0.38 |
| M2 2P2F 06 | 24.91 | 12.19 | 303.68 | 271.70 | 0.45 |
| Esfuerzo de adherencia promedio 02 Und fo (kg/cm ²) | | | | | 0.43 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.04 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 10.05% |
| Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) | | | | | 0.38 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtienen en el ensayo resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar son:

- ✓ Esfuerzo de adherencia promedio de 02 und de adobe es de 0.43 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 0.04

- ✓ Coeficiente de variación de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 10.05%
- ✓ Resistencia característica de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 0.38 kg/cm²

Tabla 74

Ensayo de 6 muestras de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia 02 Und (kg/cm ²) |
|----------|-----------------|----------|------------------------|------------------|---|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M3 4F 01 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 365.59 | 0.62 |
| M3 4F 02 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 341.55 | 0.58 |
| M3 4F 03 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 298.01 | 0.50 |
| M3 4F 04 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 234.51 | 0.39 |
| M3 4F 05 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 204.12 | 0.34 |
| M3 4F 06 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 317.51 | 0.53 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75

Cuatro mejores muestras de ensayo resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Testigo | Dimensiones(cm) | | Área(cm ²) | Carga máxima(kg) | Esfuerzo de adherencia 02 Und (kg/cm ²) |
|---|-----------------|----------|------------------------|------------------|---|
| | Largo(L) | Ancho(a) | | | |
| M3 4F 01 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 365.59 | 0.62 |
| M3 4F 02 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 341.55 | 0.58 |
| M3 4F 03 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 298.01 | 0.50 |
| M3 4F 06 | 24.51 | 12.11 | 296.87 | 317.51 | 0.53 |
| Esfuerzo de adherencia promedio 02 Und fo (kg/cm ²) | | | | | 0.56 |
| Desviación estándar σ (kg/cm ²) | | | | | 0.05 |
| Coeficiente de variación (dispersión) | | | | | 8.87% |
| Resistencia característica f'0 (kg/cm ²) | | | | | 0.51 |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 de la muestra 3 (4% de fibra de caña de azúcar) son:

- ✓ Esfuerzo de adherencia promedio de 02 und de adobe es de 0.56 kg/cm²
- ✓ Desviación estándar de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 0.05
- ✓ Coeficiente de variación de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 8.87%

✓ Resistencia característica de esfuerzo de adherencia promedio de 02 und es de 0.51 kg/cm²

Tabla 76

Resumen de los promedios de resistencia adherencia de mortero de 2 unidades según la norma E-0.80 diseño y construcción con tierra reforzada de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Muestra | Esfuerzo de adherencia 02 und a (kg/cm ²) | Desviación estándar σ (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (dispersión) | Resistencia característica f'_{o} (kg/cm ²) |
|---------|---|--|--|---|
| 1 | 0.38 | 0.03 | 7.30% | 0.36 |
| 2 | 0.43 | 0.04 | 10.05% | 0.38 |
| 3 | 0.56 | 0.05 | 8.87% | 0.51 |

Fuente: Elaboración Propia

5.3 MAMPOSTERIA DE ADOBE

5.3.1 Resistencia de la mampostería de adobe a compresión

5.3.1.1 Resistencia a Compresión Axial en Pilas

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos del ensayo correspondiente:

Tabla 77

Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 4% de paja.

| Espécimen | Dimensiones (cm) | | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia a Compresión Axial – f_m (kg/ cm ²) |
|-----------|------------------|-------|-------------------------|-------------------|---|
| | Longitud | Ancho | | | |
| M1 4P 01 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 5638.84 | 18.52 |
| M1 4P 02 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 5503.01 | 18.07 |
| M1 4P 03 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 6134.99 | 20.15 |
| M1 4P 04 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 5861.08 | 19.25 |
| M1 4P 05 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 7199.44 | 23.64 |
| M1 4P 06 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 6858.58 | 22.52 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78*Selección de los Cuatro Mejores Resultados con adición de 4% de paja.*

| Espécimen | Dimensiones (cm) | | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia a Compresión Axial – f_m (kg/ cm ²) |
|---|------------------|-------|-------------------------|-------------------|---|
| | Longitud | Ancho | | | |
| M ₁ 4P 01 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 5638.84 | 18.52 |
| M ₁ 4P 02 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 5503.01 | 18.07 |
| M ₁ 4P 03 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 6134.99 | 20.15 |
| M ₁ 4P 04 | 24.88 | 12.24 | 304.53 | 5861.08 | 19.25 |
| Promedio - f_m (kg/ cm ²): | | | | | 18.99 |
| Desviación Estándar σ : | | | | | 0.91 |
| Coeficiente de Variación (Dispersión): | | | | | 4.14% |
| Resistencia Característica a Compresión Axial - f_m (kg/ cm ²): | | | | | 18.09 |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe de la muestra 01 (con adición de 4% de paja y 0% de fibra), se obtuvo una resistencia característica a compresión axial de 18.09 kg/ cm² superando así al mínimo valor que indica la Norma E.080 el cual es de 6.12 kg/ cm².

Tabla 79*Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.*

| Espécimen | Dimensiones (cm) | | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia a Compresión Axial – f_m (kg/ cm ²) |
|------------------------|------------------|-------|-------------------------|-------------------|---|
| | Longitud | Ancho | | | |
| M ₂ 2P2F 01 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7790.76 | 25.71 |
| M ₂ 2P2F 02 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 5242.65 | 17.30 |
| M ₂ 2P2F 03 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7355.75 | 24.27 |
| M ₂ 2P2F 04 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7610.91 | 25.11 |
| M ₂ 2P2F 05 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7340.47 | 24.22 |
| M ₂ 2P2F 06 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7508.20 | 24.78 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de la Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Especimen | Dimensiones (cm) | | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia a Compresión Axial – fm (kg/ cm ²) |
|--|------------------|-------|-------------------------|-------------------|--|
| | Longitud | Ancho | | | |
| M ₂ 2P2F 03 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7355.75 | 24.27 |
| M ₂ 2P2F 04 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7610.91 | 25.11 |
| M ₂ 2P2F 05 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7340.47 | 24.22 |
| M ₂ 2P2F 06 | 24.86 | 12.19 | 303.04 | 7508.20 | 24.78 |
| Promedio - fm (kg/ cm ²): | | | | | 24.60 |
| Desviación Estándar σ : | | | | | 0.43 |
| Coeficiente de Variación (Dispersión): | | | | | 1.50% |
| Resistencia Característica a Compresión Axial - fm (kg/ cm ²): | | | | | 24.17 |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe de la muestra 02 (con adición de 2% de paja y 2% de fibra), se obtuvo una resistencia característica a compresión axial de 24.17kg/cm² superando así al mínimo valor que indica la Norma E.080 el cual es de 6.12 kg/ cm².

Tabla 81

Ensayo de Compresión Axial en Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Especimen | Dimensiones (cm) | | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia a Compresión Axial – fm (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------|-------|-------------------------|-------------------|--|
| | Longitud | Ancho | | | |
| M ₃ 4F 01 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9643.82 | 32.37 |
| M ₃ 4F 02 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9642.80 | 32.37 |
| M ₃ 4F 03 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9933.11 | 33.34 |
| M ₃ 4F 04 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9509.72 | 31.92 |
| M ₃ 4F 05 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9010.10 | 30.24 |
| M ₃ 4F 06 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 8555.32 | 28.72 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión axial con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Especímen | Dimensiones (cm) | | Área (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Resistencia a Compresión Axial – fm (kg/ cm ²) |
|--|------------------|-------|-------------------------|-------------------|--|
| | Longitud | Ancho | | | |
| M ₃ 4F 01 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9643.82 | 32.37 |
| M ₃ 4F 02 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9642.80 | 32.37 |
| M ₃ 4F 03 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9933.11 | 33.34 |
| M ₃ 4F 04 | 24.60 | 12.11 | 297.91 | 9509.72 | 31.92 |
| Promedio - fm (kg/ cm ²): | | | | | 32.50 |
| Desviación Estándar σ : | | | | | 0.60 |
| Coeficiente de Variación (Dispersión): | | | | | 1.84% |
| Resistencia Característica a Compresión Axial - fm (kg/ cm ²): | | | | | 31.90 |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe de la muestra 03 (con adición de 4% de fibra), se obtuvo una resistencia característica a compresión axial de 31.90kg/ cm² superando así al mínimo valor que indica la Norma E.080 el cual es de 6.12 kg/ cm².

Tabla 83

Resumen de la Resistencia Característica de Compresión Axial de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Tipo de Muestra | Resistencia a Compresión Axial Promedio - fm (kg/ cm ²) | Desviación Estándar σ | Coeficiente de Variación (Dispersión) | Resistencia Característica a Compresión Axial - fm (kg/ cm ²) |
|-----------------|---|------------------------------|---------------------------------------|---|
| M ₁ | 18.99 | 0.91 | 4.14% | 18.09 |
| M ₂ | 24.60 | 0.43 | 1.50% | 24.17 |
| M ₃ | 32.50 | 0.60 | 1.84% | 31.90 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.2 Módulo de Elasticidad

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos del ensayo correspondiente:

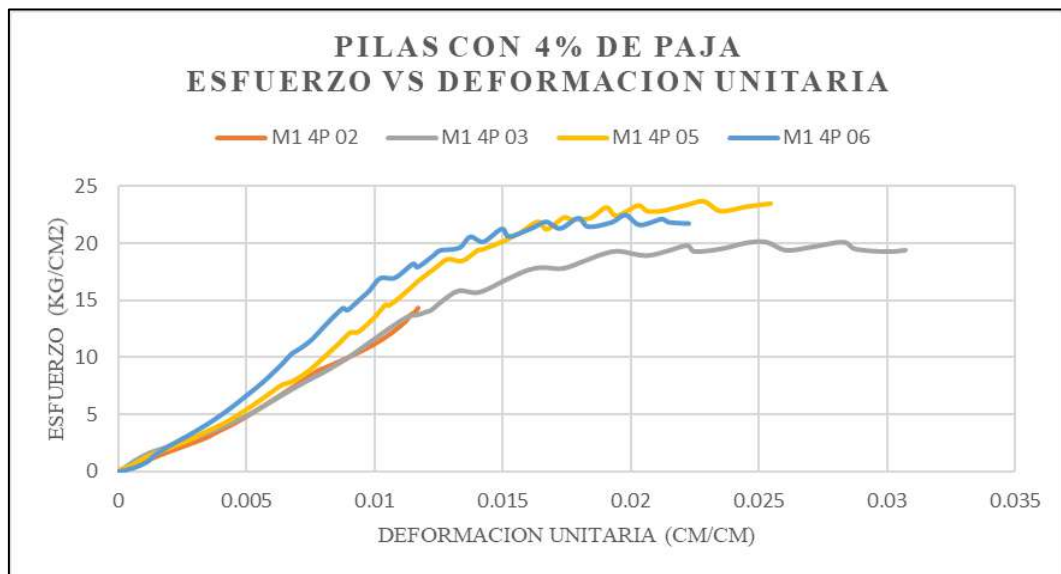


Figura 55. Esfuerzo vs Deformación Unitaria de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja

Tabla 84*Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja.*

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | Δσ (kg/ cm ²) | D _o (mm) | D _f (mm) | ΔD (mm) | Distancia entre topes L (mm) | Δε (mm/mm) | Módulo de Elasticidad E _m (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------|---|
| M ₁ 4P 01 | 5638.84 | 304.53 | 438.48 | 2545.67 | 2107.19 | 6.92 | 0.46 | 2.08 | 1.61 | 259 | 0.0062 | 1110.40 |
| M ₁ 4P 02 | 5503.01 | 304.53 | 543.94 | 2780.04 | 2236.09 | 7.34 | 0.61 | 2.12 | 1.51 | 258 | 0.0059 | 1254.80 |
| M ₁ 4P 03 | 6134.99 | 304.53 | 870.63 | 3428.32 | 2557.69 | 8.40 | 0.80 | 2.62 | 1.82 | 261 | 0.0070 | 1202.30 |
| M ₁ 4P 04 | 5861.08 | 304.53 | 859.02 | 2963.86 | 2104.85 | 6.91 | 0.25 | 1.20 | 0.95 | 258 | 0.0037 | 1869.40 |
| M ₁ 4P 05 | 7199.44 | 304.53 | 808.78 | 3417.52 | 2608.74 | 8.57 | 0.74 | 2.30 | 1.56 | 257 | 0.0061 | 1412.70 |
| M ₁ 4P 06 | 6858.58 | 304.53 | 685.48 | 1283.33 | 597.85 | 1.96 | 0.52 | 0.92 | 0.40 | 263 | 0.0015 | 1285.10 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de módulo de elasticidad con adición de 4% de paja

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | Δσ (kg/ cm ²) | D _o (mm) | D _f (mm) | ΔD (mm) | Distancia entre topes L (mm) | Δε (mm/mm) | Módulo de Elasticidad Em (kg/ cm ²) |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------|---|
| M ₁ 4P 02 | 5503.01 | 304.53 | 543.94 | 2780.04 | 2236.09 | 7.34 | 0.61 | 2.12 | 1.51 | 258 | 0.0059 | 1254.80 |
| M ₁ 4P 03 | 6134.99 | 304.53 | 870.63 | 3428.32 | 2557.69 | 8.40 | 0.80 | 2.62 | 1.82 | 261 | 0.0070 | 1202.30 |
| M ₁ 4P 05 | 7199.44 | 304.53 | 808.78 | 3417.52 | 2608.74 | 8.57 | 0.74 | 2.30 | 1.56 | 257 | 0.0061 | 1412.70 |
| M ₁ 4P 06 | 6858.58 | 304.53 | 685.48 | 1283.33 | 597.85 | 1.96 | 0.52 | 0.92 | 0.40 | 263 | 0.0015 | 1285.10 |
| Promedio - Em (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | 1288.73 | |
| Desviación estándar σ: | | | | | | | | | | | 89.45 | |
| Coeficiente de variación (dispersión): | | | | | | | | | | | 6.94% | |
| Módulo de Elasticidad Característica - Em (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | 1199.28 | |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe de la muestra 01 (con adición de 4% de paja y 0% de fibra), se obtuvo un módulo de elasticidad característica de 1199.28 kg/cm²

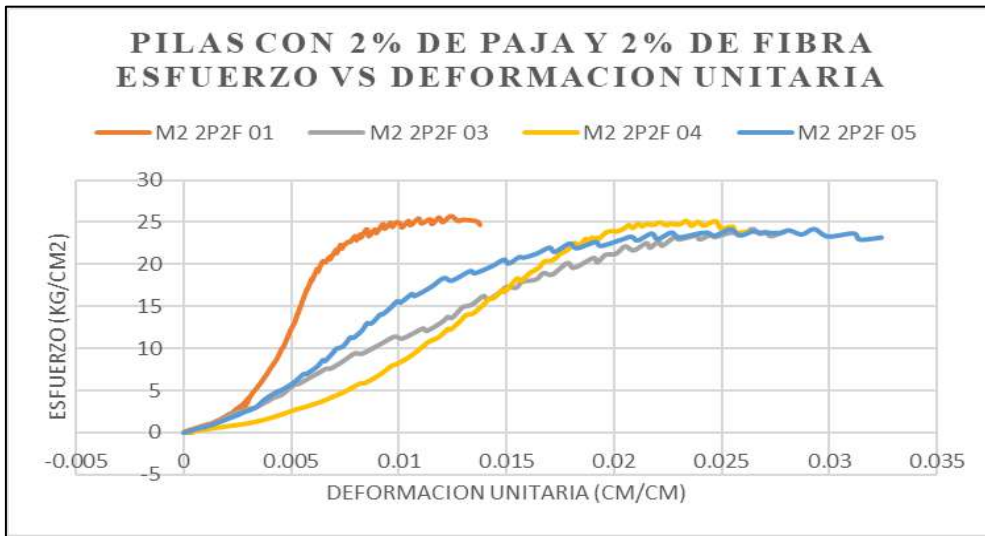


Figura 56. Esfuerzo vs Deformación Unitaria de Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

Tabla 86

Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | Δσ (kg/ cm ²) | D _o (mm) | D _f (mm) | ΔD (mm) | Distancia entre topes L (mm) | Δε (mm/mm) | Módulo de Elasticidad Em (kg/ cm ²) |
|------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------|---|
| M ₂ 2P2F 01 | 7790.76 | 303.04 | 346.26 | 861.77 | 515.51 | 1.70 | 0.42 | 0.70 | 0.29 | 265 | 0.0011 | 1580.70 |
| M ₂ 2P2F 02 | 5242.65 | 303.04 | 575.63 | 2857.68 | 2282.05 | 7.53 | 0.50 | 2.32 | 1.82 | 259 | 0.0070 | 1071.10 |
| M ₂ 2P2F 03 | 7355.75 | 303.04 | 1277.52 | 1964.22 | 686.70 | 2.27 | 1.14 | 1.55 | 0.41 | 269 | 0.0015 | 1488.80 |
| M ₂ 2P2F 04 | 7610.91 | 303.04 | 1264.17 | 4229.87 | 2965.70 | 9.79 | 1.84 | 3.45 | 1.61 | 257 | 0.0063 | 1561.00 |
| M ₂ 2P2F 05 | 7340.47 | 303.04 | 445.91 | 2123.49 | 1677.58 | 5.54 | 0.53 | 1.47 | 0.94 | 257 | 0.0037 | 1507.30 |
| M ₂ 2P2F 06 | 7508.20 | 303.04 | 806.64 | 3687.56 | 2880.92 | 9.51 | 1.02 | 4.84 | 3.81 | 262 | 0.0146 | 652.93 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | Δσ (kg/ cm ²) | D _o (mm) | D _f (mm) | ΔD (mm) | Distancia entre topes L (mm) | Δε (mm/mm) | Módulo de Elasticidad Em (kg/ cm ²) |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------|---|
| M ₂ 2P2F 01 | 7790.76 | 303.04 | 346.26 | 861.77 | 515.51 | 1.70 | 0.42 | 0.70 | 0.29 | 265 | 0.0011 | 1580.70 |
| M ₂ 2P2F 03 | 7355.75 | 303.04 | 1277.52 | 1964.22 | 686.70 | 2.27 | 1.14 | 1.55 | 0.41 | 269 | 0.0015 | 1488.80 |
| M ₂ 2P2F 04 | 7610.91 | 303.04 | 1264.17 | 4229.87 | 2965.70 | 9.79 | 1.84 | 3.45 | 1.61 | 257 | 0.0063 | 1561.00 |
| M ₂ 2P2F 05 | 7340.47 | 303.04 | 445.91 | 2123.49 | 1677.58 | 5.54 | 0.53 | 1.47 | 0.94 | 257 | 0.0037 | 1507.30 |
| Promedio - Em (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | 1534.45 | |
| Desviación estándar σ: | | | | | | | | | | | 43.45 | |
| Coeficiente de variación (dispersión): | | | | | | | | | | | 2.83% | |
| Módulo de Elasticidad Característica - Em (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | 1491.00 | |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe de la muestra 01 (con adición de 2% de paja + 2% de fibra), se obtuvo un módulo de elasticidad característica de 1491.00 kg/cm²

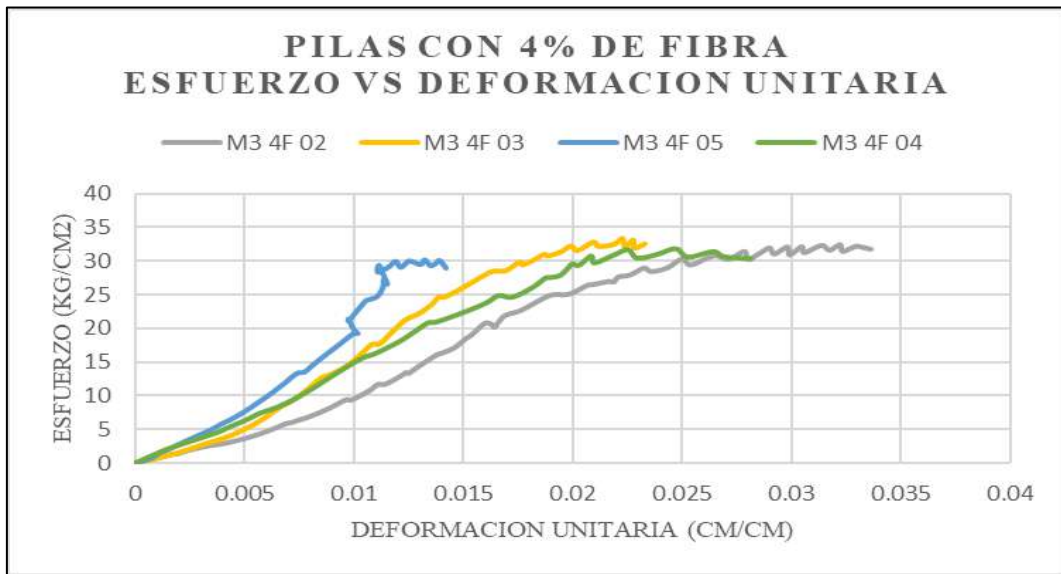


Figura 57. Esfuerzo vs Deformación Unitaria de Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

Tabla 88*Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.*

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | Δσ (kg/ cm ²) | D _o (mm) | D _f (mm) | ΔD (mm) | Distancia entre topes L (mm) | Δε (mm/mm) | Módulo de Elasticidad Em (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------|---|
| M ₃ 4F 01 | 9643.82 | 297.91 | 1484.58 | 3634.26 | 2149.68 | 7.22 | 0.03 | 0.98 | 0.95 | 254 | 0.0037 | 1931.50 |
| M ₃ 4F 02 | 9642.80 | 297.91 | 3481.72 | 6169.33 | 2687.61 | 9.02 | 2.93 | 4.12 | 1.19 | 254 | 0.0047 | 1923.10 |
| M ₃ 4F 03 | 9933.11 | 297.91 | 975.28 | 4813.96 | 3838.67 | 12.89 | 1.02 | 2.67 | 1.65 | 255 | 0.0065 | 1989.90 |
| M ₃ 4F 04 | 9509.72 | 297.91 | 2613.53 | 6226.70 | 3613.17 | 12.13 | 1.78 | 3.53 | 1.76 | 263 | 0.0067 | 1816.70 |
| M ₃ 4F 05 | 9010.10 | 297.91 | 833.95 | 4748.44 | 3914.49 | 13.14 | 0.60 | 2.31 | 1.70 | 260 | 0.0065 | 2007.50 |
| M ₃ 4F 06 | 8555.32 | 297.91 | 711.16 | 4391.69 | 3680.53 | 12.35 | 0.44 | 2.21 | 1.77 | 255 | 0.0070 | 1775.10 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Elasticidad de Pilas de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | Δσ (kg/ cm ²) | D _o (mm) | D _f (mm) | ΔD (mm) | Distancia entre topes L (mm) | Δε (mm/mm) | Módulo de Elasticidad Em (kg/ cm ²) |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------|---|
| M ₃ 4F 01 | 9643.82 | 297.91 | 1484.58 | 3634.26 | 2149.68 | 7.22 | 0.03 | 0.98 | 0.95 | 254 | 0.0037 | 1931.50 |
| M ₃ 4F 02 | 9642.80 | 297.91 | 3481.72 | 6169.33 | 2687.61 | 9.02 | 2.93 | 4.12 | 1.19 | 254 | 0.0047 | 1923.10 |
| M ₃ 4F 03 | 9933.11 | 297.91 | 975.28 | 4813.96 | 3838.67 | 12.89 | 1.02 | 2.67 | 1.65 | 255 | 0.0065 | 1989.90 |
| M ₃ 4F 05 | 9010.10 | 297.91 | 833.95 | 4748.44 | 3914.49 | 13.14 | 0.60 | 2.31 | 1.70 | 260 | 0.0065 | 2007.50 |
| Promedio - Em (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | 1963.00 | |
| Desviación estándar σ: | | | | | | | | | | | 41.98 | |
| Coeficiente de variación (dispersión): | | | | | | | | | | | 2.14% | |
| Módulo de Elasticidad Característica - Em (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | 1921.02 | |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe de la muestra 01 (con adición de 4% de paja y 0% de fibra), se obtuvo un módulo de elasticidad característica de 1921.02 kg/c

Tabla 90

Resumen del Módulo de Elasticidad Característica de Pilas de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4 % de fibra de caña de azúcar.

| Tipo de Muestra | Resistencia a | | Coeficiente de Variación (Dispersión) | Resistencia Característica a Compresión Axial - fm (kg/ cm ²) |
|-----------------|---|------------------------------|---------------------------------------|---|
| | Compresión Axial Promedio - fm (kg/ cm ²) | Desviación Estándar σ | | |
| M ₁ | 1288.73 | 89.45 | 6.94% | 1199.28 |
| M ₂ | 1534.45 | 43.45 | 2.83% | 1491.00 |
| M ₃ | 1963.00 | 41.98 | 2.14% | 1921.02 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.3 Forma de Falla de Pilas

Zacaria & Sánchez (2021), indican los tipos de falla en pilas que puede haber las cuales son:

- ✓ Falla por agrietamiento vertical
- ✓ Falla cónica
- ✓ Falla por aplastamiento local
- ✓ Falla por flexión
- ✓ Falla cortante
- ✓ Falla explosiva

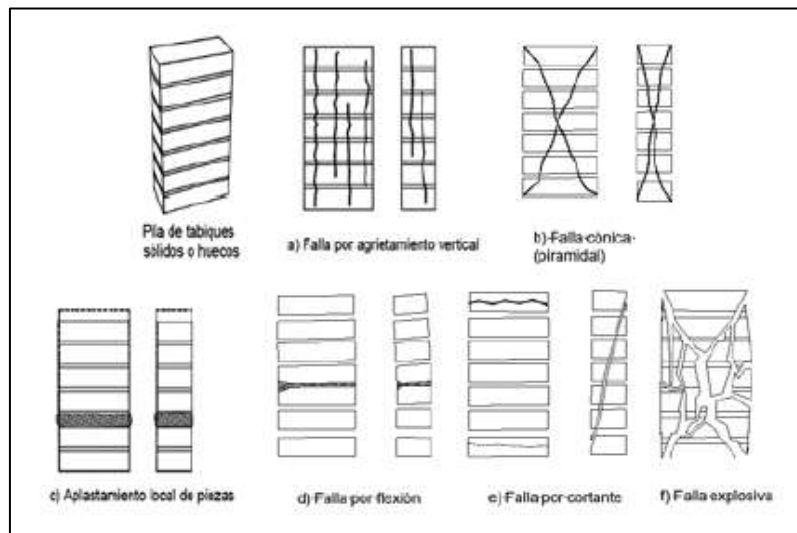


Figura 58. Fallas de pilas

Fuente: Zacaria & Sánchez

A continuación, se detallan los distintos tipos de fallas observados en cada muestra, con adición del 4% de paja, una combinación de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, y un 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 59. Falla por Cortante en Pila muestra M₁ 4P 01



Figura 60. Falla por Cortante en Pila muestra M₁ 4P 03



Figura 61. Falla Cónica en Pila muestra M₁ 4P 04



Figura 62. Falla por Cortante en Pila muestra M₂ 2P2F 02



Figura 63. Falla Cónica en Pila muestra M₂ 2P2F 06



Figura 64. Falla Cónica en Pila muestra M₃ 4F 03



Figura 65. Falla Cónica en Pila muestra M₃ 4F 04



Figura 66. Falla Cónica en Pila muestra M₃ 4F 05

5.3.2 Resistencia de la Mampostería de Adobe a Tracción Indirecta

5.3.2.1 Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos del ensayo correspondiente:

Tabla 91

Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja.

| Espécimen | Dimensiones (cm) | | Área (2aem) (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Esfuerzo Cortante – Vm (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Longitud (a) | Ancho (em) | | | |
| M ₁ 4P 01 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 566.96 | 0.45 |
| M ₁ 4P 02 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 1055.72 | 0.85 |
| M ₁ 4P 03 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 586.44 | 0.47 |
| M ₁ 4P 04 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 896.64 | 0.72 |
| M ₁ 4P 05 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 896.64 | 0.72 |
| M ₁ 4P 06 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 575.63 | 0.46 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja.

| Espécimen | Dimensiones (cm) | | Área (2aem) (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Esfuerzo Cortante – Vm (kg/ cm ²) |
|---|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Longitud (a) | Ancho (em) | | | |
| M ₁ 4P 02 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 1055.72 | 0.85 |
| M ₁ 4P 03 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 586.44 | 0.47 |
| M ₁ 4P 04 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 896.64 | 0.72 |
| M ₁ 4P 05 | 51.00 | 12.24 | 1248.48 | 896.64 | 0.72 |
| Promedio - Vm (kg/ cm ²): | | | | | 0.69 |
| Desviación Estándar σ : | | | | | 0.16 |
| Coeficiente de Variación (Dispersión): | | | | | 22.88% |
| Resistencia Característica a Compresión Diagonal - Vm (kg/ cm ²): | | | | | 0.53 |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe de la muestra 01 (con adición de 4% de paja y 0% de fibra), se obtuvo una resistencia característica a compresión diagonal de 0.53 kg/ cm² superando así al mínimo valor que indica la norma E080 el cual es de 0.25 kg/ cm².

Tabla 93

Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Especímen | Dimensiones (cm) | | Área (2aem) (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Esfuerzo Cortante – Vm (kg/ cm ²) |
|------------------------|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Longitud (a) | Ancho (em) | | | |
| M ₂ 2P2F 01 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1486.55 | 1.20 |
| M ₂ 2P2F 02 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1313.20 | 1.06 |
| M ₂ 2P2F 03 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 852.89 | 0.69 |
| M ₂ 2P2F 04 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1630.63 | 1.31 |
| M ₂ 2P2F 05 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1736.28 | 1.40 |
| M ₂ 2P2F 06 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1292.70 | 1.04 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Especímen | Dimensiones (cm) | | Área (2aem) (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Esfuerzo Cortante – Vm (kg/ cm ²) |
|---|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Longitud (a) | Ancho (em) | | | |
| M ₂ 2P2F 01 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1486.55 | 1.20 |
| M ₂ 2P2F 02 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1313.20 | 1.06 |
| M ₂ 2P2F 04 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1630.63 | 1.31 |
| M ₂ 2P2F 06 | 51.00 | 12.19 | 1243.38 | 1292.70 | 1.04 |
| Promedio - Vm (kg/ cm ²): | | | | | 1.15 |
| Desviación Estándar σ : | | | | | 0.13 |
| Coeficiente de Variación (Dispersión): | | | | | 11.12% |
| Resistencia Característica a Compresión Diagonal - Vm (kg/ cm ²): | | | | | 1.02 |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe de la muestra 02 (con adición de 2% de paja + 2% de fibra), se obtuvo una resistencia característica a compresión diagonal de 1.02 kg/ cm² superando así al mínimo valor que indica la norma E - 0.80 el cual es de 0.25 kg/ cm².

Tabla 95

Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Especímen | Dimensiones (cm) | | Área (2aem) (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Esfuerzo Cortante – Vm (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Longitud (a) | Ancho (em) | | | |
| M ₃ 4F 01 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 632.74 | 0.51 |
| M ₃ 4F 02 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1599.23 | 1.29 |
| M ₃ 4F 03 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1450.45 | 1.17 |
| M ₃ 4F 04 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1862.11 | 1.51 |
| M ₃ 4F 05 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1659.08 | 1.34 |
| M ₃ 4F 06 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1860.48 | 1.51 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.

| Especímen | Dimensiones (cm) | | Área (2aem) (cm ²) | Carga Máxima (kg) | Esfuerzo Cortante – Vm (kg/ cm ²) |
|---|------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Longitud (a) | Ancho (em) | | | |
| M ₃ 4F 02 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1599.23 | 1.29 |
| M ₃ 4F 04 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1862.11 | 1.51 |
| M ₃ 4F 05 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1659.08 | 1.34 |
| M ₃ 4F 06 | 51.00 | 12.11 | 1235.22 | 1860.48 | 1.51 |
| Promedio - Vm (kg/ cm ²): | | | | | 1.41 |
| Desviación Estándar σ : | | | | | 0.11 |
| Coeficiente de Variación (Dispersión): | | | | | 7.81% |
| Resistencia Característica a Compresión Diagonal - Vm (kg/ cm ²): | | | | | 1.30 |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe de la muestra 03 (con adición de 0% de paja y 4% de fibra), se determinó una resistencia característica a compresión diagonal de 1.30 kg/ cm² superando así al mínimo valor que indica la norma E – 0.80 el cual es de 0.25 kg/ cm².

Tabla 97

Resumen de la Resistencia de Compresión Diagonal en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Tipo de Muestra | Resistencia a | | Coeficiente de Variación (Dispersión) | Resistencia Característica a Compresión Axial - fm (kg/ cm ²) |
|-----------------|---|------------------------------|---------------------------------------|---|
| | Compresión Axial Promedio - fm (kg/ cm ²) | Desviación Estándar σ | | |
| M ₁ | 1.41 | 0.11 | 7.81% | 1.30 |
| M ₂ | 1.15 | 0.13 | 11.12% | 1.02 |
| M ₃ | 0.69 | 0.16 | 22.88% | 0.53 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2 Módulo de Corte

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos del ensayo correspondiente:

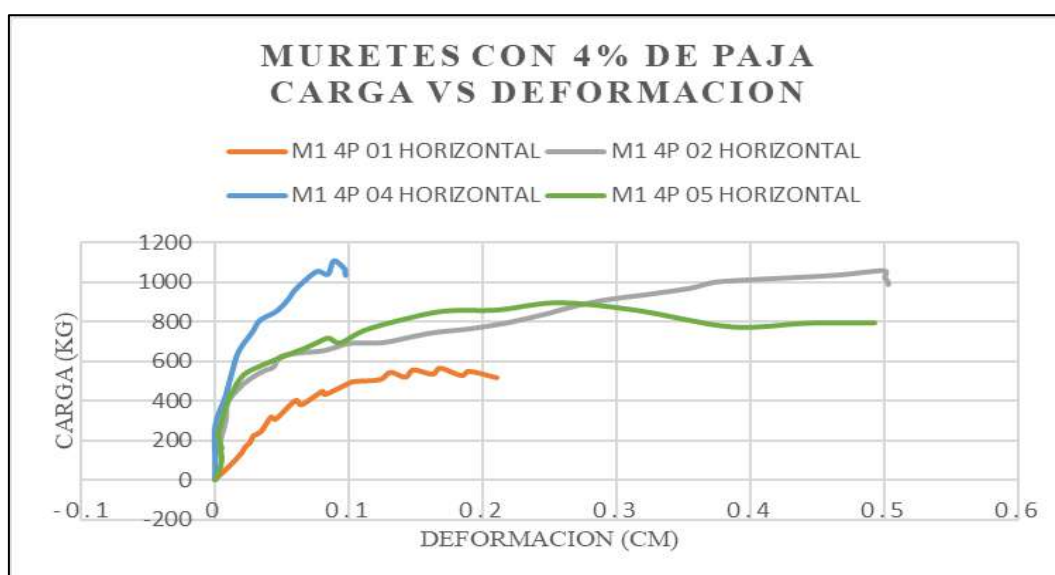


Figura 67. Carga vs Deformación Horizontal de Muretes de Adobe con adición de 4% de paja.

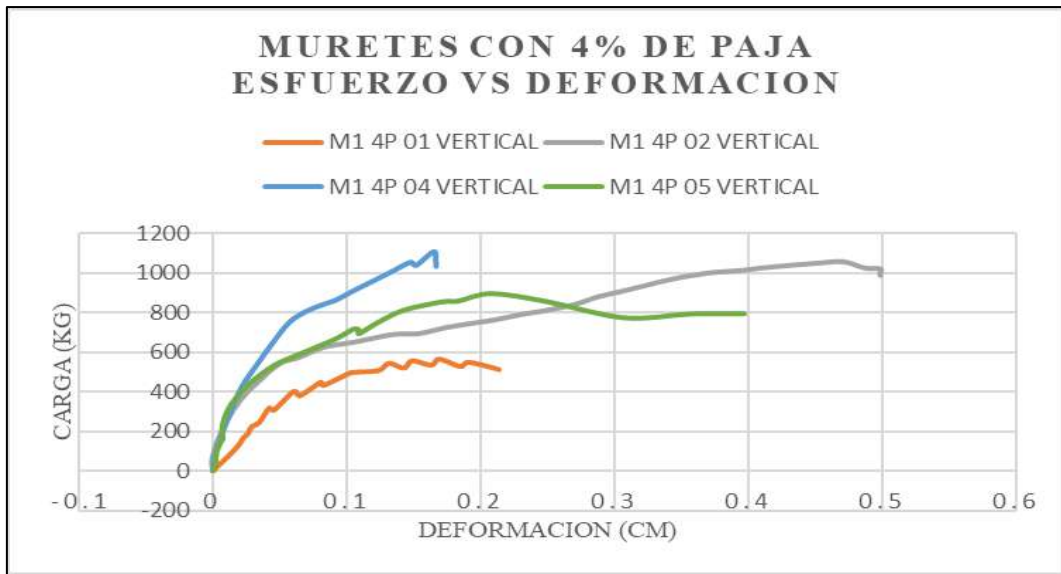


Figura 68. Carga vs Deformación Vertical de Muretes de Adobe con adición de 4% de paja

Tabla 98*Módulo de corte en muretes de Adobe con adición de 4% de paja.*

| Especimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | ΔVm (kg/ cm ²) | Deformación Unitaria Vertical | | | Deformación Unitaria Horizontal | | | Y | Módulo de Corte Gm (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------------|----------------------------------|--------|----------|------------------------------------|--------|----------|--------|---|
| | | | | | | | ΔD | Lv | ε1 (mm) | ΔD | Lh | ε2 (mm) | | |
| | | | | | | | (mm) | (mm) | | (mm) | (mm) | | | |
| M ₁ 4P 01 | 566.96 | 1248.48 | 83.82 | 245.75 | 161.93 | 0.13 | 0.21 | 267.60 | 0.000773 | 0.21 | 267.60 | 0.000773 | 0.0015 | 83.90 |
| M ₁ 4P 02 | 1055.72 | 1248.48 | 120.02 | 465.50 | 345.48 | 0.28 | 0.35 | 292.00 | 0.001205 | 0.17 | 285.00 | 0.000611 | 0.0018 | 152.44 |
| M ₁ 4P 03 | 586.44 | 1248.48 | 69.75 | 230.05 | 160.30 | 0.13 | 0.10 | 258.00 | 0.000401 | 0.40 | 256.00 | 0.001561 | 0.0020 | 65.44 |
| M ₁ 4P 04 | 896.64 | 1248.48 | 274.92 | 653.95 | 379.03 | 0.30 | 0.34 | 269.00 | 0.001272 | 0.18 | 275.00 | 0.000639 | 0.0019 | 158.84 |
| M ₁ 4P 05 | 896.64 | 1248.48 | 226.68 | 532.70 | 306.02 | 0.25 | 0.41 | 295.00 | 0.001382 | 0.20 | 293.00 | 0.000672 | 0.0021 | 119.33 |
| M ₁ 4P 06 | 575.63 | 1248.48 | 55.98 | 349.36 | 293.37 | 0.23 | 2.41 | 274.00 | 0.008781 | 0.19 | 272.00 | 0.000684 | 0.0095 | 24.83 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de módulo de corte en muretes de Adobe con adición de 4% de paja.

| Especímen | Carga | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | ΔVm (kg/ cm ²) | Deformación Unitaria Vertical | | | Deformación Unitaria Vertical | | | Y | Módulo de Corte Gm (kg/ cm ²) |
|--|---------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-------------------------------|------------|----------|--------|---|
| | Máxima Pmax (kg) | | | | | | ΔD (mm) | Lv (mm) | ε1 (mm) | ΔD (mm) | Lh (mm) | ε2 (mm) | | |
| M ₁ 4P 01 | 566.96 | 1248.48 | 83.82 | 245.75 | 161.93 | 0.13 | 0.21 | 267.60 | 0.000773 | 0.21 | 267.60 | 0.000773 | 0.0015 | 83.90 |
| M ₁ 4P 02 | 1055.72 | 1248.48 | 120.02 | 465.50 | 345.48 | 0.28 | 0.35 | 292.00 | 0.001205 | 0.17 | 285.00 | 0.000611 | 0.0018 | 152.44 |
| M ₁ 4P 04 | 896.64 | 1248.48 | 274.92 | 653.95 | 379.03 | 0.30 | 0.34 | 269.00 | 0.001272 | 0.18 | 275.00 | 0.000639 | 0.0019 | 158.84 |
| M ₁ 4P 05 | 896.64 | 1248.48 | 226.68 | 532.70 | 306.02 | 0.25 | 0.41 | 295.00 | 0.001382 | 0.20 | 293.00 | 0.000672 | 0.0021 | 119.33 |
| Promedio - Gm (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | | | 128.63 | |
| Desviación estándar σ: | | | | | | | | | | | | | 34.48 | |
| Coeficiente de variación (dispersión): | | | | | | | | | | | | | 26.81% | |
| Módulo de Corte Característica - Gm (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | | | 94.15 | |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de módulo de corte en muretes de adobe de la muestra 01 (con adición de 4% de paja y 0% de fibra), se obtuvo un módulo de corte característica de 94.15 kg/cm².

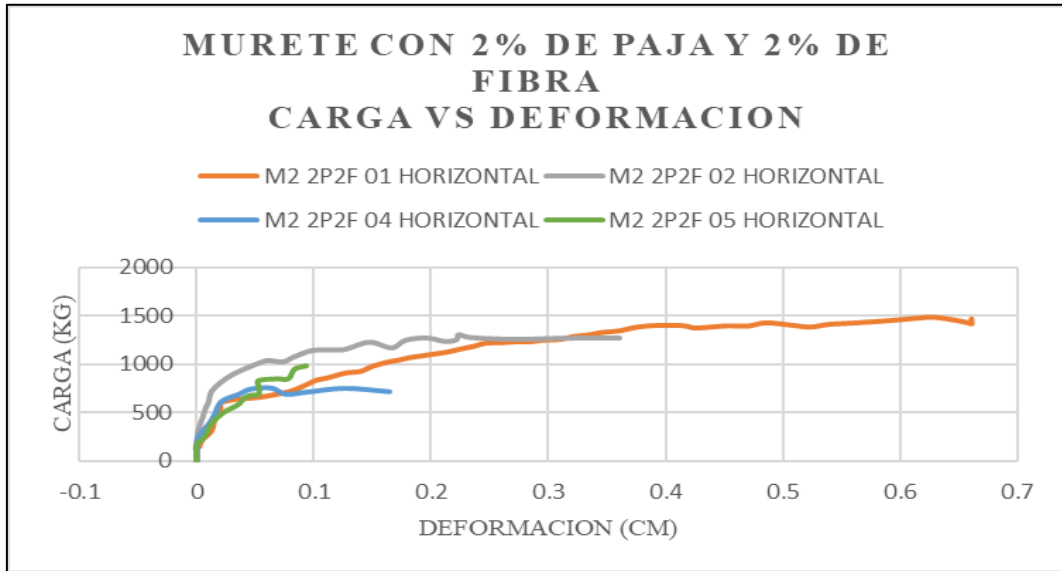


Figura 69. Carga vs Deformación Horizontal de Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

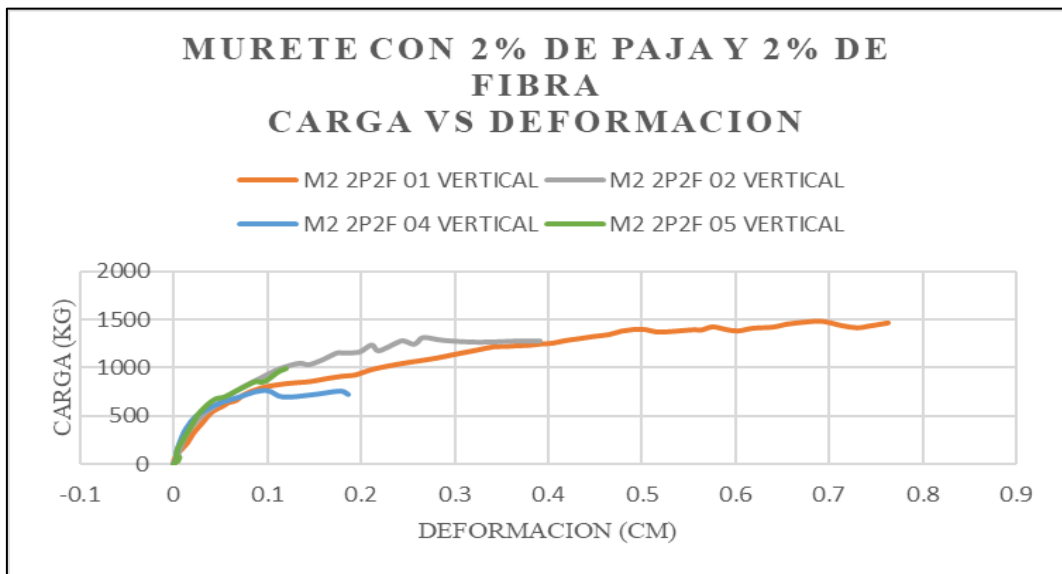


Figura 70. Carga vs Deformación Vertical de Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

Tabla 100*Módulo de Corte en Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.*

| Especimen | Carga | | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | ΔVm (kg/ cm ²) | Deformación Unitaria | | | Deformación Unitaria | | | Y | Módulo de Corte Gm (kg/ cm ²) |
|------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------------|----------------------|------------|----------|----------------------|------------|----------|--------|---|
| | Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | | | | | Vertical | | | Horizontal | | | | |
| | | | | | | | ΔD (mm) | Lv (mm) | ε1 (mm) | ΔD (mm) | Lh (mm) | ε2 (mm) | | |
| M ₁ 2P2F 01 | 1486.55 | 1243.38 | 154.69 | 431.95 | 277.26 | 0.22 | 0.22 | 272.00 | 0.000813 | 0.14 | 278.00 | 0.000511 | 0.0013 | 168.45 |
| M ₁ 2P2F 02 | 1313.20 | 1243.38 | 310.30 | 611.02 | 300.72 | 0.24 | 0.32 | 263.00 | 0.001229 | 0.09 | 279.00 | 0.000313 | 0.0015 | 156.79 |
| M ₁ 2P2F 03 | 852.89 | 1243.38 | 68.22 | 284.30 | 216.08 | 0.17 | 0.12 | 275.00 | 0.000423 | 0.23 | 278.00 | 0.000832 | 0.0013 | 138.46 |
| M ₁ 2P2F 04 | 1630.63 | 1243.38 | 221.18 | 390.25 | 169.07 | 0.14 | 0.08 | 258.00 | 0.000329 | 0.10 | 259.00 | 0.000376 | 0.0007 | 192.69 |
| M ₁ 2P2F 05 | 1736.28 | 1243.38 | 168.36 | 388.62 | 220.26 | 0.18 | 0.14 | 288.00 | 0.000476 | 0.13 | 297.00 | 0.000437 | 0.0009 | 194.04 |
| M ₁ 2P2F 06 | 1292.70 | 1243.38 | 384.54 | 617.75 | 233.21 | 0.19 | 0.22 | 269.00 | 0.000835 | 0.11 | 281.00 | 0.000386 | 0.0012 | 153.65 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Corte en Muretes de Adobe con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.

| Especimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | ΔVm (kg/ cm ²) | Deformación Unitaria | | | | | | Módulo de Corte Gm (kg/ cm ²) | |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------|------------|----------|------------|------------|----------|---|--------|
| | | | | | | | Deformación Unitaria Vertical | | | Horizontal | | | | Y |
| | | | | | | | ΔD (mm) | Lv (mm) | ε1 (mm) | ΔD (mm) | Lh (mm) | ε2 (mm) | | |
| M ₁ 2P2F 01 | 1486.55 | 1243.38 | 154.69 | 431.95 | 277.26 | 0.22 | 0.22 | 272.00 | 0.000813 | 0.14 | 278.00 | 0.000511 | 0.0013 | 168.45 |
| M ₁ 2P2F 02 | 1313.20 | 1243.38 | 310.30 | 611.02 | 300.72 | 0.24 | 0.32 | 263.00 | 0.001229 | 0.09 | 279.00 | 0.000313 | 0.0015 | 156.79 |
| M ₁ 2P2F 04 | 1630.63 | 1243.38 | 221.18 | 390.25 | 169.07 | 0.14 | 0.08 | 258.00 | 0.000329 | 0.10 | 259.00 | 0.000376 | 0.0007 | 192.69 |
| M ₁ 2P2F 05 | 1736.28 | 1243.38 | 168.36 | 388.62 | 220.26 | 0.18 | 0.14 | 288.00 | 0.000476 | 0.13 | 297.00 | 0.000437 | 0.0009 | 194.04 |
| Promedio - Gm (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | | | 177.99 | |
| Desviación estándar σ: | | | | | | | | | | | | | 18.39 | |
| Coeficiente de variación (dispersión): | | | | | | | | | | | | | 10.33% | |
| Módulo de Corte Característica - Gm (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | | | 159.61 | |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe de la muestra 02 (con adicción de 2% de paja + 2% de fibra), se obtuvo un módulo de corte característica de 159.61 kg/cm².

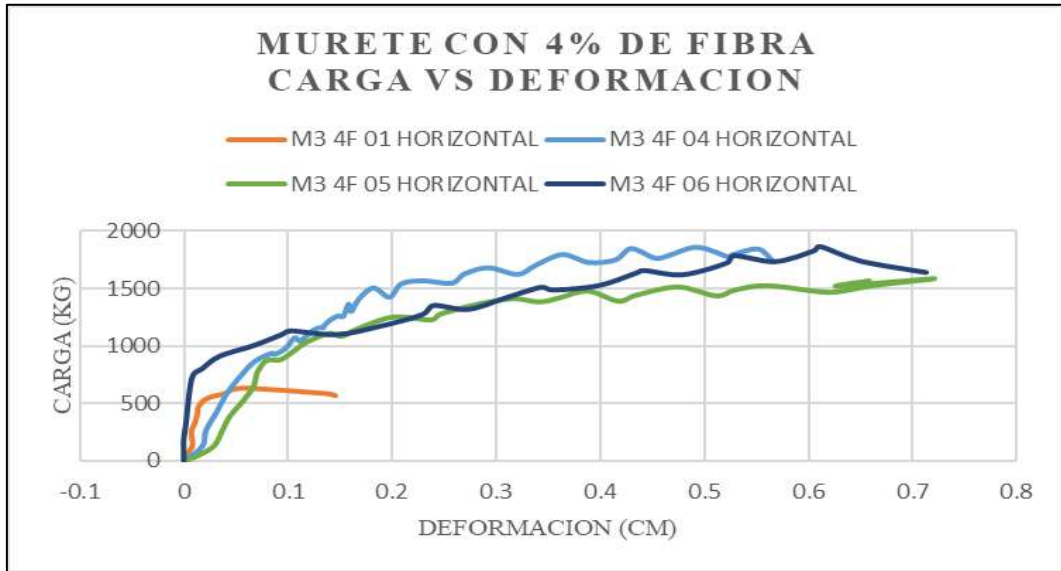


Figura 71. Carga vs Deformación Horizontal de Muretes de Adobe con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar.

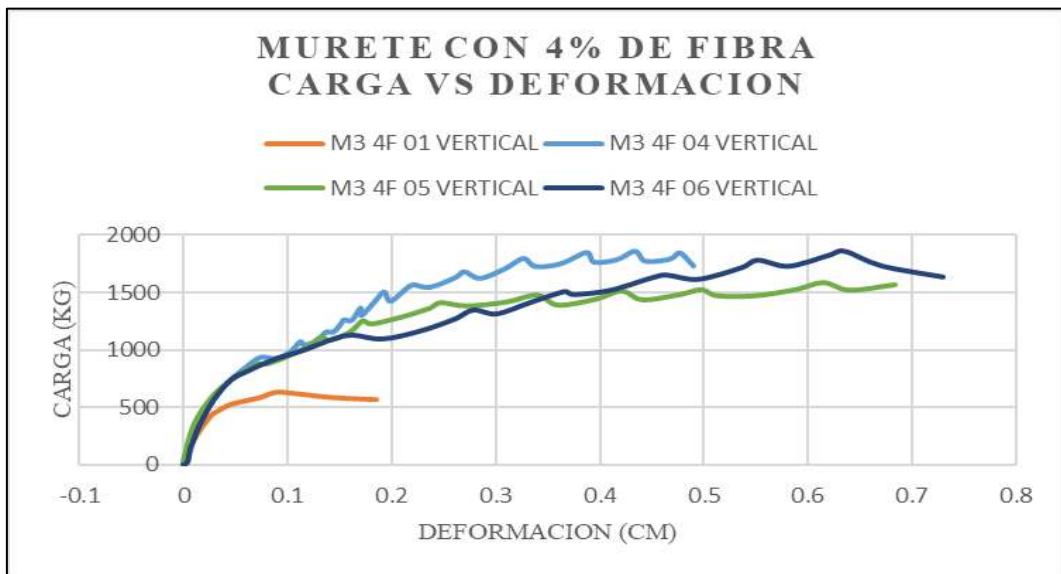


Figura 72. Carga vs Deformación Vertical de Muretes de Adobe con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar

Tabla 102*Módulo de Corte en Muretes de Adobe con 4% de fibra de caña de azúcar.*

| Especímen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | P _o (kg) | P _f (kg) | ΔP (kg) | ΔVm (kg/ cm ²) | Deformación Unitaria | | | | | | Y | Módulo de Corte Gm (kg/ cm ²) |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------|------------|----------|------------|------------|----------|--------|---|
| | | | | | | | Deformación Unitaria Vertical | | | Horizontal | | | | |
| | | | | | | | ΔD (mm) | Lv (mm) | ε1 (mm) | ΔD (mm) | Lh (mm) | ε2 (mm) | | |
| M ₃ 4P 01 | 632.74 | 1235.22 | 54.86 | 432.06 | 377.19 | 0.31 | 0.26 | 296.00 | 0.000890 | 0.10 | 299.00 | 0.000349 | 0.0012 | 246.43 |
| M ₃ 4P 02 | 1599.23 | 1235.22 | 354.66 | 667.00 | 312.34 | 0.25 | 0.24 | 289.00 | 0.000817 | 0.07 | 292.00 | 0.000253 | 0.0011 | 236.41 |
| M ₃ 4P 03 | 1450.45 | 1235.22 | 211.59 | 579.10 | 367.51 | 0.30 | 0.21 | 299.00 | 0.000706 | 0.19 | 283.00 | 0.000686 | 0.0014 | 213.78 |
| M ₃ 4P 04 | 1862.11 | 1235.22 | 140.01 | 422.47 | 282.46 | 0.23 | 0.12 | 315.00 | 0.000376 | 0.14 | 301.00 | 0.000462 | 0.0008 | 272.99 |
| M ₃ 4P 05 | 1659.08 | 1235.22 | 130.52 | 388.21 | 257.68 | 0.21 | 0.09 | 291.00 | 0.000321 | 0.15 | 287.00 | 0.000531 | 0.0009 | 244.97 |
| M ₃ 4P 06 | 1860.48 | 1235.22 | 186.81 | 743.78 | 556.97 | 0.45 | 0.38 | 288.00 | 0.001322 | 0.09 | 286.00 | 0.000305 | 0.0016 | 277.15 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103

Selección de los Cuatro Mejores Resultados de Módulo de Corte de Muretes de Adobe con 4% de fibra de caña de azúcar.

| Espécimen | Carga Máxima Pmax (kg) | Área (cm ²) | Po (kg) | Pf (kg) | ΔP (kg) | ΔVm (kg/ cm ²) | Deformación Unitaria | | | Deformación Unitaria | | | Y | Módulo de Corte Gm (kg/ cm ²) |
|--|------------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|----------------------|------------|----------|----------------------|------------|----------|--------|---|
| | | | | | | | Vertical | | | Horizontal | | | | |
| | | | | | | | ΔD (mm) | Lv (mm) | ε1 (mm) | ΔD (mm) | Lh (mm) | ε2 (mm) | | |
| M ₃ 4P 01 | 632.74 | 1235.22 | 54.86 | 432.06 | 377.19 | 0.31 | 0.26 | 296.00 | 0.000890 | 0.10 | 299.00 | 0.000349 | 0.0012 | 246.43 |
| M ₃ 4P 03 | 1450.45 | 1235.22 | 211.59 | 579.10 | 367.51 | 0.30 | 0.21 | 299.00 | 0.000706 | 0.19 | 283.00 | 0.000686 | 0.0014 | 213.78 |
| M ₃ 4P 04 | 1862.11 | 1235.22 | 140.01 | 422.47 | 282.46 | 0.23 | 0.12 | 315.00 | 0.000376 | 0.14 | 301.00 | 0.000462 | 0.0008 | 272.99 |
| M ₃ 4P 05 | 1659.08 | 1235.22 | 130.52 | 388.21 | 257.68 | 0.21 | 0.09 | 291.00 | 0.000321 | 0.15 | 287.00 | 0.000531 | 0.0009 | 244.97 |
| Promedio - Gm (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | | | 260.39 | |
| Desviación estándar σ: | | | | | | | | | | | | | 17.05 | |
| Coeficiente de variación (dispersión): | | | | | | | | | | | | | 6.55% | |
| Módulo de Corte Característica - Gm (kg/cm ²): | | | | | | | | | | | | | 243.33 | |

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe de la muestra 03 (con adición de 0% de paja y 4% de fibra), se obtuvo un módulo de corte característica de 243.33 kg/cm

Tabla 104

Resumen del Módulo de Corte en Muretes de Adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

| Tipo de Muestra | Promedio de Módulo de Corte - Gm (kg/cm ²) | Desviación Estándar σ | Coefficiente de Variación (Dispersión) | Módulo de Corte Característica - Gm (kg/cm ²) |
|-----------------|--|------------------------------|--|---|
| M ₁ | 128.63 | 34.48 | 26.81% | 94.15 |
| M ₂ | 154.34 | 12.35 | 8.00% | 141.98 |
| M ₃ | 260.39 | 17.05 | 6.55% | 243.33 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.3 Forma de Falla de Muretes

Según Zacaria & Sánchez (2021), indican los tipos de falla en muretes que puede haber las cuales son:

- ✓ Falla por tensión diagonal
- ✓ Falla de cortante
- ✓ Falla combinada
- ✓ Falla por aplastamiento

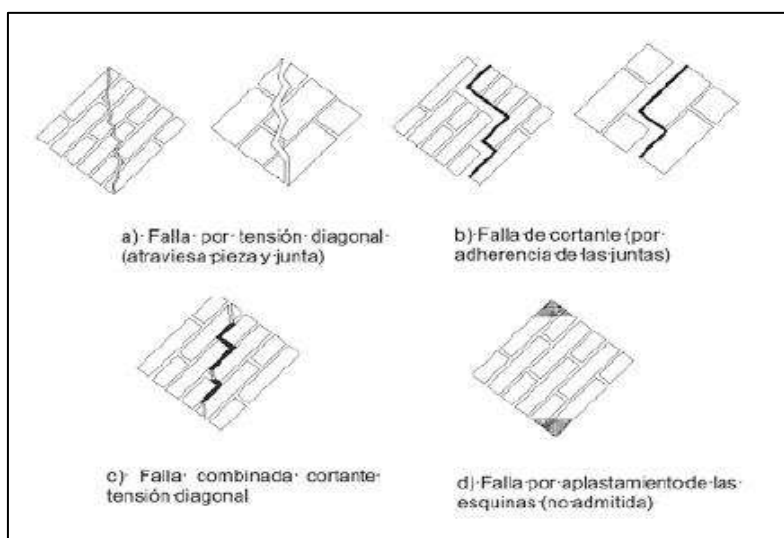


Figura 73. Fallas en muretes

A continuación, se detallan los distintos tipos de fallas observados en cada muestra, con adición del 4% de paja, una combinación de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, y un 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 74. Falla combinada



Figura 75. Falla de cortante

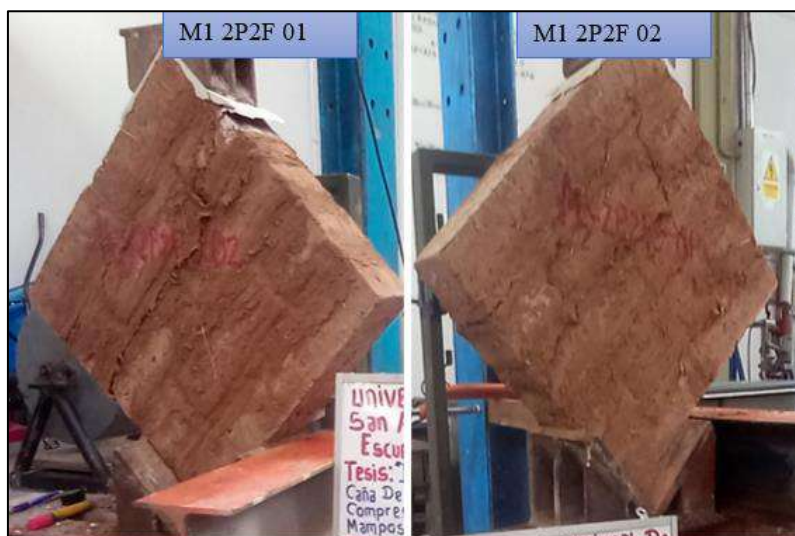


Figura 76. Falla combinada.



Figura 77. Falla de cortante.



Figura 78. Falla cortante y combinada respectivamente.

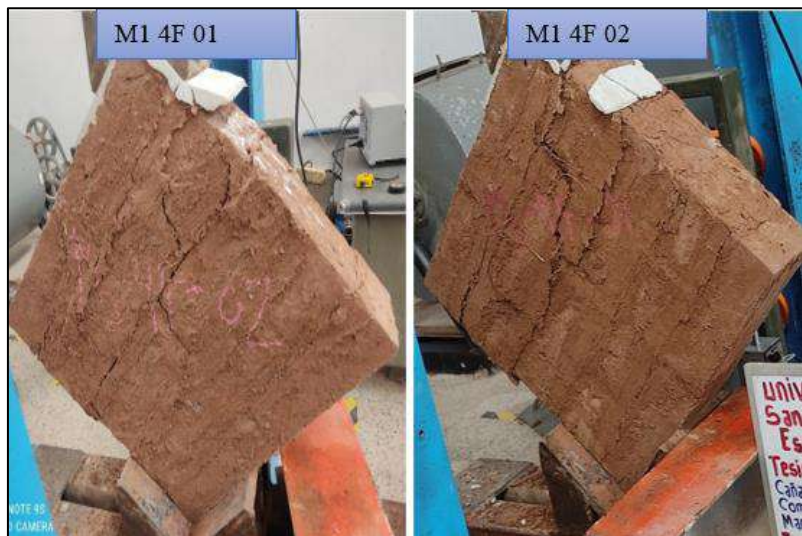


Figura 79. Falla combinada.

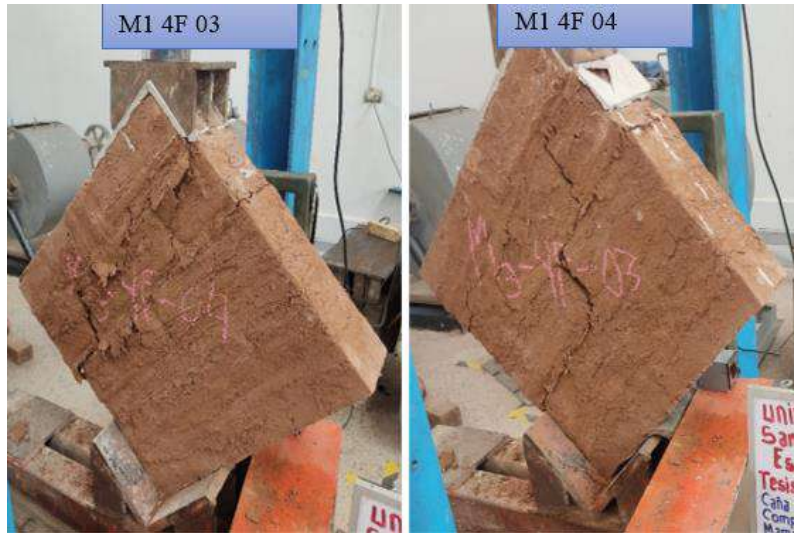


Figura 80. Falla combinada y de cortante respectivamente.

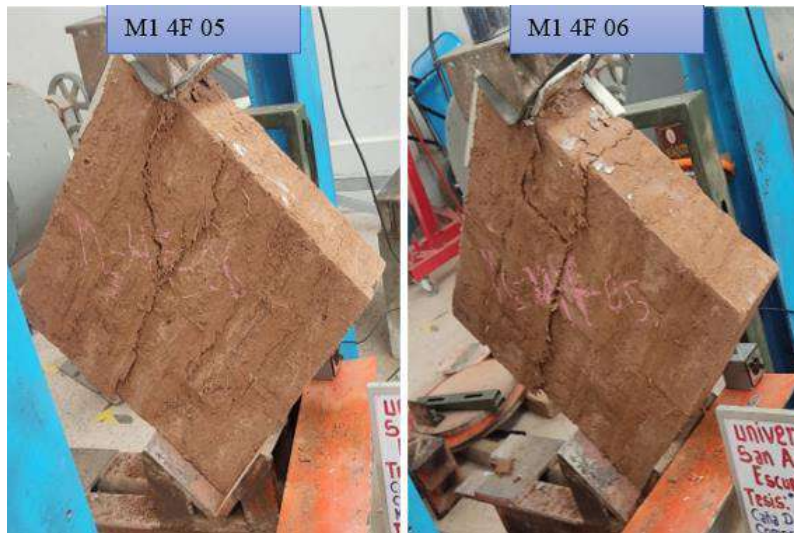


Figura 81. Figura 2: Falla combinada y de cortante respectivamente.

CAPITULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ADOBE

6.1.1 Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión

El análisis comparativo de resistencia a compresión en unidades de adobe se muestra a continuación:

Tabla 105

Resistencia compresión promedio de unidades de adobe

| Muestra | Resistencia a la compresión en unidades de adobe (kg/cm ²) |
|--|---|
| Adición con 4% de paja | 9.07 |
| Adición 2% de paja 2% de fibra de caña de azúcar | 10.64 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 21.00 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°105, muestra los resultados resistencia compresión promedios de la unidad de adobe de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

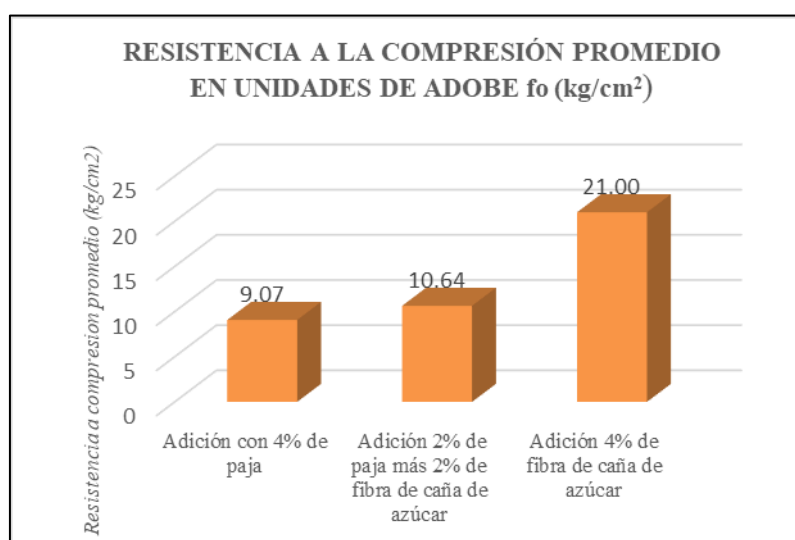


Figura 82. Resistencia compresión promedio en unidades de adobe

En la Figura 82, se verifica lo siguiente:

- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de paja, tiene una resistencia a la compresión promedio de 9.07 kg/cm², dicho resultado es menor a la resistencia de 10.2 kg/cm² lo cual indica la Norma E.080.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a la compresión promedio de 10.64 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 10.2 kg/cm² lo cual indica la Norma E.080.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a la compresión promedio de 21.00 kg/cm², este resultado es superior a la resistencia de 10.2 kg/cm² lo cual indica la Norma E.080.

- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a la compresión promedio de 56.81% respecto de adobe de 4% de paja.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a la compresión promedio de 14.76% respecto de adobe de 4% de paja.

6.1.2 Análisis Comparativo de la Resistencia a Tracción en Unidades de Adobe

El análisis comparativo de resistencia a tracción en unidades de adobe se muestra a continuación:

Tabla 106

Resistencia a tracción promedio en unidades de adobe.

| Muestra | Resistencia a tracción promedio en unidades de adobe (kg/cm ²) |
|--|--|
| Adición con 4% de paja | 6.41 |
| Adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 7.94 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 11.77 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 106, muestra los resultados resistencia a tracción promedios de la unidad de adobe de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

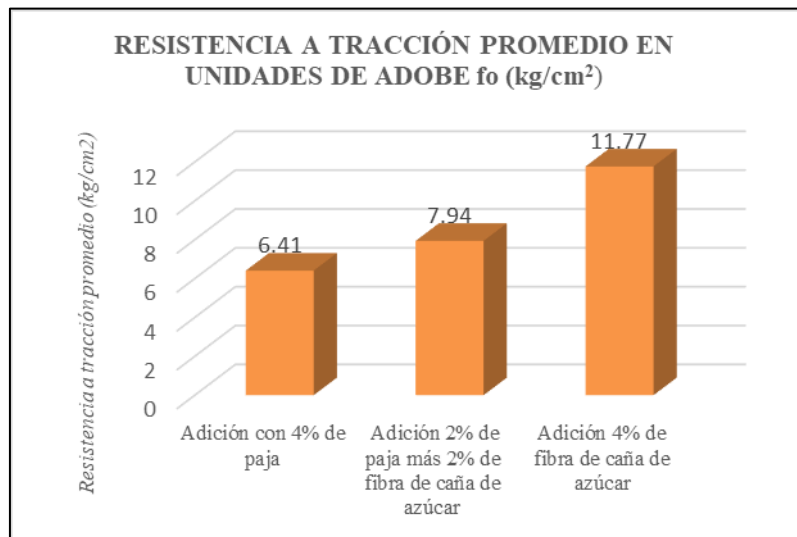


Figura 83. Resistencia a tracción promedio en unidades de adobe

En la Figura 83, se verifica lo siguiente:

- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de paja, tiene una resistencia a tracción promedio de 6.41 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.81 kg/cm² lo cual indica la Norma E.080.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a tracción promedio de 7.94 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.81kg/cm² lo cual indica la Norma E.080.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a tracción promedio de 11.77 kg/cm², este resultado es mayor a la resistencia de 0.81 kg/cm² lo cual indica la Norma E.080.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a tracción promedio de 45.54% respecto de adobe de 4% de paja.
- ✓ La unidad de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a tracción promedio de 19.27% respecto de adobe de 4% de paja.

6.1.3 Análisis Comparativo de Resistencia a la Compresión en Cubos

El análisis comparativo de resistencia a la compresión en cubos de adobe se muestra a continuación:

Tabla 107

Resistencia a compresión promedio en cubos de 10cm de lado

| Muestra | Esfuerzo de compresión promedio en cubos de adobe(kg/cm ²) |
|--|--|
| Adición con 4% de paja | 27.43 |
| Adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 34.49 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 37.37 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 107, muestra los resultados resistencia a compresión promedios de la unidad de adobe de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

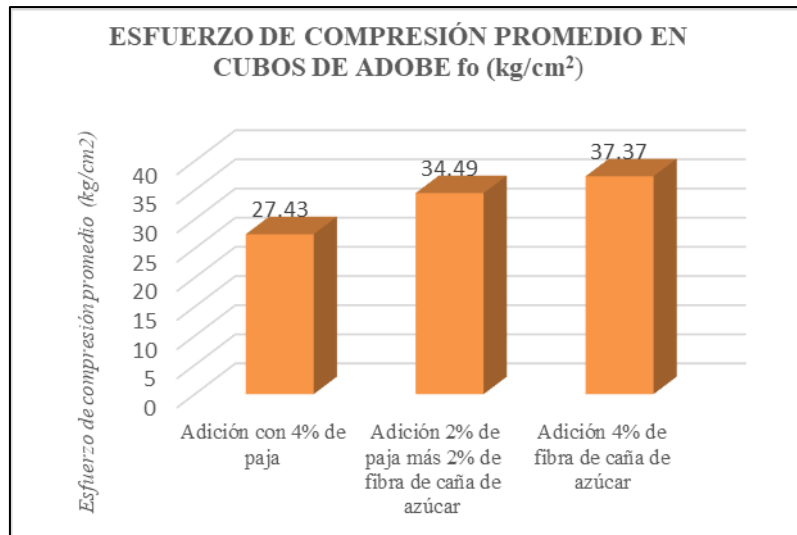


Figura 84. Resistencia a compresión promedio en cubos en unidades de adobe.

En la Figura 84, se verifica lo siguiente:

- ✓ Los cubos de adobe de 10cm de lado con adición de 4% de paja, tiene una resistencia a compresión promedio de 27.43 kg/cm². dicho resultado es mayor a la resistencia de 10.2 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cubos de adobe de 10cm de lado con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, tiene una resistencia a compresión promedio de 34.49 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 10.2 kg/cm² el cual indica la Norma E.080.
- ✓ Los cubos de adobe de 10cm de lado con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a compresión promedio de 37.37 kg/cm², este resultado es mayor a la resistencia de 10.2 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cubos de adobe de 10cm de lado con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un aumento de resistencia a compresión promedio de 26.59% respecto de adobe de 4% de paja.
- ✓ Los cubos de adobe de 10cm de lado con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un aumento de resistencia a compresión promedio de 20.47% respecto de adobe de 4% de paja.

6.1.4 Análisis Comparativo de Resistencia a la Tracción (ensayo brasileño) de cilindros de 6" x 12"

El análisis comparativo de resistencia a la tracción de cilindros de 6"x12" de adobe se muestra a continuación:

Tabla 108

Resistencia a la tracción de cilindros de 6"x12" de adobe.

| Muestra | Resistencia de tracción indirecta promedio (ensayo brasileño) (kg/cm ²) |
|--|---|
| Adición con 4% de paja | 1.87 |
| Adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 2.43 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 3.26 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 108, muestra los resultados resistencia de tracción indirecta promedio de la unidad de adobe de 4% de paja, 2% de paja más 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

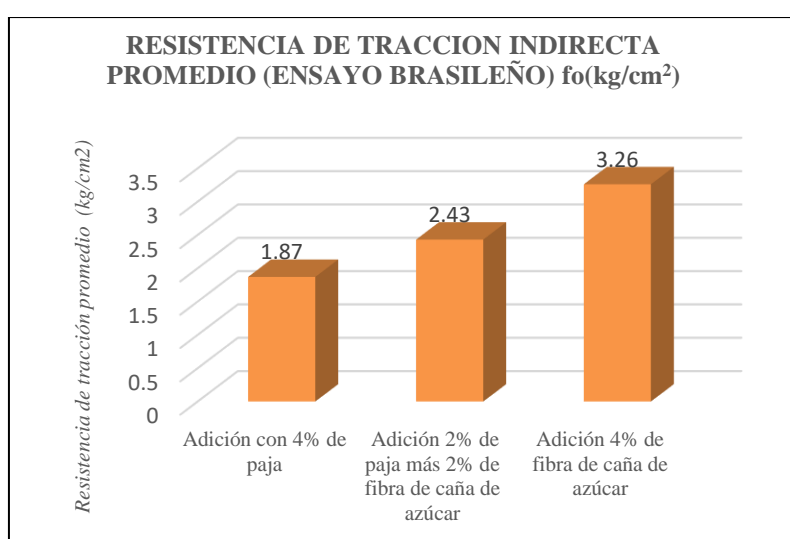


Figura 85. Resistencia a tracción indirecta promedio en cilindros de 6"x12" de adobe.

En la Figura 85, se verifica lo siguiente:

- ✓ Los cilindros de adobe de 6"x12" con adición de 4% de paja, tiene una resistencia a tracción indirecta promedio de 1.87 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.81 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cilindros de adobe de 6"x12" con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, tiene una resistencia a tracción promedio de 2.43 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.81 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cilindros de adobe de 6"x12" con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a tracción promedio de 3.26 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.81 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cilindros de adobe de 6"x12" con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un aumento de resistencia a tracción promedio de 42.64% respecto de adobe de 4% de paja.

- ✓ Los cilindros de adobe de 6"x12" con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un aumento de resistencia a tracción promedio de 23.05% respecto de adobe de 4% de paja.

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MORTERO DE BARRO

6.2.1 Análisis Comparativo de la Resistencia del Mortero a Compresión

El análisis comparativo de resistencia del mortero a compresión de cilindros de 3"x6" se muestra mediante los gráficos siguientes:

Tabla 109

Resistencia a compresión promedio en cilindros de 3"x6"

| Muestra | Resistencia a compresión promedio en cilindros 3"x6" fo (kg/cm ²) |
|--|---|
| Adición con 4% de paja | 12.71 |
| Adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 12.93 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 14.41 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 109, da a conocer los resultados de resistencia a compresión promedio en cilindros de 3"x6" de adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

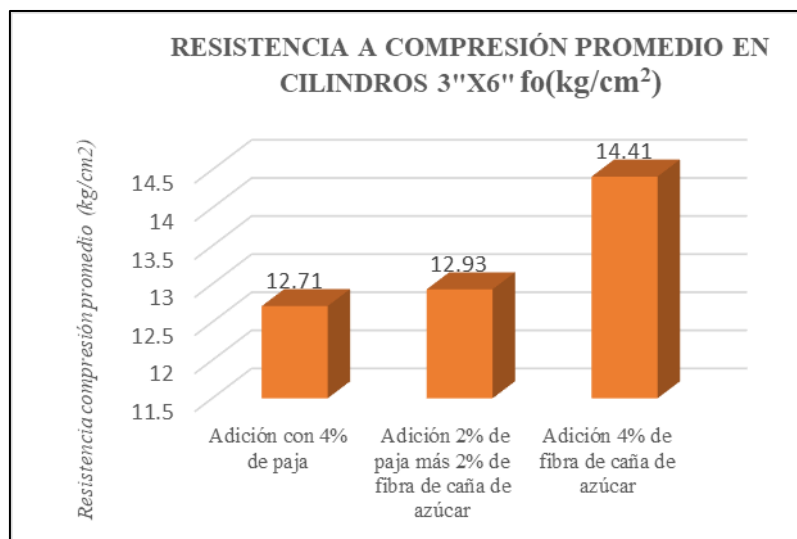


Figura 86. Resistencia a compresión promedio en cilindros 3"x6" de adobe.

En la Figura 86, se verifica lo siguiente:

- ✓ Los cilindros de adobe de 3"x6" con adición de 4% de paja, presenta una resistencia a compresión promedio de 12.71 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 10.2 kg/cm² el cual indica la norma E.080.

- ✓ Los cilindros de adobe de 3"x6" con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, tiene una resistencia a compresión promedio de 12.93 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 10.2 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cilindros de adobe de 3"x6" con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia a compresión promedio de 14.41 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 10.2 kg/cm² el cual indica la norma E.080.
- ✓ Los cilindros de adobe de 3"x6" con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a compresión promedio de 11.80% respecto de adobe de 4% de paja.
- ✓ Los cilindros de adobe de 3"x6" con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a compresión promedio de 1.70% respecto de adobe de 4% de paja.

6.2.2 Análisis Comparativo de la Resistencia de Adherencia de Mortero de tres Unidades

El análisis comparativo de resistencia de adherencia de mortero de 3 unidades se muestra mediante los gráficos siguientes:

Tabla 110

Resistencia de adherencia de mortero promedio de 3 unidades de adobe.

| Muestra | Resistencia de adherencia de mortero 3 unidades (kg/cm ²) |
|--|--|
| Adición con 4% de paja | 0.35 |
| Adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 0.46 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 0.54 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°110, muestra los resultados resistencia de adherencia de mortero promedio de 3 unidades de adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

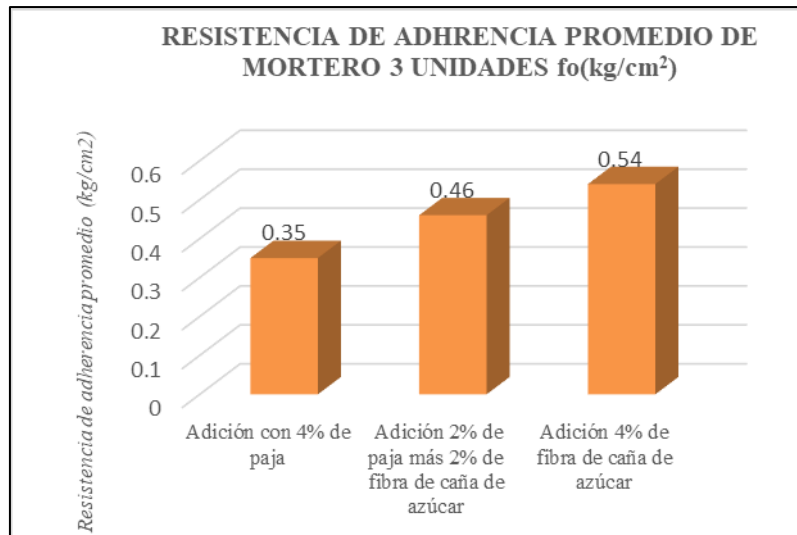


Figura 87. Resistencia de adherencia promedio de mortero de 3 unidades de adobe.

En la Figura 87, se verifica lo siguiente:

- ✓ Las probetas de tres unidades de adobe con adición de 4% de paja, presenta una resistencia de adherencia promedio de 0.35 kg/cm^2 , dicho resultado es superior a la resistencia de 0.12 kg/cm^2 el cual indica la norma E.080.
- ✓ Las probetas de tres unidades de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia de adherencia promedio de 0.46 kg/cm^2 , dicho resultado es superior a la resistencia de 0.12 kg/cm^2 el cual indica la Norma E.080.
- ✓ Las probetas de tres unidades de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia de adherencia promedio de 0.54 kg/cm^2 , este resultado es superior a la resistencia de 0.12 kg/cm^2 el cual indica la Norma E.080.
- ✓ Las probetas de tres unidades de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a adherencia promedio de 35.19% respecto de adobe de 4% de paja.
- ✓ Las probetas de tres unidades de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a adherencia promedio de 23.91% respecto de adobe de 4% de paja.

6.2.3 Análisis Comparativo de la Resistencia de Adherencia de Mortero de dos Unidades

El análisis comparativo de resistencia de adherencia de mortero de 2 unidades se muestra a continuación:

Tabla 111

Resistencia de adherencia promedio de mortero de 2 unidades de adobe.

| Muestra | Resistencia de adherencia de mortero 2 unidades (kg/cm ²) |
|--|---|
| Adición con 4% de paja | 0.38 |
| Adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar | 0.43 |
| Adición 4% de fibra de caña de azúcar | 0.56 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 111, presenta los resultados de resistencia de adherencia de mortero promedio de 2 unidades de adobe con adición de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

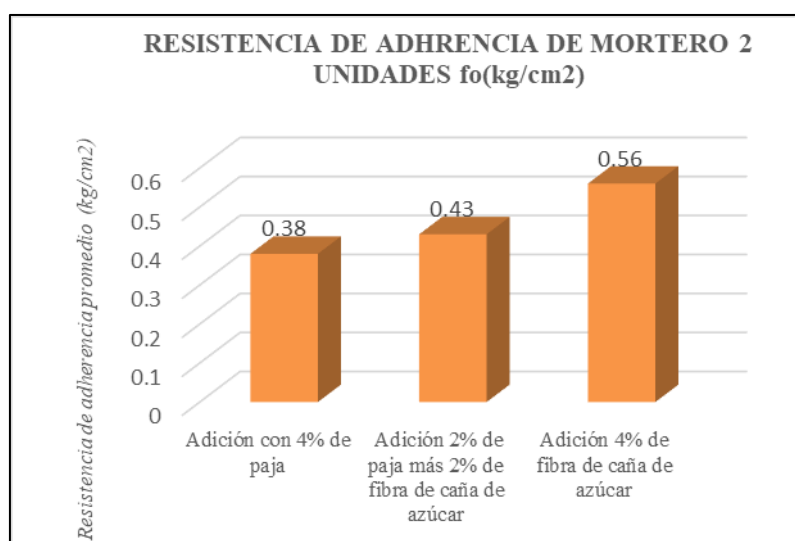


Figura 88. Resistencia de adherencia promedio de mortero de 2 unidades de adobe.

En la Figura 88, se verifica lo siguiente:

- ✓ Las probetas de dos unidades de adobe con adición de 4% de paja, presenta una resistencia de adherencia promedio de 0.38 kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.12kg/cm² el cual indica la Norma E.080.
- ✓ Las probetas de dos unidades de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia de adherencia promedio de 0.43kg/cm², dicho resultado es superior a la resistencia de 0.12kg/cm² el cual indica la Norma E.080.
- ✓ Las probetas de dos unidades de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta una resistencia de adherencia promedio de 0.56 kg/cm², este resultado es superior a la resistencia de 0.12 kg/cm² el cual indica la Norma E.080.
- ✓ Las probetas de dos unidades de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a adherencia promedio de 32.14% respecto de adobe de 4% de paja.

- ✓ Las probetas de dos unidades de adobe con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar, presenta un incremento de resistencia a adherencia promedio de 11.63% respecto de adobe de 4% de paja.

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE

6.3.1 Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión Axial en Pilas

A continuación, se realiza la comparación correspondiente de la resistencia a compresión axial en pilas de adobe entre las 3 diferentes muestras:

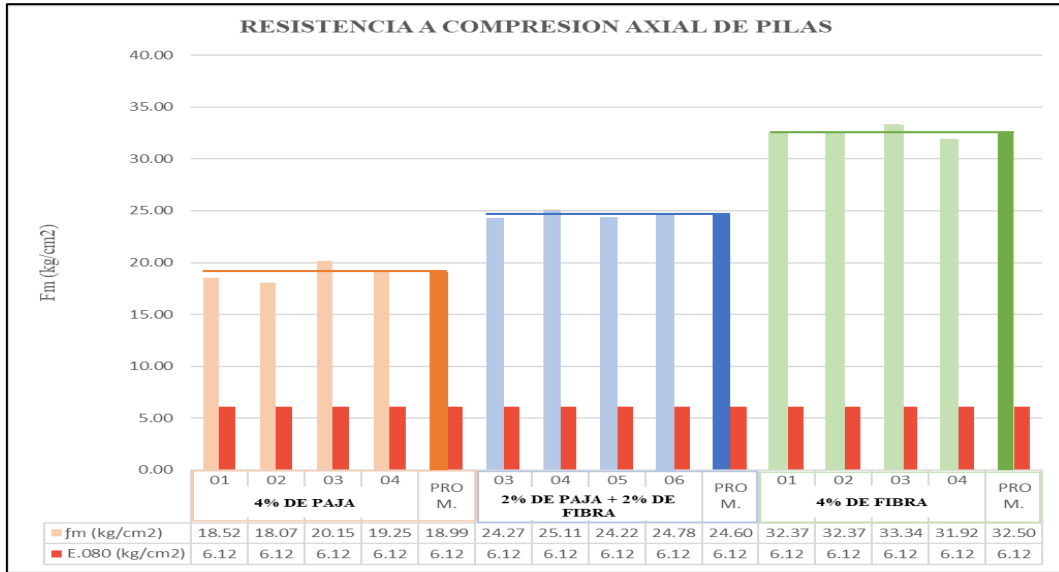


Figura 89. Dispersión de la resistencia a compresión axial en cada uno de las pilas por tipo de muestra

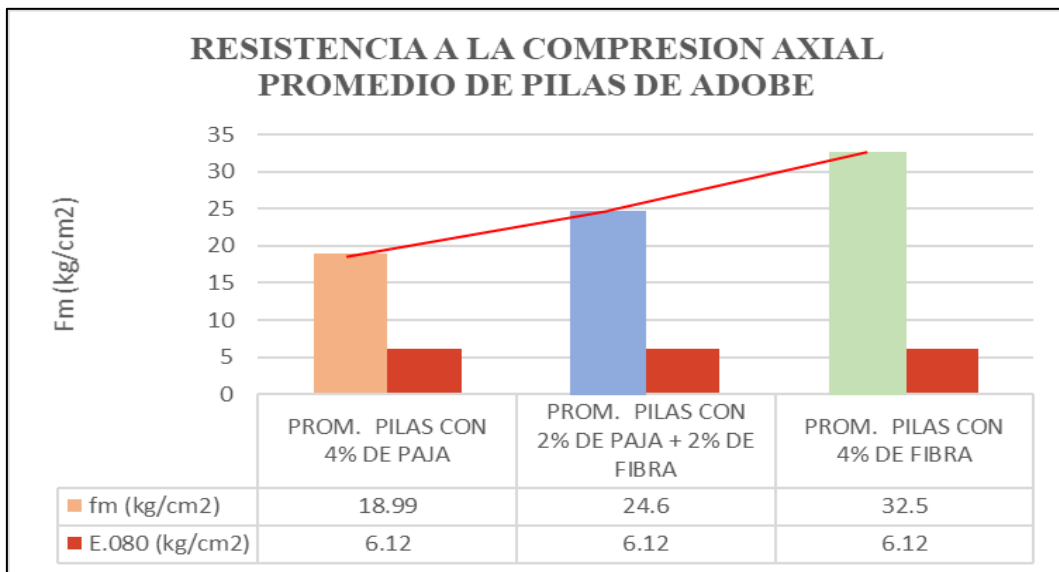


Figura 90. Resistencia a compresión axial promedio en pilas de adobe.

En la figura 89, se observa la dispersión de la resistencia a compresión axial en cada una de las pilas por cada tipo de muestra en el cual también se verifica que todos estos superan al mínimo valor que establece la norma E 080.

En la figura 90, se verifica que la resistencia a compresión axial en las pilas de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar se incrementa en un 71.14% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional). Y en cuanto a la resistencia a compresión axial promedio de las pilas de adobe con adición de 2% de fibra más 2% de paja incrementa en 29.54% con respecto a las pilas con adición de 4% de paja.

6.3.2 Análisis Comparativo del Módulo de Elasticidad en Pilas

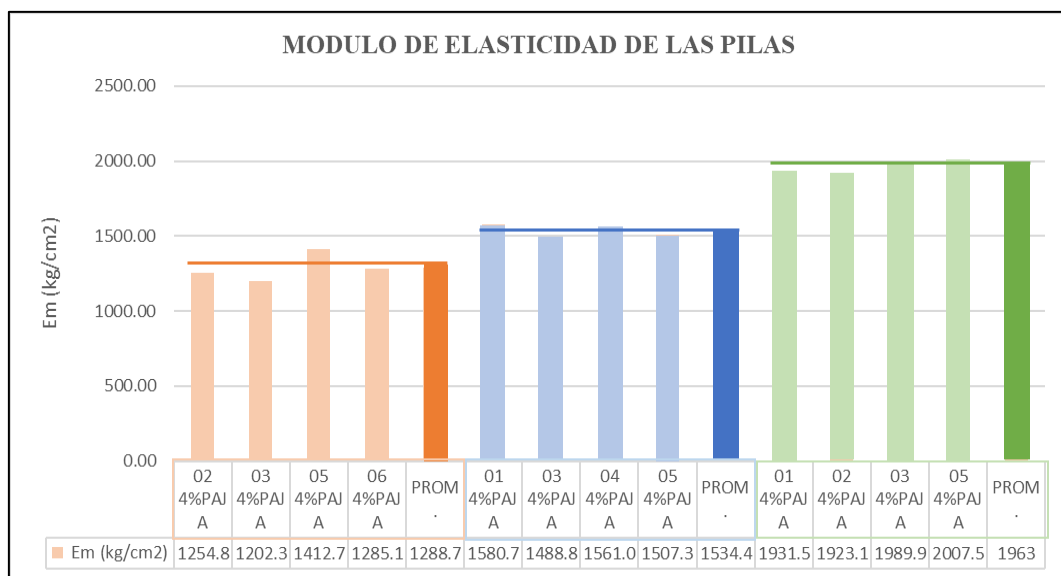


Figura 91. Dispersión del módulo de elasticidad en cada uno de las pilas por tipo de muestra.

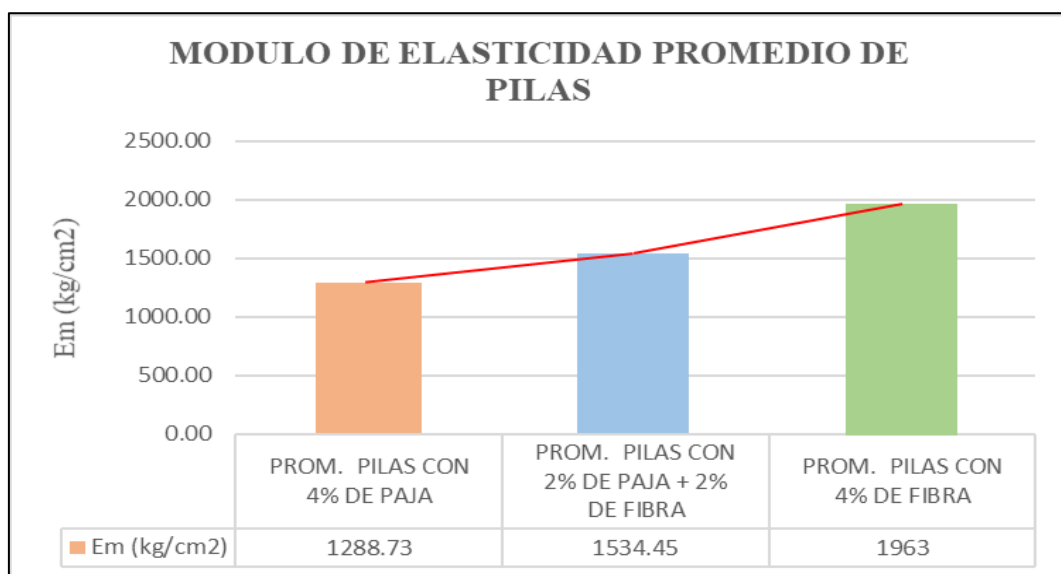


Figura 92. Módulo de elasticidad promedio en las pilas de adobe por tipo de muestra

En la figura 91, se da a conocer la dispersión del módulo de elasticidad (E_m) en cada uno de las pilas por cada tipo de muestra.

En la figura 92, se verifica que el módulo de elasticidad en las pilas de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar se incrementa en un 52.32% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional). Y en cuanto al módulo de elasticidad en las pilas de adobe con adición de 2% de fibra más 2% de paja incrementa en 19.07% con respecto a las pilas con adición de 4% de paja.

6.3.3 Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes

A continuación, se realiza la comparación correspondiente de la resistencia a compresión diagonal en los muretes de adobe entre las 3 diferentes muestras:

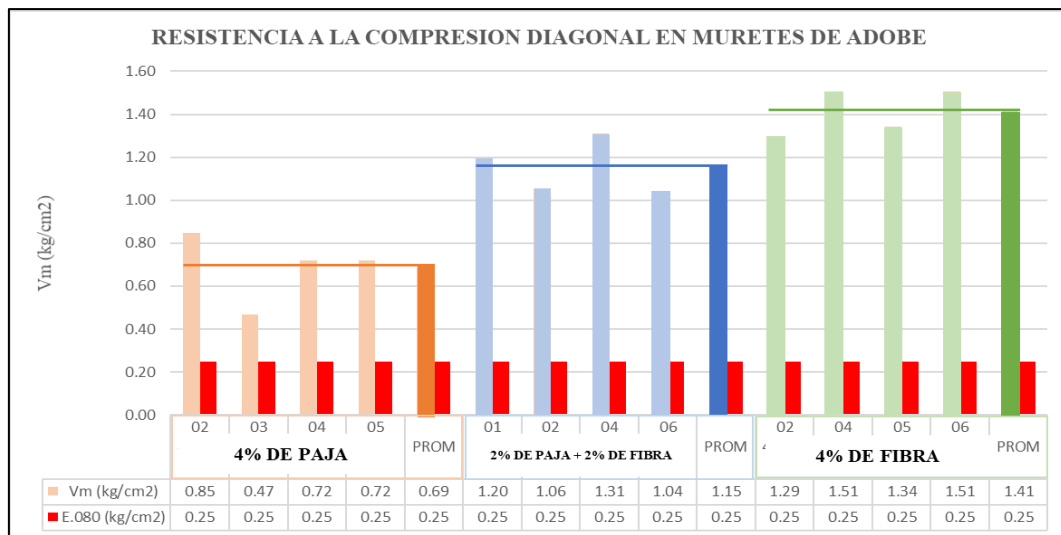


Figura 93. Dispersión de la resistencia a compresión diagonal por tipo de muestra

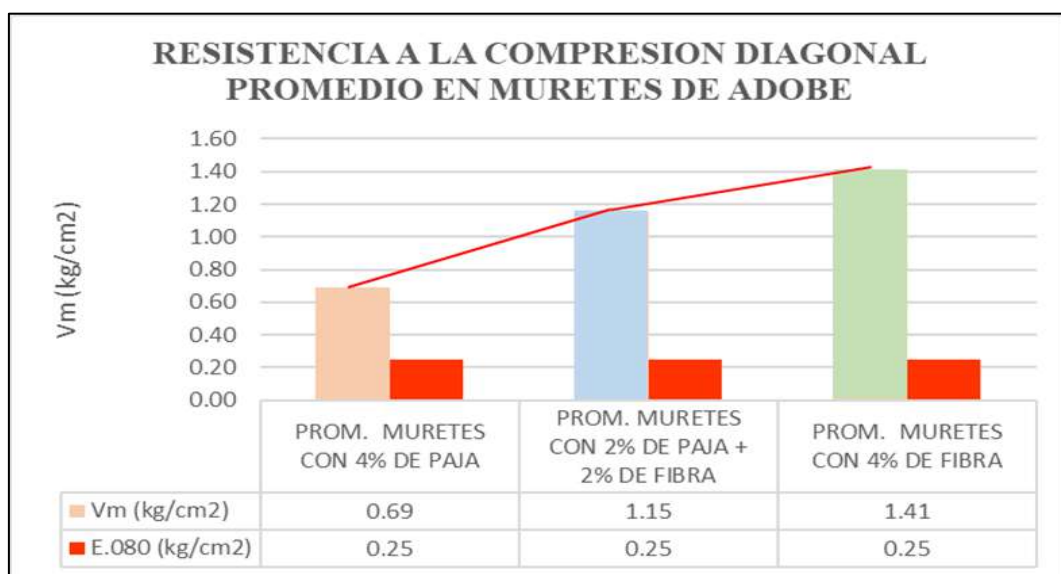


Figura 94. Resistencia promedio a compresión diagonal en muretes de adobe por tipo de muestra.

En la figura 93, se muestra la dispersión de la resistencia a compresión diagonal en cada uno de los muretes por tipo muestra en el cual también se verifica que todos estos superan al mínimo valor que establece la Norma E.080.

En la figura 94, se verifica que la resistencia a compresión diagonal en los muretes de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar se incrementa en un 105.38% con respecto a los muretes de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional). Y en cuanto a la resistencia a compresión diagonal promedio de los muretes de adobe con adición de 2% de fibra más 2% de paja incrementa en 67.27% con respecto a los muretes con adición de 4% de paja.

6.3.4 Análisis Comparativo del Módulo de Corte en Muretes

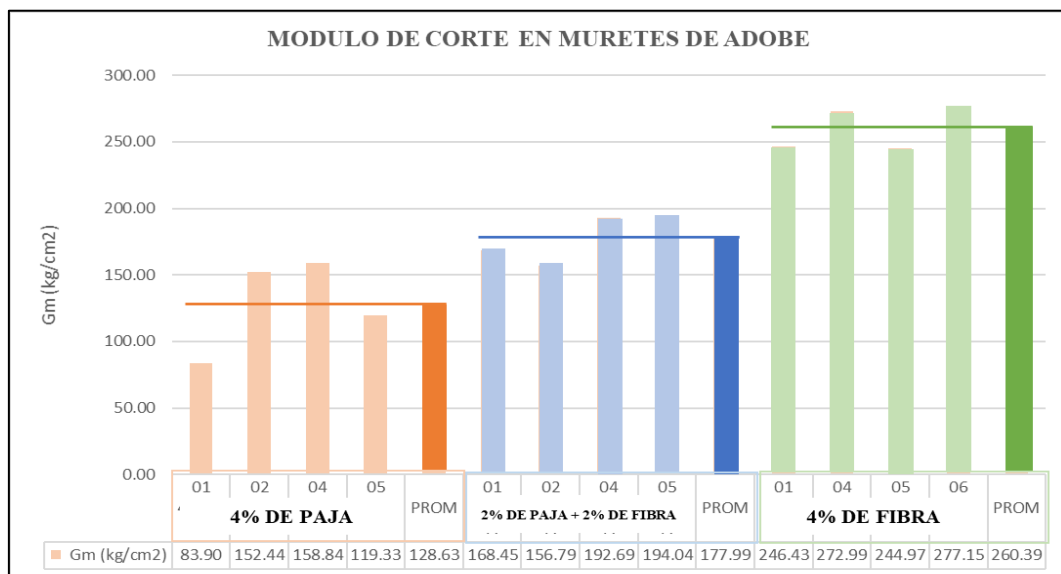


Figura 95. Módulo de corte en cada murete por tipo de muestra

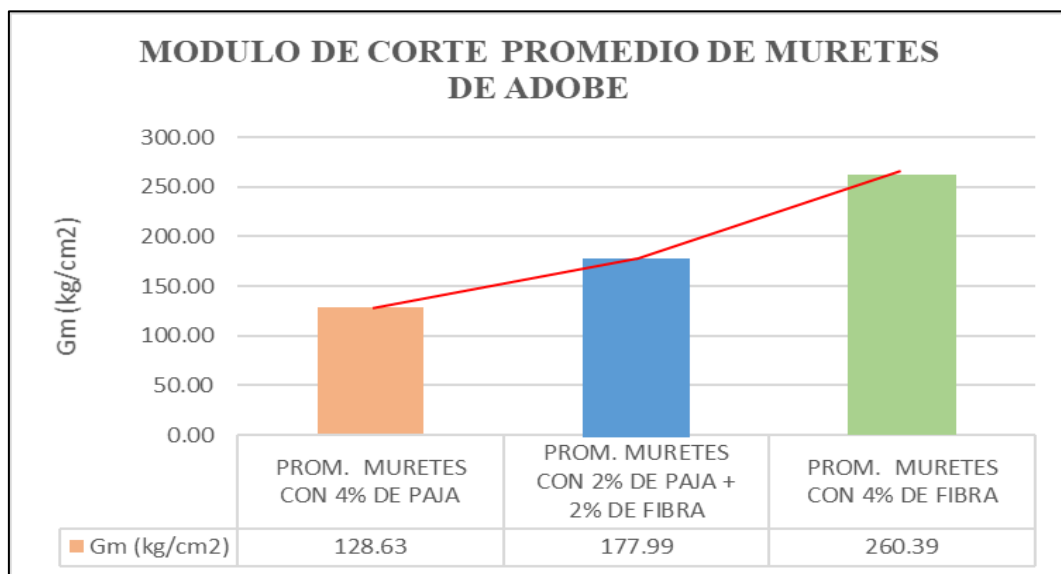


Figura 96. Módulo de corte promedio en muretes

En la figura 95, se muestra la dispersión del módulo de corte (Gm) en cada uno de los muretes por cada tipo de muestra.

En la figura 96, se muestra que el módulo de corte promedio en los muretes de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar incrementa en 102.44% con respecto a los muretes de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional). Y en cuanto al módulo de corte promedio de los muretes de adobe con adición de 2% de fibra más 2% de paja incrementa en 38.38% con respecto a los muretes con adición de 4% de paja.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Con el estudio realizado se concluye que la adición de fibra de caña de azúcar tiene una influencia positiva significativa en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe.

Conclusión 01:

Las propiedades de compresión axial y diagonal resultantes de las pilas y muretes sin la adición de fibra de caña de azúcar (solo paja 4%) los resultados obtenidos son: 18.99 y 0.69 kg/cm² en promedio respectivamente estos superan significativamente a los valores mínimos indicados por la Norma E .080, pero sin embargo estos valores son menores a las propiedades de compresión axial y diagonal resultantes de las pilas y muretes con adición de fibra de caña de azúcar. Adicionando a ello en cuanto al módulo de elasticidad y módulo de corte se presenta el mismo comportamiento.

Conclusión 02:

En las pilas de adobe con adición de 2% de fibra de caña de azúcar (2% de fibra + 2% de paja), La resistencia a compresión axial (Fm) incrementa en un 29.54% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional) y en cuanto a su módulo de elasticidad (Em) también incrementa en un 19.07% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional).

Y en cuanto en los muretes de adobe con adición de 2% de fibra de caña de azúcar (2% de fibra + 2% de paja), la resistencia a compresión diagonal (Vm) incrementa en un 67.27% con respecto a los muretes con adición de 4% de paja (adobe tradicional) y en cuanto a su módulo de corte (Gm) también incrementa en un 38.38% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional).

Conclusión 03:

En las pilas de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar (solo 4% de fibra), la resistencia a compresión axial (Fm) incrementa en un 71.14% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional) y en cuanto a su módulo de elasticidad (Em) también incrementa en un 52.32% con respecto a las pilas de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional).

En los muretes de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar, la resistencia a compresión diagonal (Vm) incrementa en un 105.38% con respecto a los muretes de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional) y en cuanto a su módulo de corte (Gm) también incrementa en un 102.44% con respecto a los muretes de adobe con adición de 4% de paja (adobe tradicional).

7.2 RECOMENDACIONES

Recomendación 01:

Se sugiere controlar que la tierra a usar debe contener una cantidad significativa de arcilla. Y en cuanto en la elaboración de la mampostería verificar la verticalidad y horizontalidad, ya que inciden directamente en el valor de la resistencia mecánica.

Recomendación 02:

Se recomienda un secado gradual y controlado de las unidades de adobe, evitando condiciones extremas que puedan generar fisuras, como exposición directa al sol o vientos fuertes, debido a que esta variación afecta directamente las dimensiones de las pilas y muretes.

Recomendación 03:

Se sugiere desarrollar investigaciones futuras en unidades de adobe con adicción de fibra de caña de azúcar en diferentes porcentajes, tanto mayores y menores a 4% en volumen y se permita obtener el porcentaje óptimo. Porque los estudios realizados muestran un efecto positivo en las propiedades mecánicas con la adición de fibras de caña de azúcar en las unidades de adobe.

Recomendación 04:

Se recomienda la incorporación de la prueba de adherencia utilizando tres unidades de adobe en la Norma E. 080. Esta medida contribuirá significativamente a evaluar de manera más precisa la calidad y resistencia de las construcciones de adobe, asegurando estándares más rigurosos y confiables en la industria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS Y ELECTRÓNICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Alva & Moreno (2023) “Mejoramiento de propiedades del adobe para incrementar resistencia mecánica, adicionando ceniza de hoja de molle– Pachma – Yuracmarca – Huaylas – Ancash – 2022”. UCV: Facultad de ingeniería y arquitectura.
- Benites Zapata, v. (2017). PIRHUA. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2993/ICI_237.pdf?sequence%2B0=1&isAllowed=y
- Cabrera & Tello (2022) “Propuesta de adición de fibras de bagazo de caña en bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento para su uso como unidad de albañilería en la construcción de viviendas rurales resistentes a las lluvias en la ciudad de Piura”. UPCA: Facultad de ingeniería.
- Espinoza (2015) “Comportamiento del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”. UC.
- Fernandez Gastelo, M. (viernes de julio de 2011). *blogspot.com*. Obtenido de <http://pomalcahistoriaydulcetradicion.blogspot.com/2011/07/la-dulce-historia-de-la-cana-de-azucar.html>
- Florez Leon, F., & Limpe Zevallos, Y. (2019). *RENATI*. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2685353>
- Forero Pabon, J. A. (2022). *unal.edu.co*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81498>
- Guerrero (2019) “Alternativas de estabilización del adobe para disminuir su contracción volumétrica y agrietamiento”. UA: facultad de ingeniería civil y ambiental.
- Hernández, R. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- Herrera & Nuñez (2021) “Influencia de la fibra de caña de azúcar, en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe, San Ignacio 2021”. UCV: Facultad de ingeniería y arquitectura.

Kamiyama & Zavaleta 2022) “Análisis comparativo de adobe reforzado con bagazo de caña de azúcar, según el tipo de suelo, en Pascona - La Libertad”. UCV: Facultad de ingeniería y arquitectura.

M. D. (VIERNES de ABRIL de 2017). NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. INSTITUTO DE CONSTRUCCION Y GERENCIA. Obtenido de NORMA E.80 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA: https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

Moreyra Muñoz, J. C. (setiembre de 2022). www.gob.pe. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3615805/Commodities%20Az%C3%BAcar%203A%20abr-jun%202022.pdf>

Moscoso cordero, M. S. (2016). congreso online eumed.net. Obtenido de <https://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/El-adobe-Moscoso.pdf>

mtc.gob.pe. (MAYO de 2016). Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

Paricaguan & Muñoz (2019): “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”. Revista Ingeniería UC, Vol. 26, No 2, agosto, 2019.

pdfcoffee.com. (2005). Obtenido de <https://pdfcoffee.com/ntp-399-613-pdf-5-pdf-free.html>

Pimenta, J. (2017). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. PEARSON.

Robles, Arceo, Moreno & Chavez (2021). “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”. Revista Ingeniantes 2021 Año 8 No. 2 vol.

1

Sadolval Hidalgo, C. A. (Noviembre de 2015). uv.cl. Obtenido de http://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvsc1/3741/Sandoval%20Hidalgo%20Carlos%20Andr%C3%A9s_Influencia%20sobre%20la%20adherencia%20mortero-ladrillo%20del%20aditivo%20impermeabilizante%20en%20alba%20B1ilerias%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sandoval Alvarado, G. D. (2021). RENATI.

scribd. (1974). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/380578093/NMX-C-082-1974#>

studocu.com. (2005). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-piura/materiales-de-construccion/ntp-399613-2005-disfruta/13633398>

Torres Ramirez, A. G. (enero de 2012). Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1252/TORRES_RAMIREZ_ANTONIO_ADOBE_REFUERZO_HORIZONTAL.pdf?sequence=1

undp.org. (7 de abril de 2017). Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376

VALERA GARATEA, M. S. (2019). RENATI. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2802117> Forero

Zacaria & Sanchez (2021). "Cal como factor influyente en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería". Cuaderno Activa, 13, 61-72.

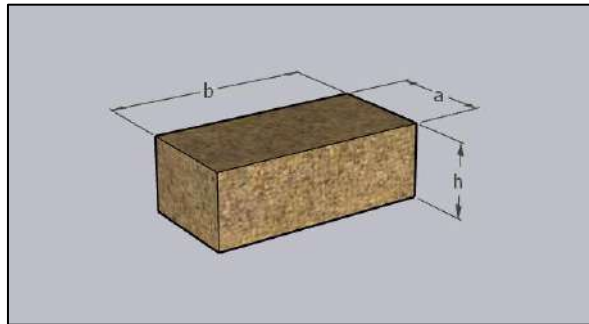
Zegarra tocto, D. (25 de Marzo de 2002). pirhua.udep.

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| TÍTULO: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE COMPRESIÓN AXIAL Y DIAGONAL EN LA MAMPOSTERIA DE ADOBE, CUSCO 2023” | | | |
|---|--|--|---|
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | FORMULACIÓN DE OBJETIVOS | FORMULACIÓN DE HIPOTESIS | VARIABLES |
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | INDEPENDIENTE |
| ¿En qué medida influye la adición de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco? | Determinar la influencia de la adición de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco. | La adición de fibra de caña de azúcar mejorara las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco. | Cantidad de fibra de caña de azúcar: <ul style="list-style-type: none"> • 0% • 2% • 4% |
| PROBLEMA ESPECIFICO | OBJETIVO ESPECIFICAS | HIPOTESIS ESPECIFICOS | DEPENDIENTE |
| ¿Como son las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, sin la adición de fibra de caña de azúcar? | Determinar las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, sin la adición de la fibra de caña de azúcar. | La adición de la fibra de caña de azúcar mejorará las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco, con la adición de 2% | Propiedades de compresión axial y diagonal |
| ¿En qué medida influye la adición de 2% de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco? | Determinar el valor de las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco con la adición de 2% de fibra de caña de azúcar | | |
| ¿En qué medida influye la adición de 4% de fibra de caña de azúcar en las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco? | Determinar el valor de las propiedades de compresión axial y diagonal en la mampostería de adobe en Cusco con la adición de 4% de fibra de caña de azúcar. | | |

ANEXO B: DIFERENCIAS DE COSTO POR UNIDAD DE ADOBE ENTRE LA ADICIÓN DE 4% DE FIBRA CON RESPECTO AL DE 4% DE PAJA



| | | |
|----------|----------|----------------|
| a= | 0.13 | m |
| b= | 0.26 | m |
| h= | 0.09 | m |
| volumen= | 0.003042 | m ³ |

Costo relativo de una unidad de adobe con adición de 4% de paja:

| | | |
|---|---------------|-------------------|
| 4% de volumen por unidad de adobe = | 0.00012168 | m ³ |
| Densidad de la paja = | 428.57 | kg/m ³ |
| 4% de peso paja por unidad de adobe = | 0.0521 | kg |
| Cantidad de paja por unidad de adobe = | 0.0521 | kg |
| Costo de 1kg de paja = | 0.0933 | soles/kg |
| COSTO RELATIVO POR UNIDAD DE ADOBE = | 0.0049 | soles |

Costo relativo de una unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar:

| | | |
|---|---------------|-------------------|
| 4% de volumen por unidad de adobe = | 0.00012168 | m ³ |
| Densidad de la fibra = | 333.33 | kg/m ³ |
| 4% de peso fibra por unidad de adobe = | 0.0406 | kg |
| Cantidad de fibra por unidad de adobe = | 0.0406 | kg |
| Costo de 1kg de fibra = | 24.1697 | soles/kg |
| COSTO RELATIVO POR UNIDAD DE ADOBE = | 0.9803 | soles |

CONCLUSION: una unidad de adobe con adición de 4% de fibra de caña de azúcar tiene un costo adicional de 0.97 soles a comparación del adobe con adición de 4% de paja.

ANEXO C: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado de Calibración TC - 17188 - 2023

Proforma : 22876A Fecha de emisión: 2023-08-31 Página : 1 de 2
Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Dirección : Av. De La Cultura 773 Cusco - Cusco

Instrumento de medición : MÁQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL
Marca : INSTRON
Modelo : 600DX-B1-C3A-G1F
N° de Serie : 600DXR4565
Alcance de indicación : 61182 kgf
Resolución : 1 kgf
Procedencia : U.S.A.
Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
Fecha de Calibración : 2023-08-28

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Lugar de calibración
Instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Método de calibración
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 376. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza utilizados para la verificación de las máquinas de ensayo uniaxial.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Condiciones de calibración

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|----------|----------|
| Temperatura | 20,4 °C | 20,1 °C |
| Humedad Relativa | 34,6 %HR | 35,7 %HR |

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado : TC - 17188 - 2023

Página : 2 de 2

Trazabilidad

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|---|---|------------------------------|
| Patrones de Referencia de AEP TRANSDUCERS | Celda de carga de capacidad 3 MN Modelo CLFlex Indicador digital modelo MP6plus | LAT 093.9623F |
| Patrón de Referencia del DM-INACAL | Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05 | LFP-C-049-2023 Abril 2023 |

Resultados de calibración

| RESULTADOS | | | |
|--|-----------------------|-------|---------------|
| INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN | INDICACIÓN DEL PATRÓN | ERROR | INCERTIDUMBRE |
| kgf | kgf | kgf | kgf |
| 2 185 | 2 215,0 | -30,0 | 0,6 |
| 5 090 | 5 127,5 | -37,5 | 0,7 |
| 10 002 | 10 040,2 | -38,2 | 0,7 |
| 15 042 | 15 081,7 | -39,7 | 0,7 |
| 20 150 | 20 193,1 | -43,1 | 0,7 |
| 25 189 | 25 212,5 | -43,5 | 0,8 |
| 30 135 | 30 181,8 | -46,8 | 0,8 |
| 35 060 | 35 108,5 | -48,5 | 0,9 |
| 40 081 | 40 130,9 | -49,9 | 0,9 |

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Incertidumbre expandida U

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17189 - 2023

PROFORMA : 22878A

Fecha de emisión: 2023 - 08 - 31

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Dirección : Av. De La Cultura 773 Cusco - Cusco

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MAQUINA DE ENSAYOS (DEFORMACIÓN)

Tipo : Digital
 Marca : INSTRON
 Modelo : 600DX-B1-C3A-G1F
 N° de Serie : 600DXR4565
 Intervalo de Indicación : 0 mm a 152 mm
 División de Escala : 0,00001 mm
 Procedencia : U.S.A.
 Identificación : No Indica
 Fecha de Calibración : 2023 - 08 - 28
 Ubicación : Laboratorio de Mecánica de Suelos, Rocas y Geotecnia - IG108

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestros bloques patrón calibrados y trazables al Sistema Internacional de Unidades.

CONDICIONES AMBIENTALES

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 19,6 °C | 19,4 °C |
| Humedad Relativa | 31,8 % | 31,8 % |

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado : TC - 17189 - 2023

Página : 2 de 3

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|--|--|----------------------------|
| Bloques Patrón Grado K DM-INACAL | Bloques Patrón de Longitud 0,5 mm a 100 mm Grado 0 | LLA-C-081-2022 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

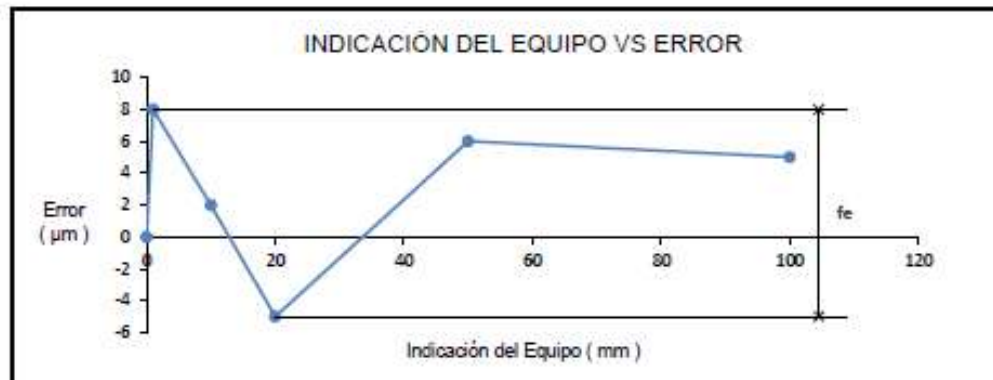
Error de referencia inicial = 0 μm

Error de Indicación

| Valor Patrón (mm) | Indicación del Equipo (mm) | Error (μm) |
|-------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1,0000 | 1,0080 | 8 |
| 10,0000 | 10,0020 | 2 |
| 20,0000 | 19,9950 | -5 |
| 50,0000 | 50,0080 | 6 |
| 100,0000 | 100,0050 | 5 |

Alcance de error de indicación (f_e): 13 μm

Incertidumbre del error de indicación: 5 μm



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

PANEL FOTOGRÁFICO

a) ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



Figura 97. Peso (Muestra + Capsula) de muestra 1 y muestra 2 antes de colocar al horno.



Figura 98. Peso (Muestra + Capsula) de muestra 3 y muestra 4 antes de colocar al horno.



Figura 99. Cuatro muestras en capsulas para ensayo de contenido de humedad.

b) ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MÉTODO LAVADO



Figura 100. Cuarteo de suelo.



Figura 101. Pesado de suelo antes de lavar y después de poner al horno



Figura 102. Distribución de suelos por tamaño.

c) GRAVEDAD ESPECIFICA



Figura 103. Peso de suelo y peso de (matraz + Agua)



Figura 104. Extracción de aire con bomba de vacíos.



Figura 105. Peso (Matraz + Agua + Suelo).

d) EXTRACCIÓN, ZARANDEO DE MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE



Figura 106. Zarandeo de suelo.



Figura 107. Fragmentación de suelo con herramienta manuales.

e) ELABORACIÓN PILAS



Figura 108. Elaboración de pilas con adicción 4% de paja.



Figura 109. Verificación de verticalidad de pila 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 110. Verificación de horizontalidad con nivel de mano de pilas con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 111. Verificación de verticalidad de pila con adicción 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 115. Elaboración de muretes con adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 116. Elaboración de muretes con adición 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 117. Capping de muretes de 4% de paja, 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar y 4% de fibra de caña de azúcar.

g) ROTURA DE PILAS



Figura 118. Estado de pilas antes del ensayo compresión axial con adicción de 4% de paja.



Figura 119. Estado de pilas después del ensayo compresión axial con adicción de 4% de paja.



Figura 120. Estado de pilas antes del ensayo compresión axial con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 121. Estado de pilas después del ensayo compresión axial con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 122. Estado de pilas antes del ensayo compresión axial con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 123. Estado de pilas después del ensayo compresión axial con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar.

h) ROTURA DE MURETES



Figura 124. Estado de muretes antes del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de paja.



Figura 125. Estado de muretes después del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de paja.



Figura 126. Estado de muretes antes del ensayo compresión diagonal con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 127. Estado de muretes después del ensayo compresión diagonal con adicción de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 128. Estado de muretes antes del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 129. Estado de muretes después del ensayo compresión diagonal con adicción de 4% de fibra de caña de azúcar.

i) ELABORACIÓN Y ENSAYO EN CUBOS DADOS DE 10CM DE LADO



Figura 130. Elaboración de cubos de 10cm de lado



Figura 131. Cubos con adición 4% de paja



Figura 132. Cubos con adición 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 133. Cubos con adición 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 134. Ensayo de compresión de cubos de 10cm de lado

j) ENSAYO DE COMPRESIÓN EN UNIDADES DE ADOBE



Figura 135. Estado de unidades de adobe antes del ensayo compresión simple en la maquina UNIVERSAL.



Figura 136. Estado de unidades de adobe después del ensayo compresión simple en la maquina UNIVERSAL.

k) ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN CILINDROS DE 3" X 6"



Figura 137. Ensayo compresión simple en cilindros de 3"x6" con adición de 4% de fibra de caña de azúcar.



Figura 138. Ensayo compresión simple en cilindros de 3"x6" con adición de 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 139. Ensayo compresión simple en cilindros de 3"x6" con adición de 4% de paja.

1) ENSAYO DE TRACCIÓN O FLEXIÓN EN UNIDADES DE ADOBE



Figura 140. Unidades de adobe para ensayo tracción a flexión con adicción 2% de paja + 2% de fibra de caña de azúcar.



Figura 141. Unidades de adobe para ensayo tracción a flexión con adicción 4% de paja.



Figura 142. Unidades de adobe para ensayo tracción a flexión con adicción 4% de fibra de caña de azúcar.

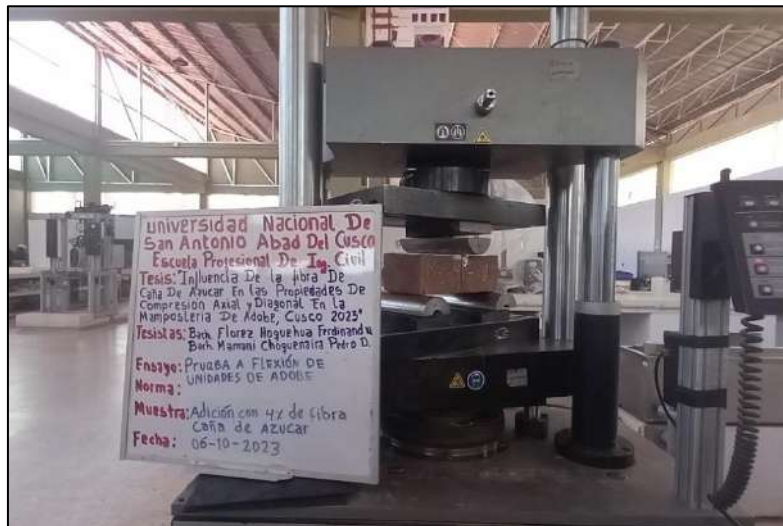


Figura 143. Estado de la unidad de adobe antes del ensayo a tracción en la maquina UNIVERSAL.

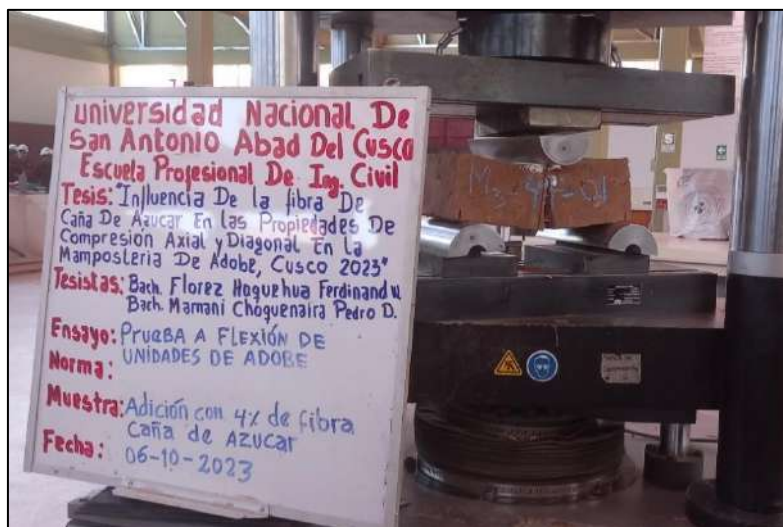


Figura 144. Estado de la unidad de adobe después del ensayo tracción en la maquina UNIVERSAL.

m) ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA EN CILINDROS DE 6" X 12"



Figura 145. Testigos de cilindros de 6" x 12" con adicción 4% de paja



Figura 146. Estado de cilindros de 6"x12" antes del ensayo tracción indirecta en la maquina UNIVERSAL.



Figura 147. Estado de cilindros de 6"x12" después del ensayo tracción indirecta en la maquina UNIVERSAL.