

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR  
PAJA DE ICHU, PAJA DE TRIGO Y FIBRAS DE FIQUE EN DIFERENTES  
DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 y 1:6)”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Bach. PERALTA GONZALES, James Alexander

**ASESOR:**

Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO, Miguel Angel

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** JAMES ALEXANDER PERALTA GONZALES  
**DNI:** 72642853  
**Escuela Profesional:** INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO  
**Facultad:** DE INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR PAJA DE ICHU, PAJA DE TRIGO Y FIBRAS DE FIQUE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 y 1:6)"
- Fecha de evaluación:** 30/05/2025
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 20%
- Código Documento: Oid:** 3117:463334415
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 30/05/2025



**FIRMA DEL ASESOR**

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO  
DNI: 26733060



Firmado digitalmente por:  
BAZAN DIAZ Laura Sofia  
FAU 20148258601 soft  
Motivo: En señal de  
conformidad  
Fecha: 30/05/2025 10:18:42-0500

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.**

TITULO : *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR PAJA DE ICHU, PAJA DE TRIGO Y FIBRAS DE FIQUE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 Y 1:6).*

ASESOR : *Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0264-2024-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 03 de junio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **diez días del mes de junio de 2025**, siendo las quince horas (3:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidente : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
- Vocal : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
- Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR PAJA DE ICHU, PAJA DE TRIGO Y FIBRAS DE FIQUE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 Y 1:6)*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *JAMES ALEXANDER PERALTA GONZALES*, asesorado por el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ..... *07* ..... PTS.  
 EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... *10* ..... PTS.  
 EVALUACIÓN FINAL : ..... *17* ..... PTS. *Diecisiete* ..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara *Aprobado* con el calificativo de *17 (diecisiete)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *4:30 p.m.* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dra. Ing. *Rosa Haydee Llique Mondragón*  
Presidente

Ing. *Marco Wilder Hoyos Saucedo*  
Vocal

M.Cs. Ing. *Manuel Lincoln Minchán Pajares*  
Secretario

Dr. Ing. *Miguel Angel Mosqueira Moreno*  
Asesor

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a mis padres: José Antonio y Zulema; por darme la vida y el apoyo incondicional que siempre me vienen brindado. Ser un soporte en los momentos de difícil situación que me tocaron afrontar en mi vida, formarme con disciplina y buenas costumbres.

Agradecer también de manera muy especial a mi asesor el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por la oportunidad de brindarme su apoyo, conocimiento y guiarme en todo este proceso de mi investigación, brindando todos los medios suficientes para facilitar el desarrollo de mi tesis.

## DEDICATORIA

A mis padres, por todo el apoyo brindado durante mi vida, a mis familiares y amigos quienes han formado parte de los buenos y malos momentos.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	1
1.3. Hipótesis .....	2
1.4. Justificación .....	2
1.5. Alcances o delimitación de la investigación .....	2
1.6. Limitaciones de la investigación .....	3
1.7. Objetivos .....	3
1.7.1. Objetivo general .....	3
1.7.2. Objetivos específicos .....	3
1.8. Variables .....	4
1.8.1. Variables independientes .....	4
1.8.2. Variable dependiente .....	4
1.9. Descripción de los capítulos .....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6

2.1.	Antecedentes teóricos .....	6
2.1.1.	Antecedentes teóricos internacionales .....	6
2.1.2.	Antecedentes teóricos nacionales .....	6
2.1.3.	Antecedentes teóricos locales .....	7
2.2.	Bases teóricas .....	8
2.2.1.	Adobe .....	8
2.2.2.	Fibras vegetales y/o naturales .....	8
2.2.3.	Cualidades de adobe.....	9
2.2.4.	Selección de suelos para la elaboración de adobe.....	10
2.2.5.	Suelo .....	10
2.2.6.	Ensayos de laboratorio .....	10
2.2.7.	Clasificación de suelos SUCS .....	12
2.2.8.	Geometría del adobe .....	16
2.2.9.	Pruebas de campo.....	16
2.2.10.	Propiedades del adobe a estudiar .....	17
2.2.11.	Evaluación estadística de los resultados .....	17
2.3.	Definición de términos básicos .....	19
2.3.1.	Adobe .....	19
2.3.2.	Paja de ichu .....	19
2.3.3.	Paja de trigo .....	19
2.3.4.	Fibra de fique.....	20
2.3.5.	Resistencia a compresión.....	20
3.	CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	21

3.1.	Ubicación geográfica .....	21
3.1.1.	Ubicación geográfica de la cantera.....	21
3.1.2.	Ubicación geográfica del laboratorio de ensayo de materiales .....	22
3.2.	Materiales y equipos .....	23
3.3.	Metodología .....	23
3.3.1.	Tipo de investigación .....	23
3.3.2.	Nivel de investigación .....	24
3.3.3.	Diseño de la investigación .....	24
3.3.4.	Enfoque de la investigación .....	24
3.4.	Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	27
3.4.1.	Población.....	27
3.4.2.	Muestra .....	27
3.4.3.	Unidad de análisis .....	28
3.4.4.	Unidad de observación .....	28
3.4.5.	Dimensiones de las unidades de adobe a estudiar.....	29
3.5.	Etapas del procedimiento de la investigación .....	29
3.6.	Determinación de las propiedades físicas del suelo .....	30
3.6.1.	Contenido de humedad .....	30
3.6.2.	Ensayo de Granulometría.....	31
3.6.3.	Ensayo de Límites de Atterberg.....	31
3.7.	Clasificación del suelo .....	32
3.8.	Elaboración de las unidades de adobes con sus respectivas dosificaciones de paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique .....	33

3.8.1. Tamizado del suelo.....	33
3.8.2. Obtención y dosificación de paja y fibra.....	33
3.9. Dosificación para la muestra patrón y las adiciones de paja y/o fibra. ....	33
3.9.1. Cálculo de materiales para la muestra patrón. ....	33
3.9.2. Cálculo de materiales para la proporción volumétrica 1:4.....	34
3.9.1. Cálculo de materiales para la proporción volumétrica 1:5.....	34
3.9.1. Cálculo de materiales para la proporción volumétrica 1:6.....	35
3.9.2. Mezcla homogénea .....	36
3.9.3. Encofrado y desencofrado.....	36
3.9.4. Secado y almacenamiento .....	37
3.10. Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe	37
3.10.1. Ensayo de resistencia a compresión de las unidades de adobe.....	37
3.10.2. Ensayo de resistencia a compresión de los muretes de adobe .....	38
3.11. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	38
3.12. Tratamiento y análisis de datos .....	38
3.13. Presentación de resultados.....	39
3.13.1. Resultados de los estudios de las propiedades del suelo.....	39
3.13.2. Resultados de las pruebas de campo.....	39
3.13.3. Dosificación para cada tanda de adición de paja y/o fibra vs. suelo .....	40
3.14. Resultados de las propiedades mecánicas del adobe .....	41
3.14.1. Resistencia a compresión en cubos adobe .....	41
3.14.2. Resistencia a compresión en muretes de adobe .....	46
3.14.3. Trabajabilidad de la mezcla del adobe.....	51

4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	53
4.1.	Análisis y discusión de los resultados de las propiedades del suelo .....	53
4.2.	Análisis y discusión de los resultados de resistencia a compresión en cubos de adobe .....	53
4.3.	Análisis y discusión de los resultados de resistencia a compresión en muretes de adobe .....	54
4.4.	Contrastación de hipótesis .....	55
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
5.1.	Conclusiones .....	57
5.2.	Recomendaciones .....	58
	CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
	APÉNDICE .....	62
	ANEXOS .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Simbología SUCS, para suelos finos.....	12
<b>Tabla 2</b> Clasificación SUCS .....	15
<b>Tabla 3</b> Distribución de la muestra .....	28
<b>Tabla 4</b> Dimensiones de muestras .....	29
<b>Tabla 5</b> Propiedades físicas de las muestras de suelo M-1, M-2 y M-3.....	39
<b>Tabla 6</b> Estudio de granulometría de las muestras de suelo M-1, M-2 y M-3 .....	39
<b>Tabla 7</b> Propiedades del suelo según pruebas de la Norma E.080.....	39
<b>Tabla 8</b> Dosificación para la muestra patrón .....	40
<b>Tabla 9</b> Dosificación para la adición con paja de ichu .....	40
<b>Tabla 10</b> Dosificación para la adición con paja de trigo.....	40
<b>Tabla 11</b> Dosificación para la adición con fibra de fique.....	41
<b>Tabla 12</b> Resistencia a la compresión de cubos de adobe de la muestra patrón .....	41
<b>Tabla 13</b> Resistencia a la compresión de cubos de adobe con paja de ichu.....	42
<b>Tabla 14</b> Resistencia a la compresión de cubos de adobe con paja de trigo .....	43
<b>Tabla 15</b> Resistencia a la compresión de cubos de adobe con fibra de fique .....	44
<b>Tabla 16</b> Resultados de resistencia a compresión de cubos $f'_b$ .....	45
<b>Tabla 17</b> Resistencia a la compresión de muretes de adobe de la muestra patrón.....	46
<b>Tabla 18</b> Resistencia a la compresión de muretes de adobe con paja de ichu .....	47
<b>Tabla 19</b> Resistencia a la compresión de muretes de adobe con paja de trigo .....	48
<b>Tabla 20</b> Resistencia a la compresión de muretes de adobe con fibra de fique .....	49
<b>Tabla 21</b> Resultados de resistencia a compresión de muretes $f'_m$ .....	50
<b>Tabla 22</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe de la muestra patrón .....	64
<b>Tabla 23</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:4.....	64
<b>Tabla 24</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:5.....	65

<b>Tabla 25</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:6.....	65
<b>Tabla 26</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:4 .....	66
<b>Tabla 27</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:5 .....	66
<b>Tabla 28</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:6 .....	67
<b>Tabla 29</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:4.....	67
<b>Tabla 30</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:5.....	68
<b>Tabla 31</b> Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:6.....	68
<b>Tabla 32</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe de la muestra patrón .....	69
<b>Tabla 33</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:4.....	69
<b>Tabla 34</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:5.....	70
<b>Tabla 35</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:6.....	70
<b>Tabla 36</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:4 .....	71
<b>Tabla 37</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:5 .....	71
<b>Tabla 38</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:6 .....	72

<b>Tabla 39</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:4.....	72
<b>Tabla 40</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:5.....	73
<b>Tabla 41</b> Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:6.....	73
<b>Tabla 42</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe de la muestra patrón .....	74
<b>Tabla 43</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:4.....	74
<b>Tabla 44</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:5.....	75
<b>Tabla 45</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:6.....	75
<b>Tabla 46</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:4 .....	76
<b>Tabla 47</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:5 .....	76
<b>Tabla 48</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:6 .....	77
<b>Tabla 49</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:4.....	77
<b>Tabla 50</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:5.....	78
<b>Tabla 51</b> Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:6.....	78
<b>Tabla 52</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe de la muestra patrón.....	79
<b>Tabla 53</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:4.....	79

<b>Tabla 54</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:5.....	80
<b>Tabla 55</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:6.....	80
<b>Tabla 56</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:4 .....	81
<b>Tabla 57</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:5 .....	81
<b>Tabla 58</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:6 .....	82
<b>Tabla 59</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:4.....	82
<b>Tabla 60</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:5.....	83
<b>Tabla 61</b> Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:6.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Carta de plasticidad .....	13
<b>Figura 2</b> Mapa de ubicación geográfica de la cantera en estudio .....	21
<b>Figura 3</b> Mapa de ubicación geográfica del Laboratorio de Ensayos de Materiales.....	22
<b>Figura 4</b> Secuencia del proceso de investigación .....	25
<b>Figura 5</b> Secuencia de la elaboración de las unidades de adobe .....	26
<b>Figura 6</b> Resistencia a compresión de cubos de la muestra patrón $f'_b$ .....	42
<b>Figura 7</b> Resistencia a compresión de cubos con paja de ichu $f'_b$ .....	43
<b>Figura 8</b> Resistencia a compresión de cubos con paja de trigo $f'_b$ .....	44
<b>Figura 9</b> Resistencia a compresión de cubos con fibra de fique $f'_b$ .....	45
<b>Figura 10</b> Comparación de resistencia de compresión de cubos de adobe $f'_b$ .....	46
<b>Figura 11</b> Resistencia a compresión de muretes de la muestra patrón $f'_m$ .....	47
<b>Figura 12</b> Resistencia a compresión de muretes con paja de ichu $f'_m$ .....	48
<b>Figura 13</b> Resistencia a compresión de muretes con paja de trigo $f'_m$ .....	49
<b>Figura 14</b> Resistencia a compresión de muretes con fibra de fique $f'_m$ .....	50
<b>Figura 15</b> Comparación de resistencia de compresión de muretes de adobe $f'_m$ .....	51
<b>Figura 16</b> Croquis de ensayo a la compresión de la unidad de adobe.....	62
<b>Figura 17</b> Ensayo de resistencia a la compresión en muretes de adobe .....	63

## RESUMEN

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, en su norma E.080, diseño y construcción con tierra reforzada del año 2017; sugiere la adición de paja de 5cm de largo aproximadamente en dosificación de 1 volumen de paja por 5 de suelo; en este contexto, el objetivo principal del estudio fue comparar la resistencia a compresión del adobe al adicionar paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique en diferentes dosificaciones (1:4, 1:5 y 1:6); por consiguiente los adobes fueron elaborados de acuerdo con los lineamientos que se establece en la norma E.080; de igual manera los materiales utilizados para la elaboración de adobes fueron: Suelo arcilloso de baja plasticidad CL, paja de ichu, paja de trigo, fibra de fique y agua; seguidamente tras un periodo de secado de 28 días para los cubos de adobe de la muestra patrón, paja de ichu (1:4, 1:5, 1:6), paja de trigo (1:4, 1:5, 1:6) y fibra de fique (1:4, 1:5, 1:6); se obtuvieron los resultados de (19.26, 19.49, 19.74, 21.10, 15.14, 19.43, 20.93, 16.25, 18.94, 20.93) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente y luego de un periodo de secado de 56 días para los muretes de adobe de la muestra patrón, paja de ichu (1:4, 1:5, 1:6), paja de trigo (1:4, 1:5, 1:6) y fibra de fique (1:4, 1:5, 1:6); fueron ensayados a compresión obteniendo los valores de (7.16, 7.27, 7.38, 7.77, 6.21, 7.26, 7.43, 7.43, 5.60, 6.46) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente; obtenidos los resultados se concluyó que con la adición de paja de ichu en la dosificación de 1:6 se obtuvo mayor resistencia a compresión en el adobe, en comparación con las muestras patrón y las adiciones con paja de trigo y fibra de fique en el adobe.

**PALABRAS CLAVE:** Adobe, resistencia a la compresión, paja ichu, paja de trigo, fibra de fique.

## ABSTRACT

The Ministry of Housing, Construction and Sanitation of Peru, in its standard E.080, design and construction with reinforced earth of the year 2017; suggests the addition of straw of approximately 5 cm long in a dosage of 1 volume of straw per 5 of soil; in this context, the main objective of the study was to compare the compressive strength of the adobe when adding ichu straw, wheat straw and fique fibers in different dosages (1: 4, 1: 5 and 1: 6); consequently, the adobes were made according to the guidelines established in standard E.080; likewise, the materials used for the production of adobes were: Low plasticity clayey soil CL, ichu straw, wheat straw, fique fiber and water; followed by a drying period of 28 days for the adobe cubes of the standard sample, ichu straw (1:4, 1:5, 1:6), wheat straw (1:4, 1:5, 1:6) and fique fiber (1:4, 1:5, 1:6); the results of (19.26, 19.49, 19.74, 21.10, 15.14, 19.43, 20.93, 16.25, 18.94, 20.93) kgf/cm<sup>2</sup> respectively were obtained and after a drying period of 56 days for the adobe walls of the standard sample, ichu straw (1:4, 1:5, 1:6), wheat straw (1:4, 1:5, 1:6) and fique fiber (1:4, 1:5, 1:6); they were tested under compression obtaining the values of (7.16, 7.27, 7.38, 7.77, 6.21, 7.26, 7.43, 7.43, 5.60, 6.46) kgf/cm<sup>2</sup> respectively; Once the results were obtained, it was concluded that with the addition of ichu straw in a dosage of 1:6, greater compressive strength was obtained in the adobe, compared to the standard samples, additions with wheat straw and fique fiber in the adobe.

**KEYWORDS:** Adobe, compressive strength, ichu straw, wheat straw, fique fiber.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos y ampliamente utilizados en diversas regiones rurales de América Latina, especialmente en áreas con recursos limitados para la adquisición de materiales industriales. Su bajo costo, disponibilidad local y excelentes propiedades térmicas lo convierten en una opción idónea para la construcción sostenible (Molina et al., 2020). Sin embargo, a pesar de sus ventajas, el adobe presenta limitaciones críticas en cuanto a su resistencia a compresión, lo que afecta directamente su desempeño estructural y puede comprometer la seguridad y durabilidad de las construcciones, particularmente en condiciones de alta humedad o someterse a esfuerzos mecánicos elevados (A. González et al., 2019).

Para mejorar las propiedades mecánicas del adobe, se ha propuesto la incorporación de fibras naturales como refuerzo en su mezcla. Diversos estudios han demostrado que el uso de fibras vegetales puede aumentar la resistencia a compresión y a tracción, así como mejorar el comportamiento frente a la fisuración (Quispe et al., 2020). Entre las fibras más utilizadas en el refuerzo de adobe se encuentran la paja de trigo, la paja de ichu y las fibras de fique (H. González & Torres, 2018).

En este contexto, la presente investigación tiene como finalidad comparar el comportamiento a compresión del adobe al adicionarse con paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique en diferentes dosificaciones, con el fin de identificar la combinación más adecuada para mejorar la resistencia del material y fomentar su uso en construcciones más seguras.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Con cuál de las adiciones: paja de ichu, paja de trigo o fibras de fique, se obtiene mayor resistencia a compresión del adobe?

### **1.3. Hipótesis**

Con la adición de paja de ichu se obtiene un incremento del 5% de la resistencia a compresión, en comparación con la adición de paja de trigo y fibra de fique en las unidades de adobe.

### **1.4. Justificación**

En la Norma E.080 del MVCS (2017) señala el uso del adobe como material de construcción y en la elaboración del mismo estipula en que se añade paja durante el proceso de batido del barro para la elaboración del adobe para evitar fisuras y agrietamientos durante el proceso de secado; además la Norma E.080 del MVCS (2017) señala que se incorpora paja al barro (suelo más agua) en proporciones de un volumen de paja por cinco volúmenes de suelo (1:5), para aumentar su resistencia y durabilidad. No se tiene una perspectiva cuantitativa del efecto de la paja o fibra en las propiedades mecánicas del adobe, por lo que la presente investigación permitirá comparar la resistencia a compresión del adobe al adicionar paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique en diferentes dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6).

Sin embargo, la efectividad del refuerzo varía según el tipo de fibra, su longitud, la dosificación en la mezcla y su interacción con el suelo utilizado. Por ello, es fundamental realizar estudios comparativos que permitan establecer cuál de estas fibras ofrece mejores resultados en términos de resistencia a compresión. Adicionalmente, la dosificación del adobe, expresada en proporciones (adición : suelo) como 1:4, 1:5 y 1:6; también influye significativamente en sus propiedades mecánicas (López & Chura, 2019).

### **1.5. Alcances o delimitación de la investigación**

Este estudio se desarrolló en la ciudad de Cajamarca, entre los meses noviembre del 2023 a mayo del 2025, los ensayos de las unidades de adobe se realizaron en el Laboratorio

de Ensayo de Materiales (Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz) de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Para la elaboración de las unidades de adobe se utilizó materiales de fácil acceso y tuvieron las siguientes procedencias:

- **Suelo:** Procede de la cantera adobera Cruz Blanca, ubicado en la avenida Independencia N°2076, del distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, región de Cajamarca.
- **Agua:** De la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Cajamarca S.A. (E.P.S. SEDACAJ).
- **Paja de ichu:** Se utilizó de Alto Perú, distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, región Cajamarca.
- **Paja de trigo:** Se obtuvo de Pampa de la Culebra, distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca, región de Cajamarca.
- **Fibra de fique:** De Porcón Bajo, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, región de Cajamarca.

## 1.6. Limitaciones de la investigación

- Solo se trabajó con una cantera, por lo que los resultados son válidos para esta cantera y otras canteras de adobe del distrito con características de gradación de suelo similares.

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1. Objetivo general

Comparar la resistencia a compresión del adobe al adicionar paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique en diferentes dosificaciones (1:4, 1:5 y 1:6).

### 1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del suelo de la cantera Cruz Blanca.

- Determinar la resistencia a compresión del adobe sin adición de paja o fibra.
- Determinar la resistencia del adobe al adicionar paja de ichu en dosificaciones de 1:4, 1:5 y 1:6.
- Determinar la resistencia del adobe al adicionar paja de trigo en dosificaciones de 1:4, 1:5 y 1:6.
- Determinar la resistencia del adobe al adicionar fibras de fique en dosificaciones de 1:4, 1:5 y 1:6.

## **1.8. Variables**

### **1.8.1. Variables independientes**

- Paja de ichu.
- Paja de trigo.
- Fibras de fique.

### **1.8.2. Variable dependiente**

- Resistencia a la compresión.

## **1.9. Descripción de los capítulos**

- **Capítulo I: Introducción**

El planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, justificación, alcances o delimitación de la investigación, limitaciones de la investigación, objetivos y variables de la investigación.

- **Capítulo II: Marco teórico**

Antecedentes teóricos internacionales, antecedentes teóricos nacionales y antecedentes teóricos locales de investigaciones realizadas; así mismo, se presentan las bases teóricas y definición de términos los cuales tienen relación con las variables de la investigación.

- **Capítulo III: Materiales y métodos**

Contiene la ubicación geográfica de la cantera, ubicación geográfica del laboratorio de ensayo de materiales, materiales y equipos, metodología, población – muestra – unidad de análisis, etapas de la investigación, propiedades físicas del suelo, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, presentación de resultados de las propiedades físicas del suelo y finalmente los resultados de las propiedades mecánicas del adobe.

- **Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados**

Contiene los resultados obtenidos describiéndolos y explicándolos de acuerdo a los objetivos planteados y a otros trabajos realizados.

- **Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones**

Conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados y las recomendaciones para futuras investigaciones en torno al planteamiento del problema presentado.

- **Apéndice y anexos**

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos**

#### **2.1.1. Antecedentes teóricos internacionales**

Según los autores (Khtou et al., 2021), en su trabajo titulado *“Análisis mecánico del adobe reforzado con fibra”*, evaluaron los esfuerzos a compresión del adobe al adicionar paja de trigo en diferentes porcentajes en los bloques de adobe en la ciudad de Mequinez al norte del país de Marruecos, el tipo de investigación fue netamente experimental y utilizó 7 muestras de adobe por cada adición de paja de trigo (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%) en porcentaje de masa de paja; después de un tiempo de secado de 28 días se realizaron los ensayos de resistencia a compresión. Finalmente, los autores concluyeron que la adición con paja de trigo en el adobe es eficaz en porcentajes de masa de paja de 1.5% y 2% para mejorar la resistencia a compresión en los bloques de adobe.

#### **2.1.2. Antecedentes teóricos nacionales**

Según los autores Rios Poma & Vargas Espinoza (2021), en su trabajo titulado *“Análisis comparativo del adobe reforzado con paja de ichu, trigo y cebada sometidos a esfuerzos mecánicos en Lucanas – Lucanas - Ayacucho”*, compararon el adobe reforzado con paja de ichu, paja de trigo y paja de cebada en proporciones de 1:2 para determinar el más óptimo en la localidad de Lucanas, región de Ayacucho. Esta investigación utilizó un diseño experimental y para ello se evaluó 10 unidades de adobe con paja de ichu, 10 unidades con paja de trigo y 10 unidades con paja de cebada para el estudio de su resistencia a compresión (5 unidades) y resistencia a flexión (5 unidades), con el fin de determinar aquella dosificación más óptima de adición. Finalmente, los autores concluyen que la muestra reforzada con paja de ichu, es aquella dosificación más óptima, al presentar un mejor comportamiento mecánico de resistencia a compresión máxima de 25.10 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión máxima de 5.60 kg/cm<sup>2</sup>.

Según los autores Bendezu Barreto & Garcia Velasquez (2019), en su trabajo titulado *“Evaluación de la resistencia del adobe reforzado con paja de trigo para viviendas en el distrito de Chalaco – Piura, 2019”* buscaron obtener adobes más resistentes al adicionar paja de trigo en porcentajes de (1%, 3%, 5%) y una muestra patrón, en la localidad de Chalaco, región de Piura; con un diseño cuasi experimental y de tipo aplicada en la investigación se utilizaron una muestra de 48 unidades de adobe reforzados con paja de trigo y ensayándolas a los 28 días de secado. Finalmente se obtuvo una resistencia a compresión máxima de 27.35 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia máxima de esfuerzo a la flexión de 2.50 kg/cm<sup>2</sup> para la muestra con 5% de adición de paja de trigo.

### **2.1.3. Antecedentes teóricos locales**

Según el autor Altamirano Carrasco, (2019); en su trabajo titulado *“Incidencia de la fibra vegetal “paja ichu” en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca”* buscó determinar la incidencia de la adición de la fibra vegetal paja de ichu en dosificaciones de (0%, 0.40%, 0.80% y 1.20%) en las propiedades mecánicas del adobe en el distrito de Cajamarca, región de Cajamarca; esta investigación utilizó un diseño experimental y de tipo aplicada; para ello se planteó una muestra distribuida de la siguiente manera: Resistencia a compresión de cubos de adobe (48 unidades), resistencia a compresión del murete de adobe (24 unidades), resistencia a la tracción del adobe (24 unidades), resistencia del mortero a la tracción (24 unidades) y resistencia a la flexión del adobe (24 unidades). Las unidades fueron ensayadas a los 28 días de secado al aire libre (cubos de adobe, tracción del adobe, flexión del adobe) y 56 días (mortero y muretes), finalmente el autor concluye que la incidencia de la fibra vegetal de paja de ichu es positiva puesto que aumenta la resistencia mecánica del adobe y murete en más del 5 %; tanto a compresión de la unidad (5%), tracción de la unidad (13%), flexión de la unidad (25%), tracción del mortero (30%) y compresión de muretes (21%); los resultados tomados pertenecen a los especímenes con 0.80% de adición de fibra vegetal de paja de ichu con respecto a la muestra del peso de suelo seco.

Según el autor (Silva Marrufo, 2024), en su trabajo titulado *“Influencia de la incorporación de hojas aciculares de ichu y pino respectivamente, en la resistencia del adobe Miravalle, Chalamarca, Chota 2021”* evaluó la influencia de la incorporación de hojas aciculares de ichu y pino en dosificaciones de (0.5%, 1.5% y 3%) en las propiedades mecánicas del adobe en la localidad de Miravalle, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región de Cajamarca; esta investigación utilizó un diseño experimental y de tipo aplicada; para ello se planteó una muestra de 90 adobes. Finalmente, el autor luego de realizar los ensayos para determinar las propiedades mecánicas del adobe concluye que los adobes con 3% de hojas de pino se obtiene una resistencia máxima de 11.25 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, los muretes de adobes con hojas de pino o ichu no cumplen con la resistencia a compresión dada en la norma E.080.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Adobe**

Se define como una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad (norma E.080, 2017).

Masa de barro moldeada en forma de ladrillo y secada al sol, que se emplea en la construcción de paredes y muros (González Salgado, 2014).

### **2.2.2. Fibras vegetales y/o naturales**

La función de las fibras es prevenir el agrietamiento, proporcionar resistencia a la tracción y dureza a las unidades de adobe (Arévalo García & Goñas Mendoza, 2023).

#### **2.2.2.1. Paja de ichu**

La especie *Stipa ichu* es una gramínea del altiplano andino peruano, crece en lugares áridos, arenosos y pedregosos en zonas altas y frías, generalmente en altitudes de 4,250 msnm (Silva Marrufo, 2024).

En las comunidades andinas del Perú, la paja de ichu es empleada para la elaboración de adobe ya que ayuda a prevenir grietas y fisuras (Altamirano Carrasco, 2019).

### **2.2.2.2. Paja de trigo**

Es una fibra natural que tiene buena adherencia con el barro y que puede ser aprovechada después de la cosecha del cereal, recojiéndola después de la trilla para luego darle el uso en la elaboración de unidades de adobe, como un elemento de refuerzo interno del adobe que le puede ayudar a mejorar su resistencia a la compresión del adobe, ante cualquier esfuerzo externo que sea sometido (Bendezu Barreto & Garcia Velasquez, 2019).

### **2.2.2.3. Fibra de fique**

Es una planta, originaria de las regiones andinas de Colombia, Ecuador y el norte de Perú. Se cultiva principalmente por sus fibras, que se extraen de sus hojas y son utilizadas en la fabricación de cuerdas, sacos, alfombras, y otros productos artesanales e industriales. La fibra de fique es conocida por su resistencia y durabilidad, lo que la hace especialmente útil en actividades que requieren materiales fuertes y resistentes. Esta planta también es valorada en algunas regiones como un cultivo tradicional, que ha sido parte de la economía rural y artesanal durante siglos (Vásquez Sánchez, 2022).

En el Perú los pobladores aprovechan el fique con diversos fines: medicinales, obtención de fibras, material de construcción, ornamentales, de soporte de terrenos, combustible y de forraje (Lara Dávila, 2020).

## **2.2.3. Cualidades de adobe**

### **2.2.3.1. Es económico**

Los materiales que se usan en su elaboración son fáciles de conseguir (Condori Taipe & Solano Peñaloza, 2019).

### **2.2.3.2. Es térmico**

Conserva el calor en épocas de invierno y preserva la temperatura de la vivienda fresca en épocas de verano (Condori Taipe & Solano Peñaloza, 2019).

### **2.2.3.3. Manejabilidad**

El adobe es moldeable y trabajable, se pueden hacer: nichos, aperturas y pequeñas alteraciones de las estructuras se realizan con facilidad. Por su maleabilidad se pueden dar

muchas formas al adobe, entre ovalados y rectangulares (Condori Taipe & Solano Peñaloza, 2019).

#### **2.2.3.4. Reciclable**

Solamente se hace una demolición y vuelve a su estado inicial, se puede volver a trabajar con ello, solamente con volver a remojar el adobe con agua (Condori Taipe & Solano Peñaloza, 2019).

#### **2.2.4. Selección de suelos para la elaboración de adobe**

Las características que debe de tener el “suelo ideal” para la fabricación de adobes, deben de ser como se muestran a continuación: Contenido de arena 55% - 75%; contenido de limo y arcilla 25% - 45%, contenido de arcilla 15% - 75%, contenido máximo de materia orgánica 0,3%, limite líquido 20% - 40%, limite plástico menor a 20%. La materia prima es el suelo en la elaboración de una unidad de albañilería de adobe y mortero de barro, está compuesto por tres fases: Mineral, líquida y gaseosa. La fase mineral está conformada por partículas de diferentes tamaños como grava, arena, limo y arcilla. Las fases restantes, están conformadas por gases y líquidos que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Morales & Bautista, 2020).

#### **2.2.5. Suelo**

El suelo es un material natural compuesto por partículas minerales de diversos tamaños, junto con aire y/o agua en los espacios vacíos, formando un sistema de tres fases. Este material cubre una gran parte de la superficie terrestre y se utiliza ampliamente como material de construcción y cimentación (Braja M., 2019).

#### **2.2.6. Ensayos de laboratorio**

##### **2.2.6.1. Contenido de humedad**

Es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo con respecto al peso de las partículas sólidas (ASTM D2216-19, 2019).

### **2.2.6.2. Análisis granulométrico**

Se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituye un suelo. Para clasificar por tamaños las partículas del suelo, el procedimiento más usado es el tamizado. Conocida la composición granulométrica del material, se la representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica (ASTM D6913-17, 2017).

### **2.2.6.3. Límites de Atterberg**

Son parámetros que definen el comportamiento plástico de los suelos finos, indicando el contenido de humedad en el cual un suelo cambia de estado: De líquido a plástico (límite líquido), de plástico a semisólido (límite plástico) y de semisólido a sólido (límite de contracción). Estos límites son fundamentales para clasificar suelos y predecir su comportamiento (ASTM D4318-17, 2017).

#### **Límite líquido (LL)**

Es el contenido de agua en el que un suelo pasa de un estado líquido a un estado plástico. En este estado, el suelo puede fluir, pero aún mantiene cierta consistencia. El límite líquido se determina utilizando un aparato llamado "Copa de Casagrande", que evalúa la capacidad del suelo para cerrar una ranura en una muestra cuando se la somete a un movimiento específico (ASTM D4318-17, 2017).

#### **Límite plástico (LP)**

Contenido de humedad en el que el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido. En este estado, el suelo tiene la capacidad de ser moldeado sin que se agriete. Se determina mediante la "prueba de la rodadura", donde se evalúa el contenido de agua a partir del cual el suelo se puede formar en una bola delgada sin que se rompa (ASTM D4318-17, 2017).

## Índice de plasticidad (IP)

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. El índice de plasticidad proporciona una medida de la plasticidad de un suelo y se calcula como:  $(IP = LL - LP)$ . Un índice de plasticidad alto indica un suelo con mayor capacidad de deformación, mientras que un índice bajo indica un suelo menos plástico (ASTM D4318-17, 2017).

### 2.2.7. Clasificación de suelos SUCS

Es un sistema de clasificación de suelos utilizado principalmente en ingeniería geotécnica y en estudios de construcción. Este sistema agrupa los suelos en diferentes categorías según sus propiedades físicas, como el tamaño de las partículas, la distribución granulométrica, la plasticidad, y la consistencia. (ASTM D2487-17, 2017)

**Tabla 1**

*Simbología SUCS, para suelos finos*

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL<50)	ML		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL>50)	MH		LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD.
		OH		ARCILLAS ORGANICAS O LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD.
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	

*Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de suelos.*

## Suelos de grano fino

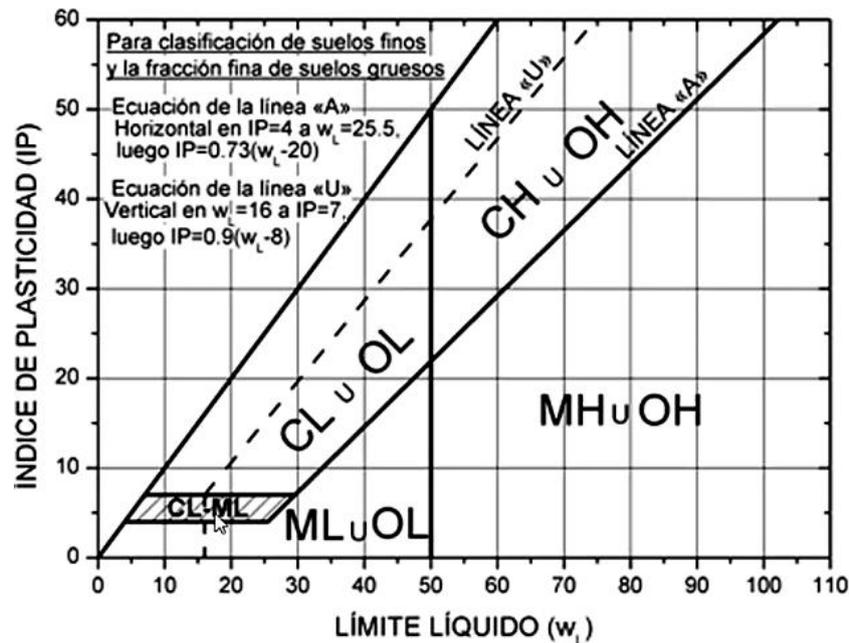
Son aquellos suelos cuya fracción que pasa el tamiz N° 200 (0.075 mm) representa más del 50% de la masa total del suelo. Esta categoría incluye suelos como la arcilla (C) y el limo (M), que están compuestos principalmente por partículas muy finas que no pueden ser clasificadas como grano grueso. Los suelos de grano fino se subdividen en dos grupos principales:

- **Arcilla (C):** Suelos finos que presentan plasticidad significativa, lo que les permite moldearse cuando están húmedos y formar una masa coherente.
- **Limo (M):** Suelos finos con poca o ninguna plasticidad, que suelen ser más frágiles y no forman una masa coherente cuando están húmedos.

Ambos grupos de suelos de grano fino también se subdividen en subgrupos basados en las propiedades de plasticidad y la cantidad de finos presentes. (ASTM D2487-17, 2017)

Figura 1

Carta de plasticidad



Fuente: (Crespo Villalaz, 2004).

### **Grupos CL y CH (constituidos por arcillas inorgánicas)**

- CL comprende  $LL < 50\%$  e  $IP > 7\%$ .
- CH comprende  $LL \geq 50\%$  e  $IP > 4\%$ .

### **Grupos ML y MH (constituidos por limo inorgánicos)**

- ML comprende  $LL < 50\%$  e  $IP \leq 7\%$ .
- MH comprende  $LL \geq 50\%$  e  $IP > 7\%$ .

### **Grupos OL y OH (suelos orgánicos)**

Las zonas correspondientes son las mismas que la de los grupos ML y MH. Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla crezca, sin apreciable cambio de su índice plástico (ASTM D2487-17, 2017).

### **Suelos altamente orgánicos**

Generalmente son muy compresibles y tienen características inadecuadas para la construcción. Se clasifican dentro del grupo designado por el símbolo Pt. El humus y suelos de pantano pertenecen a este tipo de suelos (ASTM D2487-17, 2017).

**Tabla 2**

**Clasificación SUCS**

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)**  
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
<b>SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕ Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4				GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.		
		<b>GRAVA CON FINOS</b> Cantidad apreciable de partículas finas	* d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
			u			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.	
		<b>ARENAS LIMPIAS</b> Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	Cu = $D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; Cc = $(D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
	SP		Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.			
	<b>ARENAS CON FINOS</b> Cantidad apreciable de partículas finas	* d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		u				
	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.		
	<b>SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS</b> Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad  <b>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</b> 	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido Mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

\*\* CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

\* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS UNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS, EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: (Crespo Villalaz, 2004).

### **2.2.8. Geometría del adobe**

Estos bloques pueden ser de forma cuadrada o rectangular y en el caso de los encuentros de las aristas deben formar ángulos de 90°. El tamaño del bloque no debe exceder los 0.40 metros de largo debido a consideraciones de peso, mientras que los bloques rectangulares deben tener una longitud que sea el doble de su ancho. Además, la altura de los bloques debe estar entre 0.08 y 0.12 metros (norma E.080, 2017).

### **2.2.9. Pruebas de campo**

#### **2.2.9.1. Prueba de “Cinta de barro”**

En un tiempo aproximado de diez minutos se puede realizar una evaluación inicial de la presencia de arcilla en el suelo, que consiste en utilizar una muestra de barro humedecida para crear un cilindro de 12mm de diámetro, se aplana lentamente el cilindro entre los dedos pulgar e índice al sostenerlo en una mano, creando una cinta con un espesor de 4mm que se deja caer hasta su longitud máxima. Si la cinta mide entre 20cm y 25cm, significa que el suelo contiene una gran cantidad de arcilla; sin embargo, si la cinta se corta a 10 cm o menos, se deduce que el suelo cuenta con un bajo contenido de arcilla (norma E.080, 2017).

#### **2.2.9.2. Prueba de “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”**

Con la muestra de suelo que se considera adecuada para la elaboración de adobe, se vierte la cantidad de agua necesaria para formar sobre las palmas de las manos, cuatro esferas de barro; una vez que las muestras hayan obtenido consistencia de forma esférica se deja secar por un tiempo de cuarenta y ocho horas en un ambiente seco y fresco; finalmente después de transcurrido el tiempo de secado se toma la muestra con el dedo pulgar e índice de tal manera que se debe ejercer presión observando que la muestra si no se agrieta o rompe; entonces la muestra de suelo es apto para la elaboración de adobes y si se rompe o agrieta, el suelo no es apto para la elaboración de adobes (norma E.080, 2017).

#### **2.2.9.3. Prueba “Contenido de humedad”**

Comprima fuertemente una esfera de barro del tamaño de un puño. Soltarla a una altura de 1.10m en un suelo plano y firme. La esfera de barro se prueba para determinar la

condición del suelo. Si se desintegra al tocar el suelo, está demasiado seco; si se rompe en cinco pedazos o más, hay suficiente humedad; y si se aplasta sin desintegrarse, hay demasiado contenido de humedad (norma E.080, 2017).

## **2.2.10. Propiedades del adobe a estudiar**

### **2.2.10.1. Resistencia a compresión de cubos de adobe**

La resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica carga sobre la superficie superior de la muestra a una velocidad especificada mientras ocurre la falla. La operación tarda entre 2 y 3 minutos y la carga a la que falla queda registrada en un tablero anexo a la máquina; este valor se divide por el área de la sección transversal de la muestra obteniéndose así el esfuerzo de rotura del adobe (Niño Hernández, 2018).

La obtención de valores altos señala una buena calidad de los adobes para fines estructurales y de exposición sísmica, la obtención de un valor menor a lo señalado en la norma E.080 ( $f'_b = 10.2 \text{kgf/cm}^2$ ) revela que son adobes poco resistentes. La resistencia a compresión se determinó ensayando cubos de adobe cuyo valor de resistencia se obtuvo realizando la división de la carga a la que fallaron y el área de la sección transversal de las muestras (ver Apéndice A) (norma E.080, 2017).

### **2.2.10.2. Resistencia a la compresión de muretes de adobe**

Para hallar la resistencia del murete a compresión se tiene que seguir los siguientes lineamientos: La altura es aproximadamente igual a tres veces la menor dimensión de la base, la obtención de un valor menor a  $f'_m = 6.12 \text{kgf/cm}^2$  revela que el murete está compuesto por adobes poco resistentes (ver Apéndice B) (norma E.080, 2017).

## **2.2.11. Evaluación estadística de los resultados**

Se refiere al proceso de aplicar técnicas y métodos estadísticos para recopilar, organizar, analizar e interpretar datos con el objetivo de obtener conclusiones válidas y tomar

decisiones informadas. Utilizando diferentes herramientas estadísticas para identificar patrones, relaciones y tendencias dentro de los datos, con el fin de hacer inferencias sobre una población o fenómeno en particular, evaluando la precisión y la significancia de los resultados obtenidos (Triola, 2018).

#### **2.2.11.1. Promedio**

Es una medida de tendencia central que se obtiene sumando todos los valores de una muestra y luego dividiendo el total entre el número de elementos en la muestra (Triola, 2018).

Matemáticamente, se expresa como:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  : Es el promedio de la muestra.

$\sum x_i$  : Es la suma de los valores de la muestra.

$n$  : Es el número de elemento en la muestra.

#### **2.2.11.2. Desviación estándar**

Es una medida de dispersión que describe cuán dispersos o distribuidos están los valores de una muestra en torno a su media. Es decir, indica el grado de variabilidad o dispersión de los datos dentro de una muestra (Triola, 2018).

La fórmula para calcular la desviación estándar de la muestra es:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Donde:

$\sigma_p$  : Es la desviación estándar de la muestra.

$x_i$  : Representa cada uno de los valores de la muestra.

$\bar{x}$  : Es la media de la muestra.

$n$  : Es el número de elementos en la muestra.

El autor (Triola, 2018) explica que para un número de muestras mayores de 30, el denominador de la fórmula anterior será  $(n)$  y para un número de muestras menores de 30 el denominador será  $(n-1)$  como lo es para el presente estudio.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Adobe**

Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad (norma E.080, 2017).

### **2.3.2. Paja de ichu**

(*Stipa ichu*), es un material vegetal utilizado como refuerzo natural en la fabricación de adobes por sus propiedades de incrementar la resistencia a compresión, tracción y flexión de adobes (Brack Egg, 2016).

### **2.3.3. Paja de trigo**

(*Triticum aestivum*), es el residuo seco de la planta de trigo, que se obtiene después de la cosecha de los granos. Es un material fibroso y ligero, lo que la hace útil en la construcción ecológica, particularmente en adobes, donde se emplea para reforzar las estructuras de las viviendas (Steen et al., 2020).

#### **2.3.4. Fibra de fique**

(*Furcraea andina*), conocida por producir una fibra resistente denominada cabuya, la cual se extrae de sus hojas largas y carnosas. Esta fibra es utilizada tradicionalmente en la fabricación de materiales de construcción como el adobe (Cardozo & Bernal, 2018).

#### **2.3.5. Resistencia a compresión**

Consiste en aplicar una carga perpendicular a una cara de un espécimen, permitiendo conocer las características mecánicas del suelo, para diseñar y tomar decisiones en ingeniería (norma E.080, 2017).

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación geográfica

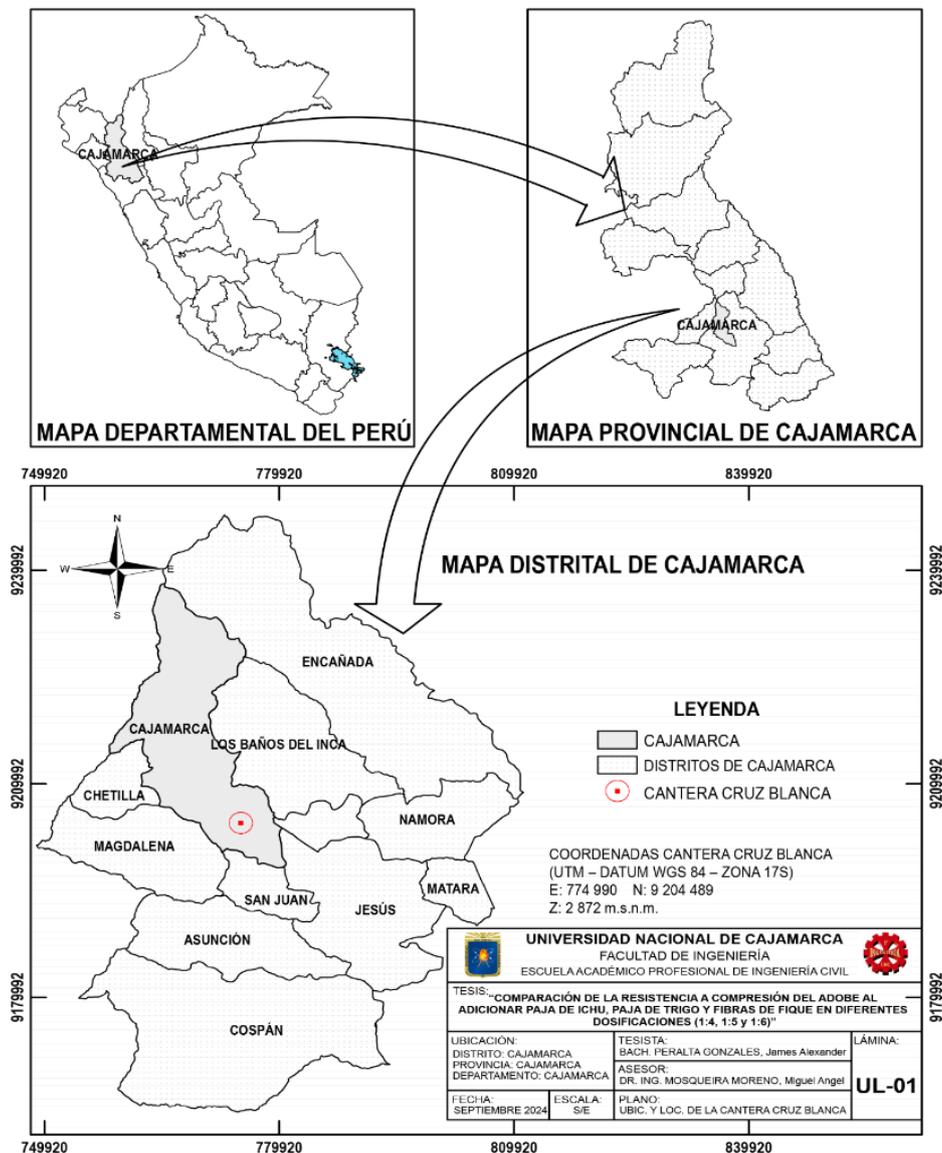
#### 3.1.1. Ubicación geográfica de la cantera

La cantera Cruz Blanca se encuentra ubicada en la Av. Independencia N°2076, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y región de Cajamarca.

Coordenadas : E:774 990; N:9 204 489; Z: 2 872 m.s.n.m.

**Figura 2**

*Mapa de ubicación geográfica de la cantera en estudio*



Fuente: Elaboración propia.

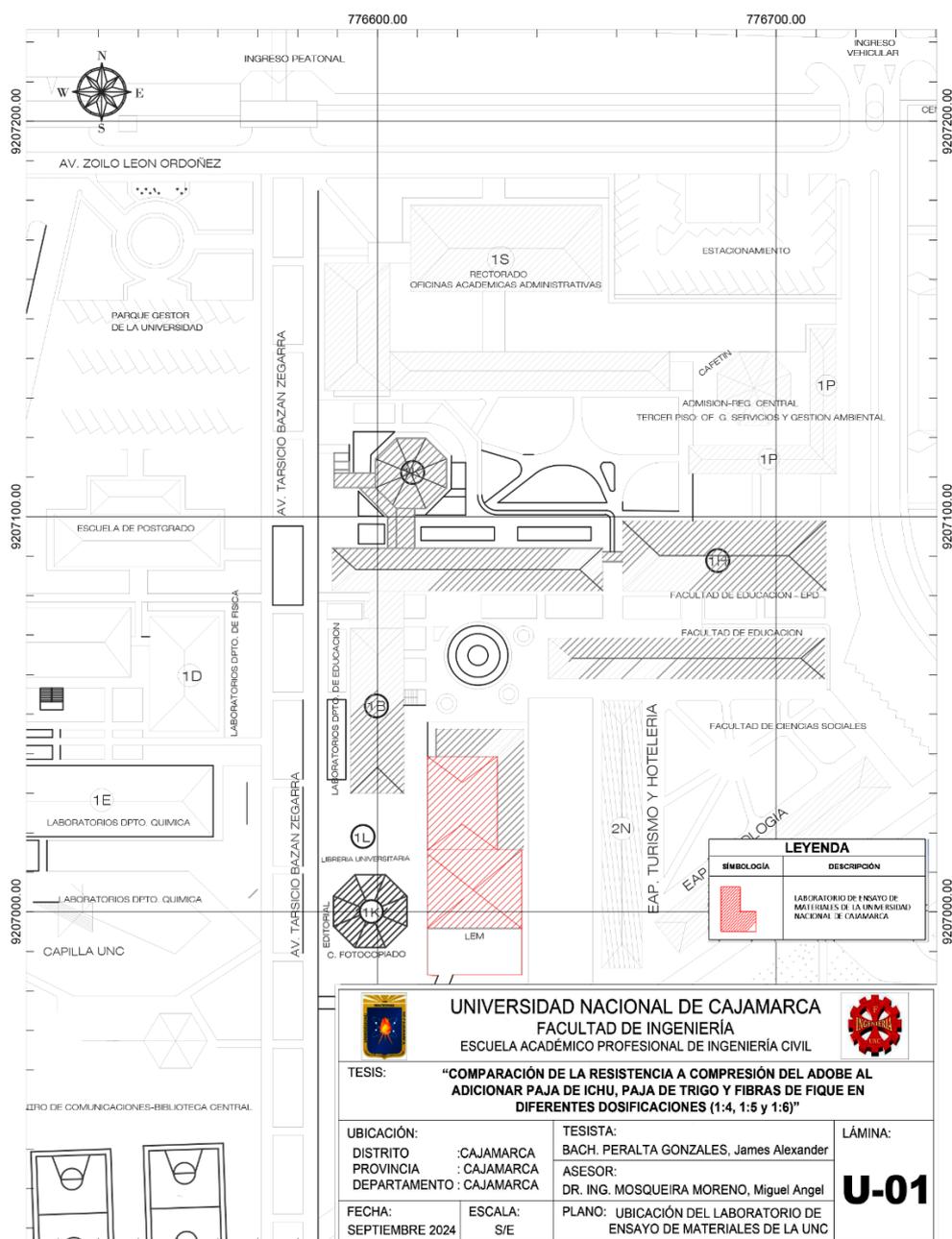
### 3.1.2. Ubicación geográfica del laboratorio de ensayo de materiales

El Laboratorio de Ensayos de Materiales Mg. Ing. Carlos Esparza Diaz, se encuentra ubicado en la Av. Tarsicio Bazán Zegarra S/N – sede central de la Universidad Nacional de Cajamarca, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y región de Cajamarca.

Coordenadas : E:776 621; N:9 207 001; Z: 2 682 m.s.n.m.

**Figura 3**

*Mapa de ubicación geográfica del Laboratorio de Ensayos de Materiales*



Fuente: Elaboración propia.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **Materiales**

- Suelo arcilloso.
- Paja de ichu.
- Paja de trigo.
- Fibra de fique.
- Agua potable.

### **Equipos**

- Copa de Casagrande con ranurador.
- Malla N°40.
- Balanza con capacidad de pesado mayor a 5 kilogramos.
- Balanza con precisión de 0.01gramos de 400 gramos.
- Taras de aluminio.
- Recipiente de porcelana.
- Espátula.
- Placa de vidrio.
- Horno de secado con termostato.
- Juego de tamices: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°140 y N°200.
- Cazoleta.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Tipo de investigación**

Aplicada, ya que se buscó resolver un problema o situación en un tiempo determinado.

### **3.3.2. Nivel de investigación**

Correlacional, porque busca establecer e identificar un grado de asociación o relación entre la variable dependiente (resistencia a la compresión) y las variables independientes (paja de ichu, paja de trigo, fibra de fique).

### **3.3.3. Diseño de la investigación**

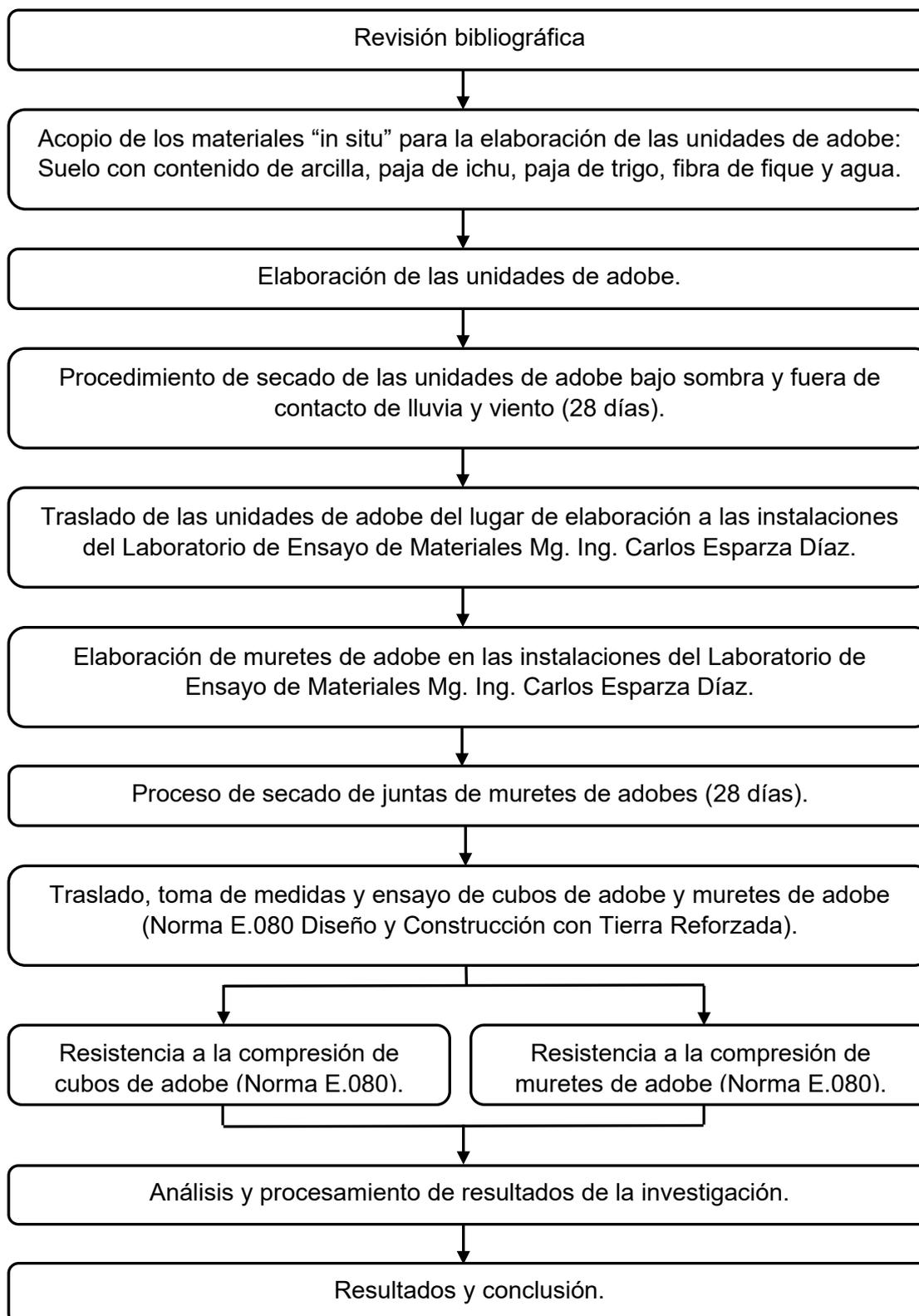
Experimental, porque busca verificar la hipótesis mediante la manipulación de variables.

### **3.3.4. Enfoque de la investigación**

Cuantitativa, debido a que se analiza y recopila datos, empleando mediciones y estadísticas.

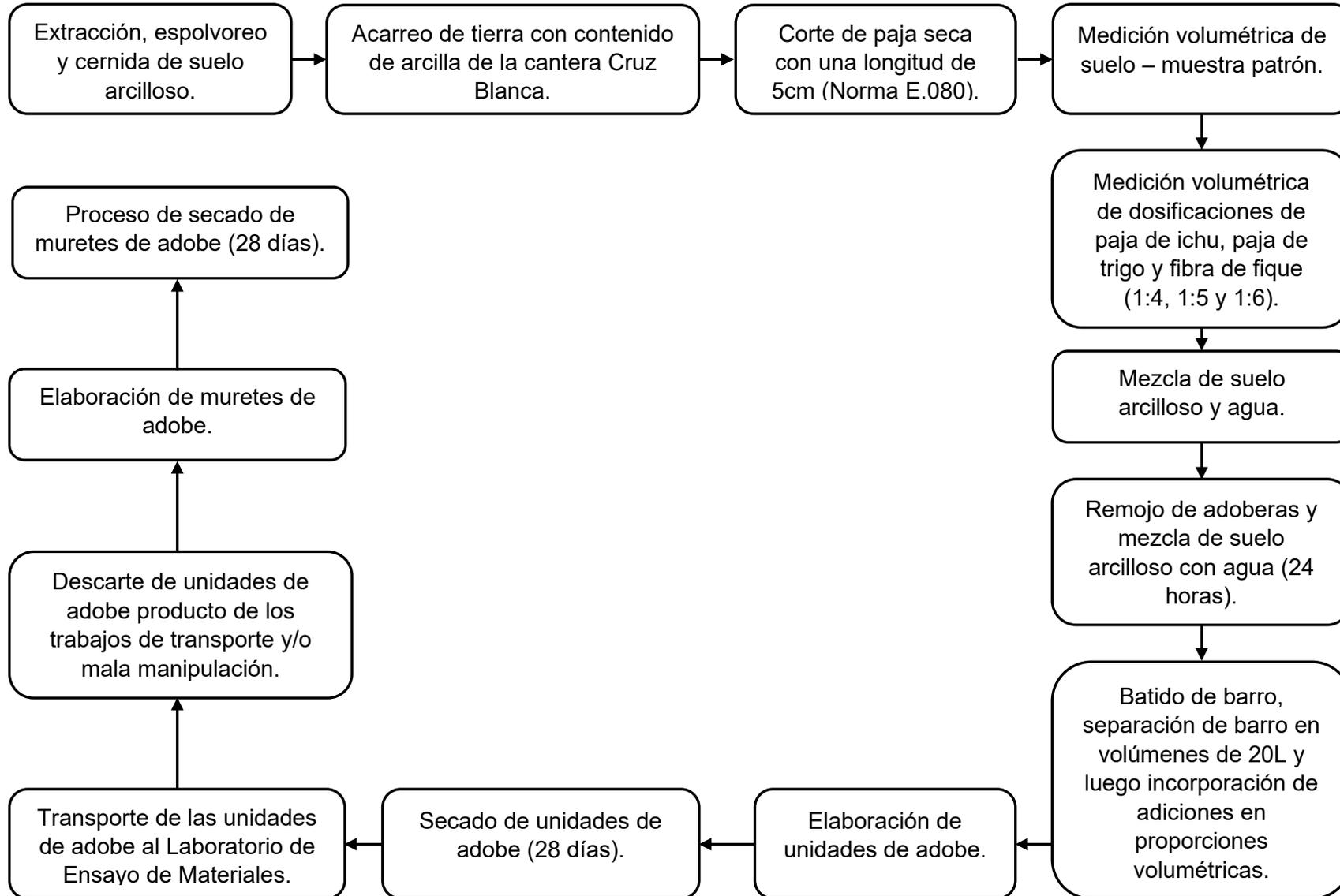
**Figura 4**

*Secuencia del proceso de investigación*



**Figura 5**

*Secuencia de la elaboración de las unidades de adobe*



### 3.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

#### 3.4.1. Población

La población de estudio está constituida por todas las unidades de adobes elaborados con suelo de la cantera Cruz Blanca; con adiciones de paja de ichu, paja de trigo, fibra de fique en dosificaciones de volumétricas de (1:4, 1:5, 1:6) y una muestra patrón.

#### 3.4.2. Muestra

Se consideró elaborar probetas de forma cúbica de 10cm de arista y probetas de forma prismática de 8cm x 16cm x 32cm para la conformación de muretes de adobe. Para la elección del tamaño de la muestra se hizo mediante un muestreo probabilístico usando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

$n$ : Tamaño de la muestra.

$Z_{\alpha}$ : Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

$p$ : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado.

$q$ : Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

$e$ : Error de estimación máximo aceptado.

Teniendo:

Nivel de confianza (NC) = 93%  $\rightarrow Z_{\alpha} = 1.81$

P = 90%

q = 10%

$$e = 2.90\%$$

Realizando el reemplazo en la fórmula se obtiene un tamaño de muestra  $n=351$ , tomando una muestra final de 360 unidades de adobe, distribuyéndose de la siguiente manera:

**Tabla 3**

*Distribución de la muestra*

Ítem	Tipo de adición	Cubos de adobe 10x10x10cm	Adobes de 8x16x32cm	Muretes de adobe
1	Muestra patrón	6	30	6
2	Paja de ichu 1:4	6	30	6
3	Paja de ichu 1:5	6	30	6
4	Paja de ichu 1:6	6	30	6
5	Paja de trigo 1:4	6	30	6
6	Paja de trigo 1:5	6	30	6
7	Paja de trigo 1:6	6	30	6
8	Fibra de fique 1:4	6	30	6
9	Fibra de fique 1:5	6	30	6
10	Fibra de fique 1:6	6	30	6
<b>Total</b>		60 (cubos)	300 (adobes)	60 (muretes)

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.4.3. Unidad de análisis

Comparación de la resistencia a compresión del adobe al adicionar paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique en diferentes dosificaciones (1:4, 1:5 y 1:6) en las unidades de adobe.

### 3.4.4. Unidad de observación

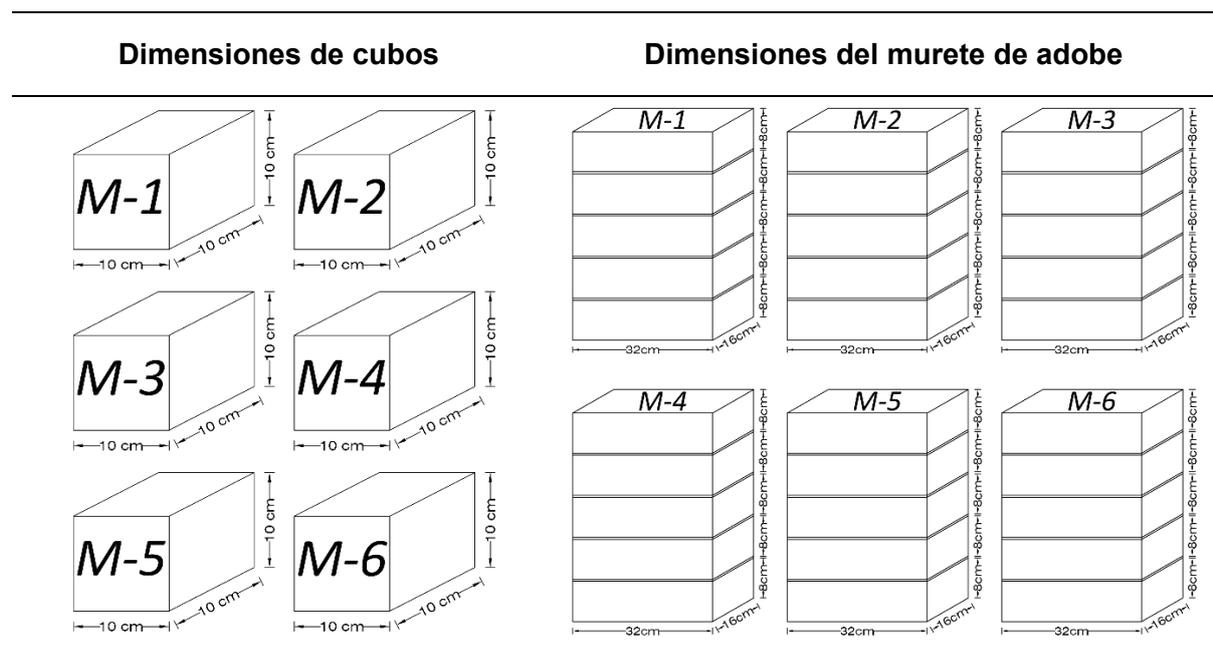
Son unidades de adobe elaboradas con adición de paja y/o fibra natural.

### 3.4.5. Dimensiones de las unidades de adobe a estudiar

Siguiendo los parámetros para las dimensiones del adobe descritos en la Norma E.080, para el presente estudio se ha considerado las siguientes dimensiones para las unidades de adobe a estudiar:

**Tabla 4**

*Dimensiones de muestras*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Etapas del procedimiento de la investigación

Esta investigación se realizó en cinco etapas que siguen una secuencia ordenada de procedimientos y normativa.

- ETAPA I: Obtención del Material (muestra de suelo) y tamizado.
- ETAPA II: Determinación las propiedades físicas del suelo para su posterior clasificación.
- ETAPA III: Elaboración de las unidades de adobe.

1. Tamizado del suelo.

2. Obtención y dosificación de adición de paja y/o fibra a las unidades de adobe.
  3. Mezclado.
  4. Encofrado y desencofrado de las unidades de adobe.
  5. Secado y almacenamiento de las unidades de adobe (28 días).
- ETAPA IV: Determinación de las propiedades de las unidades de adobe.
    1. Ensayos de resistencia a la compresión en las unidades de adobe.
  - ETAPA V: Evaluación de la variación de las propiedades mecánicas de las unidades de adobe.

Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron ensayos de laboratorio de las unidades de adobe, establecido en la norma E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” (2017):

- Estudio de las propiedades físicas del suelo para la elaboración del adobe.
- Resistencia a la compresión de los cubos de adobe.
- Resistencia a la compresión de muretes de adobe.

### **3.6. Determinación de las propiedades físicas del suelo**

#### **3.6.1. Contenido de humedad**

Se realizó tomando como referencia lo establecido en la norma ASTM D2216.

##### **Procedimiento**

Para este ensayo se tomó tres muestras del suelo para colocarlas en taras y luego se registró su peso a cada una, antes de llevarlas a la estufa por 16 horas.

Al sacar las muestras del horno se las volvió a pesar y se procesaron los resultados obtenidos para obtener el porcentaje promedio del contenido de humedad del suelo, aplicando la siguiente expresión.

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_{ms}} * 100$$

### 3.6.2. Ensayo de Granulometría

Se tomó como referencia la norma ASTM D6913/D6913-17.

#### Procedimiento

Se empleó el método por lavado, para el cual se tomó 500 gramos de material seco. El ensayo consistió en lavar el material por la malla N° 200 hasta que el agua de lavado quede libre de material de limo y arcilla, luego el material retenido se llevó en una tara para ser secado en la estufa por 24 horas.

Transcurridas las 24 horas se sacó la muestra del horno y se pesó, determinando la cantidad de material perdido en el lavado. Se pasó la muestra sacada del horno por el juego de tamices (desde la malla N°4 hasta la malla N°200) pesando el material retenido en cada tamiz (PR) y se calculó los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz, con la fórmula:

$$\%PR = 100 * PR / P_{ms}$$

Se determinó los porcentajes de los pesos retenidos acumulados (%PAR) y se calcularon los porcentajes pasantes acumulativos por los tamices:

$$\%PASA = 100 - \%PAR$$

Finalmente se dibujó la curva granulométrica en escala semilogarítmica.

### 3.6.3. Ensayo de Límites de Atterberg

#### - Límite líquido

Este ensayo se basó en la norma ASTM D4318.

#### Procedimiento

Para realizar este ensayo, se colocó aproximadamente 200 gr. de muestra que pasó el tamiz N°40 en un recipiente de porcelana, se agregó una ligera cantidad de agua y se mezcló, homogenizando de tal forma que se obtuvo una masa uniforme y consistente.

Se colocó una porción de la muestra en la Copa de Casagrande y con la ayuda del acanalador se dividió en dos mitades la muestra que estaba en la copa, luego se empezó a girar la manivela del equipo (a razón de 2 golpes por segundo) hasta que se cerró la ranura aproximadamente  $\frac{1}{2}$ ", registrándose el número de golpes en los cuales se cerró la ranura. Finalmente se tomó una porción de la muestra de suelo (del sector donde se cerró la ranura) para determinar su contenido de humedad W (%). Se repitió el ensayo dos veces más, incrementando agua en cada uno de ellos, teniendo en cuenta que el número de golpes para cerrar la ranura debe estar comprendido entre 10 y 35. Se determinó para cada ensayo su contenido de humedad y se graficó en papel semilogarítmico la curva de flujo, determinando el LL como el valor de contenido de humedad para 25 golpes del gráfico.

- **Límite plástico**

Basándose en la norma ASTM D4318.

**Procedimiento**

La muestra seca que pasa el tamiz N° 40 se colocó en un recipiente para mezclarlo con agua de tal forma que se obtuvo una masa uniforme y consistente. Se moldeó una especie de esfera con ayuda de las manos y luego se dividió la masa en tres partes. Se tomó uno de los pedazos de la masa y se rodó sobre un vidrio (con una presión uniforme y suave producida por el peso de la mano) hasta que se formó un rollito de 3mm de diámetro. Se tomó el rollito y se obtuvo su contenido de humedad. Se repitió el proceso para las otras porciones de suelo y finalmente se determinó el LP, que es el promedio de los contenidos de humedad W (%).

**3.7. Clasificación del suelo**

Para clasificar el suelo se tomó referencia la clasificación de suelos SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos).

### **3.8. Elaboración de las unidades de adobes con sus respectivas dosificaciones de paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique**

Se elaboraron cubos de adobe con las medidas de 10cm x 10cm x 10cm, adobes de 8cm x 16cm x 32cm empleando el mismo tipo de suelo; dónde se variaron los volúmenes de adición de paja de ichu, paja de trigo y fibras de fique.

Según la Norma E.080, el mínimo de especímenes que se deben elaborar para ensayos es de 6 unidades tanto de cubos de adobe, como 6 muestras de muretes de adobe.

El proceso que se siguió para la elaboración de los adobes fue el siguiente:

#### **3.8.1. Tamizado del suelo**

La muestra de suelo seca se procedió a tamizarla por la malla N°4 (abertura 4.75mm) para evitar la presencia de partículas que no cumplen con la granulometría para la elaboración de los adobes.

#### **3.8.2. Obtención y dosificación de paja y fibra**

Para dosificar la cantidad de paja y/o fibra a emplear, primeramente, se procederá a medir en un recipiente de lata de 20 litros de volumen y de acuerdo a las dosificaciones volumétricas requeridas.

- Paja de ichu: 1:4, 1:5 y 1:6 (volumen de paja: volumen de suelo).
- Paja de trigo: 1:4, 1:5 y 1:6 (volumen de paja: volumen de suelo).
- Fibra de fique: 1:4, 1:5 y 1:6 (volumen de fibra: volumen de suelo).

### **3.9. Dosificación para la muestra patrón y las adiciones de paja y/o fibra.**

#### **3.9.1. Cálculo de materiales para la muestra patrón.**

Volumen de adobes de 8cm x 16cm x 32cm :  $30 \times 0.08 \times 0.16 \times 0.32 = 0.123 \text{m}^3 \dots (i)$

Volumen de adobes de 10cm x 10cm x 10cm :  $6 \times 0.10 \times 0.10 \times 0.10 = 0.006 \text{m}^3 \dots (ii)$

V(i) + V(ii)	: 0.129m <sup>3</sup>
Porcentaje de desperdicio (5%)	: 1.05x0.129m <sup>3</sup>
Volumen de suelo a utilizar por tanda	: 0.135m <sup>3</sup>
Volumen de un balde de 20L	: 0.027m <sup>3</sup>
<b>Volumen de suelo en baldes de 20L</b>	<b>: 5 baldes</b>
<b>Volumen de agua</b>	<b>: 24.5 litros</b>

### 3.9.2. Cálculo de materiales para la proporción volumétrica 1:4.

Volumen de adobes de 8cm x 16cm x 32cm	: 30x0.08x0.16x0.32=0.123m <sup>3</sup> .....(i)
Volumen de adobes de 10cm x 10cm x 10cm	: 6x0.10x0.10x0.10=0.006m <sup>3</sup> .....(ii)
V(i) + V(ii)	: 0.129m <sup>3</sup>
Porcentaje de desperdicio (5%)	: 1.05x0.129m <sup>3</sup>
Volumen de suelo a utilizar por tanda	: 0.135m <sup>3</sup>
Volumen de un balde de 20L	: 0.027m <sup>3</sup>
<b>Volumen de suelo en baldes de 20L</b>	<b>: 5 baldes</b>
Volumen de paja y/o fibra a adicionar	: 0.135m <sup>3</sup> /(4x0.027m <sup>3</sup> )
<b>Volumen de paja y/o fibra a adicionar en baldes de 20L</b>	<b>: 1.25 baldes</b>
<b>Volumen de agua</b>	<b>: 27.5 litros</b>

### 3.9.1. Cálculo de materiales para la proporción volumétrica 1:5.

Volumen de adobes de 8cm x 16cm x 32cm	: 30x0.08x0.16x0.32=0.123m <sup>3</sup> .....(i)
--	--

Volumen de adobes de 10cm x 10cm x 10cm	: $6 \times 0.10 \times 0.10 \times 0.10 = 0.006 \text{m}^3 \dots (ii)$
V(i) + V(ii)	: $0.129 \text{m}^3$
Porcentaje de desperdicio (5%)	: $1.05 \times 0.129 \text{m}^3$
Volumen de suelo a utilizar por tanda	: $0.135 \text{m}^3$
Volumen de un balde de 20L	: $0.027 \text{m}^3$
<b>Volumen de suelo en baldes de 20L</b>	<b>: 5 baldes</b>
Volumen de paja y/o fibra a adicionar	: $0.135 \text{m}^3 / (5 \times 0.027 \text{m}^3)$
<b>Volumen de paja y/o fibra a adicionar en baldes de 20L</b>	<b>: 1 baldes</b>
<b>Volumen de agua</b>	<b>: 27.5 litros</b>

### 3.9.1. Cálculo de materiales para la proporción volumétrica 1:6.

Volumen de adobes de 8cm x 16cm x 32cm	: $30 \times 0.08 \times 0.16 \times 0.32 = 0.123 \text{m}^3 \dots (i)$
Volumen de adobes de 10cm x 10cm x 10cm	: $6 \times 0.10 \times 0.10 \times 0.10 = 0.006 \text{m}^3 \dots (ii)$
V(i) + V(ii)	: $0.129 \text{m}^3$
Porcentaje de desperdicio (5%)	: $1.05 \times 0.129 \text{m}^3$
Volumen de suelo a utilizar por tanda	: $0.135 \text{m}^3$
Volumen de un balde de 20L	: $0.027 \text{m}^3$
<b>Volumen de suelo en baldes de 20L</b>	<b>: 5 baldes</b>
Volumen de paja y/o fibra a adicionar	: $0.135 \text{m}^3 / (6 \times 0.027 \text{m}^3)$
<b>Volumen de paja y/o fibra a adicionar en baldes de 20L</b>	<b>: 0.83 baldes</b>

**Volumen de agua**

**: 27.5 litros**

### **3.9.2. Mezcla homogénea**

#### **Tamaño y corte uniforme**

Se aseguró de que los materiales adicionales (paja de ichu, paja de trigo, y fibra de fique) estén correctamente procesados, cortados o triturados en tamaños de 5cm, para facilitar su incorporación al adobe.

#### **Secado de los materiales**

Se realizó el secado de los materiales antes de realizar la mezcla para evitar variaciones en el contenido de humedad de la mezcla en el adobe.

#### **Mezcla por etapas**

Al volumen de suelo a emplearse para la elaboración de adobes se vertió el agua de acuerdo a los cálculos realizados para cada tanda de adición y se dejó humedecer por un periodo de 24 horas. Para el caso de esta investigación que se formuló varios tipos de adición de materiales que fueron mezclados por etapas, primero se batió el barro y luego se incorporó el material adicional a la mezcla poco a poco hasta lograr la homogeneidad en la mezcla y se verificó su consistencia.

#### **Comprobación visual y de propiedades**

Después de realizada la mezcla, observó si los materiales adicionales estaban bien distribuidos. Tomando pequeñas muestras de la mezcla en diferentes puntos se verificó la presencia de los materiales adicionales.

### **3.9.3. Encofrado y desencofrado**

- Se colocó la mezcla en las adoberas correspondientes, teniendo en cuenta que se debe tomar una porción de mezcla de tal manera que con esa cantidad se llene completamente la adobera, evitando en lo posible rellenos con mezcla adicional.

- Se recomienda colocar aceite a la adobera en el perímetro de contacto con la mezcla para un mejor desencofrado.
- La mezcla que exceda la altura de la adobera se retira enrasando con una regla de aluminio.
- Para la fabricación de los moldes se hicieron adobes de prueba, ya que se consideró el encogimiento del adobe durante el secado, para que de esta manera el adobe seco corresponda a las dimensiones previstas en el diseño.

#### **3.9.4. Secado y almacenamiento**

- Para el secado de los adobes se empleó una superficie horizontal, limpia y libre de impurezas orgánicas o sales.
- Se colocaron los adobes en una zona techada para el proceso de secado, ya que se sabe la exposición al sol de los adobes en los primeros días de haber sido fabricados es perjudicial ya que se agrietan.
- Después de haber transcurrido tres días del desencofrado se colocaron los adobes en posición de canto para continuar su secado de manera uniforme. Este proceso secado duró aproximadamente 28 días.

### **3.10. Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe**

#### **3.10.1. Ensayo de resistencia a compresión de las unidades de adobe**

Con este ensayo se buscó obtener el esfuerzo de rotura de un espécimen de adobe al ser sometido a una carga uniaxial.

Los bloques que se ensayaron fueron cubos labrados cuya dimensión de arista fue de 10cm (ya que es la menor dimensión de la unidad de adobe). La cantidad de especímenes ensayados fueron de 60 cubos entre dosificaciones de paja y/o fibra y una muestra patrón. Los bloques fueron ensayados en la máquina prensa hidráulica del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### **3.10.2. Ensayo de resistencia a compresión de los muretes de adobe**

Con este ensayo se obtuvo el esfuerzo de rotura del murete de adobe al ser sometido a una carga uniaxial.

Los bloques que se ensayaron fueron muretes de adobe de dimensiones de 16cm x 32cm x 48cm. La cantidad de especímenes ensayados fue de 60 muretes, los bloques fueron ensayados en la máquina prensa hidráulica del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### **3.11. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **Técnicas**

- Se realizó un estudio experimental, mediante la aplicación de ensayos para determinar la resistencia a compresión de cubos y muretes de adobe.
- Revisión documentaria.

#### **Instrumentos**

- Para la recolección de datos se emplearon fichas las cuales fueron llenadas con datos obtenidos del laboratorio.

### **3.12. Tratamiento y análisis de datos**

La información cuantitativa que se obtuvo de las variables de estudio de las diferentes dosificaciones de paja y/o fibra con los que se elaboró los especímenes de adobe para los ensayos de resistencia a compresión se procesó mediante métodos estadísticos como promedios y análisis de varianza, para lo cual se utilizó el programa computarizado Microsoft Excel.

### 3.13. Presentación de resultados

#### 3.13.1. Resultados de los estudios de las propiedades del suelo

**Tabla 5**

*Propiedades físicas de las muestras de suelo M-1, M-2 y M-3*

<b>Características</b>	<b>Resultados</b>	<b>Resultados</b>	<b>Resultados</b>
	<b>obtenidos (M-1)</b>	<b>obtenidos (M-2)</b>	<b>obtenidos (M-3)</b>
Clasificación SUCS	CL	CL	CL
Contenido de Humedad	2.18%	2.18%	1.92%
Límite Líquido	31.00%	31.00%	32.00%
Límite Plástico	18.00%	18.00%	18.00%
Índice de Plasticidad	13.00%	13.00%	14.00%

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 6**

*Estudio de granulometría de las muestras de suelo M-1, M-2 y M-3*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Resultados</b>	<b>Resultados</b>
	<b>obtenidos (M-1)</b>	<b>obtenidos (M-2)</b>	<b>obtenidos (M-3)</b>
Grava	11.58%	8.97%	10.13%
Arena	10.48%	11.54%	11.02%
Limo	17.70%	20.90%	18.20%
Arcilla	60.29%	58.57%	60.52%

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 3.13.2. Resultados de las pruebas de campo

**Tabla 7**

*Propiedades del suelo según pruebas de la Norma E.080*

<b>Nombre de la prueba</b>	<b>Observación del desarrollo de la prueba realizada</b>	<b>Resultado</b>
Anexo N°01: Prueba de "Cinta de Barro"	21 cm	Suelo muy arcilloso.

<b>Nombre de la prueba</b>	<b>Observación del desarrollo de la prueba realizada</b>	<b>Resultado</b>
Anexo N°02: Prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca"	Las esferas con tierra de la cantera no se rompieron, quebraron o agrietaron.	La tierra de la cantera, si es apta para la utilización en la elaboración de adobe.
Anexo N°03: Prueba "Contenido de Humedad"	La esfera de barro se rompió en 5 pedazos.	El contenido de humedad es correcto.

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.13.3. Dosificación para cada tanda de adición de paja y/o fibra vs. suelo

**Tabla 8**

*Dosificación para la muestra patrón*

<b>Descripción de adición</b>	<b>Dosificación de paja y/o fibra</b>	<b>Dosificación de suelo arcilloso</b>	<b>Dosificación de agua (Lts.)</b>
Muestra patrón	0	5	24.5

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 9**

*Dosificación para la adición con paja de ichu*

<b>Descripción de adición</b>	<b>Dosificación de paja y/o fibra</b>	<b>Dosificación de suelo arcilloso</b>	<b>Dosificación de agua (Lts.)</b>
Paja de ichu 1:4	1.25	5	27.5
Paja de ichu 1:5	1	5	27.5
Paja de ichu 1:6	0.83	5	27.5

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 10**

*Dosificación para la adición con paja de trigo*

<b>Descripción de adición</b>	<b>Dosificación de paja y/o fibra</b>	<b>Dosificación de suelo arcilloso</b>	<b>Dosificación de agua (Lts.)</b>
Paja de trigo 1:4	1.25	5	27.5
Paja de trigo 1:5	1	5	27.5
Paja de trigo 1:6	0.83	5	27.5

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 11***Dosificación para la adición con fibra de fique*

Descripción de adición	Dosificación de paja y/o fibra	Dosificación de suelo arcilloso	Dosificación de agua (Lts.)
Fibra de fique 1:4	1.25	5	27.5
Fibra de fique 1:5	1	5	27.5
Fibra de fique 1:6	0.83	5	27.5

*Fuente: Elaboración propia.***3.14. Resultados de las propiedades mecánicas del adobe****3.14.1. Resistencia a compresión en cubos adobe**

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 12 se muestran detalladamente en la Tabla 43 del anexo N°03.

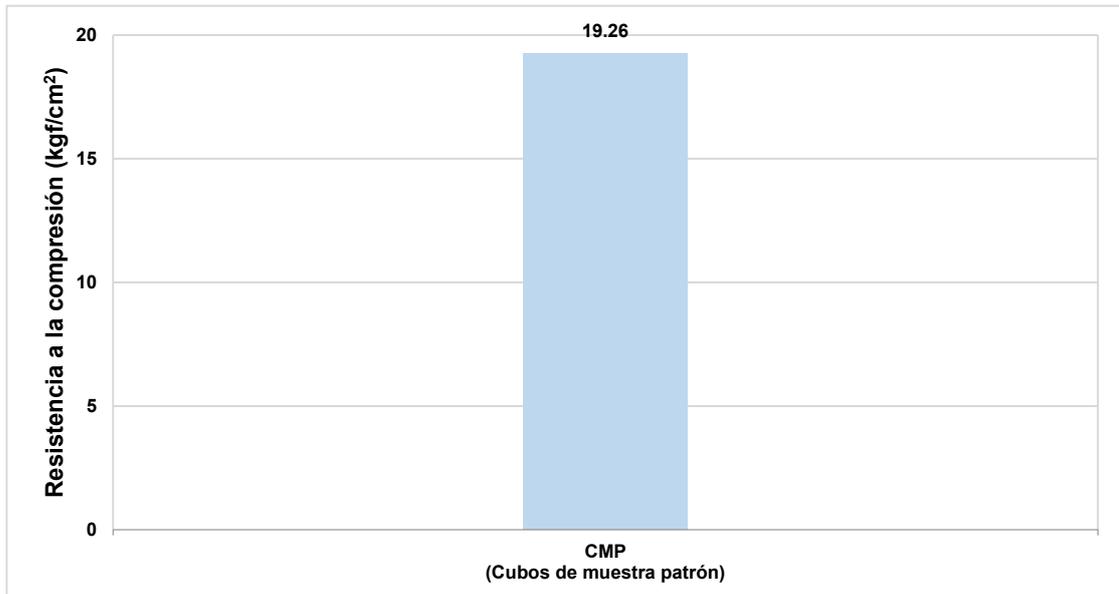
**Tabla 12***Resistencia a la compresión de cubos de adobe de la muestra patrón*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	20.74
2	21.88
3	19.11
4	17.44
5	18.26
6	18.14
<b>f<sub>b</sub></b>	<b>19.26</b>
<b>σ<sub>p</sub></b>	<b>1.73</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 6**

*Resistencia a compresión de cubos de la muestra patrón  $f_b$*



*Fuente: Elaboración propia.*

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 13 se muestran detalladamente en la Tabla 44, Tabla 45 y Tabla 46 del anexo N°03.

**Tabla 13**

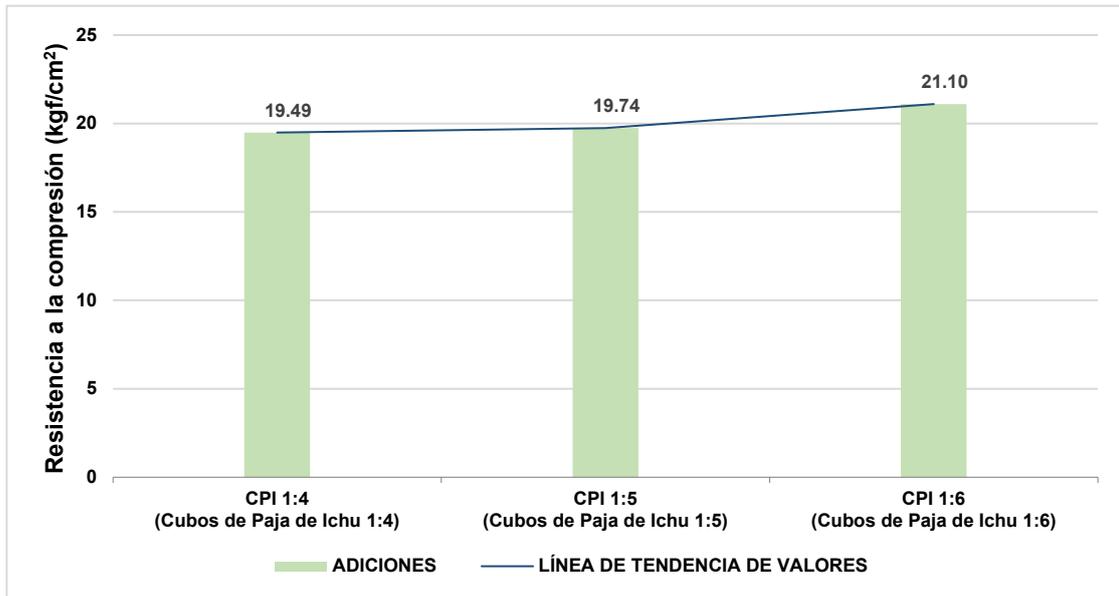
*Resistencia a la compresión de cubos de adobe con paja de ichu*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	1:4	1:5	1:6
1	19.20	22.50	23.98
2	17.91	20.17	23.65
3	18.85	14.92	17.11
4	19.87	19.93	18.95
5	19.14	21.78	23.90
6	21.95	19.11	19.03
<b><math>f_b</math></b>	<b>19.49</b>	<b>19.74</b>	<b>21.10</b>
<b><math>\sigma_p</math></b>	<b>1.36</b>	<b>2.67</b>	<b>3.08</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 7**

*Resistencia a compresión de cubos con paja de ichu  $f'_b$*



*Fuente: Elaboración propia.*

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 14 se muestran detalladamente en la Tabla 47, Tabla 48 y Tabla 49 del anexo N°03.

**Tabla 14**

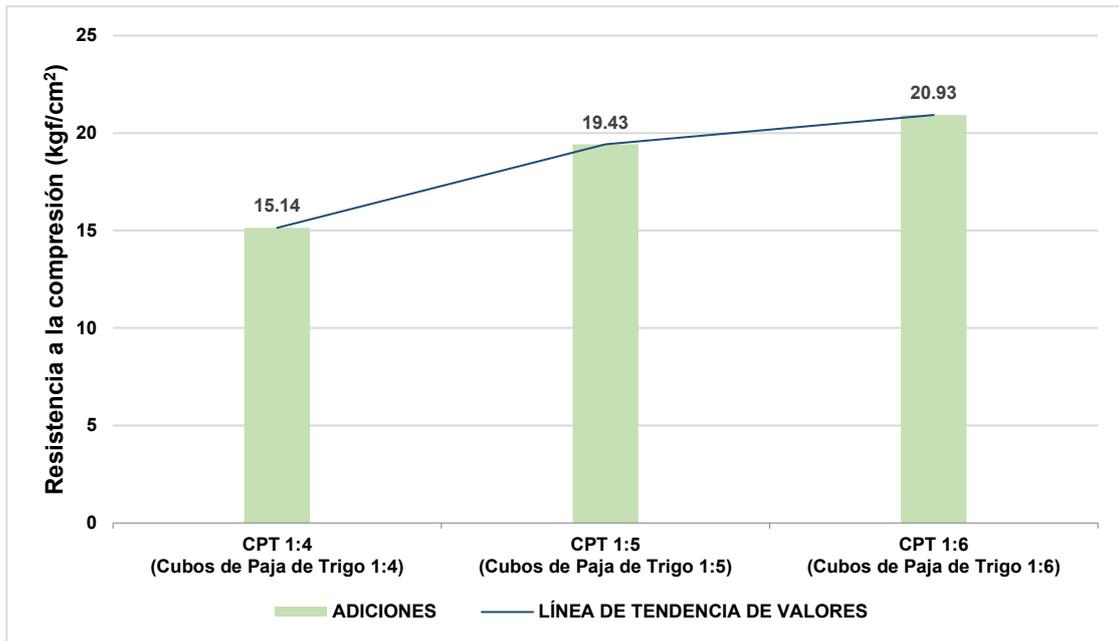
*Resistencia a la compresión de cubos de adobe con paja de trigo*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	1:4	1:5	1:6
1	13.68	21.32	21.51
2	14.31	16.80	19.00
3	13.75	19.33	22.50
4	15.63	22.11	17.36
5	17.00	17.72	23.48
6	16.45	19.32	21.70
<b><math>f_b</math></b>	<b>15.14</b>	<b>19.43</b>	<b>20.93</b>
<b><math>\sigma_p</math></b>	<b>1.43</b>	<b>2.03</b>	<b>2.30</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 8**

*Resistencia a compresión de cubos con paja de trigo  $f'_b$*



*Fuente: Elaboración propia.*

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 15 se muestran detalladamente en la Tabla 50, Tabla 51 y Tabla 52 del anexo N°03.

**Tabla 15**

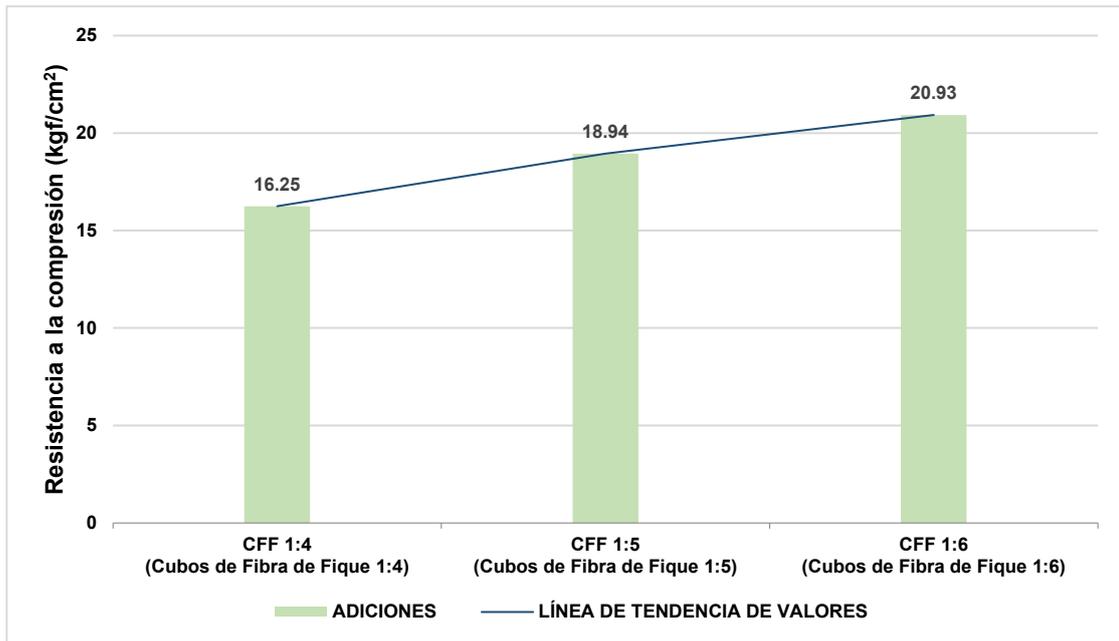
*Resistencia a la compresión de cubos de adobe con fibra de fique*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	1:4	1:5	1:6
1	12.85	17.02	22.87
2	16.86	20.28	20.69
3	16.15	20.62	22.14
4	18.21	19.12	19.00
5	16.89	18.54	19.57
6	16.56	18.08	21.29
<b><math>f_b</math></b>	<b>16.25</b>	<b>18.94</b>	<b>20.93</b>
<b><math>\sigma_p</math></b>	<b>1.81</b>	<b>1.36</b>	<b>1.48</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 9**

*Resistencia a compresión de cubos con fibra de fique  $f'_b$*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 16**

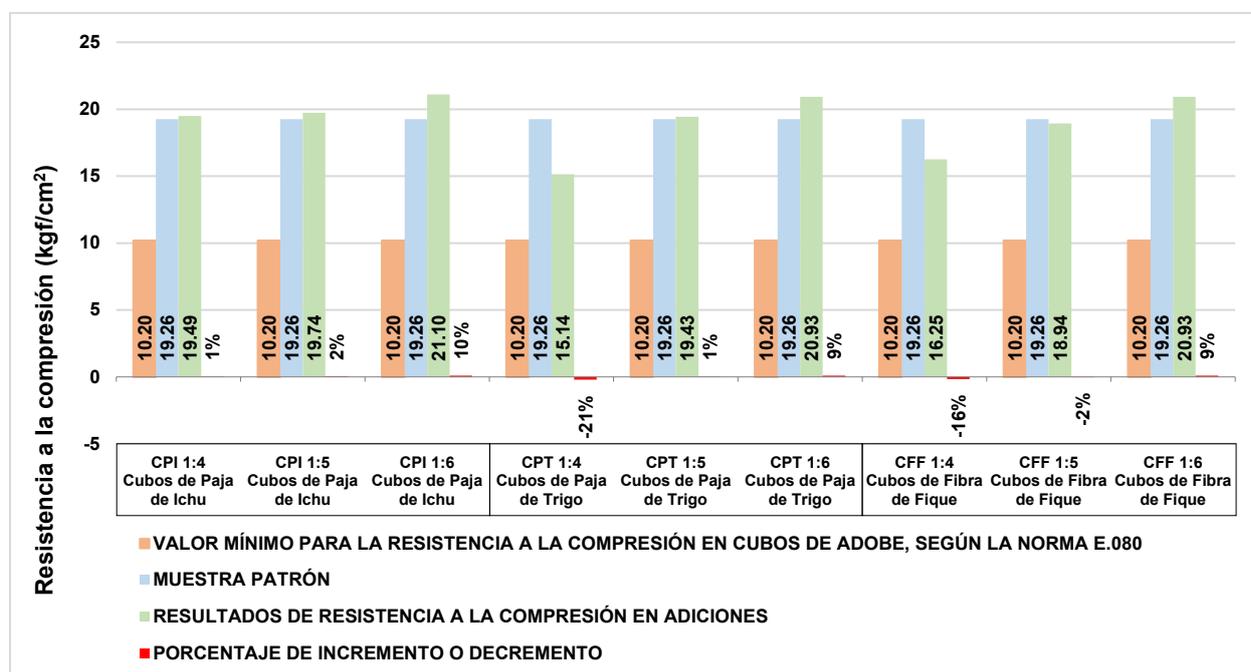
*Resultados de resistencia a compresión de cubos  $f'_b$*

Código de muestra	Resistencia a compresión (kgf/cm²)
CMP	19.26
CPI 1:4	19.49
CPI 1:5	19.74
CPI 1:6	21.10
CPT 1:4	15.14
CPT 1:5	19.43
CPT 1:6	20.93
CFF 1:4	16.25
CFF 1:5	18.94
CFF 1:6	20.93

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 10**

Comparación de resistencia de compresión de cubos de adobe  $f'_b$



Fuente: Elaboración propia.

### 3.14.2. Resistencia a compresión en muretes de adobe

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 17 se muestran detalladamente en la Tabla 53 del anexo N°04.

**Tabla 17**

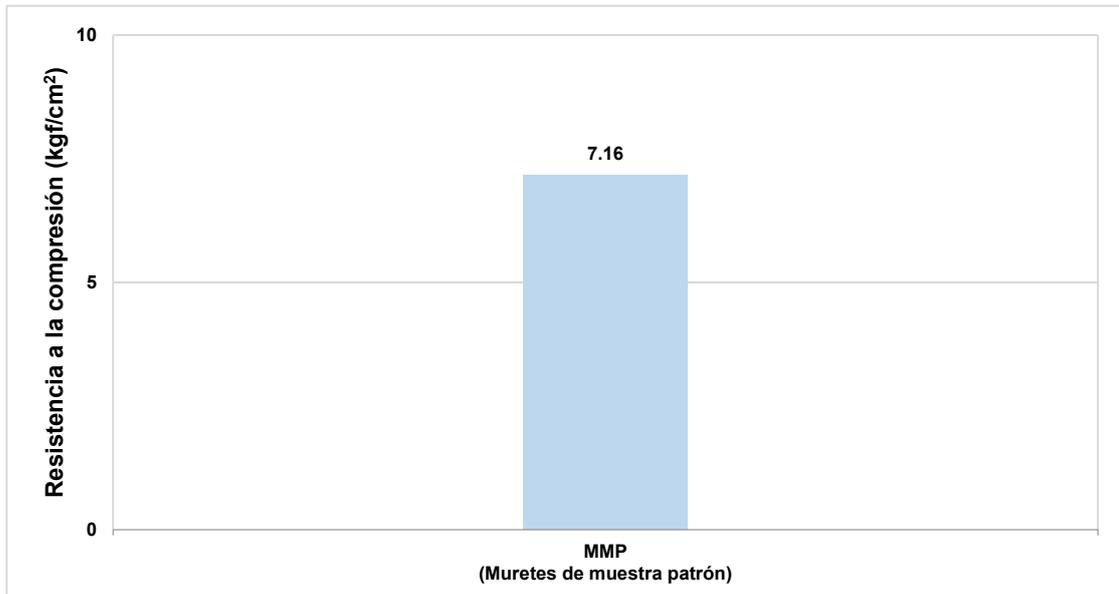
Resistencia a la compresión de muretes de adobe de la muestra patrón

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	7.69
2	6.94
3	7.11
4	7.01
5	6.76
6	7.47
<b><math>f_b</math></b>	<b>7.16</b>
<b><math>\sigma_p</math></b>	<b>0.48</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11**

*Resistencia a compresión de muretes de la muestra patrón  $f'_m$*



*Fuente: Elaboración propia.*

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 18 se muestran detalladamente en la Tabla 54, Tabla 55 y Tabla 56 del anexo N°04.

**Tabla 18**

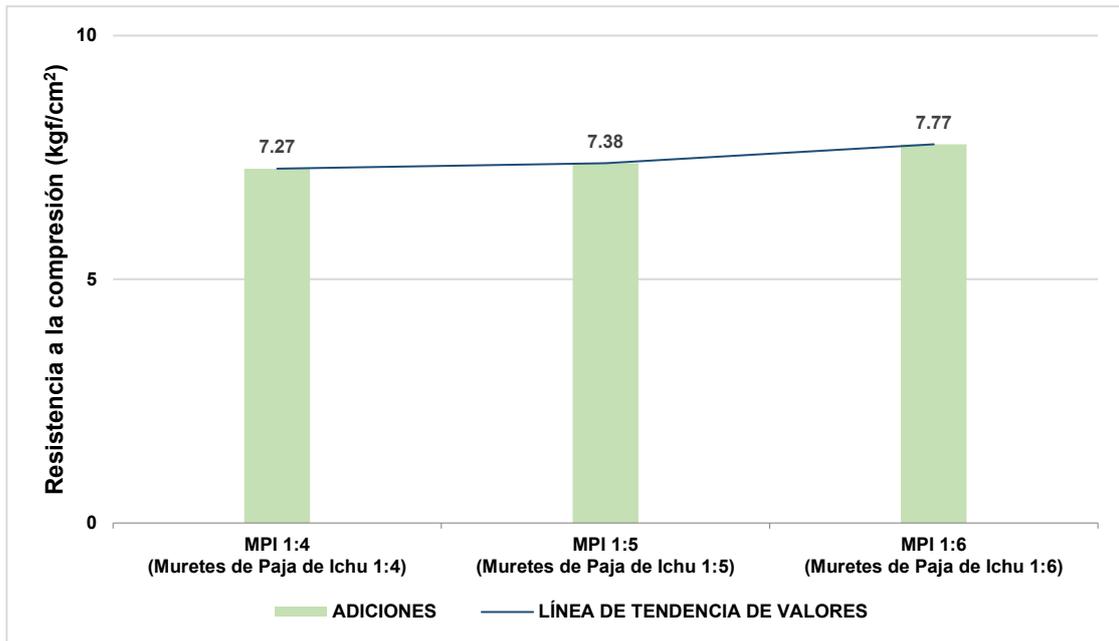
*Resistencia a la compresión de muretes de adobe con paja de ichu*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	1:4	1:5	1:6
1	6.94	7.23	7.96
2	7.12	7.39	8.74
3	7.56	7.79	7.81
4	7.03	7.53	8.54
5	7.57	7.20	6.97
6	7.40	7.12	6.62
<b><math>f_b</math></b>	<b>7.27</b>	<b>7.38</b>	<b>7.77</b>
<b><math>\sigma_p</math></b>	<b>0.28</b>	<b>0.25</b>	<b>0.84</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 12**

*Resistencia a compresión de muretes con paja de ichu  $f'_m$*



*Fuente: Elaboración propia.*

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 19 se muestran detalladamente en la Tabla 57, Tabla 58 y Tabla 59 del anexo N°04.

**Tabla 19**

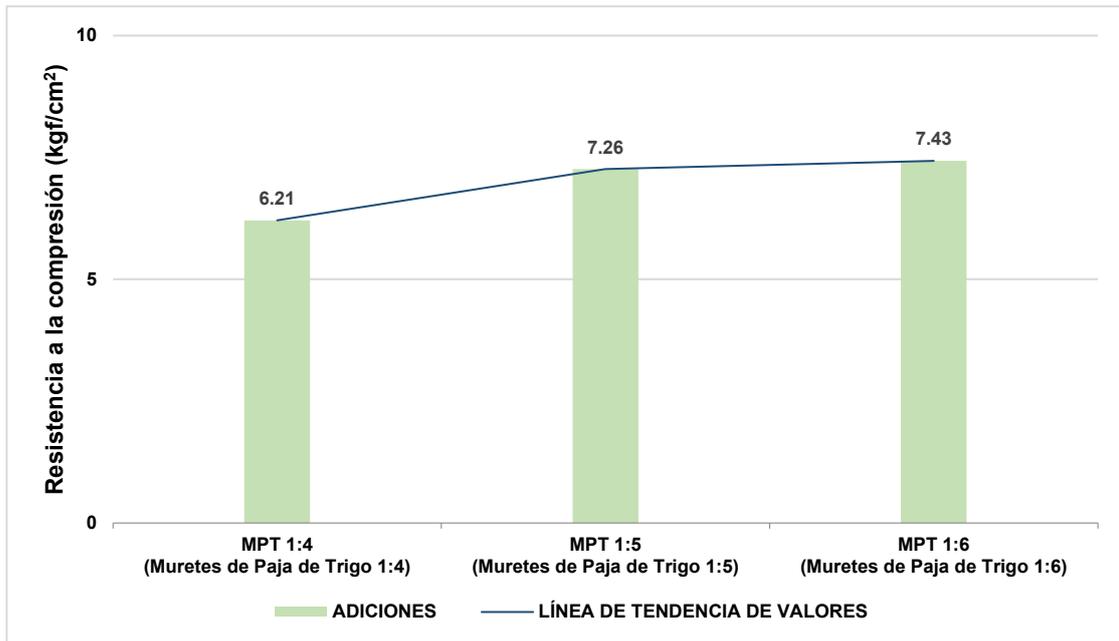
*Resistencia a la compresión de muretes de adobe con paja de trigo*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	1:4	1:5	1:6
1	5.41	7.66	6.70
2	6.66	7.39	6.96
3	5.74	6.96	7.84
4	6.65	7.27	7.44
5	6.52	7.31	7.42
6	7.25	6.98	8.20
<b><math>f_b</math></b>	<b>6.21</b>	<b>7.26</b>	<b>7.43</b>
<b><math>\sigma_p</math></b>	<b>0.72</b>	<b>0.26</b>	<b>0.55</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 13**

*Resistencia a compresión de muretes con paja de trigo  $f'_m$*



*Fuente: Elaboración propia.*

El desarrollo de la obtención de los datos de la Tabla 20 se muestran detalladamente en la Tabla 60, Tabla 61 y Tabla 62 del anexo N°04.

**Tabla 20**

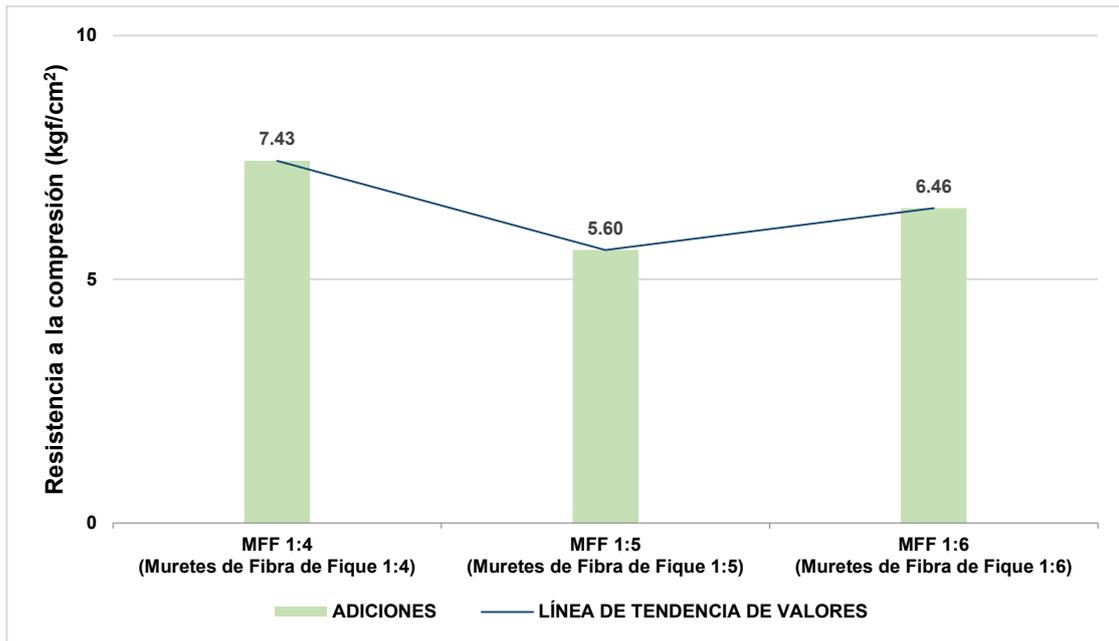
*Resistencia a la compresión de muretes de adobe con fibra de fique*

Muestras	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	1:4	1:5	1:6
1	4.81	6.56	7.47
2	5.11	6.67	7.43
3	5.51	6.23	6.33
4	5.25	7.31	9.19
5	6.29	6.07	6.44
6	6.64	5.90	7.54
<b>f<sub>b</sub></b>	<b>7.43</b>	<b>5.60</b>	<b>6.46</b>
<b>σ<sub>p</sub></b>	<b>0.55</b>	<b>0.71</b>	<b>0.51</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 14**

*Resistencia a compresión de muretes con fibra de fique  $f'_m$*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 21**

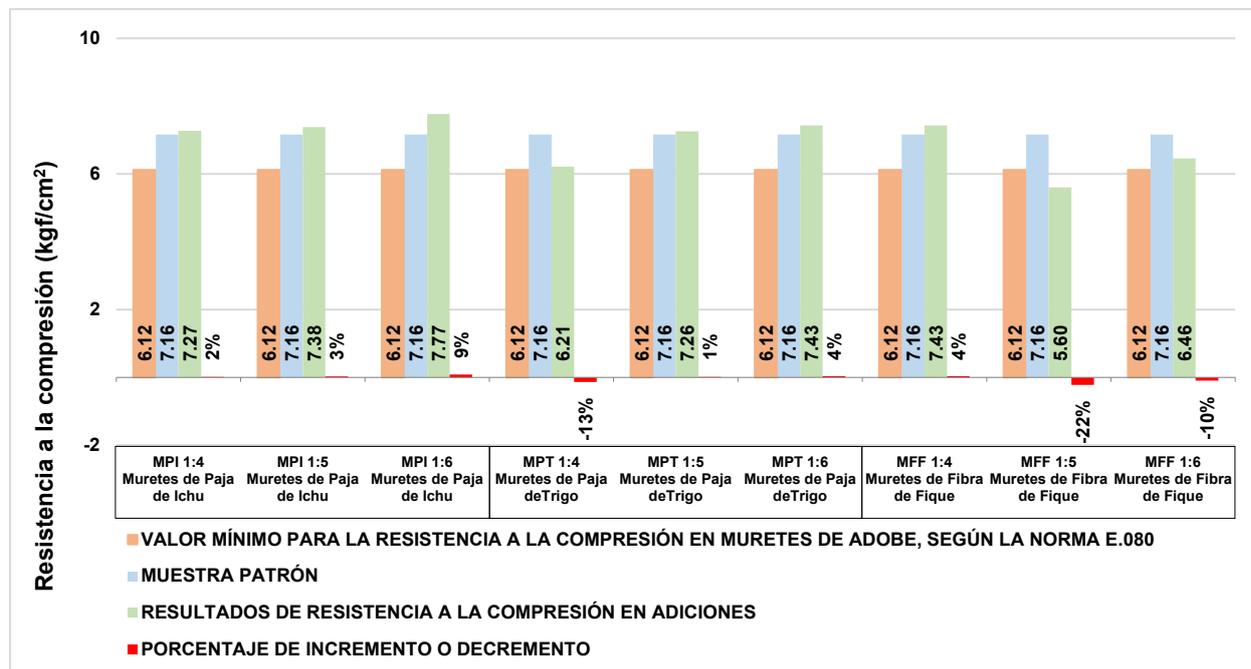
*Resultados de resistencia a compresión de muretes  $f'_m$*

Código de muestra	Resistencia a compresión (kgf/cm²)
MMP	7.16
MPI 1:4	7.27
MPI 1:5	7.38
MPI 1:6	7.77
MPT 1:4	6.21
MPT 1:5	7.26
MPT 1:6	7.43
MFF 1:4	7.43
MFF 1:5	5.60
MFF 1:6	6.46

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 15**

*Comparación de resistencia de compresión de muretes de adobe  $f'_m$*



Fuente: *Elaboración propia.*

### 3.14.3. Trabajabilidad de la mezcla del adobe

La trabajabilidad de una mezcla de adobe convencional (suelo, paja y agua) se define como la facilidad con la que esta argamasa puede mezclarse, batirse, manejarse, transportarse y vaciarse en las adoberas y el desmolde manejable de la misma. (Altamirano Carrasco, 2019)

#### Trabajabilidad de la mezcla de la muestra patrón

La trabajabilidad de la mezcla del adobe sin adición es óptima, debido a que la mezcla solo se constituye por suelo y agua, el batido es fácil, el desmolde es muy manejable.

#### Trabajabilidad de la mezcla del adobe con paja y/o fibra (1:4)

Es dificultosa, la mezcla presenta un batido difícil puesto que se tiene que hacer hasta que el barro englobe en su totalidad a la paja que está distribuida homogéneamente en el volumen de la mezcla, el desmolde es tedioso ya que con este contenido de paja y/o fibra la mezcla tiene una mayor adhesión a las paredes de la adobera de los especímenes.

### **Trabajabilidad de la mezcla del adobe paja y/o fibra (1:5)**

Es medianamente buena, la mezcla presenta un batido medianamente fácil puesto que se tiene que hacer hasta que el barro englobe en su totalidad a la paja que está distribuida homogéneamente en el volumen de la mezcla, el desmolde es medianamente manejable ya que con este contenido de paja y/o fibra la mezcla tiene adhesión a las paredes de la adobera.

### **Trabajabilidad de la mezcla del adobe paja y/o fibra (1:6)**

La trabajabilidad de la mezcla es muy buena, la mezcla conformada por la masa de barro más paja y/o fibra más agua presenta un batido fácil, el desmolde de los especímenes es manejable.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Análisis y discusión de los resultados de las propiedades del suelo**

Según la Tabla 5, se determinó que la clasificación SUCS del suelo es del tipo CL (arcilla de mediana a baja plasticidad).

De acuerdo con la Tabla 7, se obtuvo que el suelo es muy arcilloso siendo un suelo apto para la elaboración de adobes.

### **4.2. Análisis y discusión de los resultados de resistencia a compresión en cubos de adobe**

De la Tabla 12 y Figura 6, se determinó la resistencia a compresión en cubos de adobe de la muestra patrón; dónde se obtuvo  $19.26\text{kg}/\text{cm}^2$ , este resultado viene a ser mayor a los establecido en la norma E.080 ( $10.2\text{kgf}/\text{cm}^2$ ).

Observando los valores de la Tabla 13 y el Gráfico 7, se determinó que la resistencia a compresión en los cubos de adobe va incrementando a medida que se disminuye la dosificación de adición ichu 1:4, 1:5 y 1:6; obteniéndose los resultados de (19.49, 19.74 y 21.10)  $\text{kgf}/\text{cm}^2$  respectivamente.

Comparando los valores de la Tabla 14 y el Gráfico 8, se observa que los resultados de resistencia a compresión en los cubos de adobe van incrementándose en cuanto se disminuyó la dosificación de paja de trigo 1:4, 1:5 y 1:6; dónde se obtuvieron los valores de (19.49, 19.74 y 21.10)  $\text{kgf}/\text{cm}^2$  respectivamente.

De la Tabla 15 y la Figura 9, la resistencia a compresión se incrementó cuando se disminuyó la dosificación de fibra de fique 1:4, 1:5 y 1:6; presentando los valores de (16.25, 18.94 y 20.93)  $\text{kgf}/\text{cm}^2$  respectivamente.

En la Tabla 16 y la Figura 10 se comparó las resistencias a compresión de los cubos de adobe de una muestra patrón, cubos de adobe con adiciones de paja de ichu, paja de

trigo, fibra de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) y el valor de la norma E.080. Los cubos de adobe de la muestra patrón cuentan con un  $f'_b$  de 19.26kgf/cm<sup>2</sup>; además los cubos de adobe con adición de paja de ichu en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) cuentan un  $f'_b$  de (19.49, 19.74, 21.10)kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, resistiendo 1%, 2% y 10% más en comparación con el adobe de la muestra patrón; al mismo tiempo también se tiene cubos de adobe con adición de paja de trigo en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) presentando un  $f'_b$  de (15.14, 19.43, 20.93)kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, resistiendo -21%, 1% y 9% en comparación con el adobe de la muestra patrón; seguidamente se tiene los resultados de cubos de adobe con adición de fibra de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) que presentan un  $f'_b$  de (16.25, 18.94, 20.93) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, resistiendo un -16%, -2% y 9% en comparación con el adobe de la muestra patrón. Finalmente se puede decir que con la adición de paja de ichu (1:6) se mejoró la resistencia a compresión de los cubos de adobe, observando también un descenso en la resistencia a compresión en los cubos de adobe con las adiciones de paja de trigo y fibra de fique.

#### **4.3. Análisis y discusión de los resultados de resistencia a compresión en muretes de adobe**

De la Tabla 17 y Figura 11, se determinó la resistencia a compresión en muretes de adobe de la muestra patrón; dónde se obtuvo 7.16kg/cm<sup>2</sup>, este resultado viene a ser mayor a los establecido en la norma E.080 (6.12kgf/cm<sup>2</sup>).

Observando los valores de la Tabla 18 y el Gráfico 12, se determinó que la resistencia a compresión en los muretes de adobe va incrementando a medida que se disminuye la dosificación de adición ichu 1:4, 1:5 y 1:6; obteniéndose los resultados de (7.27, 7.38 y 7.77) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Comparando los valores de la Tabla 19 y el Gráfico 13, se observa que los resultados de resistencia a compresión en los muretes de adobe van incrementándose en cuanto se

disminuyó la dosificación de paja de trigo 1:4, 1:5 y 1:6; dónde se obtuvieron los valores de (6.21, 7.26 y 7.43) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente.

De la Tabla 20 y la Figura 14, la resistencia a compresión se incrementó cuando se disminuyó la dosificación de fibra de fique 1:4, 1:5 y 1:6; presentando los valores de (7.43, 5.60 y 6.46) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente.

En la Tabla 21 y la Figura 15 se comparó las resistencias a compresión de los muretes de adobe de una muestra patrón, muretes de adobe con adiciones de paja de ichu, paja de trigo, fibra de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) y el valor de la norma E.080. Los muretes de adobe de la muestra patrón cuentan con un  $f_m$  de 7.16 kgf/cm<sup>2</sup>; además los muretes de adobe con adición de paja de ichu en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) cuentan un  $f_m$  de (7.27, 7.38, 7.77) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, resistiendo 2%, 3% y 9% más en comparación con el adobe de la muestra patrón; al mismo tiempo también se tiene muretes de adobe con adición de paja de trigo en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) presentando un  $f_m$  de (6.21, 7.26, 7.43) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, resistiendo -13%, 1% y 4% en comparación con el adobe de la muestra patrón; seguidamente se tiene los resultados de muretes de adobe con adición de fibra de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) que presentan un  $f_m$  de (7.43, 5.60, 6.46) kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, resistiendo un 4%, -22% y -10% en comparación con el adobe de la muestra patrón. Finalmente se puede decir que con la adición de paja de ichu (1:6) se mejoró la resistencia a compresión de los muretes de adobe, observando también un descenso en la resistencia a compresión en los muretes de adobe con las adiciones de paja de trigo y fibra de fique.

#### **4.4. Contrastación de hipótesis**

El estudio planteó como hipótesis lo siguiente: “Con la adición de paja de paja de ichu se obtiene un incremento del 5% de la resistencia a compresión, en comparación con la adición de paja de trigo y fibra de fique en las unidades de adobe”.

**Contrastación:** Una vez realizada la investigación y contrastando los resultados obtenidos, dicha hipótesis de valida parcialmente puesto que, en el análisis y discusión de los resultados del estudio se determinó que con la adición de paja de ichu en cubos de adobe en las dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) se obtuvo un incremento de (1%, 2%, 10%) respectivamente en la resistencia a la compresión y seguidamente se cuenta que con la adición de paja de ichu en muretes de adobe en las dosificaciones de (1:4, 1:5, 1:6) se registró un incremento de (2%, 3%, 9%) respectivamente en la resistencia a la compresión, en comparación con la adición de paja de trigo y fibra de fique en las unidades de adobe.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se concluye que con la adición de paja de ichu se obtuvo un incremento del 9% de la resistencia a compresión y en comparación con la adición de paja de trigo y fibra de fique en las unidades de adobe.
- En el estudio de las propiedades físicas del suelo, mediante el sistema unificado de clasificación de suelo se determinó que es un suelo de tipo CL (arcilla inorgánica de baja a media plasticidad).
- La resistencia a compresión promedio de los cubos de adobe 10cm x 10cm x 10cm, sin adición de paja o fibra es de 19.26 kgf/cm<sup>2</sup>; el valor obtenido es superior a la resistencia mínima que requiere la norma E.080.
- Se determinó la resistencia a compresión de los cubos de adobe de 10cm x 10cm x 10cm y muretes de adobe de 8cm x 16cm x 32cm con la adición de paja de ichu en dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6), obteniendo los resultados de (19.49, 19.74, 21.10) kgf/cm<sup>2</sup> para cubos y (7.27, 7.38 y 7.77) kgf/cm<sup>2</sup> para los muretes de adobe respectivamente. Además se puede afirmar que a medida que se disminuyó la dosificación de paja de ichu en el adobe, esta causa el efecto de incrementar la resistencia a compresión.
- Al determinar los valores de resistencia a compresión de cubos de adobe de 10cm x 10cm x 10cm y muretes de adobe de 8cm x 16cm x 32cm mediante la adición de paja de trigo en dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6), se obtuvo de resultados de (15.14, 19.43, 20.93) kgf/cm<sup>2</sup> para cubos y (6.21, 7.26 y 7.43) kgf/cm<sup>2</sup> para los muretes de adobe respectivamente. Finalmente se puede afirmar que en cuanto se disminuye la dosificación de paja de trigo en los adobes, influye en un incremento en la resistencia a compresión.
- La resistencia a compresión de los cubos de adobe de 10cm x 10cm x 10cm y en los muretes de adobe de 8cm x 16cm x 32cm con la adición de fibra de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6), se obtuvo de resultados de (16.25, 18.94, 20.93) kgf/cm<sup>2</sup> para cubos y (7.43, 5.60

y 6.46) kgf/cm<sup>2</sup> para los muretes de adobe respectivamente. De los resultados obtenidos se puede decir que, en los cubos de adobe, la resistencia se incrementa en cuanto se redujo la dosificación de fibra de fique; sin embargo, para los muretes de adobe se presenta una resistencia máxima con la dosificación de 1:4 y una resistencia mínima con la dosificación de 1:5.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda investigar la resistencia del mortero a la tracción al adicionar paja ichu, paja de trigo y fibras de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6), en investigaciones subsiguientes.
- Se dispuso recomendar la realización de ensayos del adobe a la flexión al adicionar paja ichu, paja de trigo y fibras de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6), para futuras investigaciones.
- Se recomienda realizar ensayos para medir la resistencia del murete a la tracción indirecta al adicionar paja ichu, paja de trigo y fibras de fique en dosificaciones de (1:4, 1:5 y 1:6), en las investigaciones a futuro.

## CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano Carrasco, O. V. (2019). *Incidencia de la fibra vegetal «paja ichu» en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.*
- Arévalo García, E., & Goñas Mendoza, M. R. (2023). *Influencia de la Incorporación de la fibra PET reciclado en las propiedades mecánicas del adobe, Región San Martín 2022. Universidad Nacional de San Martín.*
- ASTM D2216-19. (2019). *Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass. ASTM International. <https://www.astm.org>*
- ASTM D2487-17. (2017). *Standard classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System) (ASTM D2487-17). ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D2487-17>*
- ASTM D4318-17. (2017). *Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D4318-17>*
- ASTM D6913-17. (2017). *Standard test methods for particle-size distribution (gradation) of soils using sieve analysis. (última edición). ASTM International. <https://www.astm.org>*
- Bendezu Barreto, A. M., & Garcia Velasquez, G. (2019). *Evaluación de la Resistencia del Adobe Reforzado con Paja de Trigo Para Viviendas en el Distrito de Chalaco – Piura, 2019. Universidad César Vallejo.*
- Brack Egg, A. (2016). *Ecología de los Andes: Biodiversidad y conservación en las zonas altas. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.*
- Braja M., D. (2019). *Advanced soil mechanics (5° ed.). CRC Press.*
- Cardozo, A., & Bernal, R. (2018). *Uso tradicional de Furcraea andina en la región andina colombiana. Revista Colombiana de Etnobiología.*
- Condori Taipe, A. V., & Solano Peñaloza, Y. A. (2019). *Influencia de la fibra de maguey en la compresión, tracción y absorción del adobe. Universidad Nacional de Huancavelica.*
- González, A., Pérez, J., & Martínez, L. (2019). *Estudio sobre las propiedades mecánicas del adobe y sus aplicaciones en construcción sostenible. Revista de Construcción y Materiales, pág. 112-120.*

- González, H., & Torres, M. (2018). *Uso de fibras naturales en materiales de construcción sostenibles. Revista de Ingeniería Civil.*
- González Salgado, C. J. (2014). *Construcción natural y tecnologías de apropiadas. Universidad de San Carlos.*
- Khtou, O., Aalil, I., Aboussaleh, M., & Wardj, F. Z. E. (2021). *Mechanical analysis of fiber reinforced adobe. Civil Engineering and Architecture, 9(7), 2160-2168.*  
<https://doi.org/10.13189/cea.2021.090705>
- Lara Dávila, L. I. G. (2020). *Concreto con adición de fibras de agave americana L. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales en San Carlos—Huancayo. Universidad Continental.*
- López, R., & Chura, A. (2019). *Evaluación de mezclas de adobe con diferentes proporciones de adiciones. Revista Ciencia y Tecnología.*
- Molina, R., López, P., & Vargas, J. (2020). *Uso del adobe en construcción rural: Análisis de sus propiedades térmicas y mecánicas. Journal of Sustainable Building Materials, pág. 45-53.*
- Morales, M., & Bautista, F. (2020). *El comportamiento del adobe de Ayacucho.*
- Niño Hernández, J. R. (2018). *Tecnología del concreto tomo I: materiales, propiedades y diseño de mezclas. Asocreto.*
- norma E.080. (2017). *Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*
- Quispe, P., Mamani, R., & Gutiérrez, J. (2020). *Refuerzo del adobe con fibras vegetales: Análisis experimental. Revista de Arquitectura y Construcción.*
- Ríos Poma, L. F., & Vargas Espinoza, J. L. (2021). *Análisis comparativo del adobe reforzado con paja de ichu, trigo y cebada sometidos a esfuerzos mecánicos en Lucanas-Lucanas- Ayacucho. Universidad César Vallejo.*
- Silva Marrufo, F. R. (2024). *Influencia de la incorporación de hojas aciculares de ichu y pino respectivamente, en la resistencia del adobe Miravalle, Chalamarca, Chota 2021. Universidad Nacional Autónoma de Chota.*

Steen, B., Steen, A., & Bainbridge, D. (2020). *The straw bale house*. Chelsea Green Publishing.

Triola, M. F. (2018). *Estadística elemental ((13th ed.))*. Pearson.

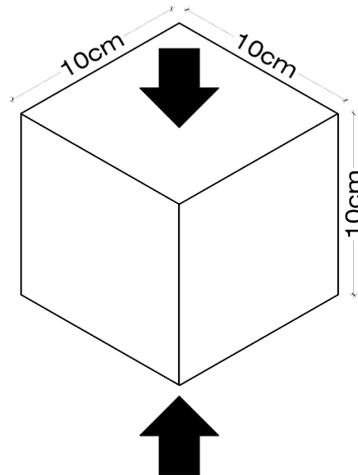
Vásquez Sánchez, C. (2022). *Cultivos tradicionales de los Andes: El fique y sus aplicaciones*. Editorial Universidad de los Andes.

## APÉNDICE

### APÉNDICE A

**Figura 16**

*Croquis de ensayo a la compresión de la unidad de adobe*



*Fuente: (Elaboración propia).*

La resistencia a compresión se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_o = \frac{P_u}{A} (\text{kgf} / \text{cm}^2)$$

Donde:

$f_o$ : Resistencia a compresión del espécimen (Kgf/cm<sup>2</sup>).

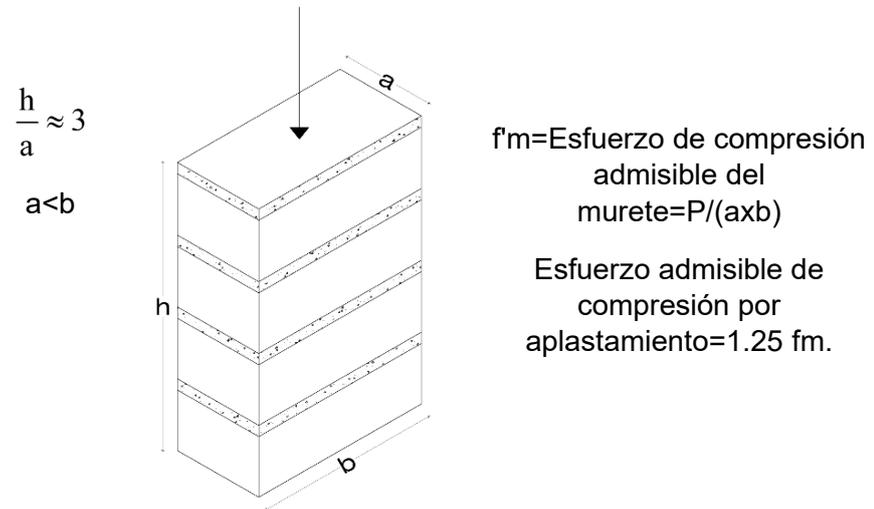
$P_u$ : Carga de rotura máxima aplicada (Kgf).

$A$ : Área (cm<sup>2</sup>).

## APÉNDICE B

Figura 17

*Ensayo de resistencia a la compresión en muretes de adobe*



*Fuente: (Norma E.080).*

## ANEXOS

**Anexo N°01:** Medidas obtenidas de los cubos de adobe.

**Tabla 22**

*Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe de la muestra patrón*

<b>Muestra patrón</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CMP-01	9.53	9.43	89.92	9.54	1 742.00
CMP-02	9.45	9.78	92.38	9.75	1 702.00
CMP-03	9.51	9.88	93.93	9.55	1 750.00
CMP-04	9.59	9.80	93.89	9.58	1 697.00
CMP-05	9.45	9.78	92.38	9.53	1 707.00
CMP-06	9.69	9.48	91.86	9.69	1 701.00
$\Sigma$	<b>57.22</b>	<b>58.14</b>	<b>554.36</b>	<b>57.63</b>	<b>10 299.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.54</b>	<b>9.69</b>	<b>92.39</b>	<b>9.61</b>	<b>1 716.50</b>

**Tabla 23**

*Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:4*

<b>Paja de ichu 1:4</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CPI 1:4-01	9.54	9.46	90.16	9.54	1 682.00
CPI 1:4-02	9.37	9.73	91.19	9.50	1 710.00
CPI 1:4-03	9.51	9.88	93.93	9.49	1 750.00
CPI 1:4-04	9.47	9.63	91.17	9.53	1 687.00
CPI 1:4-05	9.45	9.78	92.38	9.50	1 703.00
CPI 1:4-06	9.45	9.70	91.70	9.43	1 681.00
$\Sigma$	<b>56.79</b>	<b>58.17</b>	<b>550.54</b>	<b>56.99</b>	<b>10 213.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.46</b>	<b>9.70</b>	<b>91.76</b>	<b>9.50</b>	<b>1 702.17</b>

**Tabla 24***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:5*

<b>Paja de ichu 1:5</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CPI 1:5-01	9.50	9.41	89.37	9.56	1 713.00
CPI 1:5-02	9.57	9.36	89.54	9.53	1 685.00
CPI 1:5-03	9.56	9.54	91.19	9.57	1 721.00
CPI 1:5-04	9.59	9.59	91.95	9.54	1 727.00
CPI 1:5-05	9.67	9.55	92.36	9.54	1 718.00
CPI 1:5-06	9.62	9.62	92.55	9.52	1 711.00
<b>∑</b>	<b>57.50</b>	<b>57.07</b>	<b>546.96</b>	<b>57.26</b>	<b>10 275.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.58</b>	<b>9.51</b>	<b>91.16</b>	<b>9.54</b>	<b>1 712.50</b>

**Tabla 25***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:6*

<b>Paja de ichu 1:6</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CPI 1:6-01	9.75	9.65	94.17	9.53	1 761.00
CPI 1:6-02	9.32	9.55	89.00	9.64	1 729.00
CPI 1:6-03	9.59	9.80	93.89	9.75	1 757.00
CPI 1:6-04	9.69	9.46	91.69	9.67	1 726.00
CPI 1:6-05	9.62	9.61	92.43	9.64	1 742.00
CPI 1:6-06	9.63	9.41	90.61	9.72	1 739.00
<b>∑</b>	<b>57.60</b>	<b>57.48</b>	<b>551.79</b>	<b>57.94</b>	<b>10 454.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.60</b>	<b>9.58</b>	<b>91.96</b>	<b>9.66</b>	<b>1 742.33</b>

**Tabla 26***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:4*

<b>Paja de trigo 1:4</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CPT 1:4-01	9.53	9.43	89.92	9.61	1 676.00
CPT 1:4-02	9.60	9.48	90.94	9.55	1 662.00
CPT 1:4-03	9.60	9.51	91.23	9.57	1 664.00
CPT 1:4-04	9.57	9.32	89.25	9.55	1 659.00
CPT 1:4-05	9.59	9.39	90.01	9.55	1 667.00
CPT 1:4-06	9.57	9.44	90.36	9.61	1 668.00
<b>∑</b>	<b>57.46</b>	<b>56.57</b>	<b>541.70</b>	<b>57.44</b>	<b>9 996.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.58</b>	<b>9.43</b>	<b>90.28</b>	<b>9.57</b>	<b>1 666.00</b>

**Tabla 27***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:5*

<b>Paja de trigo 1:5</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CPT 1:5-01	9.57	9.57	91.67	9.58	1 718.00
CPT 1:5-02	9.59	9.94	95.38	9.58	1 742.00
CPT 1:5-03	9.55	9.51	90.77	9.51	1 702.00
CPT 1:5-04	9.51	9.33	88.74	9.55	1 674.00
CPT 1:5-05	9.57	9.51	90.99	9.61	1 708.00
CPT 1:5-06	9.53	9.43	89.92	9.55	1 679.00
<b>∑</b>	<b>57.33</b>	<b>57.30</b>	<b>547.47</b>	<b>57.38</b>	<b>10 223.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.55</b>	<b>9.55</b>	<b>91.24</b>	<b>9.56</b>	<b>1 703.83</b>

**Tabla 28***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:6*

<b>Paja de trigo 1:6</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CPT 1:6-01	9.65	9.49	91.58	9.52	1 739.00
CPT 1:6-02	9.51	9.43	89.63	9.53	1 709.00
CPT 1:6-03	9.59	9.40	90.11	9.57	1 705.00
CPT 1:6-04	9.55	9.52	90.95	9.53	1 714.00
CPT 1:6-05	9.55	9.45	90.25	9.55	1 729.00
CPT 1:6-06	9.65	9.61	92.75	9.47	1 723.00
<b>∑</b>	<b>57.49</b>	<b>56.91</b>	<b>545.26</b>	<b>57.17</b>	<b>10 319.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.58</b>	<b>9.48</b>	<b>90.88</b>	<b>9.53</b>	<b>1 719.83</b>

**Tabla 29***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:4*

<b>Fibra de fique 1:4</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CFF 1:4-01	9.59	9.88	94.69	9.68	1 748.00
CFF 1:4-02	9.57	9.60	91.88	9.69	1 722.00
CFF 1:4-03	9.69	9.48	91.86	9.67	1 735.00
CFF 1:4-04	9.58	9.41	90.12	9.60	1 707.00
CFF 1:4-05	9.60	9.49	91.04	9.63	1 702.00
CFF 1:4-06	9.70	9.47	91.92	9.57	1 708.00
<b>∑</b>	<b>57.73</b>	<b>57.32</b>	<b>551.51</b>	<b>57.85</b>	<b>10 322.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.62</b>	<b>9.55</b>	<b>91.92</b>	<b>9.64</b>	<b>1 720.33</b>

**Tabla 30***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:5*

<b>Fibra de fique 1:5</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CFF 1:5-01	9.62	9.49	91.30	9.51	1 719.00
CFF 1:5-02	9.73	9.30	90.55	9.56	1 710.00
CFF 1:5-03	9.58	9.52	91.19	9.66	1 708.00
CFF 1:5-04	9.56	9.49	90.70	9.65	1 693.00
CFF 1:5-05	9.64	9.43	90.87	9.65	1 698.00
CFF 1:5-06	9.62	9.79	94.17	9.62	1 791.00
<b>∑</b>	<b>57.74</b>	<b>57.03</b>	<b>548.78</b>	<b>57.66</b>	<b>10 319.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.62</b>	<b>9.50</b>	<b>91.46</b>	<b>9.61</b>	<b>1 719.83</b>

**Tabla 31***Medidas y pesos obtenidos en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:6*

<b>Fibra de fique 1:6</b>					
<b>Código de muestra</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (gr)</b>
CFF 1:6-01	9.56	9.71	92.89	9.66	1 757.00
CFF 1:6-02	9.57	9.83	94.14	9.69	1 753.00
CFF 1:6-03	9.54	9.67	92.28	9.67	1 738.00
CFF 1:6-04	9.64	9.77	94.14	9.59	1 767.00
CFF 1:6-05	9.58	9.42	90.31	9.62	1 734.00
CFF 1:6-06	9.56	9.49	90.70	9.68	1 721.00
<b>∑</b>	<b>57.46</b>	<b>57.89</b>	<b>554.46</b>	<b>57.92</b>	<b>10 470.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.58</b>	<b>9.65</b>	<b>92.41</b>	<b>9.65</b>	<b>1 745.00</b>

**Anexo N°02:** Medidas obtenidas de los muretes de adobe.

**Tabla 32**

*Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe de la muestra patrón*

<b>Muestra patrón</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MMP-01	15.63	31.35	490.11	46.33	3.00	2.96
MMP-02	15.63	31.45	491.67	46.57	3.00	2.98
MMP-03	15.93	31.70	505.09	48.30	3.00	3.03
MMP-04	15.70	31.35	492.20	46.83	3.00	2.98
MMP-05	15.73	31.48	495.21	46.73	3.00	2.97
MMP-06	15.75	31.35	493.76	48.50	3.00	3.08
$\Sigma$	<b>94.38</b>	<b>188.68</b>	<b>2 968.04</b>	<b>283.27</b>	<b>18.00</b>	<b>18.01</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.73</b>	<b>31.45</b>	<b>494.67</b>	<b>47.21</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>

**Tabla 33**

*Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:4*

<b>Paja de ichu 1:4</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MPI 1:4-01	15.63	31.35	490.11	46.33	3.00	2.96
MPI 1:4-02	15.63	31.45	491.67	46.57	3.00	2.98
MPI 1:4-03	15.93	31.70	505.09	48.30	3.00	3.03
MPI 1:4-04	15.70	31.35	492.20	46.83	3.00	2.98
MPI 1:4-05	15.73	31.40	494.03	46.70	3.00	2.97
MPI 1:4-06	15.70	31.35	492.20	48.50	3.00	3.09
$\Sigma$	<b>94.33</b>	<b>188.60</b>	<b>2 965.30</b>	<b>283.23</b>	<b>18.00</b>	<b>18.01</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.72</b>	<b>31.43</b>	<b>494.22</b>	<b>47.21</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>

**Tabla 34***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:5*

<b>Paja de ichu 1:5</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MPI 1:5-01	16.03	31.75	509.06	48.17	3.00	3.00
MPI 1:5-02	16.03	31.75	509.06	48.17	3.00	3.00
MPI 1:5-03	16.07	31.30	502.89	48.33	3.00	3.01
MPI 1:5-04	16.10	31.85	512.79	45.63	3.00	2.83
MPI 1:5-05	16.10	31.90	513.59	47.37	3.00	2.94
MPI 1:5-06	16.03	31.55	505.85	46.60	3.00	2.91
<b>∑</b>	<b>96.37</b>	<b>190.10</b>	<b>3 053.24</b>	<b>284.27</b>	<b>18.00</b>	<b>17.70</b>
<b>Promedio</b>	<b>16.06</b>	<b>31.68</b>	<b>508.87</b>	<b>47.38</b>	<b>3.00</b>	<b>2.95</b>

**Tabla 35***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:6*

<b>Paja de ichu 1:6</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MPI 1:6-01	15.87	32.15	510.11	46.87	3.00	2.95
MPI 1:6-02	16.00	31.75	508.00	47.43	3.00	2.96
MPI 1:6-03	15.87	31.80	504.56	46.30	3.00	2.92
MPI 1:6-04	15.77	31.35	494.29	45.57	3.00	2.89
MPI 1:6-05	16.07	32.15	516.54	46.47	3.00	2.89
MPI 1:6-06	15.90	31.55	501.65	45.50	3.00	2.86
<b>∑</b>	<b>95.47</b>	<b>190.75</b>	<b>3 035.15</b>	<b>278.13</b>	<b>18.00</b>	<b>17.48</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.91</b>	<b>31.79</b>	<b>505.86</b>	<b>46.36</b>	<b>3.00</b>	<b>2.91</b>

**Tabla 36***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:4*

<b>Paja de trigo 1:4</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MPT 1:4-01	16.03	31.85	510.66	45.37	3.00	2.83
MPT 1:4-02	15.67	31.80	498.20	46.17	3.00	2.95
MPT 1:4-03	16.03	32.15	515.47	46.90	3.00	2.93
MPT 1:4-04	15.77	31.85	502.17	46.27	3.00	2.93
MPT 1:4-05	15.93	31.75	505.88	46.20	3.00	2.90
MPT 1:4-06	15.50	31.15	482.83	46.83	3.00	3.02
<b>∑</b>	<b>94.93</b>	<b>190.55</b>	<b>3 015.21</b>	<b>277.73</b>	<b>18.00</b>	<b>17.56</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.82</b>	<b>31.76</b>	<b>502.54</b>	<b>46.29</b>	<b>3.00</b>	<b>2.93</b>

**Tabla 37***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:5*

<b>Paja de trigo 1:5</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MPT 1:5-01	15.63	31.55	493.23	46.87	3.00	3.00
MPT 1:5-02	16.03	31.55	505.85	46.97	3.00	2.93
MPT 1:5-03	16.03	31.90	511.46	47.10	3.00	2.94
MPT 1:5-04	15.80	31.35	495.33	45.87	3.00	2.90
MPT 1:5-05	15.97	31.55	503.75	45.83	3.00	2.87
MPT 1:5-06	16.17	31.55	510.06	46.13	3.00	2.85
<b>∑</b>	<b>95.63</b>	<b>189.45</b>	<b>3 019.68</b>	<b>278.77</b>	<b>18.00</b>	<b>17.49</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.94</b>	<b>31.58</b>	<b>503.28</b>	<b>46.46</b>	<b>3.00</b>	<b>2.92</b>

**Tabla 38***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:6*

<b>Paja de trigo 1:6</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MPT 1:6-01	15.93	31.65	504.29	45.93	3.00	2.88
MPT 1:6-02	16.20	31.95	517.59	45.73	3.00	2.82
MPT 1:6-03	15.90	31.60	502.44	47.13	3.00	2.96
MPT 1:6-04	15.93	31.55	502.70	47.23	3.00	2.96
MPT 1:6-05	15.97	31.40	501.35	46.20	3.00	2.89
MPT 1:6-06	15.77	30.95	487.98	46.07	3.00	2.92
$\Sigma$	<b>95.70</b>	<b>189.10</b>	<b>3 016.35</b>	<b>278.30</b>	<b>18.00</b>	<b>17.45</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.95</b>	<b>31.52</b>	<b>502.73</b>	<b>46.38</b>	<b>3.00</b>	<b>2.91</b>

**Tabla 39***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:4*

<b>Fibra de fique 1:4</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MFF 1:4-01	15.70	31.25	490.63	45.73	3.00	2.91
MFF 1:4-02	15.93	31.55	502.70	46.13	3.00	2.90
MFF 1:4-03	15.43	31.05	479.21	46.53	3.00	3.02
MFF 1:4-04	15.83	31.05	491.63	45.90	3.00	2.90
MFF 1:4-05	15.83	30.95	490.04	47.63	3.00	3.01
MFF 1:4-06	15.53	30.65	476.10	45.90	3.00	2.95
$\Sigma$	<b>94.27</b>	<b>186.50</b>	<b>2 930.31</b>	<b>277.83</b>	<b>18.00</b>	<b>17.69</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.71</b>	<b>31.08</b>	<b>488.39</b>	<b>46.31</b>	<b>3.00</b>	<b>2.95</b>

**Tabla 40***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:5*

<b>Fibra de fique 1:5</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MFF 1:5-01	15.90	31.25	496.88	45.87	3.00	2.88
MFF 1:5-02	15.87	31.75	503.77	45.37	3.00	2.86
MFF 1:5-03	15.97	31.35	500.56	45.23	3.00	2.83
MFF 1:5-04	15.70	31.35	492.20	45.47	3.00	2.90
MFF 1:5-05	16.10	31.50	507.15	45.47	3.00	2.82
MFF 1:5-06	15.90	31.45	500.06	45.33	3.00	2.85
$\Sigma$	<b>95.43</b>	<b>188.65</b>	<b>3 000.62</b>	<b>272.73</b>	<b>18.00</b>	<b>17.15</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.91</b>	<b>31.44</b>	<b>500.10</b>	<b>45.46</b>	<b>3.00</b>	<b>2.86</b>

**Tabla 41***Medidas y pesos obtenidos en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:6*

<b>Fibra de fique 1:6</b>						
<b>Código de muestra</b>	<b>Ancho (cm) - (a)</b>	<b>Largo (cm) - (b)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (cm) - (h)</b>	<b>(h/a) – Norma E.080</b>	<b>(h/a)</b>
MFF 1:6-01	15.40	31.10	478.94	47.87	3.00	3.11
MFF 1:6-02	15.90	31.15	495.29	47.27	3.00	2.97
MFF 1:6-03	15.67	31.25	489.58	47.80	3.00	3.05
MFF 1:6-04	15.63	31.05	485.42	47.67	3.00	3.05
MFF 1:6-05	15.77	30.55	481.67	48.03	3.00	3.05
MFF 1:6-06	15.57	31.20	485.68	47.73	3.00	3.07
$\Sigma$	<b>93.93</b>	<b>186.30</b>	<b>2 916.58</b>	<b>286.37</b>	<b>18.00</b>	<b>18.29</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.66</b>	<b>31.05</b>	<b>486.10</b>	<b>47.73</b>	<b>3.00</b>	<b>3.05</b>

**Anexo N°03:** Resumen de las resistencias a la compresión de los cubos de adobe.

**Tabla 42**

*Resistencia a la compresión en cubos de adobe de la muestra patrón*

<b>Muestra patrón</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CMP-01	1 865.03	89.92	20.74
CMP-02	2 021.05	92.38	21.88
CMP-03	1 794.67	93.93	19.11
CMP-04	1 637.64	93.89	17.44
CMP-05	1 686.58	92.38	18.26
CMP-06	1 666.19	91.86	18.14

**Tabla 43**

*Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:4*

<b>Paja de ichu 1:4</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CPI 1:4-01	1 731.45	90.16	19.20
CPI 1:4-02	1 633.56	91.19	17.91
CPI 1:4-03	1 770.20	93.93	18.85
CPI 1:4-04	1 812.01	91.17	19.87
CPI 1:4-05	1 768.16	92.38	19.14
CPI 1:4-06	2 012.89	91.70	21.95

**Tabla 44***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:5*

<b>Paja de ichu 1:5</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CPI 1:5-01	2 010.85	89.37	22.50
CPI 1:5-02	1 805.89	89.54	20.17
CPI 1:5-03	1 360.28	91.19	14.92
CPI 1:5-04	1 832.40	91.95	19.93
CPI 1:5-05	2 011.87	92.36	21.78
CPI 1:5-06	1 768.16	92.55	19.11

**Tabla 45***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de ichu 1:6*

<b>Paja de ichu 1:6</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CPI 1:6-01	2 258.64	94.17	23.98
CPI 1:6-02	2 104.66	89.00	23.65
CPI 1:6-03	1 606.03	93.89	17.11
CPI 1:6-04	1 737.57	91.69	18.95
CPI 1:6-05	2 208.67	92.43	23.90
CPI 1:6-06	1 724.31	90.61	19.03

**Tabla 46***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:4*

<b>Paja de trigo 1:4</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CPT 1:4-01	1 229.76	89.92	13.68
CPT 1:4-02	1 301.14	90.94	14.31
CPT 1:4-03	1 254.23	91.23	13.75
CPT 1:4-04	1 394.95	89.25	15.63
CPT 1:4-05	1 530.57	90.01	17.00
CPT 1:4-06	1 486.72	90.36	16.45

**Tabla 47***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:5*

<b>Paja de trigo 1:5</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CPT 1:5-01	1 954.76	91.67	21.32
CPT 1:5-02	1 601.95	95.38	16.80
CPT 1:5-03	1 754.90	90.77	19.33
CPT 1:5-04	1 961.90	88.74	22.11
CPT 1:5-05	1 612.15	90.99	17.72
CPT 1:5-06	1 737.57	89.92	19.32

**Tabla 48***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de paja de trigo 1:6*

<b>Paja de trigo 1:6</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CPT 1:6-01	1 970.06	91.58	21.51
CPT 1:6-02	1 702.90	89.63	19.00
CPT 1:6-03	2 027.16	90.11	22.50
CPT 1:6-04	1 578.50	90.95	17.36
CPT 1:6-05	2 118.94	90.25	23.48
CPT 1:6-06	2 012.89	92.75	21.70

**Tabla 49***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:4*

<b>Fibra de fique 1:4</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CFF 1:4-01	1 216.50	94.69	12.85
CFF 1:4-02	1 548.92	91.88	16.86
CFF 1:4-03	1 483.66	91.86	16.15
CFF 1:4-04	1 640.70	90.12	18.21
CFF 1:4-05	1 537.71	91.04	16.89
CFF 1:4-06	1 522.41	91.92	16.56

**Tabla 50***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:5*

<b>Fibra de fique 1:5</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CFF 1:5-01	1 554.02	91.30	17.02
CFF 1:5-02	1 836.48	90.55	20.28
CFF 1:5-03	1 880.33	91.19	20.62
CFF 1:5-04	1 734.51	90.70	19.12
CFF 1:5-05	1 684.54	90.87	18.54
CFF 1:5-06	1 702.90	94.17	18.08

**Tabla 51***Resistencia a la compresión en cubos de adobe con adición de fibra de fique 1:6*

<b>Fibra de fique 1:6</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (kgf)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
CFF 1:6-01	2 124.04	92.89	22.87
CFF 1:6-02	1 947.63	94.14	20.69
CFF 1:6-03	2 043.48	92.28	22.14
CFF 1:6-04	1 788.55	94.14	19.00
CFF 1:6-05	1 767.14	90.31	19.57
CFF 1:6-06	1 931.31	90.70	21.29

**Anexo N°04:** Resumen de las resistencias a la compresión de los muretes de adobe.

**Tabla 52**

*Resistencia a la compresión en muretes de adobe de la muestra patrón*

<b>Muestra patrón</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MMP-01	3 770.00	490.11	7.69
MMP-02	3 410.00	491.67	6.94
MMP-03	3 590.00	505.09	7.11
MMP-04	3 450.00	492.20	7.01
MMP-05	3 350.00	495.21	6.76
MMP-06	3 690.00	493.76	7.47

**Tabla 53**

*Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:4*

<b>Paja de ichu 1:4</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MPI 1:4-01	3 400.00	490.11	6.94
MPI 1:4-02	3 500.00	491.67	7.12
MPI 1:4-03	3 820.00	505.09	7.56
MPI 1:4-04	3 460.00	492.20	7.03
MPI 1:4-05	3 740.00	494.03	7.57
MPI 1:4-06	3 640.00	492.20	7.40

**Tabla 54***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:5*

<b>Paja de ichu 1:5</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MPI 1:5-01	3 680.00	509.06	7.23
MPI 1:5-02	3 760.00	509.06	7.39
MPI 1:5-03	3 920.00	502.89	7.79
MPI 1:5-04	3 860.00	512.79	7.53
MPI 1:5-05	3 700.00	513.59	7.20
MPI 1:5-06	3 600.00	505.85	7.12

**Tabla 55***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de ichu 1:6*

<b>Paja de ichu 1:6</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MPI 1:6-01	4 060.00	510.11	7.96
MPI 1:6-02	4 440.00	508.00	8.74
MPI 1:6-03	3 940.00	504.56	7.81
MPI 1:6-04	4 220.00	494.29	8.54
MPI 1:6-05	3 600.00	516.54	6.97
MPI 1:6-06	3 320.00	501.65	6.62

**Tabla 56***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:4*

<b>Paja de trigo 1:4</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MPT 1:4-01	2 760.00	510.66	5.41
MPT 1:4-02	3 320.00	498.20	6.66
MPT 1:4-03	2 960.00	515.47	5.74
MPT 1:4-04	2 840.00	502.17	5.65
MPT 1:4-05	3 300.00	505.88	6.52
MPT 1:4-06	3 500.00	482.83	7.25

**Tabla 57***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:5*

<b>Paja de trigo 1:5</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MPT 1:5-01	3 780.00	493.23	7.66
MPT 1:5-02	3 740.00	505.85	7.39
MPT 1:5-03	3 560.00	511.46	6.96
MPT 1:5-04	3 600.00	495.33	7.27
MPT 1:5-05	3 680.00	503.75	7.31
MPT 1:5-06	3 560.00	510.06	6.98

**Tabla 58***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de paja de trigo 1:6*

<b>Paja de trigo 1:6</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MPT 1:6-01	3 380.00	504.29	6.70
MPT 1:6-02	3 600.00	517.59	6.96
MPT 1:6-03	3 940.00	502.44	7.84
MPT 1:6-04	3 740.00	502.70	7.44
MPT 1:6-05	3 720.00	501.35	7.42
MPT 1:6-06	4 000.00	487.98	8.20

**Tabla 59***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:4*

<b>Fibra de fique 1:4</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MFF 1:4-01	2 360.00	490.63	4.81
MFF 1:4-02	2 570.00	502.70	5.11
MFF 1:4-03	2 640.00	479.21	5.51
MFF 1:4-04	2 580.00	491.63	5.25
MFF 1:4-05	3 080.00	490.04	6.29
MFF 1:4-06	3 160.00	476.10	6.64

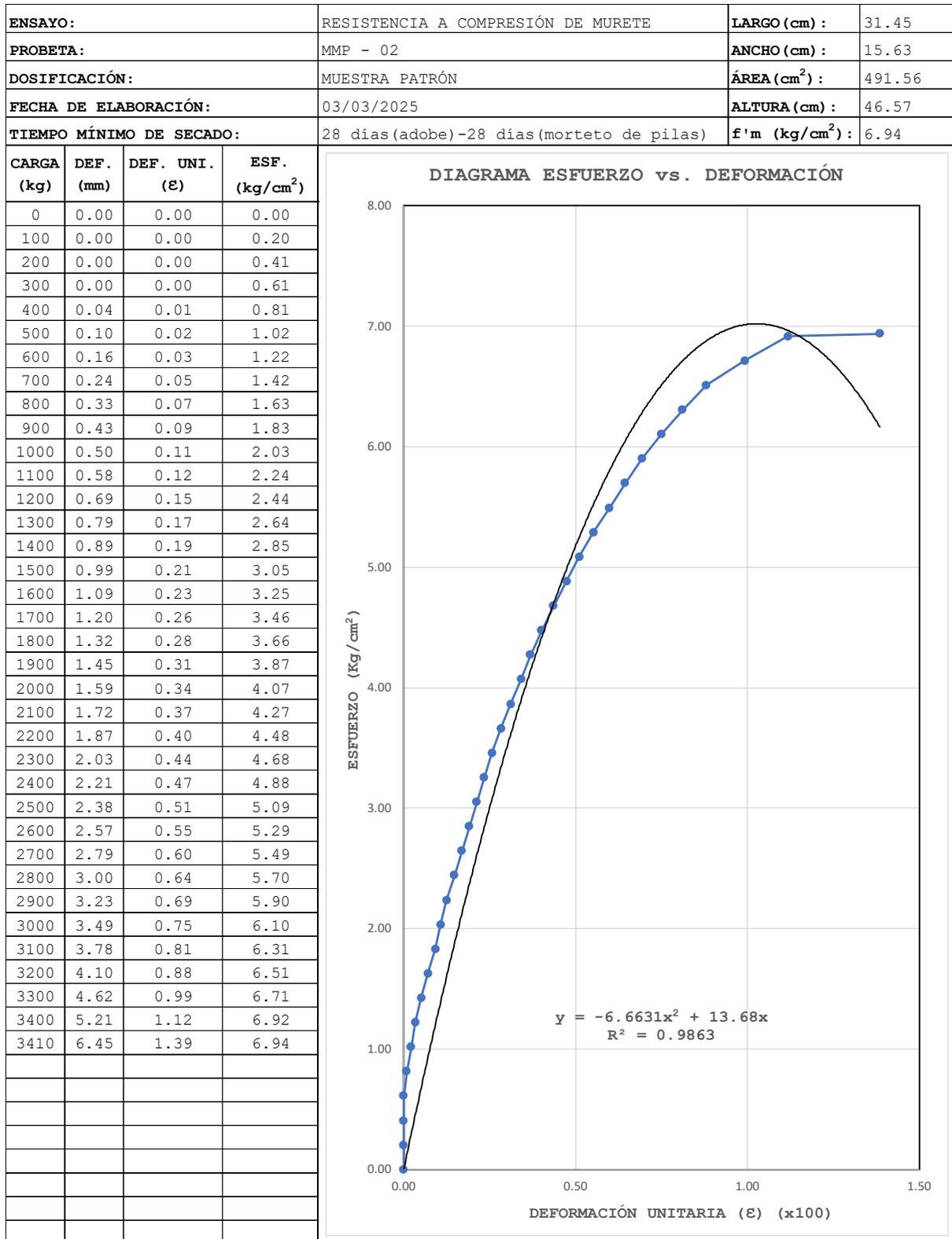
**Tabla 60***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:5*

<b>Fibra de fique 1:5</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MFF 1:5-01	3 260.00	496.88	6.56
MFF 1:5-02	3 360.00	503.77	6.67
MFF 1:5-03	3 120.00	500.56	6.23
MFF 1:5-04	3 600.00	492.20	7.31
MFF 1:5-05	3 080.00	507.15	6.07
MFF 1:5-06	2 950.00	500.06	5.90

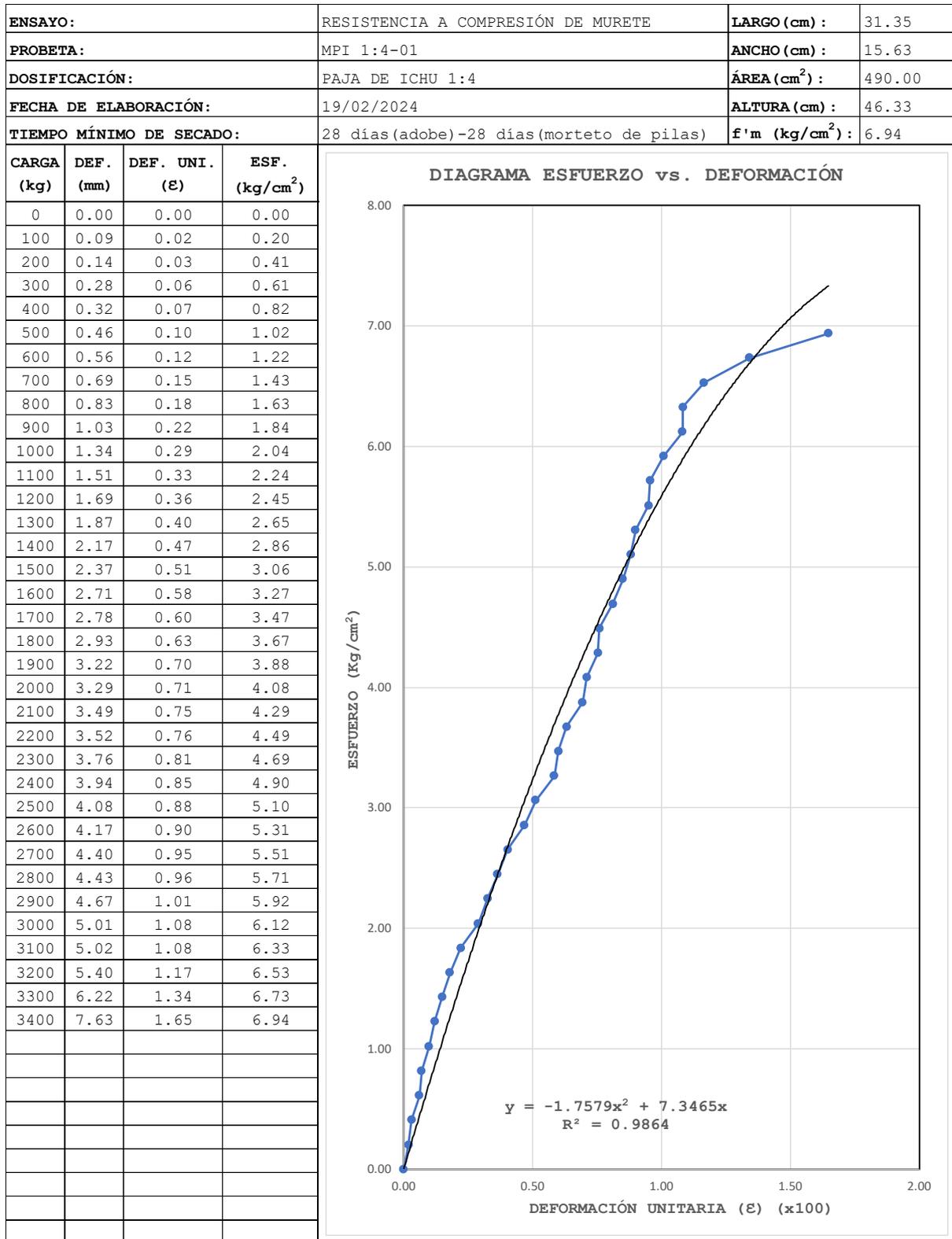
**Tabla 61***Resistencia a la compresión en muretes de adobe con adición de fibra de fique 1:6*

<b>Fibra de fique 1:6</b>			
<b>Código de muestra</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
MFF 1:6-01	3 580.00	478.94	7.47
MFF 1:6-02	3 680.00	495.29	7.43
MFF 1:6-03	3 100.00	489.58	6.33
MFF 1:6-04	4 460.00	485.42	9.19
MFF 1:6-05	3 100.00	481.67	6.44
MFF 1:6-06	3 660.00	485.68	7.54

**Anexo N°05:** Gráficos de esfuerzo vs deformación en murete de adobe de una muestra patrón.



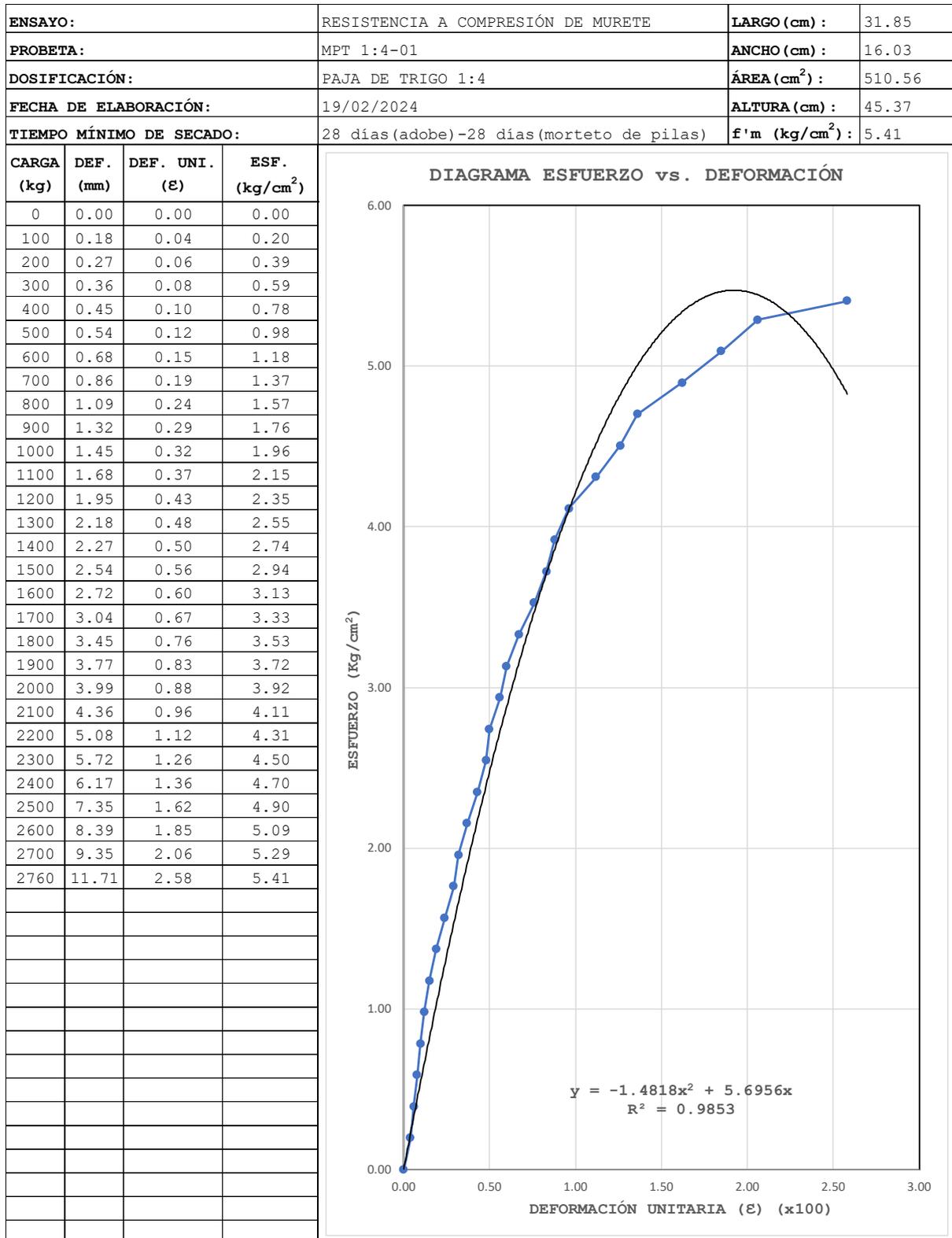
**Anexo N°06:** Gráficos de esfuerzo vs deformación de muretes de adobe con adición de paja de ichu (1:4, 1:5 y 1:6).







**Anexo N°07:** Gráficos de esfuerzo vs deformación de muretes de adobe con adiciones de paja de trigo (1:4, 1:5 y 1:6).













**Anexo N°09: Propiedades físicas y clasificación del suelo.**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
Teléfono N° 341518, Anexo 1217-Edificio 1C-106  
Cajamarca - Perú



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

Cajamarca, 19 de octubre de 2023.

OFICIO N° 833-2023-EAPIC-FI-UNC

Señor:

James Alexander Peralta Gonzales  
Bachiller en Ingeniería Civil - UNC

PRESENTE:

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarle cordialmente y, al mismo tiempo, autorizar el uso del Laboratorio externo: “GUERSAN INGENIEROS S.R.L.”; para que Usted realice sus respectivos ensayos de su tesis titulado: **“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR PAJA DE ICHU, PAJA TRIGO Y FIBRAS DE FIQUE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 Y 1:6)”**.

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para testimoniarle las muestras de mi especial deferencia.

Atentamente,

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil  
*Rosa Haydee Llique Mondragón*  
Dra. Rosa Haydee Llique Mondragón  
DIRECTORA

Cc.  
- Archivo

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ASTM AASHTO T 265</b>
-----------------------------	--------------------------

<b>CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SECADO DE MUESTRA</b>			
TEMPERATURA DE SECADO	110 °C	TIEMPO DE SECADO	16 h

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>	<b>MUESTRA 3</b>
Identificación de la Tara	K-1	T-3	T-4
Masa de la Tara (gr.)	440.00	408.00	409.00
M. Tara + M. Húmeda (gr.)	5231.00	6033.00	5885.00
M. Tara + M. Seca (gr.)	5129.00	5913.00	5782.00
Masa de agua (gr.)	102.00	120.00	103.00
Masa de Muestra Seca (gr.)	4689.00	5505.00	5373.00
W (%)	2.18%	2.18%	1.92%

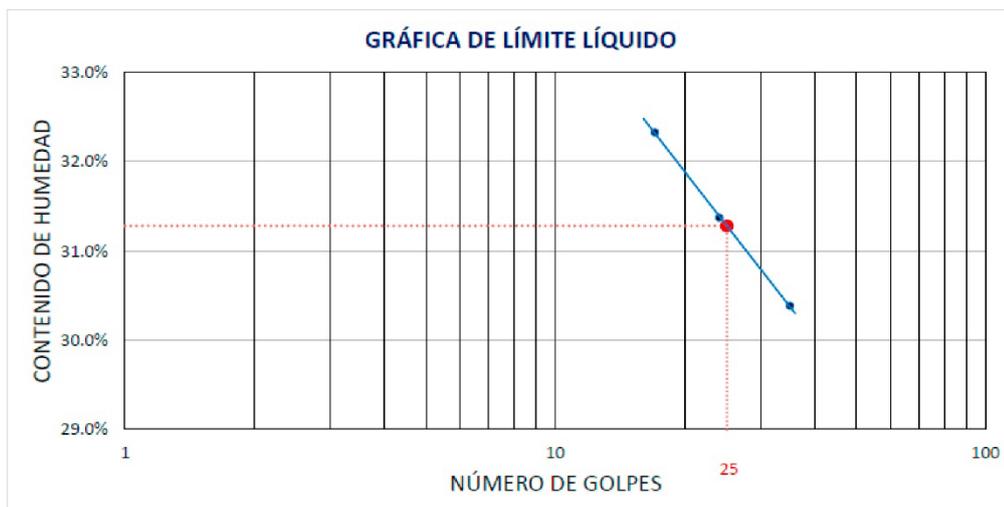
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	<b>ASTM D4318 AASHTO T 89</b>
-----------------------------	-------------------------------

CANTERA:	CRUZ BLANCA	COORDENADAS:	
MUESTRA:	M-1	ESTE	NORTE
		774,990.00	9'204,489.00

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h
AGUA USADA:	Potable		

CONTENIDO DE HUMEDAD				LÍMITE PLÁSTICO		
TARA N°	1	2	3	TARA N°	4	5
M tara (gr.)	23.61	23.61	23.48	M tara (gr.)	23.41	23.21
Mt + M. Húmeda (gr.)	67.45	67.62	67.51	Mt + M. Húmeda (gr.)	29.63	29.15
Mt + M. Seca (gr.)	56.74	57.11	57.25	Mt + M. Seca (gr.)	28.67	28.23
M agua (gr.)	10.71	10.51	10.26	M agua (gr.)	0.96	0.92
M M.Seca (gr.)	33.13	33.50	33.77	M M.Seca (gr.)	5.26	5.02
W(%)	32.33%	31.37%	30.38%	W(%)	18.25%	18.33%
N. GOLPES	17	24	35	Contenido de Humedad Promedio: 18.29%		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
31.00%	18.00%	13.00%



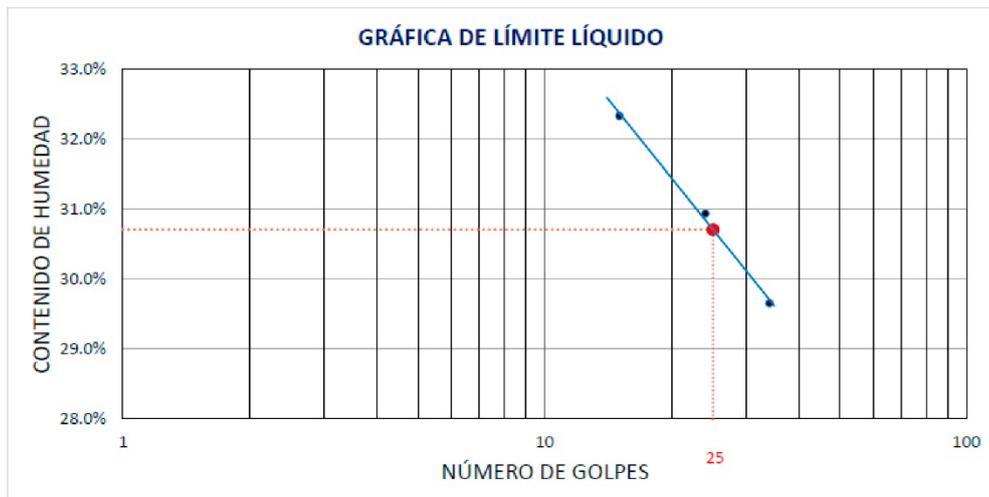
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	<b>ASTM D4318 AASHTO T 89</b>
-----------------------------	-------------------------------

CANTERA:	CRUZ BLANCA	COORDENADAS:	
MUESTRA:	M-2	ESTE	NORTE
		774,990.00	9'204,489.00

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h
AGUA USADA:	Potable		

CONTENIDO DE HUMEDAD				LÍMITE PLÁSTICO		
TARA N°	1	2	3	TARA N°	4	5
M tara (gr.)	23.58	23.93	23.65	M tara (gr.)	23.20	23.60
Mt + M. Húmeda (gr.)	67.21	67.78	67.55	Mt + M. Húmeda (gr.)	29.12	28.84
Mt + M. Seca (gr.)	56.55	57.42	57.51	Mt + M. Seca (gr.)	28.21	28.04
M agua (gr.)	10.66	10.36	10.04	M agua (gr.)	0.91	0.80
M M.Seca (gr.)	32.97	33.49	33.86	M M.Seca (gr.)	5.01	4.44
W(%)	32.33%	30.93%	29.65%	W(%)	18.16%	18.02%
N. GOLPES	15	24	34	Contenido de Humedad Promedio: 18.09%		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
31.00%	18.00%	13.00%



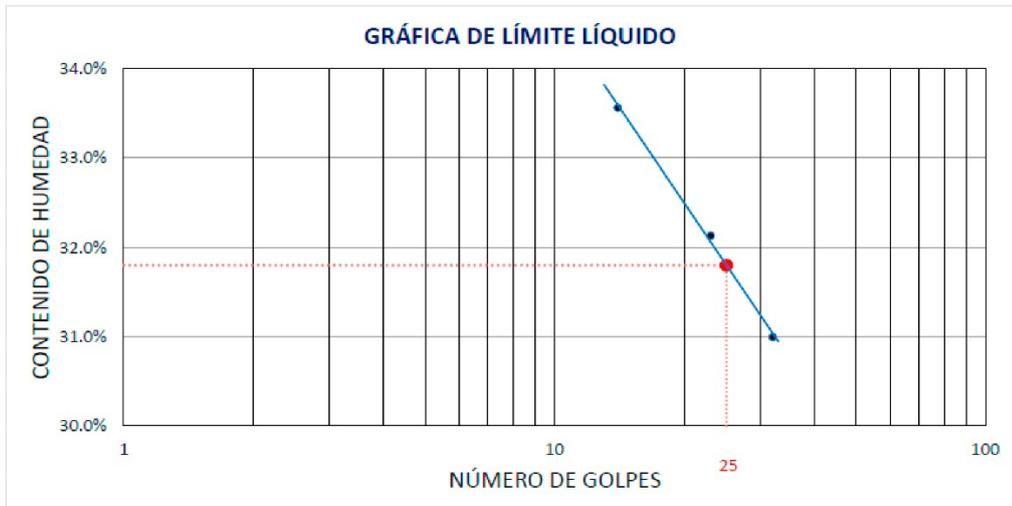
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	<b>ASTM D4318 AASHTO T 89</b>
-----------------------------	-------------------------------

CANTERA:	CRUZ BLANCA	COORDENADAS:	
MUESTRA:	M-3	ESTE	NORTE
		774,990.00	9'204,489.00

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h
AGUA USADA:	Potable		

CONTENIDO DE HUMEDAD				LÍMITE PLÁSTICO		
TARA N°	1	2	3	TARA N°	4	5
M tara (gr.)	41.89	41.52	41.24	M tara (gr.)	41.58	40.27
Mt + M. Húmeda (gr.)	80.57	80.34	80.59	Mt + M. Húmeda (gr.)	47.45	46.12
Mt + M. Seca (gr.)	70.85	70.90	71.28	Mt + M. Seca (gr.)	46.54	45.22
M agua (gr.)	9.72	9.44	9.31	M agua (gr.)	0.91	0.90
M M.Seca (gr.)	28.96	29.38	30.04	M M.Seca (gr.)	4.96	4.95
W(%)	33.56%	32.13%	30.99%	W(%)	18.35%	18.18%
N. GOLPES	14	23	32	Contenido de Humedad Promedio: 18.26%		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
32.00%	18.00%	14.00%



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

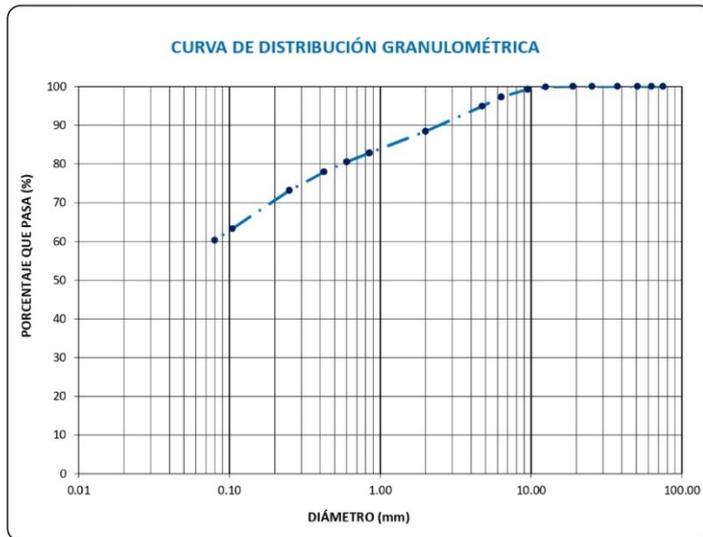
ASTM D6913/D6913M-17 AASHTO T 88

CANTERA:	CRUZ BLANCA	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-1	774990.00	9204489.00

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	4500.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	4271.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	229.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.3796

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	6.00	0.13	0.13	99.87
3/8"	9.52	27.00	0.60	0.73	99.27
¼"	6.35	90.00	2.00	2.73	97.27
N°4	4.75	106.00	2.36	5.09	94.91
TOTAL	WG =	229.00			

ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N 20	0.85	14.70	5.58	17.16	82.84
N 30	0.60	6.10	2.32	19.48	80.52
N 40	0.43	6.80	2.58	22.06	77.94
N 60	0.25	12.60	4.78	26.84	73.16
N 140	0.11	26.00	9.87	36.71	63.29
N 200	0.08	7.90	3.00	39.71	60.29
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					



PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS			% TOTAL
GRAVA (%):	11.58	100.00	
ARENA GRUESA (%):	10.48		
ARENA FINA (%):	17.7		
FINOS (%):	60.29		
COEFICIENTES		DIÁMETROS EFECTIVOS	
Cu =	-	D60 =	0.000
Cc =	-	D30 =	0.000
		D10 =	0.000
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89			
LÍMITE LÍQUIDO:		31.00%	
LÍMITE PLÁSTICO:		18.00%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):		13.00%	
CLASIFICACIÓN			
S.U.C.S. :		CL	
A.A.S.H.T.O. :		A-6 (5)	

OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO A.A.S.H.T.O. Y CORRESPONDE A UN MATERIAL CONFORMADO POR 11.58% DE GRAVA DE TM ¾", 28.13% DE ARENA Y 60.29% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075mm.
----------------	--

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

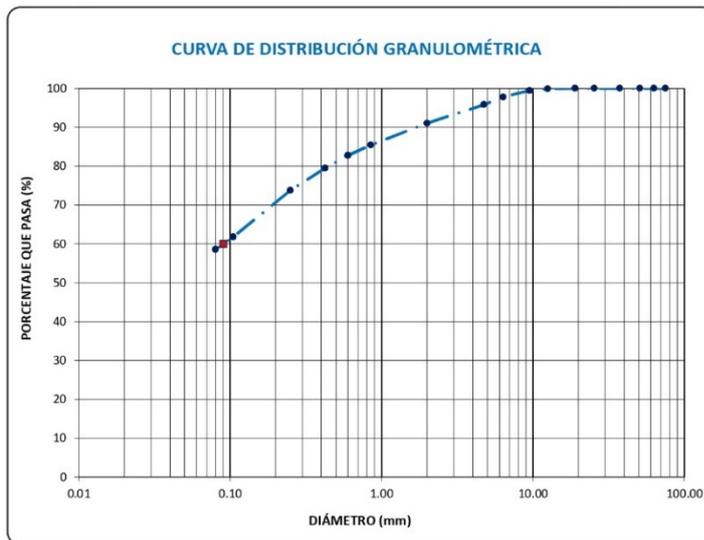
ASTM D6913/D6913M-17 AASHTO T 88

CANTERA:	CRUZ BLANCA	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-2	774990.00	9204489.00

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	5000.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	4791.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	209.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.3833

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	6.00	0.12	0.12	99.88
3/8"	9.52	23.00	0.46	0.58	99.42
¼"	6.35	83.00	1.66	2.24	97.76
N°4	4.75	97.00	1.94	4.18	95.82
TOTAL	W G =	209.00			

ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
N 10	2.00	12.50	4.79	8.97	91.03
N 20	0.85	14.60	5.60	14.57	85.43
N 30	0.60	7.00	2.68	17.25	82.75
N 40	0.43	8.50	3.26	20.51	79.49
N 60	0.25	14.90	5.71	26.22	73.78
N 140	0.11	31.30	12.00	38.22	61.78
N 200	0.08	8.40	3.22	41.43	58.57
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					



PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS			% TOTAL
GRAVA (%):	8.97	100.00	
ARENA GRUESA (%):	11.54		
ARENA FINA (%):	20.9		
FINOS (%):	58.57		
COEFICIENTES		DÍAMETROS EFECTIVOS	
Cu =	-	D60 =	0.090
Cc =	-	D30 =	0.000
		D10 =	0.000
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89			
LÍMITE LÍQUIDO:		31.00%	
LÍMITE PLÁSTICO:		18.00%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):		13.00%	
CLASIFICACIÓN			
S.U.C.S. :		CL	
A.A.S.H.T.O. :		A-6 (5)	

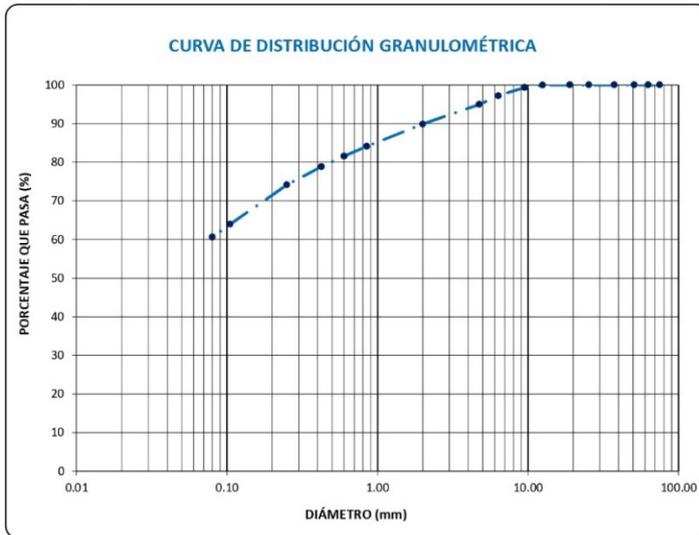
OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO A.A.S.H.T.O. Y CORRESPONDE A UN MATERIAL CONFORMADO POR 8.97% DE GRAVA DE TM ¾", 32.46% DE ARENA Y 58.57% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075mm.
----------------	---

CANTERA:	CRUZ BLANCA	ESTE	NORTE
MUESTRA:	M-3	774990.00	9204489.00

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	5000.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	4748.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	252.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.3798

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	3.00	0.06	0.06	99.94
3/8"	9.52	31.00	0.62	0.68	99.32
1/4"	6.35	106.00	2.12	2.80	97.20
N°4	4.75	112.00	2.24	5.04	94.96
TOTAL	WG =	252.00			

ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
N 10	2.00	13.40	5.09	10.13	89.87
N 20	0.85	15.20	5.77	15.90	84.10
N 30	0.60	6.70	2.54	18.45	81.55
N 40	0.43	7.10	2.70	21.15	78.85
N 60	0.25	12.40	4.71	25.86	74.14
N 140	0.11	26.90	10.22	36.07	63.93
N 200	0.08	8.70	3.30	39.38	60.62
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					



PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS			% TOTAL
GRAVA (%):	10.13	100.00	
ARENA GRUESA (%):	11.02		
ARENA FINA (%):	18.2		
FINOS (%):	60.62		
COEFICIENTES		DÍAMETROS EFECTIVOS	
Cu =	-	D60 =	0.000
Cc =	-	D30 =	0.000
		D10 =	0.000
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89			
LÍMITE LÍQUIDO:		32.00%	
LÍMITE PLÁSTICO:		18.00%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):		14.00%	
CLASIFICACIÓN			
S.U.C.S. :		CL	
A.A.S.H.T.O. :		A-6 (6)	

OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO A.A.S.H.T.O. Y CORRESPONDE A UN MATERIAL CONFORMADO POR 10.13% DE GRAVA DE TM 3/4", 29.25% DE ARENA Y 60.62% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075mm.
----------------	--

**Anexo N°10: Panel fotográfico.**



**Foto N°01:** Extracción de muestras M-1, M-2 y M-3; de la cantera Cruz Blanca.



**Foto N°02:** Ensayo de límites de Atterberg.



**Foto N°03:** Ensayo de granulometría.



**Foto N°04:** Ensayo de contenido de humedad.



**Foto N°05:** Elaboración de cubos de adobe.



**Foto N°06:** Elaboración de muretes de adobe.



**Foto N°07:** Toma de lectura del peso del cubo de adobe.



**Foto N°08:** Toma de lectura del peso del cubo de adobe.



**Foto N°09:** Ensayo de resistencia a compresión de cubo de adobe.



**Foto N°10:** Ensayo de resistencia a compresión de cubo de adobe.



**Foto N°11:** Ensayo de resistencia a la compresión en murete de adobe.



**Foto N°12:** Ensayo de resistencia a la compresión en murete de adobe.



**Foto N°13:** Ensayo de resistencia a compresión en murete de adobe.



**Foto N°14:** Ensayo de resistencia a compresión en murete de adobe.



**Foto N°15:** Ensayo de resistencia a compresión en murete de adobe.



**Foto N°16:** Ensayo de resistencia a compresión en murete de adobe.



**Foto N°17:** Ensayo de resistencia a compresión en murete de adobe.



**Foto N°18:** Ensayo de resistencia a compresión en murete de adobe.



**Foto N°19:** Ensayo de resistencia a compresión en cubo de adobe – muestra patrón.



**Foto N°20:** Ensayo de resistencia a compresión en cubo de adobe – muestra patrón.



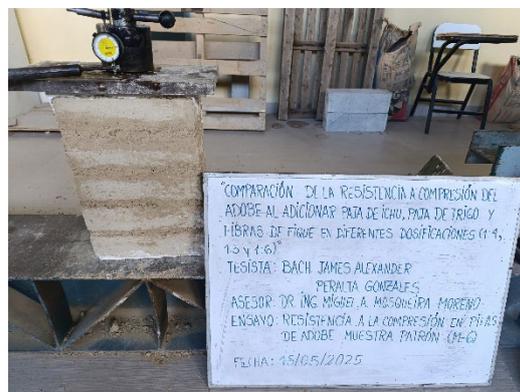
**Foto N°21:** Ensayo de resistencia a compresión en cubo de adobe – muestra patrón.



**Foto N°22:** Ensayo de resistencia a compresión en cubo de adobe – muestra patrón.



**Foto N°23:** Ensayo de resistencia a compresión en muretes de adobe – muestra patrón.



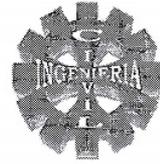
**Foto N°24:** Ensayo de resistencia a compresión en muretes de adobe – muestra patrón.

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL  
 ADOBE AL ADICIONAR Paja de trigo, Paja de trigo y  
 FIBRAS DE FIBRE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1%,  
 1.5 y 4%)  
 TESISISTA: BACH JAMES ALEXANDER  
 PERALTA GONZALEZ  
 ASESOR: DR. ING. MIGUEL A. MORALES MORENO  
 ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PISAS  
 DE ADOBE MUESTRA PATRÓN (M-1)  
 FECHA: 15/05/2025

Anexo N°11: Constancia de uso del laboratorio de ensayo de materiales.



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
*Laboratorio de Ensayo de Materiales*



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

**CONSTANCIA**

El Bach. JAMES ALEXANDER PERALTA GONZALES, Exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca – filial Jaén, que se ha realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Elaboración de cubos de adobe (10x10x10 cm)
02	Elaboración de muretes de adobe
03	Ensayo de compresión en cubos
04	Ensayo de compresión en muretes

Para la Tesis Titulada: “**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR PAJA DE ICHU, PAJA DE TRIGO, Y FIBRA DE FIQUE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 y 1:6)**”. Las actividades se desarrollaron del 13 de mayo al 22 de julio 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 02 de agosto de 2024.

Atentamente:

c.c. a:  
\_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
  
Ing. Mauro Conzatti Vargas  
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
*Laboratorio de Ensayo de Materiales*



**El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:**

**CONSTANCIA**

A nombre del Bach. JAMES ALEXANDER PERALTA GONZALES, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Filial Jaén de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo a compresión de cubos de adobe
02	Ensayo a compresión en pilas de adobe

*Para la Tesis Titulada: “COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE AL ADICIONAR PAJA DE ICHU, PAJA DE TRIGO Y FIBRA DE FIQUE EN DIFERENTES DOSIFICACIONES (1:4, 1:5 y 1:6)”. Las actividades se desarrollaron del 12 de mayo al 16 de mayo de 2025.*

*Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.*

*Cajamarca, 26 de mayo de 2025.*

*Atentamente:*

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

*Ing. Mauro Centurión Vargas*  
**Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales**

**c.c. a:**  
**\_Archivo**

**Anexo N°12:** Ficha de resistencia a la compresión y esfuerzo vs. deformación.

