

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN ADOBE AL
ADICIONAR PAJA O NYLON EN DIFERENTES PORCENTAJES,
CAJAMARCA 2024**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentado por:

LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Luis Alexander Estrada Mendoza
DNI: 71396183
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción.
2. Asesora: Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN ADOBE AL ADICIONAR PAJA O NYLON EN DIFERENTES PORCENTAJES, CAJAMARCA 2024
6. Fecha de evaluación: **10/02/2026**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **25%**
9. Código Documento: **3117:555240660**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **13/02/2026**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2026 by
LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

ESCUELA DE POSGRADO

CAJAMARCA – PERU

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 12..... horas, del día 21 de enero de dos mil veintiséis, reunidos en el **Auditorio de la Escuela de Posgrado** de la **Universidad Nacional de Cajamarca**, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. JAIME OCTAVIO AMORÓS DELGADO**, **DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS**, **DRA. YVONNE KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN** y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN ADOBE AL ADICIONAR PAJA O NYLON EN DIFERENTES PORCENTAJES, CAJAMARCA 2024”**, presentada por el Bachiller en Ingeniería Civil **LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBARLA..... con la calificación de 17 DIECISIETE – EXCELENTE..... la mencionada TESIS; en tal virtud, el Bachiller en Ingeniería Civil, **LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 13..... horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor

.....
Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado
Jurado Evaluador

.....
Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador

.....
Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A Dios y para ustedes que, aunque físicamente ya no están a mi lado, sé que siguen siendo mi guía y mi fuerza en cada paso que doy.

Para mi querido papá, quien me enseñó que el trabajo duro y la perseverancia son el camino al éxito.

A mi abuelita, hermanos y familia, por ser mi refugio y fuente de inspiración durante todo mi trayecto académico.

A todas las personas que con un granito de arena aportaron para la elaboración de esta tesis, cuyo apoyo se ve reflejado en la culminación de la presente.

AGRADECIMIENTO

Quisiera comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser el que bendice mi familia, mi hogar y es mi guía en cada meta que me propongo.

A mi asesor, Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, cuya experiencia, paciencia y apoyo constante fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

A mi familia, especialmente a mis padres, abuelita y tías, les agradezco profundamente su amor incondicional y su apoyo constante. Su fe en mí ha sido el motor que me permitió completar este camino. A mis hermanos y familia, por sus palabras de aliento, por su presencia y cariño, gracias por ser mi pilar en los momentos difíciles. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A todas las personas que me acompañaron en este proceso y a mis amigos, gracias por su compañía y apoyo en los momentos de estrés y alegría. Ustedes fueron mi red de contención, su amistad y apoyo me ayudó a mantener el ánimo en los momentos más duros. Cada uno de ustedes contribuyó a que este proceso fuera más llevadero y significativo.

Finalmente, agradezco a todos los colegas y docentes que participaron en esta investigación. Su ayuda en la recopilación de datos, revisión de mi trabajo y valiosos comentarios enriquecieron de maneras que jamás imaginé.

Esta tesis es el resultado de un esfuerzo colectivo, y su colaboración fue crucial para su realización.

EPIGRAFE

“Los hombres que intentan algo y fracasan son
infinitamente mejores que aquellos que intentan
no hacer nada y tienen éxito”

Lloyd Jones

INDICE GENERAL

	pág.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
EPIGRAFE	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
GLOSARIO	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.1 Contextualización	1
1.1.2 Descripción del problema	4
1.1.3 Formulación del problema	6
1.2 Justificación e importancia	6
1.3 Delimitación de la investigación	7
1.4 Limitaciones	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
CAPITULO II	9
II. MARCO TEORICO	9
2.1 Antecedentes de la investigación o marco referencial	9
2.1.1 Antecedentes Internacionales	9
2.1.2 Antecedentes Nacionales	11
2.1.1 Antecedentes Locales	13
2.2 Marco conceptual	14
2.3 Definición de términos básicos	24
CAPITULO III	25
III. PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS Y VARIABLES	25
3.1 Hipótesis	25
3.1.1 Hipótesis general	25
3.2 Variables o categorías	25
3.3 Operacionalización de los componentes de la hipótesis	25
CAPÍTULO IV	27
IV. MARCO METODOLÓGICO	27
4.1 Ubicación geográfica	27

4.2 Diseño de la investigación	29
4.3 Métodos de investigación.....	31
4.4 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación	31
4.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de información	32
4.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	33
4.7 Matriz de consistencia metodológica	33
CAPITULO V	35
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	35
5.1.1 Resistencia a la Compresión de la Unidad de Adobe.....	35
5.1.2 Resistencia a la Flexión de la Unidad de Adobe	37
5.1.3 Resistencia a la Compresión de Murete.....	38
5.1.4 Trabajabilidad de la mezcla del adobe sin paja (A) de la mezcla del adobe con nylon (B), mezcla de adobe con paja.....	40
• Trabajabilidad de la mezcla del adobe con nylon	40
• Trabajabilidad de la mezcla del adobe con Paja Ichu	41
5.1.5 Preparación de adobes	41
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
5.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
5.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	68
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES.....	70
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APENDICE.....	78
PANEL FOTOGRAFICO	116
ANEXOS	124

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación según tamaño de partículas	15
Tabla 2. Ventajas y desventajas del adobe.....	21
Tabla 3. Ventajas y desventajas del Nylon	23
Tabla 4. Matriz de Operacionalización de variables	26
Tabla 5. Muestra para ensayos a la Unidad	32
Tabla 6. Muestra para ensayos murete	32
Tabla 7. Matriz de consistencia metodológica.....	34
Tabla 8. Resultados de la resistencia a compresión de unidad de adobe a los 28 días de secado.....	35
Tabla 9. Resultados de la resistencia a compresión de unidad de adobe a los 28 días de secado.....	37
Tabla 10. Resultados de la resistencia a compresión de murete de adobe a los 28 días de secado la junta.	38
Tabla 11. Resultado de la comparación de Tradiciona, Paja, Nylon dosificación 1:5	47
Tabla 12. Resultado de la comparación de Tradicional, Paja, Nylon dosificación 0.5:5.....	48
Tabla 13. Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon..	49
Tabla 14. Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon..	49
Tabla 15. Resultado de la comparación de Paja Ichu dosificación 1:5 y adobe sin adición	53
Tabla 16. Resultado de la comparación de Paja dosificación 0.5:5 y adobe sin adición	54
Tabla 17. Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon 1:5 y sin fibra.....	54
Tabla 18. Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon 0.5:5 y sin adición	55
Tabla 19. Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon y paja ichu 1:5.....	56
Tabla 20. Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon y paja ichu 0.5:5.....	57
Tabla 21. Resultado de la comparación de murete con adobe con Paja y Nylon dosificación 1:5 y adobe sin dosificaciones.....	60
Tabla 22. Resultado de la comparación de Paja y Nylon dosificación 0.5:5 y adobe sin dosificaciones	61
Tabla 23. Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon 1:5	62
Tabla 24. Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon 0.5:5.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Expansión de la construcción con tierra cruda	2
Figura 2. Material predominante en las viviendas Distrito de Cajamarca	4
Figura 3. Signos para perfiles de calicatas - AASHTO.....	17
Figura 4. Signos para perfiles de calicatas – SUCS.....	18
Figura 5. Adobes inutilizables	19
Figura 6. Esquema de un aparato apropiado para ensayos de flexión en el hormigón, por el método de la carga en los tercios de la luz libre	20
Figura 7. Ensayo a la compresión de murete.....	21
Figura 8. Mapa del País identificando el departamento	27
Figura 9. Provincia de Cajamarca	28
Figura 10. Distrito de Cajamarca.....	28
Figura 11. Esquema de la investigación	29
Figura 12. Proceso de investigación	30
Figura 13. % de Nylon vs % de Ichu en resistencia a la compresión	36
Figura 14. Comparación de la resistencia (F_0) de la unidad de adobe con nylon, con ichu y con el valor de la Norma E.080.	36
Figura 15. % de Nylon vs % de Ichu en resistencia a la flexión	37
Figura 16. Comparación de la resistencia a la flexión de la unidad de adobe con Nylon, con ichu y con el valor de la Norma E.080.....	38
Figura 17. % de Nylon vs % de Ichu en resistencia a la compresión de murete	39
Figura 18. Comparación de la resistencia a la compresión admisible de murete de adobe con Nylon, con Ichu y con el valor de la Norma E.080.	39
Figura 19. Barro sin fibra	40
Figura 20. Barro con fibra de nylon	41
Figura 21. Barro con fibra vegetal (ichu	41
Figura 22. Área para desmoldar	42
Figura 23. 3 tipos de adoberas	42
Figura 24. Preparación de barro.....	42
Figura 25. Tierra Zarandeada	42
Figura 26. Preparación de ichu.....	42
Figura 27. Comparación de ichu/nylon	42
Figura 28. Preparación de adobes 10x10x10.....	43
Figura 29. Preparación de adobes 40x20x10.	43
Figura 30. Secado de adobes por 28 días.....	43
Figura 31. Fibra de nylon usado – Tipo Estrella	43
Figura 32. Prueba de Normalidad a los resultados de ensayo a compresión de unidad (Infostat).	45
Figura 33. Igualdad de varianzas de los resultados de ensayo a compresión de unidad (Infostat).	45
Figura 34. Análisis de varianza de los resultados de ensayo a compresión de unidad (Infostat).	46
Figura 35. Gráfico de barras análisis de varianza al menos uno de los tratamientos de resistencia a compresión de unidad es diferente.	47
Figura 36. Prueba de Normalidad a los resultados de ensayo a flexión de unidad (Infostat).	50
Figura 37. Igualdad de varianzas de los resultados de ensayo a flexión de unidad (Infostat).	51

Figura 38. Análisis de varianza de los resultados de ensayo a flexión de unidad (Infostat).....	52
Figura 39. Gráfico de barras análisis de varianza al menos un tratamiento de resistencia a flexión de unidad es diferente.	52
Figura 40. Prueba de Normalidad a los resultados de ensayo a compresión de murete (Infostat).....	58
Figura 41. Igualdad de varianzas de los resultados de ensayo a compresión de murete (Infostat).....	58
Figura 42. Análisis de varianza de los resultados de ensayo a compresión de murete (Infostat).....	59
Figura 43. Gráfico de barras análisis de varianza al menos un tratamiento de resistencia a la compresión admisible de murete es diferente.....	60
Figura 44. Unidad de adobe con Nylon 1:5	63
Figura 45. Unidad de adobe con Paja1:5	63
Figura 46. Unidad de adobe con Nylon 0.5:5.....	64
Figura 47. Unidad de adobe con Paja0.5:	64
Figura 48. Unidad de adobe nylon 0.5:5.....	65
Figura 49. Unidad de adobe con paja 0.5:5.....	65
Figura 50. Unidad de adobe con nylon 1:5.....	65
Figura 51. Unidad de adobe con paja 1:5.....	65
Figura 52. Murete de adobe - ichu 1:5	67
Figura 53. Murete de adobe - nylon 1:5.....	67
Figura 54. Murete de adobe - nylon 0.5:5.....	67
Figura 55. Murete de adobe – Ichu 0.5:5.....	67
Figura 56. Cantera Cruz Blanca	116
Figura 57. Preparación de material	116
Figura 58. Nylon cortado	116
Figura 59. Adoberas.....	116
Figura 60. Preparación de barro.....	116
Figura 61. Corte de Ichu.....	116
Figura 62. Barro preparado	117
Figura 63. Humedecimiento de adoberas.....	117
Figura 64. Preparación % Ichu.....	117
Figura 65. Preparación % Nylon.....	117
Figura 66. Preparación Barro + Ichu	117
Figura 67. Preparación barro + Nylon	117
Figura 68. Elaboración adobes 40x20.....	118
Figura 69. Elaboración adobes 30x15.....	118
Figura 71. Elaboración de adobes 10x10cm	118
Figura 70. Secado de Adobes.....	118
Figura 72. Transporte de adobes	118
Figura 73. Presencia de asesor verificando los especímenes de adobe para muretes	118
Figura 75. Análisis granulométrico UNC.....	119
Figura 74. Ensayo límites de Atterberg.....	119
Figura 76. Ensayo de peso específico	119
Figura 77. Muestras secadas de Horno	119
Figura 78. Refrendado de adobes 10x10x10	119
Figura 79. Especímenes de adobe 10x10x10	119
Figura 80. Unidades de adobe codificadas	120

Figura 81. Toma de medidas por parte del investigador	120
Figura 82. Unidades de ensayo a Compresión	120
Figura 83. Ensayo a compresión con responsable de laboratorio	120
Figura 84. Desechos de ensayo de resistencia a compresión	120
Figura 85. Ensayo resistencia a compresión.....	120
Figura 86. Transporte de especímenes	121
Figura 87. Marcación de tercios de luz libre	121
Figura 88. Toma de medidas adobe para flexión.....	121
Figura 89. Ensayo de flexión unidades	121
Figura 91. Ensayo flexión NTE 2554.....	121
Figura 90. Unidades para ensayo de resistencia a la flexión	121
Figura 92. Elaboración de muretes	122
Figura 93. Muretes en espacio asignado.....	122
Figura 95. Refrendado de muretes de adobe.....	122
Figura 96. Ensayo a compresión admisible con responsable de laboratorio..	122
Figura 97. Muretes para compresión	122
Figura 94. Muretes refrendados.....	122
Figura 99. Tesista y murete a ensayar.....	123
Figura 98. Murete de adobe ensayado	123
Figura 101. Rotura de murete sin fibra	123
Figura 100. Rotura de murete con fibra de nylon.....	123
Figura 102. Rotura de murete con fibra de Ichu	123

LISTA DE ABREVIATURAS

RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones.
NORMA E.080	:	Diseño y Construcción con tierra reforzada.
SIGRID	:	Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres.
INEM	:	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
MPA	:	Mega pascal x1000000 de la unidad pascal.
ININVI	:	Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda.
AASHTO	:	Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte.
SUCS	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
MVCS	:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
NTE	:	Norma Técnica Ecuatoriana.
NTP	:	Norma Técnica Peruana.
f'm	:	Esfuerzo de Compresión Admisible del Murete.
f₀	:	Resistencia última.
INFOSTAT	:	Software para análisis estadístico.
MINITAB	:	Software para análisis estadístico.

GLOSARIO

Resistencia a Compresión	:	Capacidad para soportar una carga por unidad de área medida en Kg/cm ² .
Resistencia a Flexión	:	Es una medida de la resistencia a la falla por momento de un elemento estructural.
Nylon	:	Son filamentos que se encuentran en los cepillos y escobillones
Paja	:	Aditivo natural que controla las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido.
Adobe	:	Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad
Deformación	:	Cambios que sufre un cuerpo o cosa tras haberle aplicado una serie de fuerzas externas, como tensión o compresión, que producen la variación de su tamaño o forma natural
Vernácula	:	Se usa para referirse a algo que es propio del lugar, región o país del cual se está comentando.

RESUMEN

En la presente investigación, elaborada en la ciudad de Cajamarca - 2024, se tuvo como objetivo principal comparar la resistencia a la compresión y flexión del adobe mediante la adición de diferentes porcentajes de paja y nylon. Para lograr el objetivo, se realizaron ensayos tanto en unidades de adobe como en muretes, conforme lo establece la Norma Técnica Peruana E.080 para los ensayos de compresión y a la Norma Ecuatoriana INEN 2554:201 para ensayos de flexión. Respecto a los porcentajes de dosificación utilizados, se tomó como referencia el artículo 12 de la NTP E.080, la cual recomienda emplear un volumen de paja por cada cinco volúmenes de tierra. Asimismo, considerando la trabajabilidad de los materiales, se establecieron dosificaciones de 1:5 y 0.5:5, las cuales corresponden a porcentajes de 0.56 % y 0.26 %, respectivamente. Luego de realizar los ensayos y el procesamiento de resultados, se determinó que la resistencia a la compresión ultima promedio de las unidades de adobe con Nylon es de 14.28 kg/cm² y de 13.90 kg/cm² correspondientes a proporciones de 0.52% y 0.26%, en comparación las unidades de adobe con paja ichu alcanzaron resistencias de 12.18 kg/cm² y de 12.96 kg/cm². En cuanto a la resistencia a la flexión, los adobes con nylon presentaron valores de 8.27 kg/cm² y de 5.67 kg/cm², mientras que los adobes con paja ichu alcanzaron resistencias promedio de 5.30 kg/cm² y de 4.76 kg/cm². Por otro lado, en los muretes con nylon la resistencia admisible varía entre $f'_m = 12.84$ kg/cm² y $f'_m = 13.63$ kg/cm², mientras que los elaborados con paja ichu tienen valores de $f'_m = 11.66$ kg/cm² y $f'_m = 11.80$ kg/cm². En conclusión, la adición de nylon mejora significativamente la resistencia a la compresión y a la flexión, actuando como refuerzo eficaz y proporcionando un comportamiento más dúctil del material.

PALABRAS CLAVE: Adobe, nylon, paja Ichu, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, fibras en adobe.

ABSTRACT

In this research, conducted in the city of Cajamarca in 2024, the main objective was to compare the compressive and flexural strength of adobe bricks with the addition of different percentages of straw and nylon. To achieve this objective, tests were performed on both adobe units and walls, following the Peruvian Technical Standard E.080 for compression tests and the Ecuadorian Standard INEN 2554:201 for flexural tests. Regarding the dosage percentages used, Article 12 of NTP E.080 was used as a reference, which recommends using one volume of straw for every five volumes of soil. Furthermore, considering the workability of the materials, dosages of 1:5 and 0.5:5 were established, corresponding to percentages of 0.56% and 0.26%, respectively. After conducting the tests and processing the results, it was determined that the average final compressive strength of the adobe units with nylon was 14.28 kg/cm^2 and 13.90 kg/cm^2 , corresponding to proportions of 0.52% and 0.26%, respectively. In comparison, the adobe units with ichu straw reached strengths of 12.18 kg/cm^2 and 12.96 kg/cm^2 . Regarding flexural strength, the adobe units with nylon showed values of 8.27 kg/cm^2 and 5.67 kg/cm^2 , while the adobe units with ichu straw reached average strengths of 5.30 kg/cm^2 and 4.76 kg/cm^2 . On the other hand, in the walls reinforced with nylon, the allowable resistance varies between $f'_m = 12.84 \text{ kg/cm}^2$ and $f'_m = 13.63 \text{ kg/cm}^2$, while those made with ichu straw have values of $f'_m = 11.66 \text{ kg/cm}^2$ and $f'_m = 11.80 \text{ kg/cm}^2$. In conclusion, the addition of nylon significantly improves compressive and flexural strength, acting as an effective reinforcement and providing a more ductile material.

KEY WORDS: Adobe, nylon, ichu straw, compressive strength, flexural strength, fibers in adobe.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

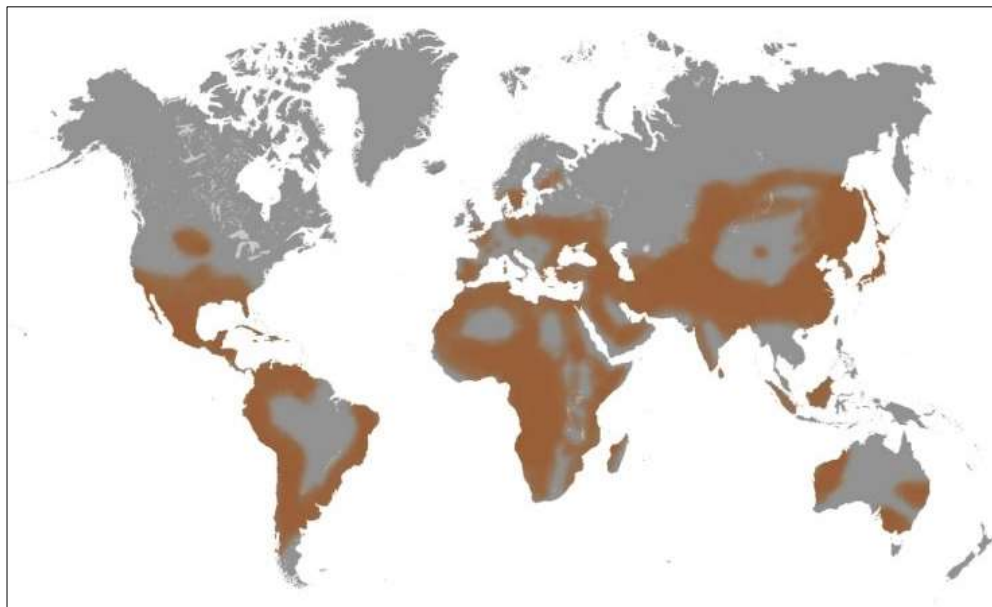
1.1.1 Contextualización

Casi desde el inicio de la historia de las civilizaciones, el hombre ha utilizado la tierra arcillosa para construir. Es un principio inmediato, que fue adoptado en el momento que el hombre decidió asentarse permanente en un territorio. No siempre se disponía de madera o de piedra de fácil trabajabilidad para la construcción seca. He aquí la necesidad de utilizar un aglomerante de mayor solidez y resistencia a las construcciones (Melgar, 2019).

Hoy en día, los materiales más utilizados para la construcción son: el cemento, ladrillos, morteros, hormigón, entre otros; pero estos materiales no contribuyen en el medio ambiente, ya que las infraestructuras hechas de este material una vez acaban su vida útil pasan a ser escombros y no sirven para volver a ser parte de la tierra. En Latinoamérica la arquitectura de tierra es de gran importancia por su desarrollo específico, por el lugar que ocupan y lo que representan dentro del país en los centros históricos, la arquitectura monumental construida con esta técnica. Por lo tanto, el uso de piezas de construcción provenientes del suelo hace de sí una construcción más eficiente (Díaz, Parada & Alvarado, 2019).

Por lo descrito, es el empleo de la tierra cruda una técnica constructiva que enlaza con las tradiciones locales antiguas de prácticamente todos los lugares del mundo en donde se sigue empleando a la actualidad. La expansión mundial del uso de tierra cruda en la construcción, aparte de las áreas geográficas de América, abarca también otras zonas como Asia, Australia, Sudáfrica o Groenlandia (Eco Inventos, 2023)

Figura 1.
Expansión de la construcción con tierra cruda



Fuente: Murillo y Sánchez, 2021.

La arquitectura vernácula en el mundo ha demostrado ser sostenible en el tiempo, brindando beneficios ambientales a su entorno y garantizando la calidad de vida adecuada de sus habitantes.

Cuando hablamos del término sostenible nos referimos a que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente. (RAE, 2022)

La arquitectura vernácula de las zonas alto andinas de Perú es una inspiración para las innovaciones en el diseño, la armonía con el ambiente y las soluciones climáticas y ambientales previstas dentro del diseño sostenible. Se considera arquitectura verde, dado que los materiales de construcción son elaborados principalmente con recursos propios como el adobe, cuya conductividad térmica es de $0,20175 \pm 0,00645 \text{ W/mK}$, los cuales son de bajo consumo energético (energía cero), amigables con el medio ambiente y libres de gases de efecto invernadero (Chui, Huaquisto, Belizario, Canales & Calatayud, 2022).

En cuanto a la paja ichu (*Stipa Ichu*) o paja brava, es un pasto del altiplano andino sudamericano, México y de Guatemala, empleado en la sierra como techo de casas, también es empleado como combustible, además se utiliza para dar consistencia al Adobe, se coloca dentro de la mezcla durante su fabricación (Piñas, Lira, Horn et al. 2020).

A su vez, la paja Ichu soporta ambientes negativos, sin embargo, está sujeta a los cambios extremos del clima como heladas, fuertes olas de calor y sequías. Desde junio a noviembre, la región Cajamarca entra en temporada de sequía, época que golpea enérgicamente a ganaderos y agricultores, al igual que en toda la sierra del Perú (DRAC, 2023).

Ahora basado en los datos de incendios del MINAM, se ha corroborado que los ecosistemas más afectados por los incendios forestales son los pastizales andinos, seguido de los matorrales y los bosques naturales: bosque seco en valles interandinos, bosque montano seco, bosque montano tropical lluvioso (Zubieta, Prudencio, Ccanchi, Saavedra, Sulca, Reupo, & Alarco, 2023).

La paja ichu u otra fibra vegetal incorporada en el adobe para mejorar sus propiedades se ve afectada por el clima: en su cultivo como es la paja proveniente de cereales la cual ha disminuido su producción por falta de lluvias, otro problema que afronta es la exposición a olas de calor produciéndose incendios en los mantos de vegetación seca ya que son más susceptibles al fuego de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior.

Sin embargo, dentro del área circundante urbana de la ciudad de Cajamarca no se cuenta con paja ichu debido a que esta no cuenta con las condiciones adecuadas para su floración, por ende, para estas situaciones la Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada indica que: en ausencia de paja para el control de agrietamiento

se debe utilizar arena gruesa, sin embargo, para el refuerzo de murete indica el uso de sogas sintéticas o drizas.

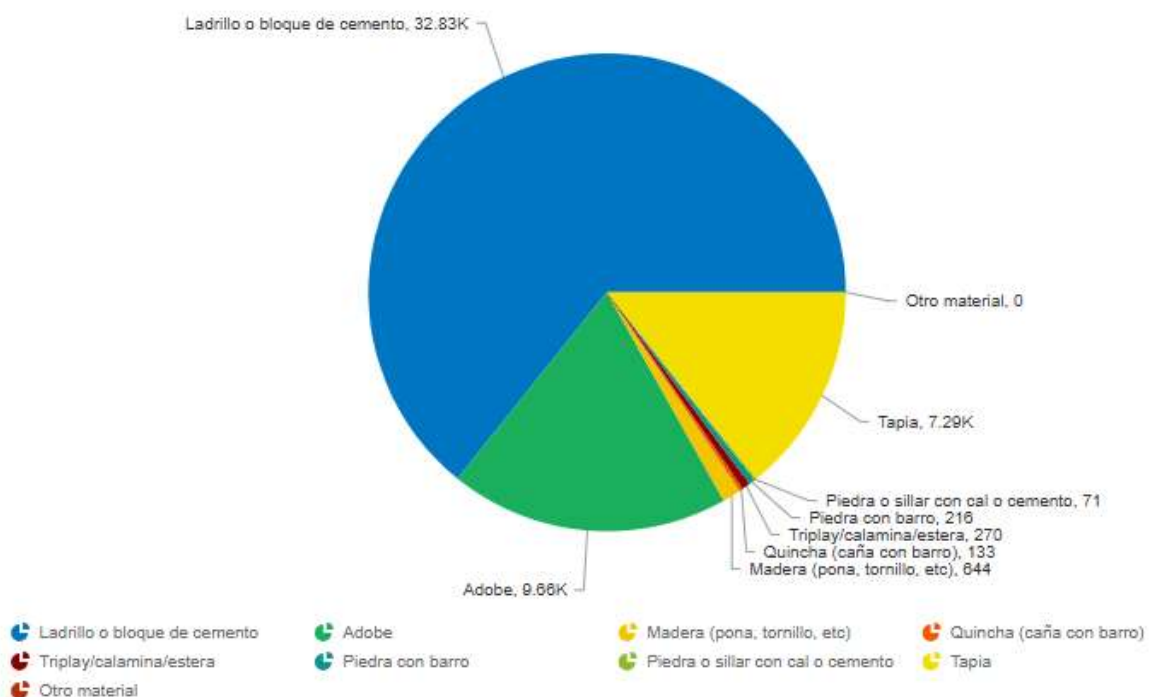
En este contexto, la escasez de paja ichu dentro de la ciudad es un problema para la elaboración de adobes, es por ello que la presente investigación busca incluir fibras de nylon como refuerzo para control de agrietamiento en reemplazo de paja, debido a que el nylon es más fácil de encontrar dentro de la ciudad de Cajamarca en comparación a la paja.

1.1.2 Descripción del problema

De acuerdo al Sistema de información para la gestión de desastres el departamento de Cajamarca la provincia con más construcciones de adobe son Jaén y San Ignacio, con 26,780 y 26,163 respectivamente, mientras que la provincia de Cajamarca cuenta con 25,462 viviendas, mientras que al nivel distrital Cajamarca cuenta con 9,662 viviendas de adobe dentro del ámbito rural y urbano.

Figura 2.

Material predominante en las viviendas Distrito de Cajamarca



Fuente: SIGRID

En la actualidad a pesar del avance tecnológico en cuanto a materiales de construcción como el cemento, ladrillo, bloques de concreto, entre otros, las personas siguen realizando construcciones con adobe o tapial, pues estos tienen ventajas como la reutilización del material luego de terminar su vida útil, son estructuras que impiden la propagación del frío o calor al interior de la vivienda.

En este sentido, la materia prima esencial para la fabricación del adobe son elementos presentes en el planeta tales como la arena y las arcillas a los que se les agrega agua para hacer un barro moldeable. Actualmente se les añade otros elementos tales como la paja, ramas o incluso estiércol para aumentar su cohesión. Sin embargo, una de las principales fallas de los muros de tierra es ocasionada por la mala calidad en sus materiales de fabricación tanto en mezcla como en adición. (Moncada, 2019).

Es el caso del distrito de Cajamarca, donde tradicionalmente se fabrican adobes con la adición de paja como refuerzo del material. No obstante, de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica E.080 (2017), es posible prescindir de dicha adición. En ese sentido, los constructores que se rigen por esta especificación podrían elaborar adobes sin paja, sin contar con información clara sobre el efecto que esta decisión tendría en la resistencia mecánica tanto de la unidad de adobe como del murete construido con estas.

Según la Norma E.080, capítulo IV ítem 17.3 *“En ausencia de paja, para el control del agrietamiento se debe utilizar arena gruesa”*; sin embargo, la Norma también menciona el mejoramiento de la resistencia en muretes con el uso de drizas la cual es una soga sintética.

Por otro parte, el plástico es el material más común, con una innovación muy notable del siglo XX de crecimiento constante, entre ellos destaca el polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo, poliéster, entre otros polímeros, dichos materiales no son muy

conocidos para algunas personas, pero están muy presentes en la fabricación de alimentos, en el sector construcción, en aparatos electrónicos, en la vestimenta, productos de cocina y en muchas otras cosas más. (Vásquez, 2021)

Es por ello, que es indispensable determinar cuál sería la incidencia de incorporar fibras de nylon como reemplazo de la paja ichu en la elaboración de adobes, para comparar su resistencia a la compresión y flexión, lo cual lleva a plantear la siguiente pregunta.

1.1.3 Formulación del problema

¿Cuál es la diferencia en la resistencia a compresión y flexión del adobe al adicionar paja y nylon en diferentes porcentajes?

1.2 Justificación e importancia

Nuestro planeta es modificado constantemente por las acciones cotidianas que realizamos y según el informe del Banco Mundial titulado What a Waste 2.0 (Los desechos 2.0), en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, de los cuales al menos el 33 % de ellos no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente. Es por esta problemática que con el acuerdo de París al 2030 los países que lo conforman incluido el Perú buscan la implementación de proyectos verdes, innovadores, sostenibles y amigables al medio ambiente.

En tanto a la presente investigación, el empleo de nylon es una innovación por que se usa para reforzar los adobes que forman parte aun de las viviendas en Cajamarca, de esta manera se estaría se busca reutilizar un material que es parte de los residuos solido que genera el ser humano.

En la ciudad de Cajamarca se encuentran construcciones hechas con adobe convencional (tierra más paja más agua), este material de construcción es tradicional,

económico, brinda confort frente a las condiciones climáticas y sigue empleándose hoy en día tanto en la zona urbana como en la zona rural, sin embargo, su baja resistencia a la compresión conlleva a realizar estudios con el afán de mejorar sus propiedades mecánicas; de modo que se están empleando diversos tipos de materiales para estabilizar la estructura interna del adobe como la cal, asfalto, cemento, la fibra de palmera entre otros para aumentar su resistencia mecánica (Altamirano, 2018).

Por lo tanto y de acuerdo a lo antes mencionado, la presente investigación nace con el propósito de mejorar las características del adobe utilizando cerdas de nylon los cuales son polímeros que luego de su vida útil son desechados. El uso que se dará al nylon es reemplazar a la paja como elemento de control de agrietamiento, brindando al adobe mejor resistencia. En tal sentido, esta investigación es de gran importancia, por que brinda una nueva tecnología al utilizar un sintético para mejorar el adobe en zonas donde es más frecuente las construcciones con tierra cruda y escasas de paja ichu.

1.3 Delimitación de la investigación

- La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca, los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia de flexión se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como inicio 2024 y fin el 2025.
- En cuanto a la fibra de nylon y paja ichu se trabajó con una longitud de 10 cm. Por seguridad e integridad física del investigador el nylon no se pudo seccionar de 5 cm.
- La tierra utilizada para elaborar el barro se obtuvo de la cantera Cruz Blanca, distrito de Cajamarca.

1.4 Limitaciones

- La investigación tendrá como limitación contar con un diámetro de paja uniforme.

1.4.1 Objetivo general

- Comparar la resistencia a la compresión y flexión del adobe al adicionar paja y nylon en diferentes porcentajes, Cajamarca 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el suelo en estudio mediante la evaluación de sus propiedades físicas, granulométricas y de plasticidad.
- Evaluar la resistencia a la compresión y flexión del adobe sin adiciones.
- Evaluar la resistencia a la compresión utilizando 0.52% y 0.26% de nylon y de paja.
- Evaluar la resistencia a la flexión utilizando 0.52% y 0.26% de nylon y paja.

CAPITULO II

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación o marco referencial

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Domínguez y Moya (2022), en su investigación titulada “Comportamiento estructural y mecánico del adobe con adición de fibras de polietileno de alta densidad para la construcción de edificaciones de poca altura”, desarrollada en la ciudad Talca – Chile, utilizaron ladrillos de adobe con la adición de aditivos, como la fibra de polietileno de alta densidad para mejorar las propiedades mecánicas con un punto de vista sísmico y estructural. Se comparó el ladrillo de adobe con polietileno frente al adobe tradicional, utilizando porcentajes de 0.6% y 1.2%. Al finalizar su investigación tuvieron como conclusiones que la incorporación de HDPE reduce la densidad de los adobes en 6% y 11% respectivamente a las dosificaciones de polietileno, por otro lado, la resistencia a la flexión aumenta en 5% y 8.89%, sin embargo, al utilizar 1.2% de HDPE la resistencia a la compresión se reduce en 6% por el contrario con la dosificación de 0.6% aumenta en un 11%. En cuanto a su erosión esta se reduce con 16% y 27% y su cohesión aumenta.

Burbano, Araya, Astroza y Silva (2022), en su investigación titulada “Mezclas de adobe reforzadas con fibras de polipropileno fibrilado: Rendimiento físico/ mecánico/ fractura/ durabilidad y sus límites debido al agrupamiento de fibras”, elaborado en la ciudad de Santiago de Chile. Tuvieron como objetivo principal evaluar la viabilidad de la incorporación de fibras de polipropileno fibrilado, una fibra multidimensional y multifilamento diseñado para reforzar mezclas de concreto, estas usadas en mezclas de adobe. Se utilizaron dosificaciones de 0.25%, 0.5% y 1% respecto al peso del suelo. Utilizaron las dosificaciones antes mencionadas mezclándola con el suelo de manera gradual antes de agregar agua a la mezcla. En sus resultados obtuvieron que a mayor

dosificación de FPF reducen los valores promedios de densidad, resistencia a la compresión y flexión de los adobes, por otro lado, aumenta la resistencia a la erosión hídrica. Al incorporar 1% de FPF la tenacidad a la flexión aumento en 674%, redujo la densidad y profundidad de la erosión hídrica en 9 y 64% respectivamente; mientras que al incorporar 0.25% de FPF genero mejoras menos significantes, 58% mejoro la tenacidad a la flexión, densidad en 2% y la erosión hídrica en 38% y mejoras en la resistencia a la flexión y compresión de 24 y 16% respectivamente.

Cassese, Balestrieri, Fenu, et al. (2021), en su investigación titulada “Comportamiento al corte en plano de carteras de mampostería de adobe reforzada con mortero reforzado textil”, realizada en Nápoles - Italia, realizaron ensayos de compresión diagonal en 21 carteras de mampostería de adobe, evaluando adobes antes y después de la incorporación de mortero reforzado textil de cáñamo o fibras de vidrio. De sus resultados obtuvieron que el cáñamo es más eficaz que la fibra de vidrio para mejorar las capacidades de corte del adobe. Se obtuvo una mejora de la resistencia al corte y de la ductilidad en 25% y 260% respectivamente con el uso de cáñamo y del 12% y 100% en carteras reforzadas con vidrio. Al final concluyeron que el tejido de cáñamo permitió la compatibilidad del mortero reforzado textil enviando la separación prematura y fallas locales.

Sadeghi, Olivera, Silva et al. (2021), en su investigación titulada “Caracterización experimental de bóveda de adobe reforzadas con un composite compatible basado en TRM”, elaborada en Yasd – Irán, tuvieron como objetivo abordar el comportamiento estructural y reforzamiento de bóvedas de adobe de edificios históricos de la ciudad Yasd. El refuerzo consistió en un textil de bajo costo adherido externamente compuesto con una malla de fibra de vidrio de bajo costo embebida en el mortero a base de tierra. De los resultados se obtuvieron mejoras en el aumento de rigidez de 6%, 7%, 33% y 11% por ende concluyeron que el mortero con refuerzo textil (TRM) mejora el comportamiento estructural de las bóvedas de adobe al aumentar sustancialmente su capacidad de carga y al cambiar el mecanismo de falla a otros más dúctiles.

Finalmente, Coldert, Kaoga, Essama et al. (2020), en su investigación titulada “Caracterización termo mecánica y durabilidad de adobes reforzados con fibras de desecho de mijo (sorgo bicolor)”, elaborada en la ciudad de Yaundé - Camerún. Se basa en el uso de mijo el cual no tiene datos científicos para su incorporación, sin embargo, buscan comprender las características térmicas y durabilidad de los materiales con mijo. Los porcentajes utilizados en su investigación fueron 1%, 2%, 3% y 4% de residuos de mijo. Los ensayos que realizaron fueron mecánicos, térmicos y de durabilidad obteniendo como resultado que las fibras de mijo contribuyen a la resistencia a la compresión y conductividad en un 38% y 23% correspondientes a la incorporación de 2 %y 4% de fibras de mijo. Concluyen que las fibras de mijo son buenas para la adhesión a la matriz arcillosa porque actúan como refuerzo contribuyendo al mejoramiento de las características termo mecánicas y durabilidad de ladrillos de adobe.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Huamani & Enciso (2022), en su investigación “Caracterización de las propiedades mecánicas y modelado numérico del comportamiento sísmico de sistemas de mampostería utilizando Bloques ensamblables de Tierra Comprimida (BTC) reforzados con geomallas”, tuvo como objetivo principal proponer lineamientos para la construcción de viviendas usando bloques ensamblables de tierra comprimida estabilizadas con cal, cemento y reforzado superficialmente con geomallas. Se realizaron estudios de las propiedades físicas, químicas y mineralógicas del suelo para el adecuado mejoramiento, se incorporaron dosificaciones de 7.5% de cal y 2.5% de cemento respecto al peso seco. De los resultados menciona que al incluir cal y cemento presentaron una resistencia a la compresión que supero el valor mínimo de 1.5MPa de acuerdo a la norma española UNE-41410 y de 10MPa de acuerdo a la Norma E.080. Durante el ensayo de compresión no observo pérdida de material en las caras libres, los adobes con cemento y cal alcanzaron una resistencia de 95.8%respecto al valor del adobe estabilizado solo con cemento mientras que el adobe incorporado con cemento 26.8% y el adobe con cal 27.9%, por otro lado, se obtuvieron valores del módulo de elasticidad de 89Mpa,

203MPa y 179 MPa para adobes tradicionales, adobes con cemento y adobes con cemento y cal. Los resultados obtenidos del ensayo de corte cíclico ejecutados en muros de BTC con y sin refuerzo de geomallas mostraron que el patrón de grietas generado se dispersó a lo largo de las caras de los muros en las derivas más bajas, afectando sólo a bloques individuales.

Yallico (2020), en su investigación titulada “Evaluación de malla de cuerdas sintéticas como sistema de refuerzo para viviendas de adobe de dos pisos en el Perú mediante ensayos de simulación sísmica”, desarrollada con el objetivo de contribuir en la mejora de la seguridad de las viviendas de adobe, en su investigación realizó ensayos a escala 1:2 de adobe de dos pisos, dos con refuerzo y sin refuerzo donde analizó y comparó los resultados obtenidos. De sus resultados concluye que la malla de cuerdas sintéticas no altera ni modifica las propiedades dinámicas de la estructura, el aporte de la malla de cuerdas sintéticas fue apreciable ya que evitó que se pierda la funcionalidad de la estructura, también redujo los desplazamientos entre pisos. Presentando una rigidez lateral de 2260Kn.m con la incorporación de malla de cuerdas sintéticas.

Angely P. Valle Castro, (2019). En su investigación “Evaluación experimental del comportamiento de muros de adobe reforzados con cuerdas sometidos a carga lateral cíclica”, tuvo como objetivo general contribuir a mitigar el riesgo sísmico mediante el refuerzo en adobes con cuerdas. Obteniendo como resultado el módulo de elasticidad del adobe de 205 MPa valor cercano a lo que recomienda la norma E.080, en cuanto a la resistencia última se tuvo un valor de 0.6 MPa y resistencia a la compresión axial de 1.1 MPa. De la compresión diagonal en muretes obtuvo un valor al módulo de corte de 92MPa. Para los refuerzos utilizó drizas de 1/4”, 5/32” y de 1/8” de diámetro, para las drizas se obtuvieron módulos de elasticidad de 350MPa, 411MPa y de 600Mpa respectivamente concluyendo que todos los resultados son satisfactorios y cumplen con la norma E.080.

2.1.1 Antecedentes Locales

Díaz (2024), en su investigación que tiene como título: “Efectos de la fibra natural paja de arroz en la resistencia de adobes estabilizados con cenizas de cáscara de arroz al 30 %, Jaén – Cajamarca”, tuvo como objetivo general determinar los efectos de la fibra natural de paja de arroz en la resistencia a compresión de adobes estabilizados con ceniza de cascara de arroz al 30%. El autor menciona que uso dosificaciones de 0.12%, 0.16% y 0.24% de fibra natural de paja de arroz y al finalizar su investigación obtuvo como resultado que la resistencia a la compresión de las unidades de adobe presenta una ligera disminución a medida que aumenta el porcentaje de fibra natural de paja de arroz, mientras que en la resistencia a la compresión de muretes sucede lo contrario y la resistencia aumenta a medida que se aumenta el porcentaje de fibra natural.

Hoyos (2020), en su investigación titulada: “Influencia de la fibra vegetal ichu en la resistencia de adobes estabilizados con cal al 20%”, desarrollada en la ciudad de Cajamarca tuvo como iniciativa determinar la influencia de la fibra vegetal ichu variando la cantidad y el tamaño, comparando un adobe tradicional con adobes estabilizados con cal al 20%. En la investigación el tamaño de ichu usado fue de 3,6 y 9 cm, para dosificaciones de 5gr, 15gr y 25gr. Con los resultados que se obtuvo el autor concluye que al aumentar la cantidad de ichu se disminuye la resistencia a la compresión en un 12.1%, mientras que la resistencia a la flexión aumenta a medida que se incorpora más ichu y su tamaño vario, llegando a mejorar en un 19.6%, finalmente concluye que la adición de ichu es de gran ventaja y de importancia para mejorar la resistencia a la flexión.

Altamirano (2019), en su investigación titulada: “Incidencia de la fibra vegetal paja ichu en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca”, desarrollada en la ciudad de Cajamarca, tuvo como objetivo principal determinar la incidencia de la fibra

vegetal paja ichu en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca. Los materiales que uso para la elaboración de su investigación fueron: suelo de clasificación SM, paja ichu propia del distrito y agua potable. Las dosificaciones empleadas fueron de 0.40%, 0.80% y 1.20% respecto al peso seco del suelo; los ensayos lo realizo a los 28 y 56 días de secado bajo sombra. De los resultados obtenidos concluye que la incidencia de la adición de fibra vegetal paja ichu mejora la resistencia mecánica del adobe y del murete en más del 5%. En cuanto a la unidad: resistencia a la compresión (5%), tracción (13%), flexión (25%) y respecto al murete en compresión mejoro 21%. Finalmente, el espécimen de adobe incorporado con 0.80% de paja tuvo mejor trabajabilidad en comparación con las otras dosificaciones.

2.2 Marco conceptual

El Suelo

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (MINAMBIENTE, 2007).

El suelo es, desde el punto de vista del agricultor, el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas (Worthen, 1949).

- Para un geólogo podría ser el recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso.
- Para un constructor, el suelo es el sitio sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas.
- Para un ecólogo es uno de los componentes del ecosistema que estudia.
- Para un químico, es el laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa.
- Un antropólogo o un arqueólogo podrán ver el suelo como un tipo de registro del pasado (Jaramillo, 2002).

De acuerdo a la Norma CE.20, el suelo es un agregado natural de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua (Vivienda, 2016).

Ensayos para suelos

a) Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

Tabla 1.

Clasificación según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
fino	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos

b) Plasticidad: Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus

elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg son dos, el límite líquido y límite plástico. La diferencia de estos nos da como resultado como el índice de plasticidad (Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.
- Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.
- IP, indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo (Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

c) Contenido de humedad: La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado (Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

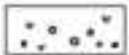
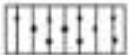
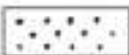
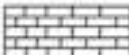
W (%): Contenido de humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso de sólidos en el suelo

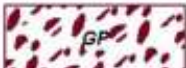
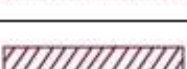
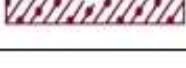
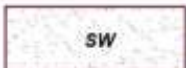
- d) Clasificación de suelos:** Determina las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos (Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

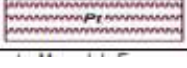
Figura 3.
Signos para perfiles de calicatas - AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos.

Figura 4.
Signos para perfiles de calicatas – SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, suelo considerablemente orgánico

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos.

El adobe

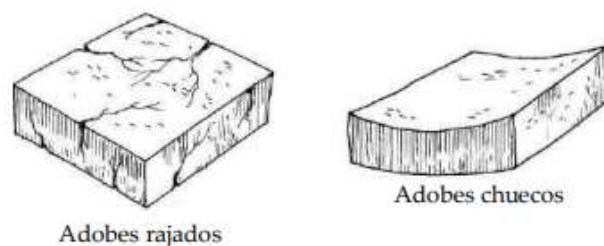
De acuerdo a la norma E.080 el adobe es Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos (MVCS – NTP E0.080, 2017).

Proceso de preparación de adobe

- Los moldes deben ser de madera o metal, con o sin fondo de tal manera que cumpla con la norma E.080 la cual menciona que la altura no debe ser menor de 8 cm. El largo y la altura deben tener una relación de 4 a 1.

- b) Mezcla para adobes se realiza con tierra seleccionada y tamizada en una malla, a la vez se tiene la paja cortada en 10 cm. La tierra tiene que estar limpia tamizada por una malla de $\frac{1}{4}$ ". La relación de paja es de 1:5 en relación al volumen de barro.
- c) Para realizar los adobes primero se humedece el molde espolvoreado con arena fina, se coloca el barro con fuerza dentro del molde para luego ser compactado todas las esquinas, se empareja y finalmente se retirará el molde.
- d) Para el secado se recomienda por lo menos unas 3 semanas, teniendo cuidado que el sol no raje los adobes (MVCS – NTP E0.080, 2017)

Figura 5.
Adobes inutilizables



Fuente: Casas Sismorresistentes y Saludables de Adobe Reforzado con Cuerdas, 2015.

Ensayos de laboratorio

1) Resistencia a la compresión (cubos)

- La resistencia se obtiene mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
- La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $f_0 = 1.0MPa = 10.2 kgf/cm^2$
- Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

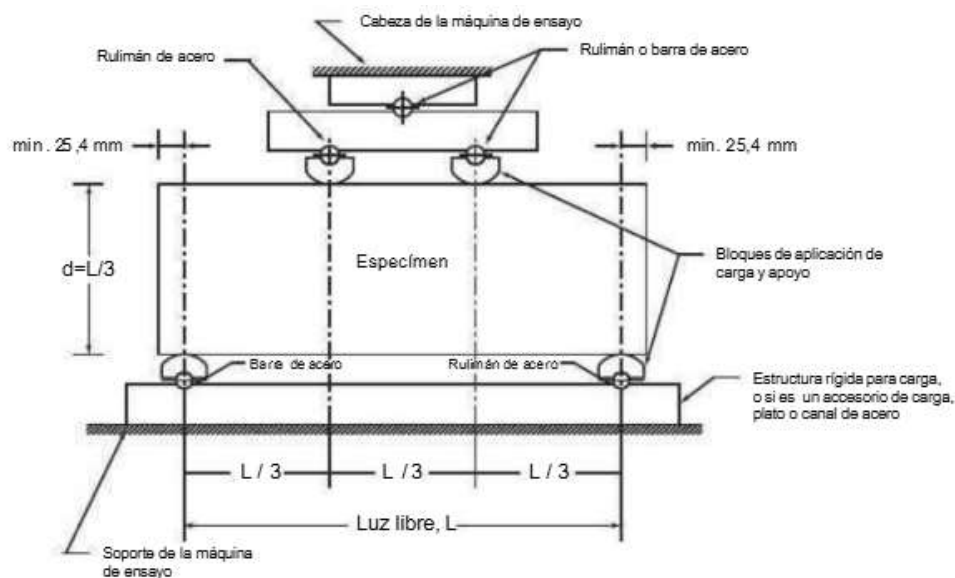
- En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de $0.1 \times 0.1 \times 0.15$ m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso (MVCS – NTP E0.080, 2017).

2) Resistencia a la flexión

- Para la resistencia del adobe a flexión se las realizará bajo los parámetros de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2554. Una viga de hecha de adobe simple apoyada libremente en los extremos es cargada en los tercios de la luz libre hasta que ocurra la rotura del espécimen. La carga aplicada es continua, sin impacto a una velocidad constante. La resistencia a la flexión se determina por medio del módulo de rotura según las expresiones que se indican en esta norma (Altamirano, 2019).

Figura 6.

Esquema de un aparato apropiado para ensayos de flexión en el hormigón, por el método de la carga en los tercios de la luz libre



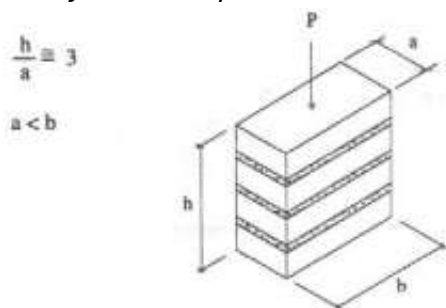
Fuente: Servicio Ecuatoriano de Normalización- INEN, 2011

3) Resistencia a la compresión de murete

- La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
- El ensayo de compresión en muretes de adobe o tapial de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente).
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado (MVCS – NTP E0.080, 2017).

Figura 7.

Ensayo a la compresión de murete



Donde:

$$f_m = 0.40 f'_m$$

f'_m = Esfuerzo de compresión admisible del murete = $P / (a \times b)$

Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento = $1.25 f_m$

4) Ventajas y desventajas del adobe

Tabla 2.

Ventajas y desventajas del adobe

Ventajas	Desventajas
El coste del material es bajo.	La técnica de construcción no es igual en todas las regiones.
Los materiales son naturales y ecológicos.	No es aconsejable construir en sentido vertical.
La fabricación del ladrillo es ágil y simple.	Las construcciones requieren de un mantenimiento adicional sobre los muros exteriores.
No se necesita ser un profesional de la construcción.	no se recomienda su construcción en zonas donde exista una alta densidad constructiva.

Fuente: Euroinnova

5) Nylon

Es uno de los polímeros más comunes usados como fibra. En todo momento se encuentra nylon en la ropa, pero también en otros lugares, en forma de termoplástico. El verdadero éxito del nylon vino primeramente con su empleo para la confección de medias femeninas, alrededor de 1940. Fue un gran suceso, pero pronto se hicieron muy difíciles de conseguir, porque al año siguiente los Estados Unidos entraron en la Segunda Guerra Mundial y el nylon fue necesario para hacer material de guerra, como cuerdas y paracaídas (López, 2014).

La fibra de nylon, es un polímero sintético que pertenece al grupo de las poliamidas. Es una fibra manufacturada la cual está formada por repetición de unidades con uniones amida entre ellas. Las sustancias que componen al nylon son poliamidas sintéticas de cadena larga que poseen grupos amida (-CONH-) como parte integral de la cadena polimérica. Existen varias versiones diferentes siendo el nylon 6,6 uno de los más conocidos. Proviene como un desecho creado por el proceso de fabricación de mangueras flexibles en el cual parte del nylon se utiliza como refuerzo del polietileno, en este proceso algunas fibras no repercuten en el proceso y se transforman en algodón de nylon (Cintado en Ruiz & Tejada, 2016).

El nylon es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no requiere de planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nylon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc. (Citado en Surichaqui, 2021).

Ventajas y desventajas del nylon

Tabla 3.

Ventajas y desventajas del nylon

Ventajas	Desventajas
Ligero	Baja absorción
Fuerte	Débil al incendio
Resistente a la abrasión y agua	Alta carga estática
Rentable	

Fuente: Valadés 2021, Globa Plast

6) Paja Ichu:

Aditivo natural que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido (MVCS – NTP E0.080, 2017).

El Ichu es una planta mediana que crece en las zonas altoandinas del Perú, destacando por su resistencia al frío y su capacidad de regeneración tras ser consumida por la fauna local, juega un papel crucial al ser fuente de alimento y refugio para especies como llamas, vicuñas y alpacas en las zonas altoandinas. Su ciclo de regeneración se sustenta en la interacción simbiótica con la fauna. (Vidal, 2024)

7) Composición de la Paja Ichu

De la de investigación, “Obtención de Bioetanol Anhidro a partir de Paja (Stipa Ichu)”, se puede obtener la composición de la paja ichu, la cual se caracteriza por la siguiente composición en base seca: 45.9 % celulosa, 18.2 % lignina, 5.5 % pentosanos y 5.6 % cenizas. La humedad en base seca es igual a 57.7 % y el contenido de ceras, resinas y grasas igual a 6.7 %. (Albarracín, Jaramillo, y Albuja, 2015).

2.3 Definición de términos básicos

- **Propiedades mecánicas.** Son aquellas que afectan a la resistencia mecánica y a su capacidad cuando se les aplica una fuerza. Es decir, las propiedades mecánicas son aquellas que posee un material relacionadas con sus posibilidades de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones (Infinitia, 2023)
- **Resistencia a Compresión:** Capacidad para soportar una carga por unidad de área medida en Kg/cm² (Cemex Perú, 2019)
- **Resistencia a Flexión:** Define la capacidad del material para resistir tensiones de flexión para materiales portantes y tensiones de manipulación para materiales no portantes (NRMCA, 2018).
- **Cerdas de nylon:** Son filamentos que se encuentran en los cepillos y escobillones
- **Gaveras:** Molde para realizar adobes (MVCS – NTP E0.080, 2017)
- **Tendal:** Terreno de base uniforme y nivelada donde se fabrican los adobes (MVCS – NTP E0.080, 2017)
- **Paja:** Aditivo natural que controla las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido (MVCS – NTP E0.080, 2017)
- **Adobe:** Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad (MVCS – NTP E0.080, 2017)

CAPITULO III

III. PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

- La adición de nylon en diferentes porcentajes mejora en más del 5% la resistencia a compresión y a flexión del adobe en comparación con la adición de paja.

3.2 Variables o categorías

- **Variable Independiente**

Aditivo incorporado al adobe (ichu y nylon).

- **Variable dependiente**

Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de la unidad de adobe.

3.3 Operacionalización de los componentes de la hipótesis

Tabla 4.

Matriz de Operacionalización de variables

HIPOTESIS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES	VARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
				INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
La adición de nylon en diferentes porcentajes mejora en más del 5% la resistencia a compresión y a flexión del adobe en comparación con la adición de paja	Aditivo Natural: Materiales naturales como la paja y la arena gruesa, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido (Vivienda, 2017)	Aditivo incorporado al adobe (independiente)	Cantidad fibra (0.52 y 0.26%)	%	Antecedentes Norma E.080 (cantidad de paja) Trabajabilidad
	Aditivo sintético: Material químico que se incorpora a un elemento para mejorar sus características.	Resistencia a compresión: Acción de comprimir un material aplicando una carga que puede ser axial o triaxial (MTC, 2014).			
	Resistencia a flexión: Deformación que experimenta un elemento estructural alargado en dirección perpendicular a su eje longitudinal (Altamirano, 2019).	Resistencia a flexión de unidades	Carga Superficie	kg cm ²	Maquina Universal

CAPÍTULO IV

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Ubicación geográfica

La investigación se elaboró en la ciudad de Cajamarca, laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca.

- País: Perú
- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Cajamarca

Figura 8.

Mapa del País identificando el departamento



Fuente: Ingo Menhard / Alamy Foto de stock

Figura 9.
Provincia de Cajamarca



Fuente: Gualberto Valderrama (2005)

Figura 10.
Distrito de Cajamarca



Fuente: FamilySearch (2021)

4.2 Diseño de la investigación

- Tipo: Aplicada
- Nivel: Relacional
- Diseño: Experimental

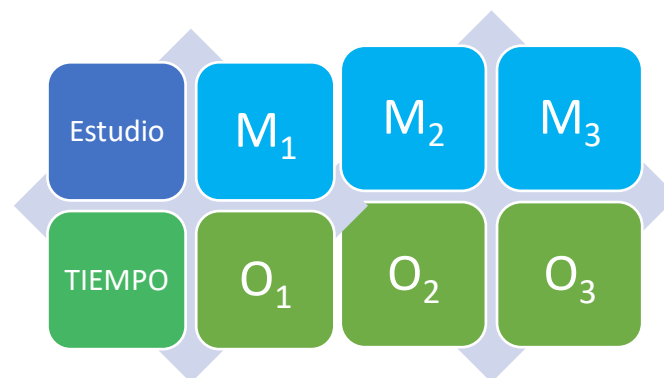
El diseño de la investigación es cuantitativo y de corte transversal:

Enfoque cuantitativo: La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, orientado a medidas, datos numéricos y análisis estadístico (Padilla & Marroquín, 2020).

Diseño transversal: Describe el fenómeno de estudio en un momento determinado del tiempo, no le interesa la evolución del fenómeno (Borja, 2012)

La investigación realizada tiene diseño transversal, porque las observaciones se hicieron en las condiciones de un determinado tiempo.

Figura 11.
Esquema de la investigación

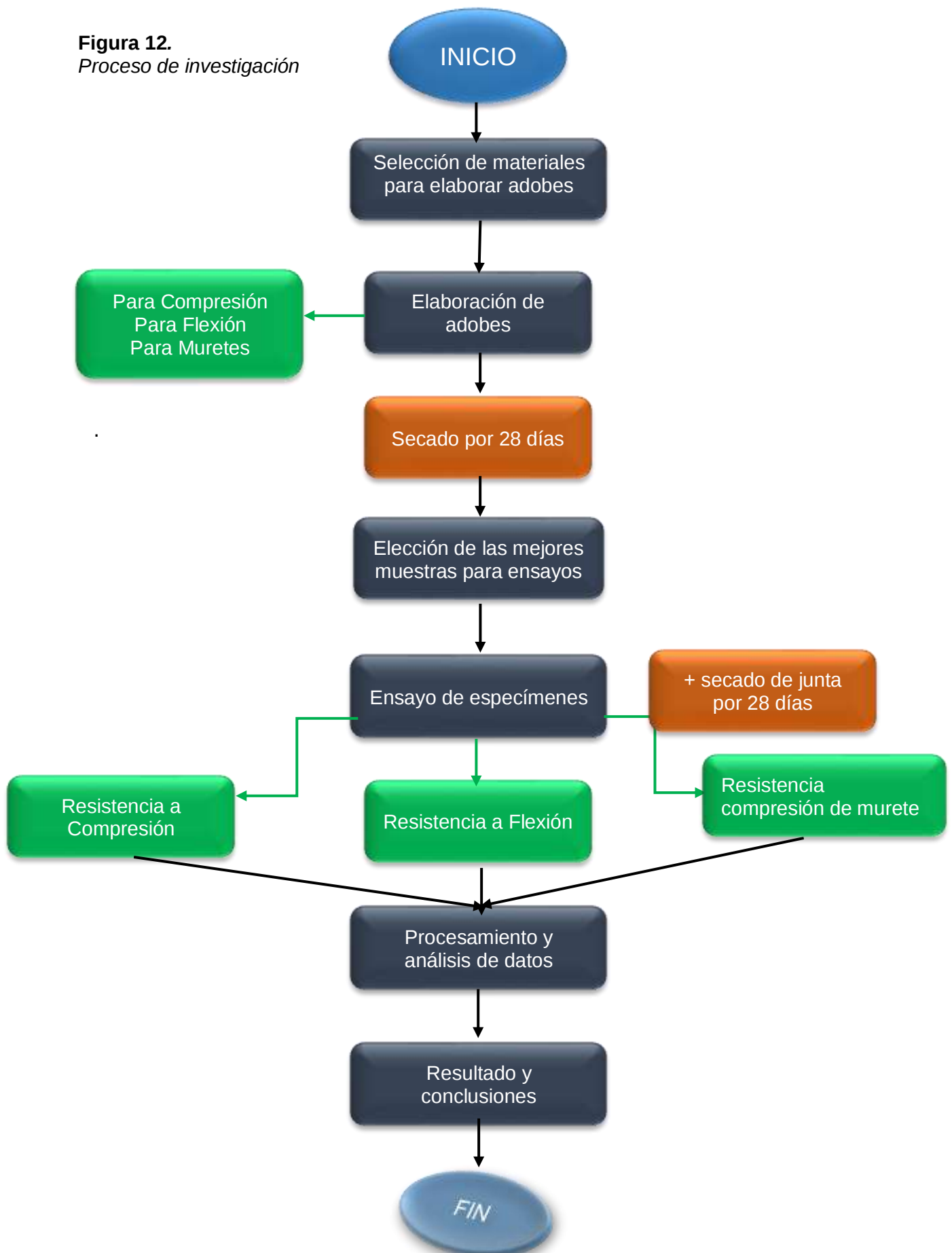


Donde:

- M₁, M₂, M₃: Muestra
- O₁, O₂, O₃: Observaciones de las propiedades mecánicas del adobe para diferentes muestras.

Las adiciones usadas son de 1:5 y de 0.5:5, estos porcentajes se determinaron de acuerdo la Norma E.080, Artículo 12. Condiciones de la tierra a utilizar, donde se indica una proporción de 1 volumen de paja por 5 de tierra (1:5); y la otra dosificación considerada es menor por la trabajabilidad del nylon.

Figura 12.
Proceso de investigación



4.3 Métodos de investigación

De acuerdo a la naturaleza del proyecto y a los objetivos, con los cuales se dio a conocer las propiedades mecánicas del adobe al adicionar ichu o nylon, en consecuencia, el tipo de investigación realizada es de carácter experimental, porque se realizó la manipulación de las variables.

En la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). (Murillo, 2011)

La investigación experimental se caracteriza por contar con dos o más niveles de manipulación de la variable independiente (todo dependerá de los grupos que necesite el investigador) y por la medición pre y post test de la variable dependiente. (Ramos, 2021)

- Tipo: Aplicada
- Nivel: Correlacional
- Diseño: Experimental
- Método: Hipotético – Deductivo

4.4 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

➤ Población

La población de la presente investigación está conformada por todos los especímenes de adobe elaborados con diferentes porcentajes de ichu o nylon y también aquellos sin ninguna adición de fibra.

➤ **Muestra**

De acuerdo a la norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, la cantidad de muestra por cada ensayo realizado fue de 6, analizadas después de 28 días de secado. Para lo cual se tuvo un total de 90 muestras no probabilísticas por conveniencia.

Tabla 5.

Muestra para ensayos a la Unidad

	Ensayo		Sin adición	Ichu		Nylon	
				1:5	0.5:5	1:5	0.5:5
Unidad	Resistencia compresión	a	6	6	6	6	6
	Resistencia tracción	a	6	6	6	6	6
	Total		12	12	12	12	12

Tabla 6.

Muestra para ensayos murete

	Ensayo		Sin adición	Ichu		Nylon	
				1:5	0.5:5	1:5	0.5:5
Murete	Resistencia compresión	a	6	6	6	6	6
	Total		6	6	6	6	6

➤ **Unidad de análisis y unidad de observación**

La unidad de análisis y de observación viene a ser constituida el adobe y murete, con y sin adición de fibra en cada ensayo de las propiedades mecánicas.

4.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de información

➤ **Técnicas**

En cuanto a la técnica de recolección de datos se realizó a través de la observación directa de los ensayos, así mismo, se usó el método cualitativo y cuantitativo.

Para el método cualitativo el cual se basa en la recolección de información, se empleó la revisión documental para la cual Mercado en el 2008, indica que esta nos permite el aprovechamiento de la información que puede estar disponible en documentos oficiales

y personales, informes, cartas, prensa, diario, registros, revistas, folletos, actas, enciclopedias, cintas magnetofónicas u otras fuentes de información, además, con la información obtenida se facilita el análisis de los datos relacionados con el tema de investigación (Citado en Alvarado y Pérez, 2018).

Este método de investigación se aplicó con el fin de medir y evaluar las variables de estudio en cuanto a la adición de paja y nylon de los especímenes de adobe elaborados de acuerdo a la Norma E.080.

➤ **Instrumentos**

- Ficha de control para clasificar el tipo de suelo usado
- Ficha de control para la resistencia a la compresión y flexión de unidades de adobe
- Ficha de control para la resistencia a la compresión y flexión de unidades de muretes

4.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

➤ **Técnicas**

La técnica para el procesamiento de datos es la estadística, se utilizó una hoja de cálculo Excel elaborada con indicaciones de la norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada, los resultados se presentan en gráficos y tablas.

➤ **Análisis de información**

Las hojas de cálculo de Microsoft Excel sirven para ordenar, agrupar, determinar promedios, análisis de varianza, cuadros estadísticos, gráficos de los resultados numéricos obtenidos y prueba de hipótesis.

4.7 Matriz de consistencia metodológica

Tabla 7.

Matriz de consistencia metodológica

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/ CATEGORÍAS	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuál es la diferencia en la resistencia a compresión y flexión del adobe al adicionar paja y nylon en diferentes porcentajes?	Evaluar la resistencia a la compresión y flexión del adobe al adicionar paja o nylon en diferentes porcentajes, Cajamarca 2024.	La adición de nylon en diferentes porcentajes mejora en más del 5% la resistencia a compresión y a flexión del adobe en comparación con la adición de paja.	% de adición nylon o Ichu en función de volumen (independiente Resistencia a compresión Resistencia a flexión	Cantidad fibra (0.52 y 0.26%) Carga Superficie	% kg cm²	Antecedentes Norma E.080 (cantidad de paja), Trabajabilidad Maquina universal	- La investigación a realizarse tiene diseño transversal, porque las observaciones solo se harán en las condiciones de un determinado tiempo. - Las adiciones a usar son de 1:5 (0.52%) y de 1:0.5 (0.26%), estos porcentajes se determinaron de acuerdo la Norma E.08, antecedentes y la trabajabilidad de la fibra. - En cuanto a la técnica de recolección de datos se realizará a través de la observación directa y el método cuantitativo. - Las hojas de cálculo de Microsoft Excel servirán para ordenar, agrupar, determinar promedios, análisis de varianza, cuadros estadísticos, gráficos de los resultados numéricos obtenidos y prueba de hipótesis.	La población de la presente investigación está conformada por todos los especímenes de adobe elaborados con diferentes porcentajes de ichu o nylon y también aquellos sin ninguna adición de fibra. De acuerdo a la norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, la cantidad de muestras por cada ensayo a realizarse es de 6, analizadas después de 28 días de secado. Para lo cual se tendrá en total la cantidad de 90 muestras no probabilísticas por conveniencia.

CAPITULO V

V. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presenta el análisis, discusión e interpretación de resultados obtenidos después de cada ensayo realizado con las dosificaciones de: 1 volumen de paja por 5 de tierra y 0.5 volumen de nylon por 5 de tierra. Así mismo, en el presente capítulo se verifica la hipótesis planteada.

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1 Resistencia a la Compresión de la Unidad de Adobe

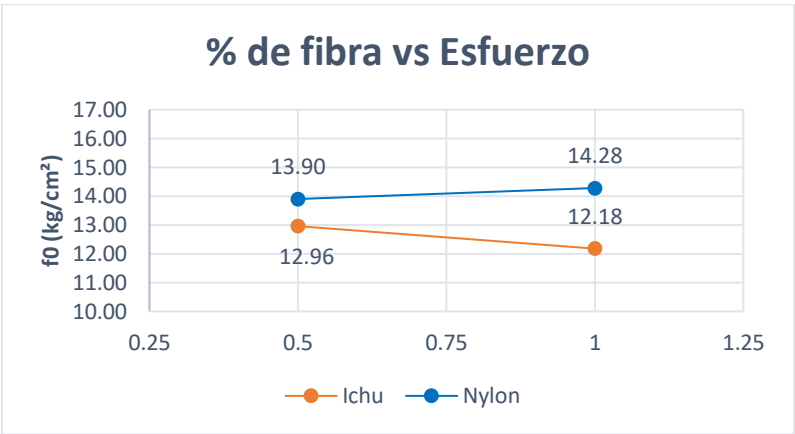
Tabla 8.

Resultados de la resistencia a compresión de unidad de adobe a los 28 días de secado.

N.º	Esfuerzo (Kg/cm ²)				
	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5
1	14.46	12.46	12.25	15.68	14.10
2	13.38	12.16	13.40	15.47	13.74
3	14.66	12.55	12.56	13.42	14.89
4	13.26	11.35	13.07	14.67	13.00
Σ	83.27	73.08	77.76	85.70	83.41
Prom.	13.88	12.18	12.96	14.28	13.90

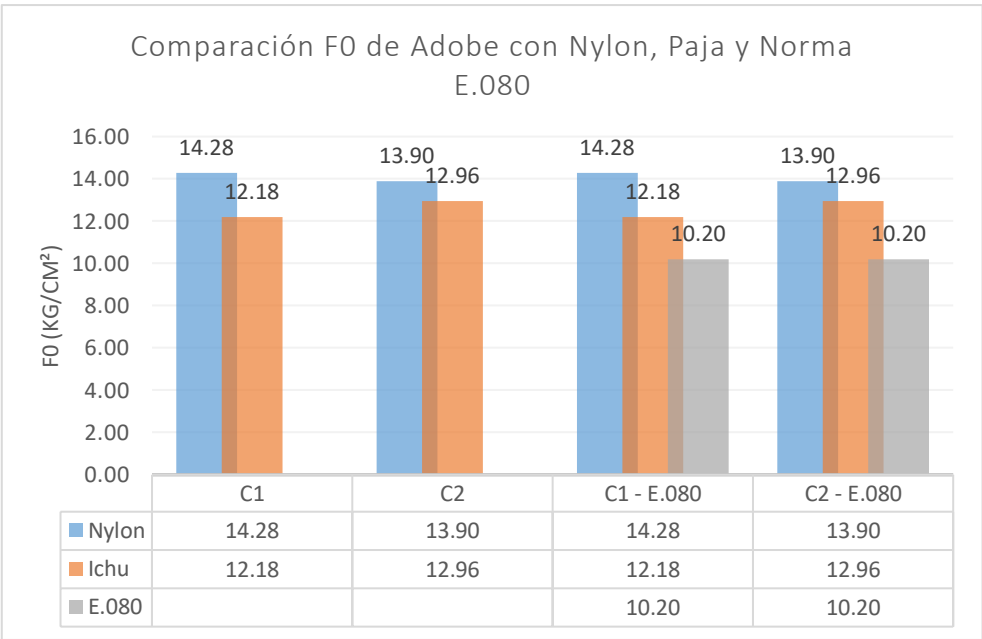
Nota: El adobe sin adición presenta una mayor resistencia a la compresión debido a su homogeneidad y su grado de compactación. Mientras que los otros resultados se ven afectados por la incorporación de paja y nylon lo cual genera vacíos y discontinuidad reduciendo así la resistencia a fuerzas de compresión.

Figura 13.
% de Nylon vs % de Ichu en resistencia a la compresión



Nota: En la Figura N °13, se puede evidenciar que los adobes con fibra de nylon tienen una resistencia a la compresión por sobre la resistencia a la compresión con fibra vegetal (ichu), en la dosificación 0.5 los valores son más cercanos que en la dosificación 1.

Figura 14.
Comparación de la resistencia (F0) de la unidad de adobe con nylon, con ichu y con el valor de la Norma E.080.



Nota: En la figura N °14, se hace la comparación entre valores con nylon, ichu y con el valor de la norma, se observa que los valores con fibras están por encima del valor que nos indica la Norma E.080, Artículo 8, inciso 8.1.

5.1.2 Resistencia a la Flexión de la Unidad de Adobe

Tabla 9.

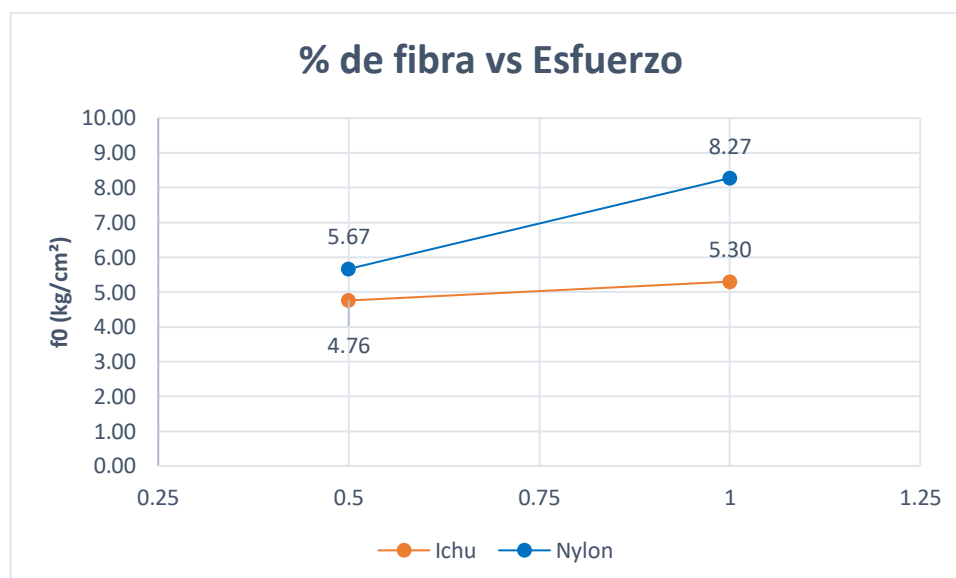
Resultados de la resistencia a flexión de unidad de adobe a los 28 días de secado.

N.º	Esfuerzo (Kg/cm ²)				
	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5
1	4.87	4.86	4.22	7.28	5.84
2	4.36	5.08	4.32	9.18	5.34
3	4.34	5.40	4.15	9.62	5.79
4	5.27	5.94	4.71	8.60	5.83
5	5.35	5.48	5.31	7.32	5.76
6	4.50	5.02	5.84	7.64	5.43
Σ	28.69	31.79	28.54	49.64	33.99
Prom.	4.78	5.30	4.76	8.27	5.67

Nota: El adobe tradicional presenta una baja resistencia a la flexión, ya que en su estructura no cuenta con elementos de refuerzo para controlar el agrietamiento, sin embargo, la paja incrementa moderadamente la capacidad de resistencia a la flexión al controlar la fisuración, mientras que el nylon actúa como un refuerzo más eficiente, proporcionando mayores valores de resistencia debido al comportamiento dúctil del nylon.

Figura 15.

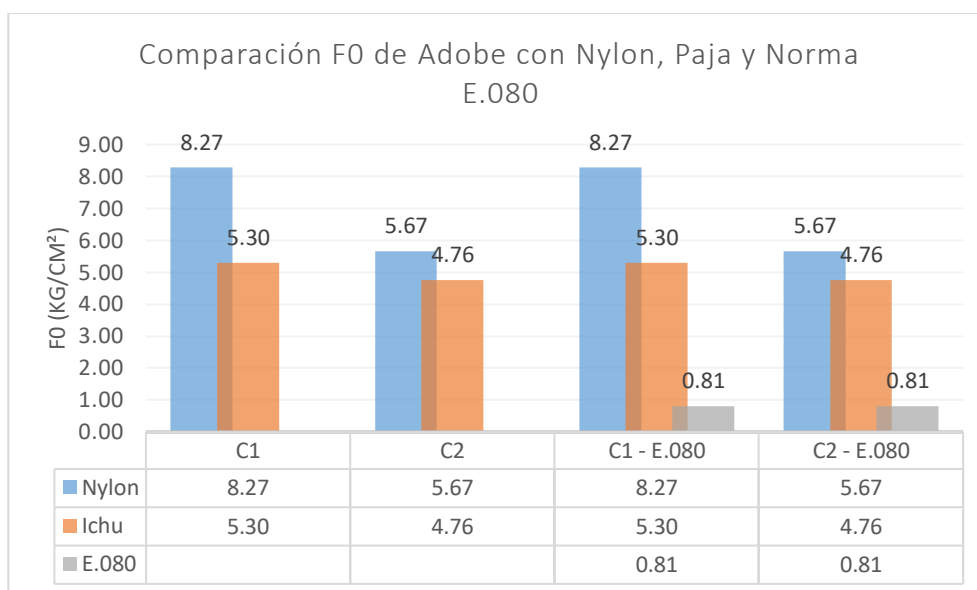
% de Nylon vs % de Ichu en resistencia a la flexión



Nota: De la Figura N °15, se evidencia que en la dosificación de 1:5 los valores de la resistencia a la flexión son más cercanas mientras que en la dosificación 0.5:5 los valores de resistencia a la flexión son más distantes.

Figura 16.

Comparación de la resistencia a la flexión de la unidad de adobe con Nylon, con ichu y con el valor de la Norma E.080.



Nota: En la figura N °16, se observa que los valores con fibras (ichu y nylon), están por encima del valor que nos indica la Norma E.080, Artículo 8, inciso 8.2.

5.1.3 Resistencia a la Compresión de Murete

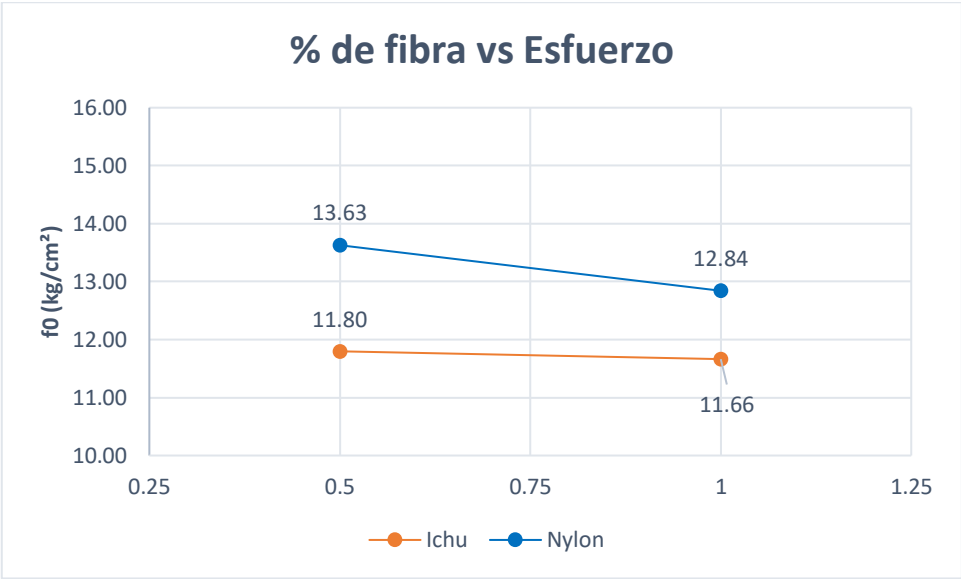
Tabla 10.

Resultados de la resistencia a compresión de murete de adobe a los 28 días de secada la junta.

N.º	Esfuerzo (Kg/cm2)				
	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5
1	12.65	12.12	12.10	12.52	14.68
2	11.95	11.46	12.22	12.75	13.77
3	12.62	11.63	11.41	13.15	14.20
4	12.54	12.06	11.34	13.19	12.97
5	12.44	11.15	11.95	13.02	12.91
6	12.95	11.55	11.76	12.42	13.24
Σ	75.16	69.98	70.79	77.05	81.77
Prom.	12.53	11.66	11.80	12.84	13.63

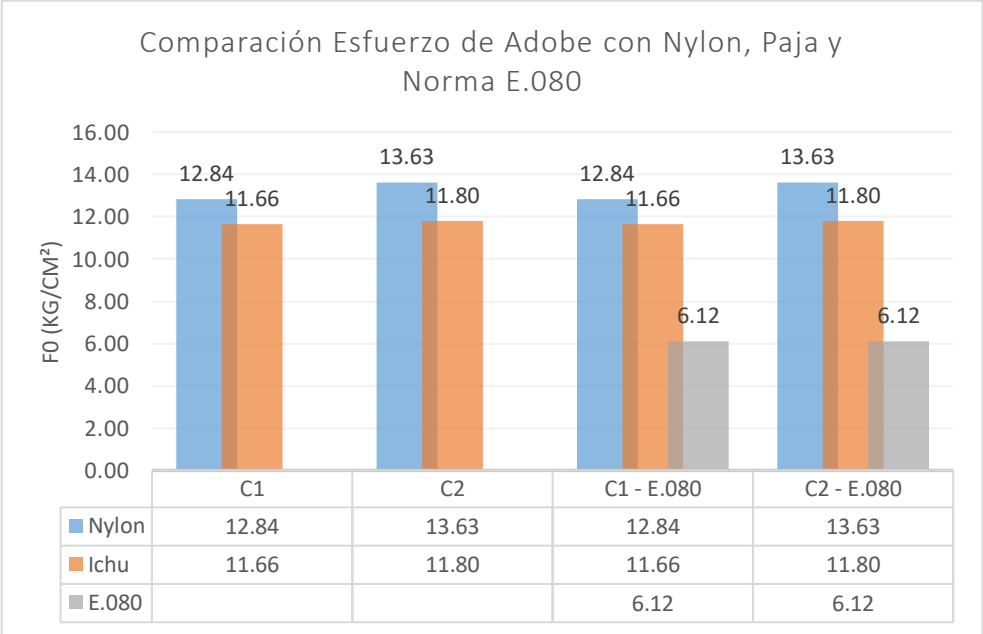
Nota: En los ensayos realizados, el adobe sin adición presenta la mayor resistencia promedio debido a su homogeneidad y compactación de las unidades. Las mezclas con paja muestran menores ya que las fibras generan vacíos internos que disminuyen la capacidad portante. Por otro lado, la adición de nylon aumenta la resistencia promedio, especialmente en la dosificación 0,5:5, actuando como refuerzo interno y mejorando el comportamiento del murete frente a cargas de compresión.

Figura 17.
% de Nylon vs % de Ichu en resistencia a la compresión de murete



Nota: En la Figura N °17, se evidencia que en la dosificación 1:5 los valores de la resistencia a compresión de murete son más cercanas mientras que en la dosificación 0.5:5 los valores de resistencia son más distantes siendo el con Nylon mayor a la resistencia con Ichu.

Figura 18.
Comparación de la resistencia a la compresión admisible de murete de adobe con Nylon, con Ichu y con el valor de la Norma E.080.



Nota: En la figura N °18, se observa que los valores con fibras (ichu y nylon), están por encima del valor que nos indica la Norma E.080, Artículo 8, inciso 8.4.

5.1.4 Trabajabilidad de la mezcla del adobe sin paja (A) de la mezcla del adobe con nylon (B), mezcla de adobe con paja.

- **Trabajabilidad de la mezcla del adobe sin paja**

La trabajabilidad del barro sin adición de paja o nylon resulta más adecuada, debido a que únicamente requiere la mezcla de tierra y agua, lo que facilita su preparación y reduce el tiempo de elaboración, en comparación con las mezclas que incorporan fibras de refuerzo.

Figura 19.

Barro sin fibra



- **Trabajabilidad de la mezcla del adobe con nylon**

La trabajabilidad del barro con incorporación de nylon es relativamente manejable cuando se utiliza un balde de nylon; sin embargo, al incorporar dos baldes o más, la mezcla se vuelve poco trabajable. Para lograr una adecuada homogeneidad, el proceso de mezclado se realiza esparciendo previamente el nylon sobre la tierra seca, lo que permite una mejor distribución de la fibra antes de la adición de agua y evita su separación.

Figura 20.

Barro con fibra de nylon



- **Trabajabilidad de la mezcla del adobe con Paja Ichu**

La trabajabilidad del barro con incorporación de paja ichu es adecuada, ya que la fibra se integra de manera más uniforme con la tierra y no se separa durante el proceso de mezclado con el material humedecido. Para su preparación, la paja ichu se esparce sobre el barro y se mezcla hasta obtener una mezcla homogénea.

Figura 21.

Barro con fibra vegetal (ichu)



5.1.5 Preparación de adobes

Figura 23. 3 tipos de adoberas



Figura 22. Área para desmoldar



Figura 25. Tierra Zarandeada



Figura 24. Preparación de barro



Figura 26. Preparación de ichu



Figura 27. Comparación de ichu/nylon

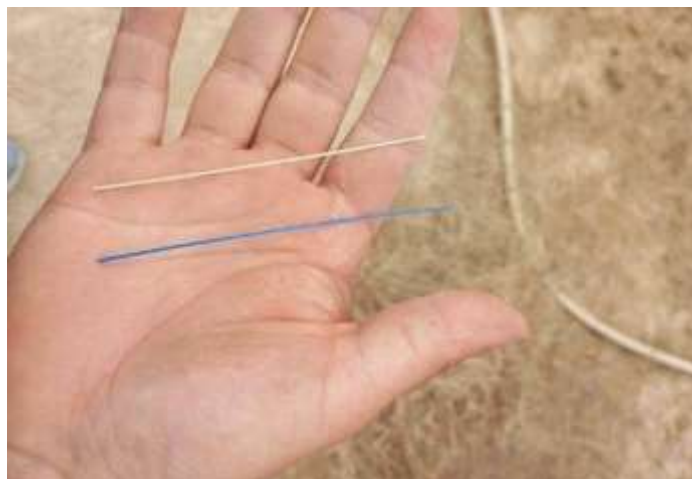


Figura 29. Preparación de adobes 40x20x10.



Figura 28. Preparación de adobes 10x10x10



Figura 30. Secado de adobes por 28 días



Figura 31. Fibra de nylon usado – Tipo Estrella



5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El objetivo principal de la investigación es comparar la resistencia a la compresión y flexión del adobe al adicionar paja o nylon en diferentes porcentajes, Cajamarca 2024, y como objetivos específicos se tiene determinar la resistencia a la compresión y flexión utilizando 0.52% y 0.26% de nylon o de paja. En el ítem anterior se presentó los resultados en tablas y gráficos, por consiguiente, en este ítem se presenta el análisis estadístico de los resultados procesados en el programa InfoStat y la discusión e interpretación a través de figuras y/o fotografías de cada ensayo realizado

El análisis estadístico se realizó en el programa InfoStat, para procesar los resultados se sigue los siguientes pasos:

- 1) Verificar supuestos (Prueba de normalidad e Igualdad de varianzas)
- 2) Análisis de Varianza
- 3) Comparaciones múltiples

5.2.1 Análisis estadístico (InfoStat) resistencia a la compresión de unidad de adobe

1) Verificar supuestos

a) Prueba de Normalidad

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 32.

Prueba de Normalidad a los resultados de ensayo a compresión de unidad (Infostat).

Shapiro-Wilks (modificado)

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Nylon 0.5	5	F0	6	13.90	0.74	0.94
Nylon 1	5	F0	6	14.28	1.14	0.81
Paja 0.5	5	F0	6	12.96	0.57	0.96
Paja 1	5	F0	6	12.18	0.59	0.94
Tradicional	F0	6	13.88	0.81	0.81	0.0923

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

Como el P valor en todos es mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5% se cumple el supuesto de normalidad.

b) Igualdad de varianzas

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 33.

Igualdad de varianzas de los resultados de ensayo a compresión de unidad (Infostat).

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
F0	{Nylon 0.5:5}	{Nylon 1:5}	6	6	0.54	1.30	0.42	0.3607	Bilateral
F0	{Nylon 0.5:5}	{Paja 0.5:5}	6	6	0.54	0.32	1.69	0.5789	Bilateral
F0	{Nylon 0.5:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.54	0.34	1.58	0.6266	Bilateral
F0	{Nylon 0.5:5}	{Tradicional}	6	6	0.54	0.65	0.83	0.8449	Bilateral
F0	{Nylon 1:5}	{Paja 0.5:5}	6	6	1.30	0.32	4.04	0.1517	Bilateral
F0	{Nylon 1:5}	{Paja 1:5}	6	6	1.30	0.34	3.78	0.1705	Bilateral
F0	{Nylon 1:5}	{Tradicional}	6	6	1.30	0.65	1.99	0.4685	Bilateral
F0	{Paja 0.5:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.32	0.34	0.94	0.9446	Bilateral
F0	{Paja 0.5:5}	{Tradicional}	6	6	0.32	0.65	0.49	0.4554	Bilateral
F0	{Paja 1:5}	{Tradicional}	6	6	0.34	0.65	0.53	0.4973	Bilateral

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

Prueba: Bilateral

Como el P valor en todos es mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5% se cumple el supuesto de homogeneidad de varianza.

2) Análisis de varianza

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 34.

Análisis de varianza de los resultados de ensayo a compresión de unidad (Infostat).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F0	30	0.53	0.45	5.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.59	4	4.40	6.95	0.0007
Tratamiento	17.59	4	4.40	6.95	0.0007
Error	15.82	25	0.63		
Total	33.41	29			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.6328 gl: 25

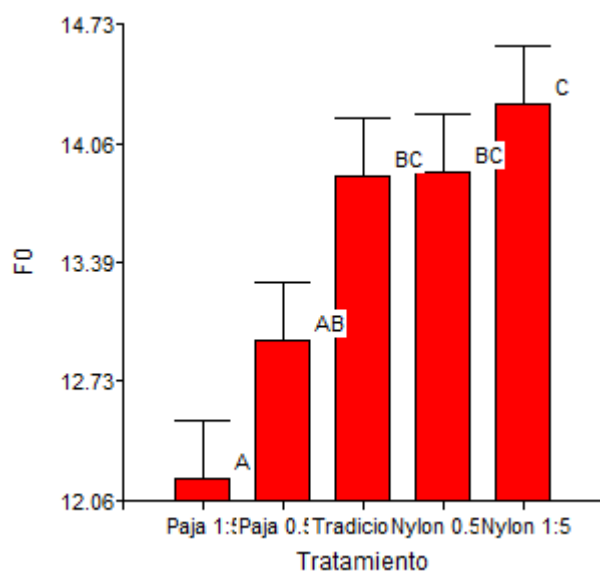
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Paja 1:5	12.18	6	0.32	A
Paja 0.5:5	12.96	6	0.32	A B
Tradicional	13.88	6	0.32	B C
Nylon 0.5:5	13.90	6	0.32	B C
Nylon 1:5	14.28	6	0.32	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como el P valor es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, al menos un tratamiento es diferente.

Figura 35.

Gráfico de barras análisis de varianza al menos uno de los tratamientos de resistencia a compresión de unidad es diferente.



3) Comparaciones múltiples

- a) El nylon 1:5 mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con adobe sin adición.

Prueba de T de Student de 1 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.694$$

$$H_1 : < 0.694$$

Tabla 11.

Resultado de la comparación de Tradicional, Paja, Nylon dosificación 1:5

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar	IC de 95%	T	P
Sin Adición	6	13.878	0.811	0.331	(13.027, 14.729)	39.82	0
Paja 1:5	6	12.18	0.588	0.24	(11.562, 12.797)	47.83	0
Nylon 1:5	6	14.283	1.142	0.466	(13.085, 15.481)	29.16	0

Fuente: Minitab 15

Como el P valor es menor a 0.05 ($0.00 < 0.05$) entonces se rechaza la hipótesis nula.
Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 1:5 no mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión de unidad tradicional.

b) El nylon 0.5:5 mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con adobe tradicional.

Prueba de T de Estudent de 1 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.694$$

$$H_1 : < 0.694$$

Tabla 12.

Resultado de la comparación de Tradicional, Paja, Nylon dosificación 0.5:5

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar	IC de 95%	T	P
Sin Adición	6	13.878	0.811	0.331	(13.027, 14.729)	39.82	0
Paja 0.5:5	6	12.96	0.569	0.232	(12.362, 13.557)	52.77	0
Nylon 0.5:5	6	13.902	0.737	0.301	(13.129, 14.675)	43.92	0

Fuente: Minitab 15

Como el P valor es menor a 0.05 ($0.00 < 0.05$) entonces se rechaza la hipótesis nula.
Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 0.5:5 no mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión de unidad tradicional.

c) Paja vs nylon mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con la paja (1:5)

Prueba de T de Estudent de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.609$$

$$H_1 : < 0.609$$

Tabla 13.*Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon*

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Paja 1:5	6	12.18	0.588	0.24
Nylon 1:5	6	14.28	1.14	0.47

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -2.103
- Límite inferior 95% de la diferencia: -3.096
- Prueba T de diferencia = 0.609 (vs. >): Valor T = -5.17
- Valor P = 0.999

Como el P valor es mayor a 0.05 ($0.999 > 0.05$) entonces se no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 1:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión de la unidad de adobe.

d) Paja vs nylon mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con la paja (0.5:5)

Prueba de T de Student de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.648$$

$$H_1 : < 0.648$$

Tabla 14.*Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon*

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Paja 0.5:5	6	12.96	0.569	0.23
Nylon 0.5:5	6	13.902	0.737	0.3

Fuente: Minitab 15

- Límite inferior 95% de la diferencia: -1.639
- Prueba T de diferencia = 0.648 (vs. >): Valor T = -4.18

- Valor P = 0.999

Como el P valor es mayor a 0.05 ($0.999 > 0.05$) entonces se no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 0.5:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión de la unidad de adobe.

5.2.2 Análisis estadístico (InfoStat) resistencia a la flexión de unidad de adobe

1) Verificar supuestos

c) Prueba de Normalidad

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 36.

Prueba de Normalidad a los resultados de ensayo a flexión de unidad (Infostat).

Shapiro-Wilks (modificado)

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Nylon 0.5	5	R. Flexión F0	6	5.67	0.22	0.76
Nylon 1	5	R. Flexión F0	6	8.27	1.00	0.86
Paja 0.5	5	R. Flexión F0	6	4.76	0.68	0.86
Paja 1	5	R. Flexión F0	6	5.30	0.39	0.93
Tradicional	R. Flexión F0	6	4.78	0.45	0.83	0.1266

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

Como el P valor en todos es mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5% se cumple el supuesto de normalidad.

d) Igualdad de varianzas

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 37.

Igualdad de varianzas de los resultados de ensayo a flexión de unidad (Infostat).

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n (2)	Var (1)	Var (2)	F	p	prueba
R. Flexión F0	{Nylon 0.5:5}	{Nylon 1:5}	6	6	0.05	1.01	0.05	0.0047	Bilateral
R. Flexión F0	{Nylon 0.5:5}	{Paja 0.5:5}	6	6	0.05	0.47	0.10	0.0269	Bilateral
R. Flexión F0	{Nylon 0.5:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.05	0.15	0.32	0.2307	Bilateral
R. Flexión F0	{Nylon 0.5:5}	{Tradicional}	6	6	0.05	0.20	0.24	0.1414	Bilateral
R. Flexión F0	{Nylon 1:5}	{Paja 0.5:5}	6	6	1.01	0.47	2.16	0.4169	Bilateral
R. Flexión F0	{Nylon 1:5}	{Paja 1:5}	6	6	1.01	0.15	6.52	0.0603	Bilateral
R. Flexión F0	{Nylon 1:5}	{Tradicional}	6	6	1.01	0.20	4.93	0.1046	Bilateral
R. Flexión F0	{Paja 0.5:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.47	0.15	3.02	0.2511	Bilateral
R. Flexión F0	{Paja 0.5:5}	{Tradicional}	6	6	0.47	0.20	2.28	0.3868	Bilateral
R. Flexión F0	{Paja 1:5}	{Tradicional}	6	6	0.15	0.20	0.76	0.7665	Bilateral

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

Prueba: Bilateral

Como el P valor en todos es mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5% se cumple el supuesto de homogeneidad de varianza.

2) Análisis de varianza

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 38.

Análisis de varianza de los resultados de ensayo a flexión de unidad (Infostat).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
R. Flexión F0	30	0.84	0.82	10.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.01	4	12.75	33.90	<0.0001
Tratamiento	51.01	4	12.75	33.90	<0.0001
Error	9.40	25	0.38		
Total	60.41	29			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.3762 gl: 25

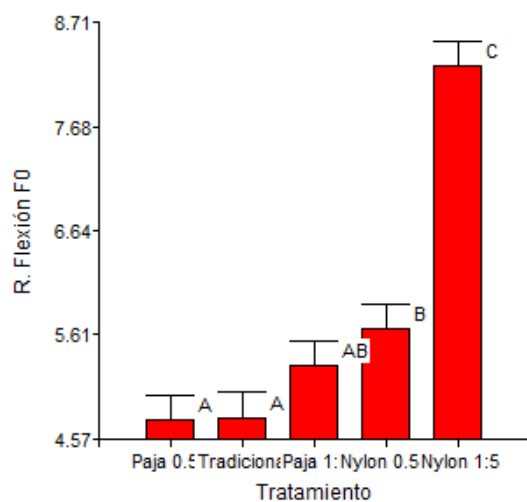
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Paja 0.5:5	4.76	6	0.25	A
Tradicional	4.78	6	0.25	A
Paja 1:5	5.30	6	0.25	A B
Nylon 0.5:5	5.67	6	0.25	B
Nylon 1:5	8.27	6	0.25	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como el P valor es menor a 0.05 ($0.00 < 0.05$), entonces se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, al menos un tratamiento es diferente.

Figura 39.

Gráfico de barras análisis de varianza al menos un tratamiento de resistencia a flexión de unidad es diferente.



3) Comparaciones múltiples

a) EL Ichu 1:5 mejora en más del 5% la resistencia a la flexión en comparación con adobe sin adición

Prueba de T de Student de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.239$$

$$H_1 : < 0.239$$

Tabla 15.

Resultado de la comparación de Paja Ichu dosificación 1:5 y adobe sin adición

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Sin Adición	6	4.782	0.453	0.18
Paja 1:5	6	5.298	0.394	0.16

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -0.516
- Límite inferior 95% de la diferencia: -0.965
- Prueba T de diferencia = 0.239 (vs. >): Valor T = -3.08
- Valor P = 0.993

Como el P valor es mayor a 0.05 ($0.993 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, la paja con dosificación 1:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la flexión de unidad de adobe en comparación al adobe sin adición.

b) EL Ichu 0.5:5 mejora en más del 5% la resistencia a la flexión en comparación con adobe sin adición.

Prueba de T de Estudent de 1 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.239 \quad H_1 : < 0.239$$

Tabla 16.

Resultado de la comparación de Paja dosificación 0.5:5 y adobe sin adición

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar	Inferior	T	P
Sin Adición	6	4.782	0.453	0.185	4.409	24.57	0
Paja 0.5:5	6	4.757	0.683	0.279	4.195	16.2	0

Fuente: Minitab 15

Como el P valor es menor a 0.05 ($0.00 < 0.05$) entonces se rechaza la hipótesis nula.

Con una significancia del 5%, el ichu con dosificación 0.5:5 no mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la flexión de unidad de adobe en comparación con un adobe sin adición.

c) El nylon 1:5 mejora en más del 5% la resistencia a la flexión en comparación con adobe sin adición.

Prueba de T de Estudent de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.239$$

$$H_1 : < 0.239$$

Tabla 17.

Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon 1:5 y sin fibra

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Sin Adición	6	4.782	0.453	0.18
Nylon 1:5	6	8.27	1	0.41

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -3.492
- Límite inferior 95% de la diferencia: -4.365
- Prueba T de diferencia = 0.239 (vs. >): Valor T = -8.30
- Valor P = 1.00

Como el P valor es mayor a 0.05 ($1.00 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 1:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la flexión de la unidad de adobe en comparación con un adobe sin adición.

d) El nylon 0.5:5 mejora en más del 5% la resistencia a la flexión en comparación con adobe sin adición.

Prueba de T de Student de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.239$$

$$H_1 : < 0.239$$

Tabla 18.

Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon 0.5:5 y sin adición

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Sin Adición	6	4.782	0.453	0.18
Nylon 0.5:5	6	5.665	0.219	0.09

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -0.883
- Límite inferior 95% de la diferencia: -1.273
- Prueba T de diferencia = 0.239 (vs. >): Valor T = -5.46
- Valor P = 1.00

Como el P valor es mayor a 0.05 ($1.00 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 0.5:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la flexión de la unidad de adobe en comparación con un adobe sin adición.

e) Nylon mejora en más del 5% la resistencia a la flexión en comparación con la paja ichu (1:5).

Prueba de T de Estudent de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.265$$

$$H_1 : < 0.265$$

Tabla 19.

Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon y paja ichu 1:5

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Paja 1:5	6	5.298	0.394	0.16
Nylon 1:5	6	8.27	1	0.4

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -2.976
- Límite inferior 95% de la diferencia: -3.831
- Prueba T de diferencia = 0.265 (vs. >): Valor T = -7.37
- Valor P = 1.00

Como el P valor es mayor a 0.05 ($1.00 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 1:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la flexión de la unidad de adobe en comparación con un adobe con paja ichu.

f) Nylon mejora en más del 5% la resistencia a la flexión en comparación con la paja ichu (0.5:5).

Prueba de T de Estudent de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.238$$

$$H_1 : < 0.238$$

Tabla 20.

Resultado de la comparación de resistencia con fibra nylon y paja ichu 0.5:5

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Paja 0.5:5	6	4.757	0.683	0.28
Nylon 0.5:5	6	5.665	0.219	0.09

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -0.909
- Límite inferior 95% de la diferencia: -1.478
- Prueba T de diferencia = 0.238 (vs. >): Valor T = -3.91
- Valor P = 0.996

Como el P valor es mayor a 0.05 ($0.996 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 0.5:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la flexión de la unidad de adobe en comparación con un adobe con paja ichu.

5.2.3 Análisis estadístico (InfoStat) resistencia a la compresión admisible de murete.

1) Verificar supuestos

e) Prueba de Normalidad

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 40.

Prueba de Normalidad a los resultados de ensayo a compresión de murete (Infostat).

Shapiro-Wilks (modificado)

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Nylon 0.5	5	R. Comp.-Pila	6	13.63	0.71	0.89
Nylon 1	5	R. Comp.-Pila	6	12.84	0.33	0.87
Paja 0.5	5	R. Comp.-Pila	6	11.80	0.36	0.90
Paja 1	5	R. Comp.-Pila	6	11.66	0.37	0.92
Tradicional	R. Comp.-Pila	6	12.53	0.33	0.94	0.7238

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

Como el P valor en todos es mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5% se cumple el supuesto de normalidad.

f) Igualdad de varianzas

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 41.

Igualdad de varianzas de los resultados de ensayo a compresión de murete (Infostat).

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
R. Comp.-Pila	{Nylon 0.5:5}	{Nylon 1:5}	6	6	0.51	0.11	4.75	0.1125	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Nylon 0.5:5}	{Paja 0.5:5}	6	6	0.51	0.13	3.90	0.1613	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Nylon 0.5:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.51	0.14	3.73	0.1750	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Nylon 0.5:5}	{Tradicional}	6	6	0.51	0.11	4.70	0.1147	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Nylon 1:5}	{Paja 0.5:5}	6	6	0.11	0.13	0.82	0.8352	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Nylon 1:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.11	0.14	0.79	0.7976	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Nylon 1:5}	{Tradicional}	6	6	0.11	0.11	0.99	0.9914	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Paja 0.5:5}	{Paja 1:5}	6	6	0.13	0.14	0.96	0.9613	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Paja 0.5:5}	{Tradicional}	6	6	0.13	0.11	1.20	0.8436	Bilateral
R. Comp.-Pila	{Paja 1:5}	{Tradicional}	6	6	0.14	0.11	1.26	0.8059	Bilateral

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

Prueba: Bilateral

Como el P valor en todos es mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5% se cumple el supuesto de homogeneidad de varianza.

2) Análisis de varianza

Hipótesis:

H_0 : Todos los tratamientos son iguales

H_1 : Al menos un tratamiento es diferente

Figura 42.

Análisis de varianza de los resultados de ensayo a compresión de murete (Infostat).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
R. Comp.-Pila	30	0.76	0.72	3.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.53	4	3.88	19.51	<0.0001
Tratamiento	15.53	4	3.88	19.51	<0.0001
Error	4.97	25	0.20		
Total	20.50	29			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1989 gl: 25

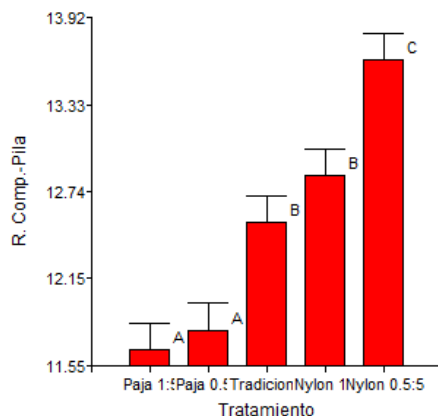
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Paja 1:5	11.66	6	0.18	A
Paja 0.5:5	11.80	6	0.18	A
Tradicional	12.53	6	0.18	B
Nylon 1:5	12.84	6	0.18	B
Nylon 0.5:5	13.63	6	0.18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como el P valor es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, al menos un tratamiento es diferente.

Figura 43.

Gráfico de barras análisis de varianza al menos un tratamiento de resistencia a la compresión admisible de murete es diferente.



3) Comparaciones múltiples

a) Nylon y paja ichu 1:5 mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con el tradicional.

Prueba de T de Estudent de 1 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.627$$

$$H_1 : < 0.627$$

Tabla 21.

Resultado de la comparación de Paja y Nylon dosificación 1:5 y adobe sin dosificaciones

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar	IC de 95%	T	P
Sin Adición	6	12.526	0.332	0.136	12.253	87.72	0
Paja 1:5	6	11.663	0.372	0.152	11.357	72.76	0
Nylon 1:5	6	12.842	0.328	0.134	12.572	91.16	0

Fuente: Minitab 15

Como el P valor es menor a 0.05 ($0.00 < 0.05$) entonces se rechaza la hipótesis nula.

Con una significancia del 5%, el nylon y la paja con dosificación 1:5 no mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión admisible de murete de adobe sin adición.

b) El nylon y paja ichu 0.5:5 mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con tradicional.

Prueba de T de Estudent de 1 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.627$$

$$H_1 : < 0.627$$

Tabla 22.

Resultado de la comparación de Paja y Nylon dosificación 0.5:5 y adobe sin dosificaciones

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar	IC de 95%	T	P
Sin Adición	6	12.526	0.332	0.136	12.8	-4.65	0.003
Paja 0.5:5	6	11.798	0.363	0.148	12.097	-9.17	0
Nylon 0.5:5	6	13.628	0.713	0.291	14.215	1.62	0.917

Fuente: Minitab 15

Como el P valor de Nylon0.5:5 es mayor a 0.05 ($0.917 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, solo el nylon con dosificación 0.5:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión admisible de murete de adobe tradicional.

c) Nylon mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con la paja ichu (1:5)

Prueba de T de Estudent de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.583$$

$$H_1 : < 0.583$$

Tabla 23.*Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon 1:5*

Variable	N	Media	Desv.Est.	Estándar
Paja 1:5	6	11.663	0.372	0.15
Nylon 1:5	6	12.842	0.328	0.13

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -1.179
- Límite inferior 95% de la diferencia: -1.550
- Prueba T de diferencia = 0.583 (vs. >): Valor T = -8.71
- Valor P = 1.00

Como el P valor es mayor a 0.05 ($1.00 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 1:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión admisible de murete en comparación con el murete con paja ichu.

d) Nylon mejora en más del 5% la resistencia a la compresión en comparación con la paja ichu (0.5:5)

Prueba de T de Student de 2 muestra

Hipótesis:

$$H_0 : \geq 0.59$$

$$H_1 : < 0.59$$

Tabla 24.*Resultado de la comparación de resistencia con fibra paja y nylon 0.5:5*

Variable	N	Media	Desv.Est.	estándar
Paja 0.5:5	6	11.798	0.363	0.15
Nylon 0.5:5	6	13.628	0.713	0.29

Fuente: Minitab 15

- Estimado de la diferencia: -1.830
- Límite inferior 95% de la diferencia: -2.449
- Prueba T de diferencia = 0.59 (vs. >): Valor T = -7.41
- Valor P = 1.00

Como el P valor es mayor a 0.05 ($1.00 > 0.05$) entonces se acepta la hipótesis nula. Con una significancia del 5%, el nylon con dosificación 0.5:5 mejora la resistencia en 5% o más la resistencia a la compresión admisible de murete en comparación con el murete con paja ichu.

5.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.3.1 Interpretación y discusión de resultados de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe.

- Uno de los objetivos específicos planteados es determinar la resistencia a la compresión de unidad de adobe utilizando 0.52% (1:5) y 0.26% (0.5:5) de nylon o de paja en la unidad de adobe, para ello se elaboraron unidades de 10 cm x 10 cm x 10 cm de acuerdo a lo indicado por la Norma E.080

Figura 45. Unidad de adobe con Paja 1:5



Figura 44. Unidad de adobe con Nylon 1:5



Figura 47. Unidad de adobe con Paja 0.5:



Figura 46. Unidad de adobe con Nylon 0.5:5



Análisis e interpretación de los resultados

En la Figura N °13, se puede visualizar que la resistencia a la compresión de la unidad de adobe aumenta mientras se incorpora más fibra de nylon (1:5), mientras que al agregar paja ichu con la misma dosificación la resistencia es menor en comparación con la adición de 0.5:5.

En la Figura N °14, se realiza la comparación de los resultados de la resistencia a compresión de las unidades de adobe con paja (1:5 y 0.5:5), con la resistencia de las unidades de adobe con nylon (1:5 y 0.5:5) y con el valor de la Norma E.080. Se visualiza que ambas dosificaciones de nylon están por encima del valor establecido en la norma, el adobe con nylon 0.5:5 tiene un F_0 promedio de 13.90 kg/cm^2 y el adobe con nylon 1:5 un F_0 promedio de 14.28 kg/cm^2 , mientras que la unidad de adobe con paja 0.5:5 con F_0 promedio $=12.96 \text{ kg/cm}^2$ y el adobe con paja 1:5 con $F_0=12.18 \text{ kg/cm}^2$. El adobe con nylon resiste entre 7% y 17% más que el adobe con paja, mientras que en comparación con la Norma E.080 (10.20 kg/cm^2) mejora en 36% y 40%.

5.3.2 Interpretación y discusión de resultados de la resistencia a la flexión de las unidades de adobe.

- Otro de los objetivos específicos planteados fue determinar la resistencia a la flexión utilizando 0.52% (1:5) y 0.26% (0.5:5) de nylon o de paja en la unidad de adobe, para ello se elaboraron unidades de 40 cm x 20 cm x 10 cm para cumplir con la Norma NTE 2554:2011 (Norma Ecuatoriana

Figura 51. Unidad de adobe con paja 1:5



Figura 50. Unidad de adobe con nylon 1:5



Figura 49. Unidad de adobe con paja 0.5:5



Figura 48. Unidad de adobe nylon 0.5:5



Análisis e interpretación de los resultados

En la Figura N °15, se puede visualizar que la resistencia a la flexión de la unidad de adobe aumenta al incorporar más fibra de nylon (1:5), lo mismo pasa al

agregar paja ichu con la misma dosificación de nylon, siendo en ambos casos la resistencia menor dosificación 0.5:5.

En la Figura N °16, se realizó la comparación de los resultados de la resistencia a flexión de las unidades de adobe con paja (1:5 y 0.5:5), con la resistencia de las unidades de adobe con nylon (1:5 y 0.5:5) y con el valor de la Norma E.080. Se visualiza de grafico en barras que ambas dosificaciones de nylon están por encima del valor establecido en la norma, el adobe con nylon 0.5:5 tiene un F_0 promedio de 5.67 kg/cm^2 y el adobe con nylon 1:5 un F_0 promedio de 8.27 kg/cm^2 , mientras que la unidad de adobe con paja 0.5:5 con F_0 promedio = 4.76 kg/cm^2 y el adobe con paja 1:5 con $F_0 = 5.30 \text{ kg/cm}^2$. El adobe con nylon resiste entre 19% y 56% más que el adobe con paja, mientras que en comparación con la Norma E.080 (10.20 kg/cm^2) mejora en 102% y 140%.

5.3.3 Interpretación y discusión de resultados de la resistencia a la compresión de murete de adobe.

- Finalmente se planteó determinar la resistencia a la compresión de murete de adobe, con este fin se realizó el ensayo de compresión utilizando 0.52% y 0.26% de nylon o de paja en la unidad de adobe, para ello se elaboraron muretes de altura promedio 0.41 m y de ancho promedio 0.14 m, cumpliendo con lo indicado por la Norma E.080, $\frac{h}{a} = 3$

Figura 52. Murete de adobe - ichu 1:5



Figura 53. Murete de adobe - nylon 1:5



Figura 55. Murete de adobe – Ichu 0.5:5



Figura 54. Murete de adobe - nylon 0.5:5



Análisis e interpretación de los resultados

En la Figura N °17, se visualiza que la resistencia a la compresión del murete de adobe disminuye mientras se incorpora más fibra de nylon (1:5), el mismo resultado se da con la paja ichu, en ambos casos mientras más se incorpora la resistencia es menor en comparación con la adición de 0.5:5.

En la Figura N °18, diagrama de barras realice la comparación de los resultados de la resistencia a compresión del murete de adobe con paja (1:5 y 0.5:5), con la resistencia a compresión del murete de adobe con nylon (1:5 y 0.5:5) y con el valor de la Norma E.080. Se visualiza que ambas dosificaciones de nylon y de paja Ichu están por encima del valor establecido en la norma, el adobe con nylon

0.5:5 tiene un F_m promedio de 13.63 kg/cm^2 y el adobe con nylon 1:5 un f'_m promedio de 12.84 kg/cm^2 , mientras que la unidad de adobe con paja 0.5:5 con f'_m promedio $=11.80 \text{ kg/cm}^2$ y el adobe con paja 1:5 con $f'_m = 11.66 \text{ kg/cm}^2$. El adobe con nylon resiste entre 10% y 15% más que el adobe con paja, mientras que en comparación con la Norma E.080 (10.20 kg/cm^2) mejora entre 57% y 63%.

5.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis planteada al inicio de la presente investigación fue: “El adobe con adición de nylon mejora en más del 5% la resistencia a la compresión y flexión en comparación con la adición de paja”, de ello puedo indicar lo siguiente:

Después de desarrollada la investigación y terminado los ensayos antes descritos, cuyos resultados se plasman en las Figuras 13, 15 y 17, y de los análisis e interpretaciones de resultados dicha **hipótesis es válida**, porque, al adicionar nylon en porcentajes 0.52% y 0.26%, la resistencia mecánica es más del 5%, en resistencia a la compresión de unidad se tiene un aumento entre 7 y 17%, en resistencia a la flexión de la unidad se tiene un incremento entre 19 y 17%, finalmente en resistencia a la compresión en murete de adobe se tiene una mejora entre 10 y 15%. De los 3 ensayos realizados todos muestran un incremento de la resistencia mecánica en más de 5%.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ Respecto la resistencia mecánica de adobes sin adiciones, la resistencia última a compresión es de $F_0 = 13.88 \text{ kg/cm}^2$, resistencia última a flexión es de $F_0 = 4.78 \text{ kg/cm}^2$, y finalmente la resistencia a la compresión admisible promedio de murete de adobe $f'm = 12.53 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Los adobes con paja ichu tipo B (0.52%) tienen una resistencia última promedio de $F_0 = 12.18 \text{ kg/cm}^2$, los adobes con paja ichu tipo C (0.26%) tiene una resistencia última promedio de $F_0 = 12.96 \text{ kg/cm}^2$, los adobes con nylon tipo D (0.52%) tiene una resistencia última promedio de $F_0 = 14.28 \text{ kg/cm}^2$, finalmente los adobes con nylon tipo E (0.26%) tiene una resistencia última promedio de $F_0 = 13.90 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ En cuanto a la resistencia a la flexión, los adobes con paja tipo B (0.52%) y C (0.26%), tienen un esfuerzo a la flexión promedio de 5.30 kg/cm^2 y 4.76 kg/cm^2 respectivamente, mientras que los adobes con nylon tipo D (0.52%) y E (0.26%), tienen un esfuerzo a la flexión promedio de 8.27 kg/cm^2 y 5.67 kg/cm^2 .
- ✓ Los muretes de adobe con paja ichu con dosificaciones 0.52% y 0.26%, tienen un esfuerzo de compresión admisible de $f'm = 11.66 \text{ kg/cm}^2$ y $f'm = 11.80 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente y los muretes de adobe con nylon tienen un esfuerzo de compresión admisible de $f'm = 12.84 \text{ kg/cm}^2$ y $f'm = 13.63 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se concluye que la incorporación de nylon mejora significativamente las propiedades mecánicas del adobe. Este comportamiento se debe a que el nylon actúa como un refuerzo contribuyendo a una mejor distribución de esfuerzos, control de la fisuración y mayor ductilidad del material. Asimismo, los adobes con nylon superan los valores mínimos establecidos por la NTP E.080. En consecuencia, el uso de nylon se presenta como una alternativa adecuada y sostenible para mejorar el desempeño estructural del adobe en la construcción de edificaciones en la región de Cajamarca.

VII. RECOMENDACIONES

La presente investigación por su planteamiento no abarco muchas cosas por lo que se deja a recomendación lo siguiente:

- Se recomienda el uso de nylon como material de refuerzo en la elaboración de adobes, debido a que ha demostrado mejorar significativamente la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se recomienda realizar estudios complementarios que evalúen el comportamiento del adobe reforzado con nylon frente a acciones sísmicas, durabilidad a largo plazo y exposición a condiciones ambientales, con el fin de validar su desempeño en escenarios reales de servicio
- Se recomienda evaluar la resistencia mecánica del adobe con paja ichu empleando porcentajes mayores que los utilizados para nylon, debido a que, en la presente investigación, al aplicar las mismas dosificaciones, la paja ichu presento mayor fragmentación mientras que el nylon tendió a separarse del barro.
- Se recomienda emplear nylon crespado o peluceado en futuros estudios, con el fin de evaluar su nivel de adherencia con el barro y su influencia en la mejora de las propiedades mecánicas del adobe.
- Se recomienda realizar ensayos combinados con nylon y paja ichu para evaluar la resistencia mecánica y la incidencia de ambos tipos de fibras en muretes, especialmente mediante ensayos de tracción directa.
- Se recomienda utilizar fibras de nylon con una dimensión aproximada de 5cm, ya que esta dimensión favorece una mejor trabajabilidad y distribución dentro de la mezcla.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, Jaramillo, y Albuja. (2015). *Obtención de Bioetanol Anhidro a Partir de Paja (Stipa ichu)*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química, Laboratorio de Operaciones Unitarias, Quito, Ecuador. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo2/ObtenciondeBioetanolAnhidroaPartirdePaja.pdf>
- Altamirano Carrasco, O. V. (2018). *Análisis de la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal en la ciudad de Cajamarca*. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2528>
- Altamirano Carrasco, O. V. (2019). *Incidencia de la fibra vegetal «paja ichu» en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca*. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3273>
- Alvarado, J. C. O., & Pérez, A. A. D. (2018). *¿Cómo redactar los antecedentes de una investigación cualitativa? Revista electrónica de conocimientos, saberes y prácticas*, 1(2), 66-82. Recuperado de <file:///C:/Users/EQUIPO/Downloads/Dialnet-ComoRedactarLosAntecedentesDeUnaInvestigacionCuali-9140293.pdf>
- Babé, C., Kaoga Kidmo, D., Tom, A., Ngono Mvondo, R. R., Essama Boum, R. B., & Djongyang, N. (2020). *Caracterización termomecánica y durabilidad de adobes reforzados con fibras de residuos de mijo (sorgo bicolor)*. Sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509520300942>
- Barboza Chunga, D. M., & Burga Rafael, R. I. (2023). *Análisis Comparativo de la Fibra de Nylon y Fibra de Polipropileno Para Mejorar las Propiedades Mecánicas del Concreto*.
- Betancur, H. N. C., Ramos, E. H., Quispe, G. B., Gutiérrez, Á. C., & Mendoza, A. P. C. (2022). *Características de la arquitectura vernácula en zonas altoandinas de*

- Perú. Una contribución al estudio del mundo rural. Cuadernos de Vivienda y Urbanismo, 15, 1-15.
- Blondet, M., Vargas Neumann, J., & Tarque, N. (2014). *Manual construcción adobe reforzado con mallas de driza*. PUCP.edu. http://files.pucp.edu.pe/posgrado/wp-content/uploads/2015/09/24233900/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas-de-Driza_-final.compressed.pdf
- Burbano García, C., Araya Letelier, G., Astroza, R., & Silva, Y. (2022). *Mezclas de adobe reforzadas con fibras de polipropileno fibrilado: Desempeño físico/mecánico/de fractura/durabilidad y sus límites debido al agrupamiento de las fibras*. Sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822017676>
- Cassese, P., Balestrieri, C., Fenu, L., Asprone, D., & Parisi, F. (2021). *Comportamiento al corte en el plano de mampostería de adobe reforzada con mortero textil*. Sciencedirec. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821025836>
- CEMEX Perú. (2019). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?* <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- De Pelekais, C. (2000). *Métodos cuantitativos y cualitativos: diferencias y tendencias*. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 2(2), 347-352.
- Díaz Torres, M. G., Parada-Carrillo, H. P., & Alvarado-Arias, M. J. (2019). *Usos del adobe en diferentes países de América Latina*. Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, 10(2), 73-81.
- Díaz Zurita, F. L. (2023). *Efectos de la fibra natural paja de arroz en la resistencia de adobes estabilizados con cenizas de cáscara de arroz al 30 %, Jaén – Cajamarca*. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6573>

- Dirección Regional de Agricultura Cajamarca (DRAC). (2023). *Campesinos de Cherec y Chilimpampa Cosecharán Agua de Lluvia*. Agricultura Cajamarca. Recuperado de <http://www.agriculturacajamarca.gob.pe/portal/noticias/det/6486>
- Dominguez Santos, D., & Moya Bravo, J. A. (2022). *Comportamiento estructural y mecánico del adobe con la adición de fibras de polietileno de alta densidad para la construcción de edificaciones de poca altura*. Sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630722004356>
- EcoInventos, R. (2023, 15 febrero). *La construcción milenaria con tierra cruda: el Adobe y la Tapia*. EcoInventos. <https://ecoinventos.com/construccion-con-tierra-cruda-adobe-tapia/>
- Hoyos Sangay, C. F. (2020). *Influencia de la fibra vegetal ICHU en la resistencia de adobes estabilizados con Cal al 20%*. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4004>
- Hoyos, S. C. F. (2020). *Influencia de la fibra vegetal ICHU en la resistencia de adobes estabilizados con Cal al 20%*. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4004>
- Huamani Rojas, S. K., & Enciso Castro, R. (2022). *Caracterización de las propiedades mecánicas y modelado numérico del comportamiento sísmico de sistemas de mampostería utilizando Bloques ensamblables de Tierra Comprimida (BTC) reforzados con geomallas*. PUCP.edu. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/7b76b28f-2731-42eb-a666-4c4d3cb169be>
- Hurtado, J. (2016). *ICHU - Stipa ichu*. <https://animalesyplantasdeperu.blogspot.com/2016/02/ichu-stipa-ichu.html>
- INFINITIA Industrial. (2023). *Ensayo de propiedades mecánicas de materiales*. INFINITIA Industrial Consulting. <https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieria-industrial/propiedades-mecanicas/>

- Jaramillo J., D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. bibliotecadigital.
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/147701>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *Qué Desperdicio 2.0*.
 Worldbank. <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>
- López Cruz, J. A. (2014). *Propiedades mecánicas del concreto modificado a base de fibras de Nylon y polipropileno para su uso en elementos estructurales* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Mariano. (s. f.). *Nylon*. Tecnología de los Plásticos.
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/Nylon.html>
- Matias. (s. f.). *Propiedades del Nylon*. Textos Científicos.
<https://www.textoscientificos.com/polimeros/Nylon/propiedades>
- Melgar Lazo, S. E. (2019). *Sistema Constructivo + Tierra*. SCRIBD.
<https://es.scribd.com/document/440756418/SISTEMA-CONSTRUCTIVO-TIERRA-1>
- MINAM. (2016). *PERÚ 2030 La visión del Perú que queremos*. MINAM.
https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Peru-2030_la-visi%C3%B3n-del-Per%C3%BA-que-queremos.pdf
- Minaya Soto, J. (2023). *Tabla Clasificación Sucs*. uDocz.
<https://www.udocz.com/apuntes/107471/tabla-clasificacion-sucs>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MINAMBIENTE), (2007). *Suelo*. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/suelo>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). *CE.020 “Suelos y Taludes”*.
Plataforma digital única del Estado Peruano.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686372/CE.020%20Suelos%20y%20Taludes%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf?v=1641411243>
- Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento. (2017). *Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*. Construcccion.org. Recuperado, de

- https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos*. MTC.GOB. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_7%20sggp-2014.pdf
- MTC. (2014). *Manual De Ensayo De Materiales*. Portal Mtc. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- MTC. (2016). *Manual De Ensayo De Materiales*. MTC. gob. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Murillo, D., Sánchez, F. (febrero, 2021). *Taller de Construcción con Tierra Cruda. MADCS. Sesión teórica 1/UT1*. [Presentación de diapositivas]. Slideshare.
- Murillo, J. (2011). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Recuperado el, 18-10-2023.
- Narsilio, G. A., & Santamarina, C. (2016). *Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones*. Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA-Guillermo. narsilio@ ce. gatech. edu y carlos. santamarina@ ce. gatech. edu.
- NRMCA. (2018). *CIP 16 - Resistencia a flexión del concreto*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/393716764/Resistecia-a-La-Flexion>
- Padilla Avalos, C. A., & Marroquín Soto, C. (2020). *Enfoques de Investigación en Odontología: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/4215/421569879018/>
- Piñas, J M; Lira, L; Horn, M; Solis, J L; Gómez, M M (1 de enero de 2020). «*Influence of Stipa ichu on the thermal and mechanical properties of adobe as a biocomposite material*». Journal of Physics: Conference Series 1433 (1): 012003. ISSN 1742-6588. doi:10.1088/1742-6596/1433/1/012003.

- Pita Fernández, S., & Pértegas Díaz., S. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*. Universidad de Cantabria. <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/355/course/section/154/Tema%25208.pdf>
- Ramírez, A. A. (2023). *Técnicas vernáculas en el diseño habitacional del siglo XXI. El caso del adobe en el altiplano occidental de Guatemala*. Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación, (200).
- Ramos-Galarza, C. (2021). *Diseños de investigación experimental*. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7.
- Real Academia Española. (2022). *Sostenible*. Diccionario de la lengua española. Recuperado el 10 de mayo de 2022. <https://dle.rae.es/sostenible>
- Ruiz Tejada, L. A., & Tejada Ramírez, C. F. (2016). *Análisis del Concreto con Nylon como Aditivo para Aligerar Elementos Estructurales*. Core. <https://core.ac.uk/download/pdf/233044411.pdf>
- S.A. (s. f.). *Construcción adobe*. Euroinnova. <https://www.euroinnova.com/blog/latam/construccion-adobe>
- Sadeghi, N. H., Oliveira, D. V., Silva, R. A., Mendes, N., Correia, M., & Azizi-Bondarabadi, H. (2021). *Caracterización experimental de bóvedas de adobe reforzadas con un compuesto compatible basado en TRM*. Sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820335728>
- Sequeira. A. J (2012). *Carta de plasticidad de Casagrande*. Fuente: Modificado de. . . (s. f.). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Carta-de-plasticidad-de-Casagrande-Fuente-Modificado-de-Craig-y-Knappett_fig1_343385605
- Servicio Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2011). *NTE 2554:2011*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/398327295/2554-vigas-hormigon>
- SIGRID (2024). *Reporte Estadístico de Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/reporte-estadistico>

Studysmarter. (2019). *Partículas*. <https://www.studysmarter.es/resumenes/fisica/fisica-nuclear/particulas/#:~:text=Las%20part%C3%ADculas%20son%20objetos%20localizados,y%20part%C3%ADculas%20subat%C3%B3micas%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1as.>

Surichaqui Ramos, L. (2021). *Nylon*. Studocu. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-centro-del-peru/quimica/nylon/8761685>

Valadés, B. (2021, 19 agosto). *¿Qué es el Nylon?* | Globa Plast Reciclado de Plásticos México. Globa Plast. <https://globaplast.com.mx/que-es-el-Nylon/>

Valle Castro, A. P. (2019). *Evaluación experimental del comportamiento de muros de adobe reforzados con cuerdas sometidos a carga lateral cíclica*. PUCP.edu. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/3075513f-bcce-4fdb-9388-9ff132ec4efa>

Vidal Isidro, C. (2024). *Análisis del Texto sobre el Ichu*. PREZI. <https://prezi.com/p/vxh-swql9vri/analisis-del-texto-sobre-el-ichu/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20del%20Ichu&text=El%20Ichu%20es%20una%20planta%20mediana%20que%20crece%20en%20las,interacci%C3%B3n%20simbi%C3%B3tica%20con%20la%20fauna.>

Yallico Luque, R. R. (2019). *Evaluación de malla de cuerdas sintéticas como sistema de refuerzo para viviendas de adobe de dos pisos en el Perú mediante ensayos de simulación sísmica*. ALICIA. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/PUCP_be0e607a79aea2e19cf07c71cec2d9e4/Details

Zubieta, R., Prudencio, F., Ccanchi, Y., Saavedra, M., Sulca, J., Reupo, J., & Alarco, G. (2023). Incremento de la frecuencia de los incendios sobre la cobertura vegetal en el Perú: contexto y alternativas. MINAM. Recuperado 18 de octubre de 2023, de https://investigacion.minam.gob.pe/observatorio/sites/default/files/pb_ricardo_zubieta.pdf

APENDICE

1) CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN ADOBE AL ADICIONAR PAJA O NYLON EN DIFERENTES PORCENTAJES, CAJAMARCA 2024"

TESISTA : LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA

TEC :

UBICACIÓN : CANTERA CRUZ BLANCA

FECHA : 03/02/2025

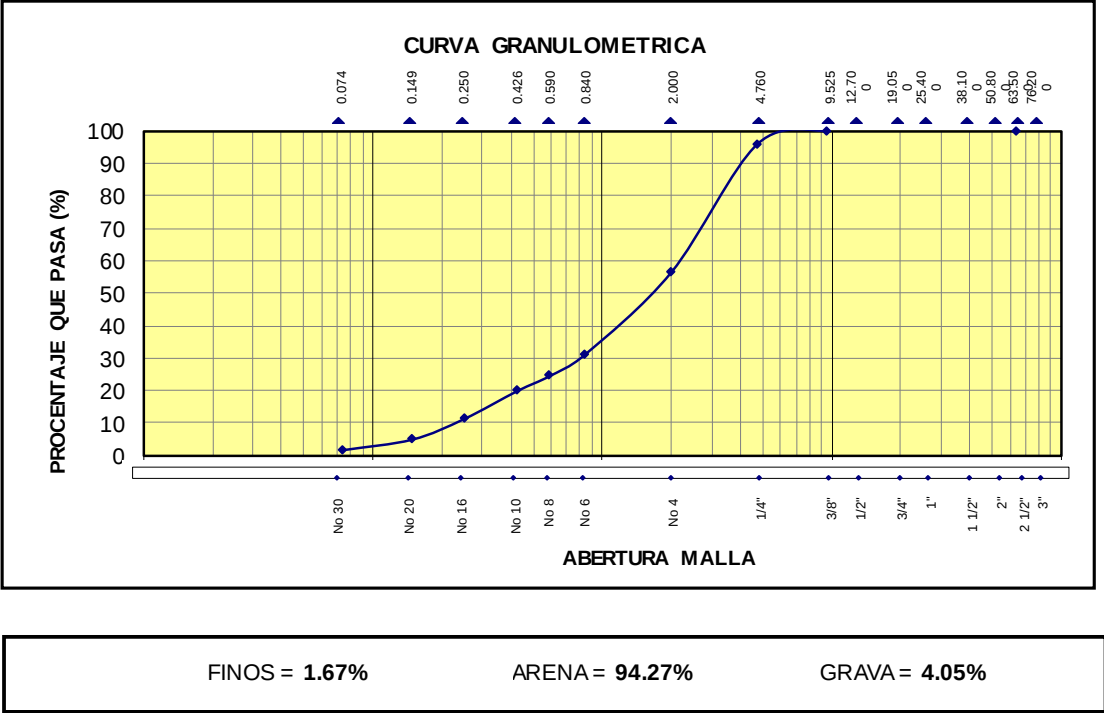
LABORATORIO : LAB. SUELOS UNC

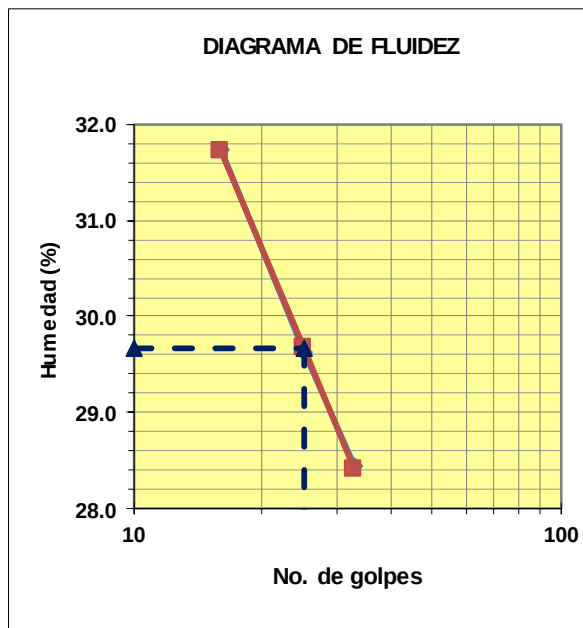
MUESTRA : M-1

LOCALIZACIÓN : C: -7.189933, -78.510715

DIRECCIÓN : CANTERA CRUZ BLANCA

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP . 339.128 (99)		
	APERTURA (mm)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		100.00
N°4	4.760	4.05	95.95
N°10	2.000	39.55	56.40
N°20	0.840	25.35	31.05
N°30	0.590	6.57	24.48
N°40	0.426	4.61	19.87
N°60	0.250	8.60	11.27
N°100	0.149	6.31	4.96
N°200	0.074	3.28	1.68
		1.67	





DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	NTP 339.129 (98)				NPT 339.129 (98)	
ENSAYO No	1	2	3		1	2
TARA No	1	2	3		1	2
PESO DE TARA	28	27.8	27.9		28.7	28.8
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO gr.	41.70	41.80	41.90		33.50	34.40
PESO DE TARA +SUELO SECO gr.	38.4	38.60	38.80		32.80	33.40
PESO AGUA gr.	3.30	3.20	3.10		0.70	1.00
PESO SUELO SECO gr.	10.40	10.80	10.90		4.10	4.60
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	31.73	29.63	28.44		17.07	21.74
NUMERO DE GOLPES	16	25	33			

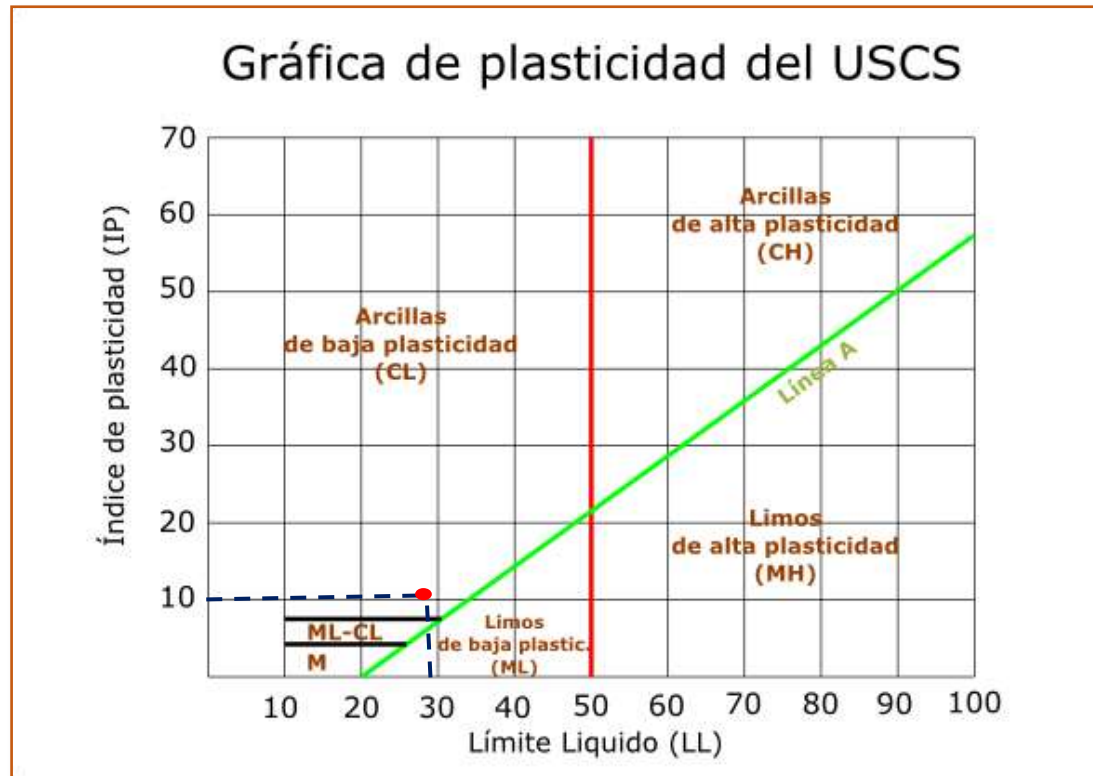
RESULTADOS DE ENSAYOS				
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (%)				NPT 339.127 (98)
LIMITE LIQUIDO (%)	29.00	CLASIFICACION		
LIMITE PLASTICO (%)	19.00	SUCS	NTP 339.135 (99)	CL
INDICE PLASTICIDAD (%)	10.00	AASHTO	NTP 339.134 (99)	A-2-4(0)

CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCION	NPT 339.127		
ENSAYO No	1	2	3
TARA No	1	2	3
PESO DE TARA	29	28.5	27.8
PESO DE TARA +SUELO HUMEDO gr.	122.00	115.50	100.00
PESO DE TARA +SUELO SECO gr.	118.4	112.10	97.10
PESO AGUA gr.	3.60	3.40	2.90
PESO SUELO SECO gr.	89.40	83.60	69.30
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	4.03	4.07	4.18
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. %	4.09		

PESO ESPECIFICO DE FINOS			
DESCRIPCION	NPT 339.131		
ENSAYO No	1	2	3
TARA No	M1	M2	
PESO DE FIOLA	162	162	
PESO DE FIOLA +AGUA gr.	660.00	660.00	
PESO DE FIOLA +SUELO SECO gr.	262.00	265.00	
PESO DE FIOLA +AGUA +SUELO SECO gr.	722.00	719.50	
PESO AGUA gr.	498.00	498.00	
PESO SUELO SECO gr.	100.00	103.00	
Ys (gr/cm3)	2.63	2.37	
Ys prom. (gr/cm3)	2.50		

CARTA DE CASAGRANDE

LÍMITES DE ATTERBERG		
LL	LP	IP
29.00	19.00	10.00



FINOS = 1.67%

ARENA = 94.27%

GRAVA = 4.05%

2) DATOS DE LABORATORIO PARA HALLAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDAD DE ADOBE

N.º	Lectura Máquina Kg.f					Área (cm²)					Esfuerzo (Kg/cm²)				
	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5
1	1226.70	1106.37	1113.51	1390.87	1217.52	84.81	88.82	90.93	88.69	86.38	14.46	12.46	12.25	15.68	14.10
2	1208.34	1088.02	1163.48	1379.65	1207.32	90.30	89.50	86.81	89.16	87.90	13.38	12.16	13.40	15.47	13.74
3	1276.66	1126.77	1145.12	1157.36	1350.08	87.08	89.76	91.20	86.22	90.68	14.66	12.55	12.56	13.42	14.89
4	1181.83	1064.57	1193.05	1259.33	1176.73	89.14	93.79	91.26	85.85	90.53	13.26	11.35	13.07	14.67	13.00
5	1308.28	1058.45	1248.11	1158.38	1166.54	89.22	90.89	90.58	87.16	88.42	14.66	11.65	13.78	13.29	13.19
6	1126.77	1175.71	1178.77	1176.73	1277.68	87.78	91.04	92.81	89.44	88.12	12.84	12.91	12.70	13.16	14.50
Σ	7328.58	6619.89	7042.05	7522.33	7395.88	528.32	543.79	543.59	526.51	532.03	83.27	73.08	77.76	85.70	83.41
Prom.	1221.43	1103.32	1173.67	1253.72	1232.65	88.05	90.63	90.60	87.75	88.67	13.88	12.18	12.96	14.28	13.90

Adobe	% de fibra
Sin adición	0.00
Paja 1:5	0.52
Paja 0.5:5	0.26
Nylon 1:5	0.52
Nylon 0.5:5	0.26

3) DATOS DE LABORATORIO PARA HALLAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UNIDAD DE ADOBE

N.º	Lectura Máquina - Esfuerzo (KN)									
	Sin Adición	condición	Paja 1:5	condición	Paja 0.5:5	condición	Nylon 1:5	condición	Nylon 0.5:5	condición
1	2.70	centro	2.67	centro	2.78	0.9	3.84	centro	2.83	centro
2	2.29	centro	2.84	centro	2.56	centro	4.15	centro	2.78	1.5
3	2.43	centro	3.27	1.4	2.89	1.5	4.51	centro	3.16	centro
4	2.78	centro	3.21	0.5	2.84	centro	4.66	centro	3.20	centro
5	2.56	centro	2.76	centro	2.83	centro	4.53	1.2	3.15	centro
6	2.63	0.4	2.63	centro	3.02	centro	4.29	centro	2.68	centro
Σ	15.39		17.38		20.14		30.73		20.86	
Prom.	2.57		2.90		2.88		4.33		2.98	

Si la fractura se produce en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Fractura fuera del tercio medio menor al 5% de luz libre, $R=3Pa/bd^2$

N.º	Lectura Máquina Kg. f				
	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5
1	275.32	272.26	283.48	391.56	288.58
2	233.51	289.59	261.04	423.18	283.48
3	247.79	333.44	294.69	459.88	322.23
4	283.48	327.32	289.59	475.18	326.30
5	261.04	281.44	288.58	461.92	321.21
6	268.18	268.18	307.95	437.45	273.28
Σ	1569.32	1772.24	1725.33	2649.18	1815.07
Prom.	261.55	295.37	287.56	441.53	302.51

Si la fractura se produce en la superficie de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, pero no más allá del 5% de la luz libre:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

R: módulo de rotura

P: carga máxima aplicada.

L: Luz libre.

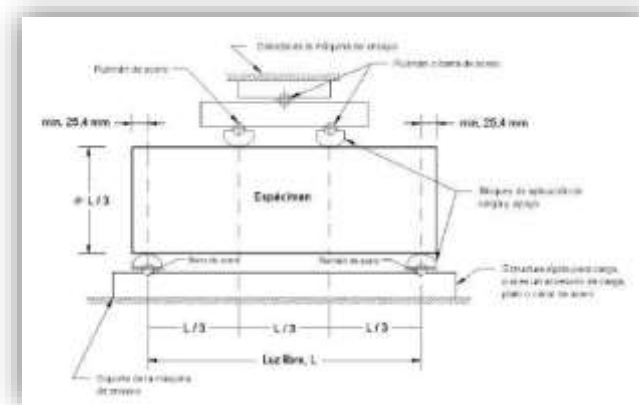
a: distancia medida entre la línea de fractura y el apoyo más cercano.

b: promedio de ancho.

d: promedio de altura.

N.º	Medidas de adobes (cm)														
	Sin Adición			Paja 1:5			Paja 0.5:5			Nylon 1:5			Nylon 0.5:5		
	Luz libre	Ancho	Altura	Luz libre	Ancho	Altura	Luz libre	Ancho	Altura	Luz libre	Ancho	Altura	Luz libre	Ancho	Altura
1	30.00	18.93	9.47	30.00	19.15	9.37	30.00	19.00	9.83	30.00	18.93	9.23	30.00	18.42	8.97
2	30.00	18.98	9.2	30.00	19.15	9.45	30.00	18.97	9.77	30.00	18.27	8.7	30.00	18.73	8.50
3	30.00	19.17	9.45	30.00	18.73	9.22	30.00	19.07	9.75	30.00	18.95	8.7	30.00	18.83	9.42
4	30.00	18.77	9.27	30.00	18.83	9.13	30.00	19.03	9.85	30.00	19.30	9.27	30.00	18.87	9.43
5	30.00	18.47	8.9	30.00	18.73	9.07	30.00	18.93	9.28	30.00	19.27	9.30	30.00	18.93	9.40
6	30.00	18.83	9.18	30.00	18.8	9.23	30.00	18.9	9.15	30.00	19.30	9.43	30.00	18.63	9.00
Σ	180.00	113.15	55.47	180.00	113.39	55.47	180.00	113.90	57.63	180.00	114.02	54.63	180.00	112.41	54.72
Prom.	30.00	18.86	9.25	30.00	18.90	9.25	30.00	18.98	9.61	30.00	19.00	9.11	30.00	18.74	9.12

N.º	Esfuerzo (Kg/cm ²)				
	Sin Adición	Paja 1:5	Paja 0.5:5	Nylon 1:5	Nylon 0.5:5
1	4.87	4.86	4.22	7.28	5.84
2	4.36	5.08	4.32	9.18	5.34
3	4.34	5.40	4.15	9.62	5.79
4	5.27	5.94	4.71	8.60	5.83
5	5.35	5.48	5.31	7.32	5.76
6	4.50	5.02	5.84	7.64	5.43
Σ	28.69	31.79	28.54	49.64	33.99
Prom.	4.78	5.30	4.76	8.27	5.67



Ensayo de resistencia a flexión del adobe (NTE INEN 2554:2011)

Adobe	% de fibra
Sin adición	0.00
Paja 1:5	0.52
Paja 0.5:5	0.26
Nylon 1:5	0.52
Nylon 0.5:5	0.26

4) DATOS DE LABORATORIO PARA HALLAR LA RESISTENCIA ADMISIBLE DE MUERETE DE ADOBE

a) Medidas de adobes

Muretes sin adición

N°	ANCHO (cm)			LARGO (cm)			ALTURA (cm)			Laboratorio	E.080
	a1	a2	a Prom.	b1	b2	b Prom.	h1	h2	h Prom.	h/a	h/a
1	14.70	14.50	14.60	28.70	29.00	28.85	41.10	41.50	41.30	2.83	3.00
2	14.50	14.80	14.65	28.40	29.20	28.80	41.40	41.80	41.60	2.84	3.00
3	14.60	14.40	14.50	28.90	28.80	28.85	42.10	42.10	42.10	2.90	3.00
4	14.50	14.50	14.50	29.10	29.20	29.15	41.00	40.80	40.90	2.82	3.00
5	14.50	14.70	14.60	28.90	29.00	28.95	41.00	41.50	41.25	2.83	3.00
6	14.40	14.50	14.45	28.70	29.00	28.85	41.00	41.50	41.25	2.85	3.00
Total	87.20	87.40	87.30	172.70	174.20	173.45	247.60	249.20	248.40	17.07	18.00
Prom.	14.53	14.57	14.55	28.78	29.03	28.91	41.27	41.53	41.40	2.85	3.00

Muretes con adobes de 0.52% paja

N°	ANCHO (cm)			LARGO (cm)			ALTURA (cm)			Laboratorio	E.080
	a1	a2	a Prom.	b1	b2	b Prom.	h1	h2	h Prom.	h/a	h/a
1	14.20	14.30	14.25	28.40	28.80	28.60	42.40	42.00	42.20	2.96	3.00
2	14.20	14.40	14.30	29.60	29.00	29.30	40.60	40.20	40.40	2.83	3.00
3	14.40	15.40	14.90	28.70	29.10	28.90	41.20	41.10	41.15	2.76	3.00
4	14.20	14.40	14.30	29.20	29.00	29.10	41.50	41.70	41.60	2.91	3.00
5	14.50	14.60	14.55	28.90	28.80	28.85	43.50	43.40	43.45	2.99	3.00
6	14.80	14.50	14.65	28.50	29.40	28.95	41.40	42.00	41.70	2.85	3.00
Total	86.30	87.60	86.95	173.30	174.10	173.70	250.60	250.40	250.50	17.29	18.00
Prom.	14.38	14.60	14.49	28.88	29.02	28.95	41.77	41.73	41.75	2.88	3.00

Muretes con adobes de 0.26% paja

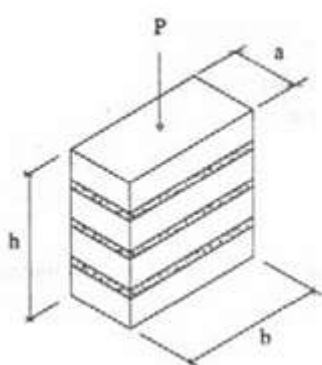
N°	ANCHO (cm)			LARGO (cm)			ALTURA (cm)			Laboratorio	E.080
	a1	a2	a Prom.	b1	b2	b Prom.	h1	h2	h Prom.	h/a	h/a
1	14.50	14.60	14.55	29.00	28.70	28.85	42.20	42.00	42.10	2.89	3.00
2	14.80	15.00	14.90	29.10	29.10	29.10	41.00	41.20	41.10	2.76	3.00
3	14.50	14.30	14.40	29.00	29.20	29.10	41.50	41.70	41.60	2.89	3.00
4	15.00	14.50	14.75	29.00	29.10	29.05	41.00	40.60	40.80	2.77	3.00
5	14.50	14.60	14.55	29.20	29.00	29.10	41.50	41.00	41.25	2.84	3.00
6	14.50	14.80	14.65	29.00	28.80	28.90	41.00	41.50	41.25	2.82	3.00
Total	87.80	87.80	87.80	174.30	173.90	174.10	248.20	248.00	248.10	16.96	18.00
Prom.	14.63	14.63	14.63	29.05	28.98	29.02	41.37	41.33	41.35	2.83	3.00

Muretes con adobes de 0.52% Nylon

N°	ANCHO (cm)			LARGO (cm)			ALTURA (cm)			Laboratorio	E.080
	a1	a2	a Prom.	b1	b2	b Prom.	h1	h2	h Prom.	h/a	h/a
1	14.50	14.50	14.50	29.40	29.00	29.20	41.30	41.90	41.60	2.87	3.00
2	14.90	14.70	14.80	29.30	29.40	29.35	40.00	40.80	40.40	2.73	3.00
3	15.00	14.90	14.95	29.40	30.00	29.70	41.00	40.50	40.75	2.73	3.00
4	14.50	14.80	14.65	29.10	29.70	29.40	41.00	41.00	41.00	2.80	3.00
5	14.90	14.40	14.65	29.00	29.30	29.15	39.90	40.30	40.10	2.74	3.00
6	14.70	14.80	14.75	30.00	29.50	29.75	41.00	41.20	41.10	2.79	3.00
Total	88.50	88.10	88.30	176.20	176.90	176.55	244.20	245.70	244.95	16.65	18.00
Prom.	14.75	14.68	14.72	29.37	29.48	29.43	40.70	40.95	40.83	2.77	3.00

Muretes con adobes de 0.26% Nylon

N°	ANCHO (cm)			LARGO (cm)			ALTURA (cm)			Laboratorio	E.080
	a1	a2	a Prom.	b1	b2	b Prom.	h1	h2	h Prom.	h/a	h/a
1	14.20	14.50	14.35	29.00	29.30	29.15	41.00	41.00	41.00	2.86	3.00
2	14.50	14.70	14.60	29.00	29.20	29.10	41.80	41.60	41.70	2.86	3.00
3	14.50	14.40	14.45	29.00	29.10	29.05	41.00	41.00	41.00	2.84	3.00
4	14.60	14.80	14.70	28.90	28.80	28.85	41.50	41.50	41.50	2.82	3.00
5	14.60	14.30	14.45	29.00	29.10	29.05	42.40	42.40	42.40	2.93	3.00
6	14.20	14.50	14.35	28.80	29.30	29.05	41.50	41.50	41.50	2.89	3.00
Total	86.60	87.20	86.90	173.70	174.80	174.25	249.20	249.00	249.10	17.20	18.00
Prom.	14.43	14.53	14.48	28.95	29.13	29.04	41.53	41.50	41.52	2.87	3.00



$$\frac{h}{a} \cong 3$$

$$a < b$$

Donde:

a: ancho prom.

b: largo prom.

h: altura prom.

f_m : esfuerzo de compresión admisible

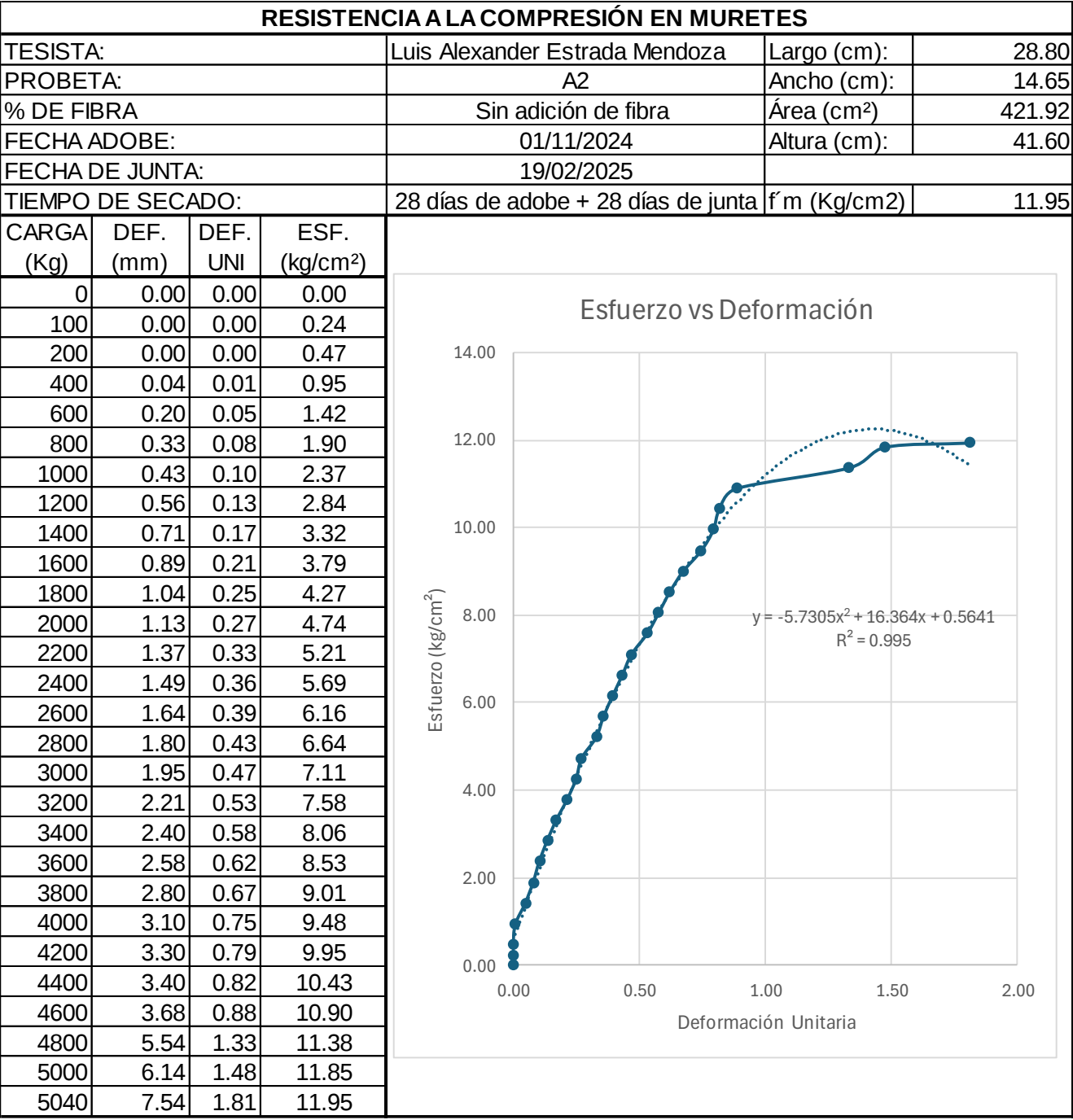
P: carga máxima aplicada

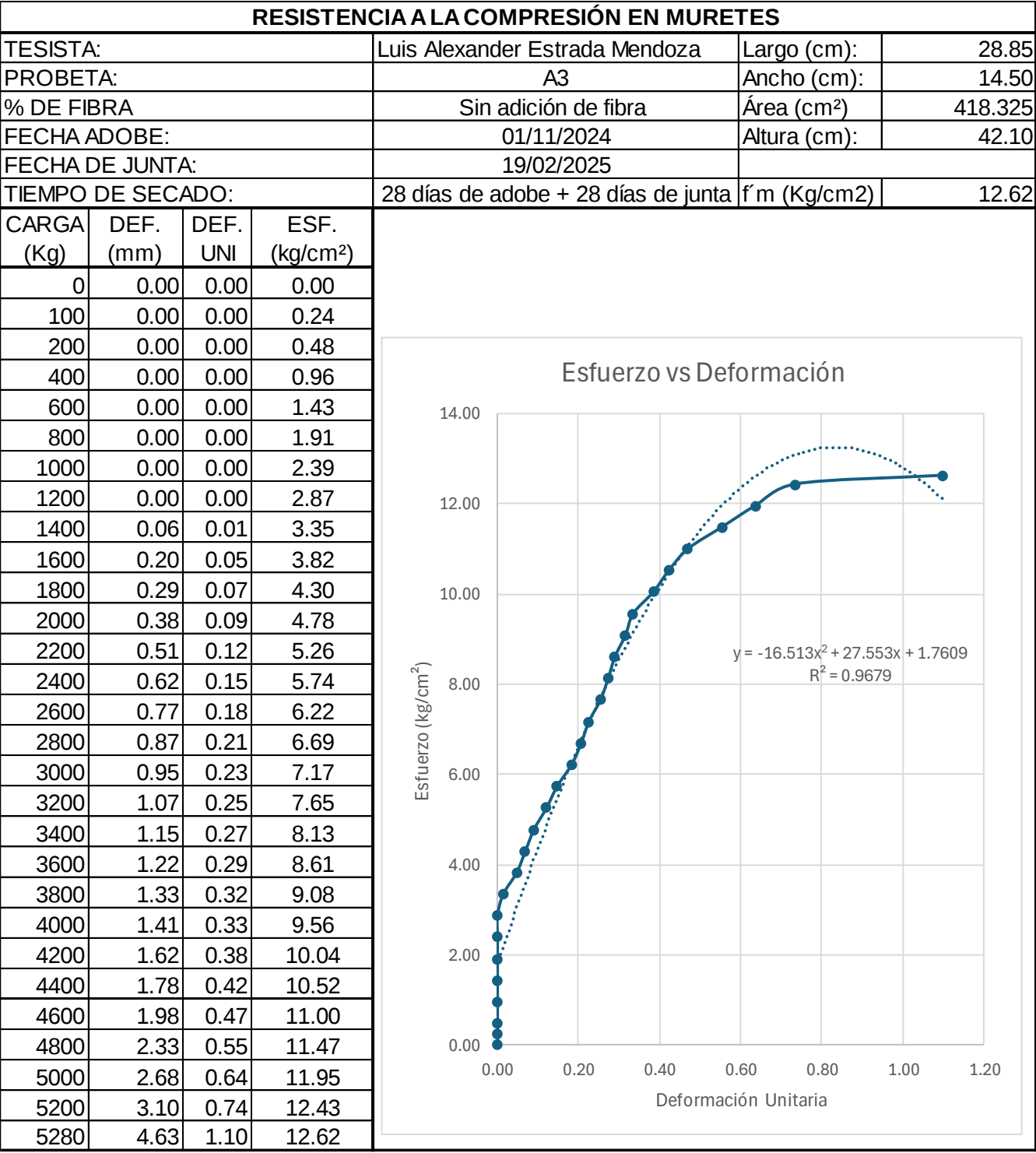
$$f_m = \frac{P}{a \times b}$$

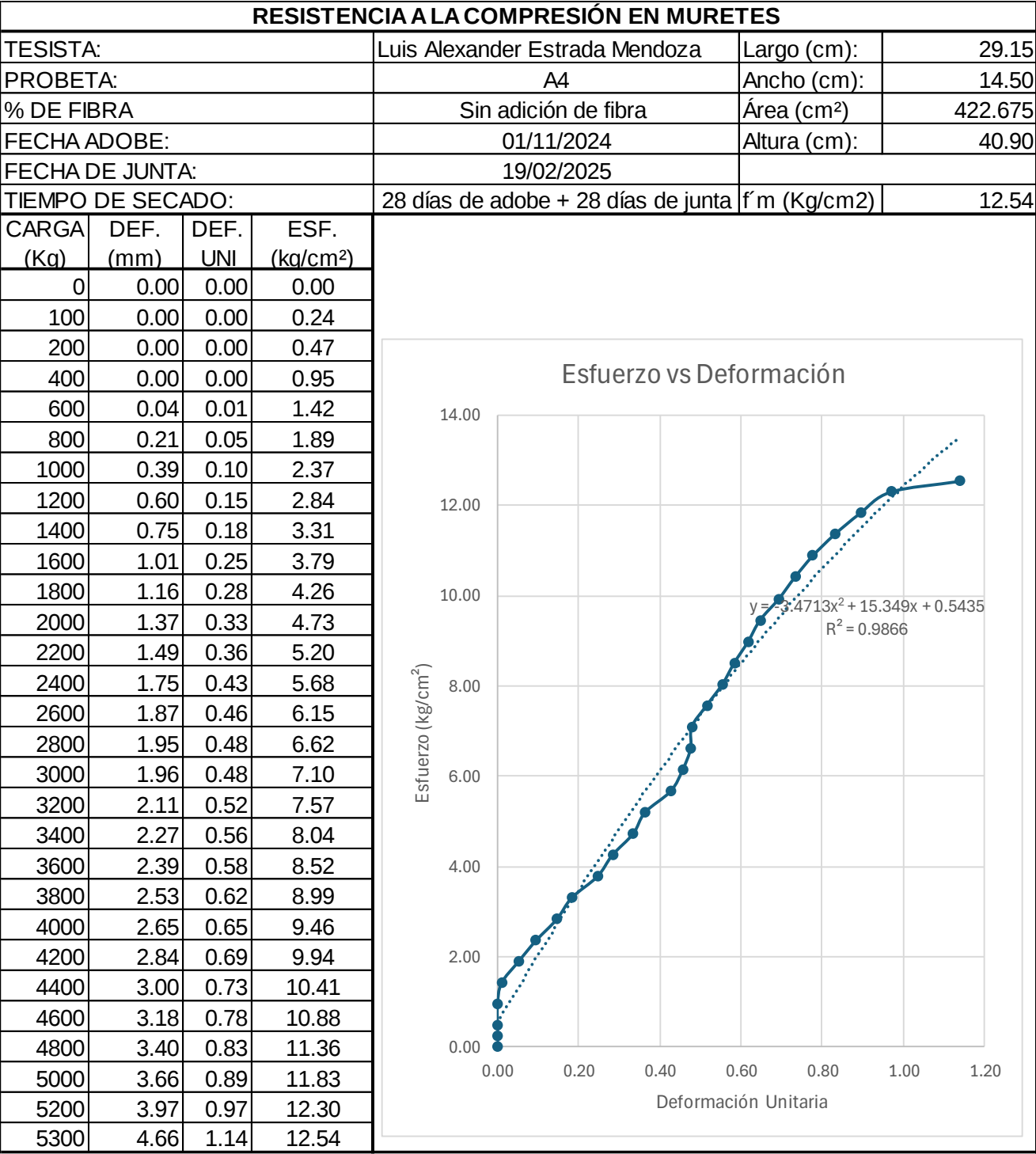
Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial

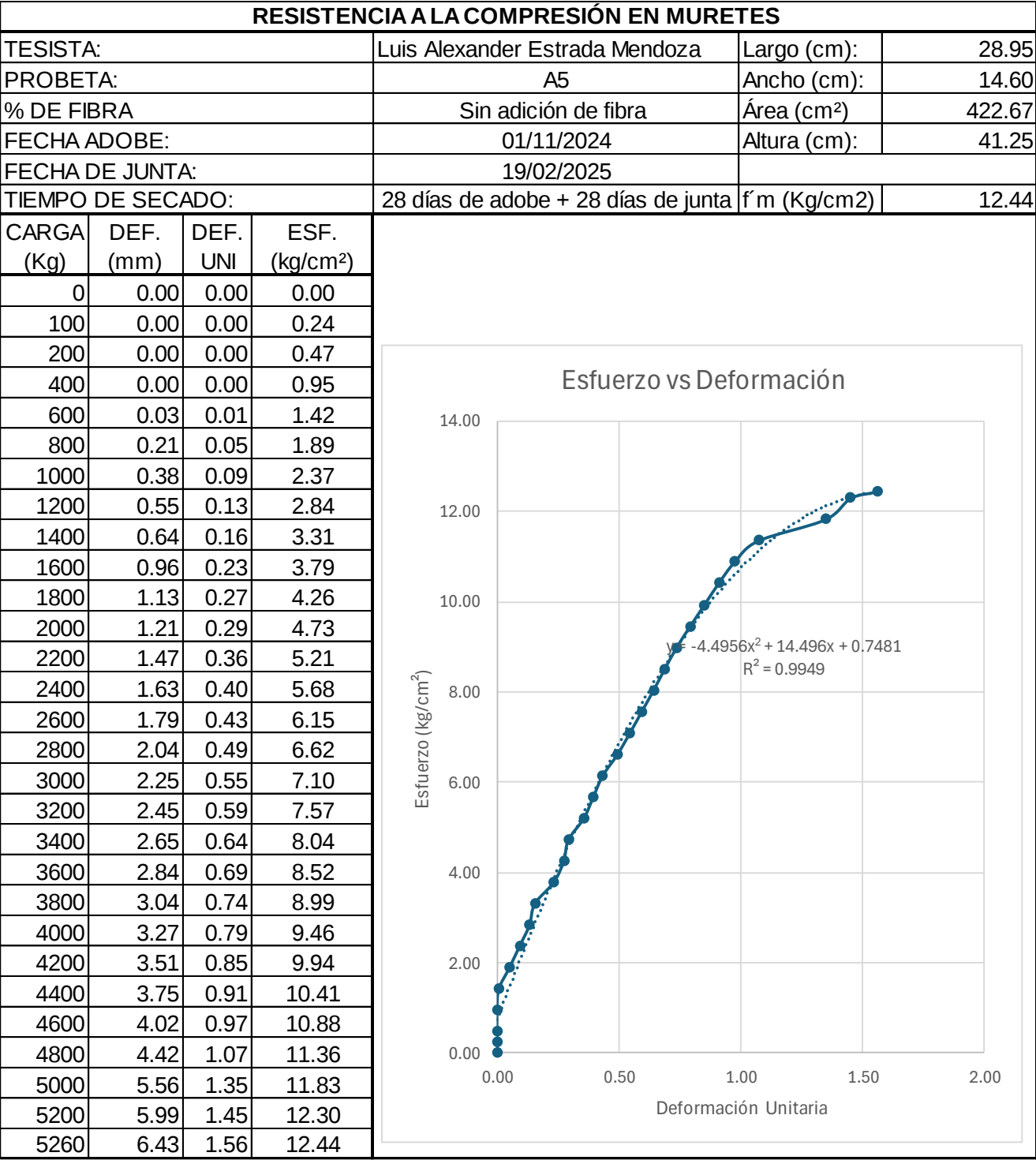
b) Gráficos esfuerzo vs deformación de muretes de adobe sin paja (A)

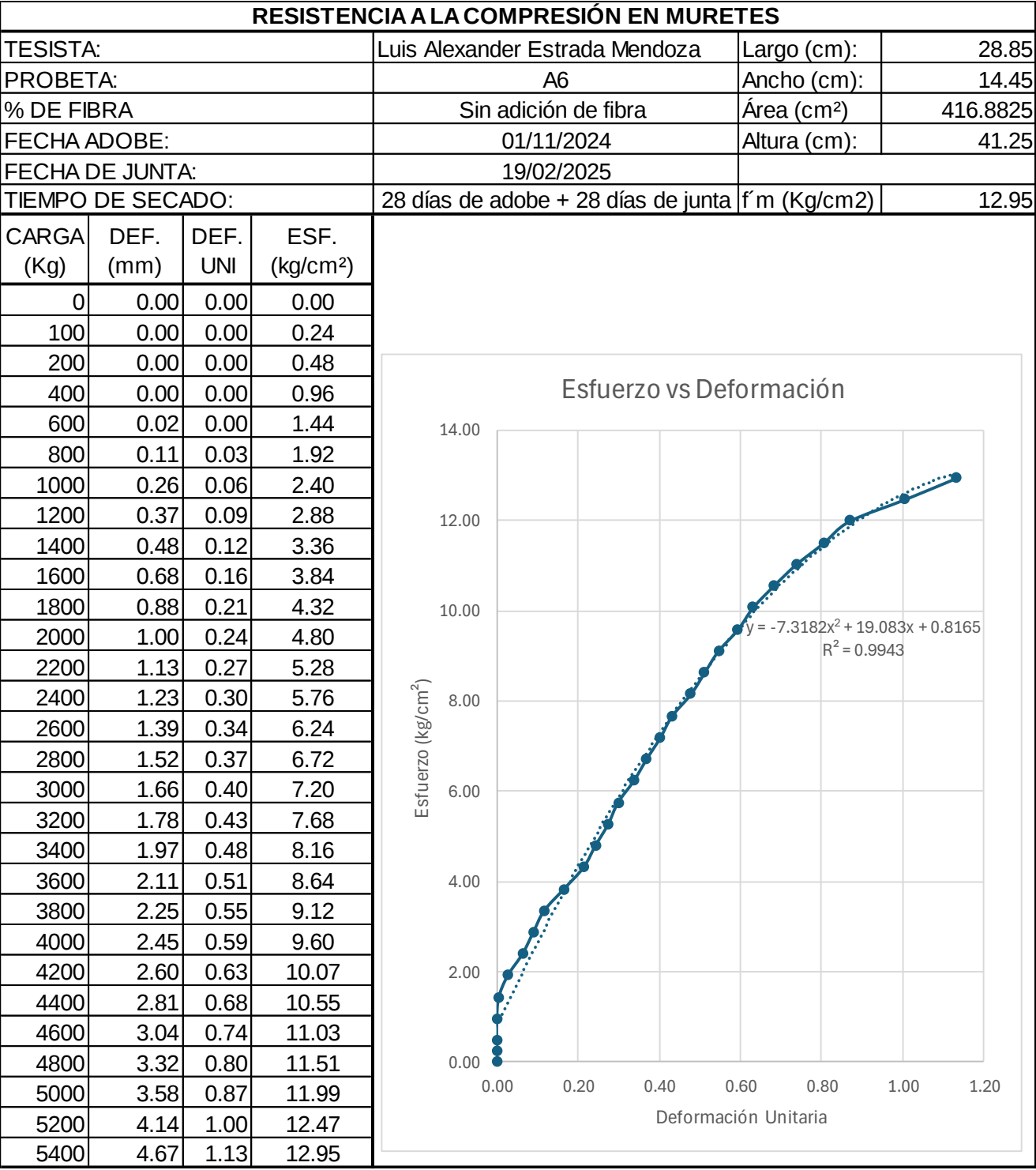
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 28.85
PROBETA:		A1		Ancho (cm): 14.60
% DE FIBRA		Sin adición de fibra		Área (cm²): 421.21
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 41.30
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días de adobe + 28 días de junta		f' m (Kg/cm²): 12.65
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación
0	0.00	0.00	0.00	
100	0.00	0.00	0.24	
200	0.00	0.00	0.47	
400	0.00	0.00	0.95	
600	0.02	0.00	1.42	
800	0.10	0.02	1.90	
1000	0.26	0.06	2.37	
1200	0.41	0.10	2.85	
1400	0.57	0.14	3.32	
1600	0.72	0.17	3.80	
1800	0.85	0.21	4.27	
2000	1.01	0.24	4.75	
2200	1.15	0.28	5.22	
2400	1.31	0.32	5.70	
2600	1.45	0.35	6.17	
2800	1.57	0.38	6.65	
3000	1.74	0.42	7.12	
3200	1.93	0.47	7.60	
3400	2.06	0.50	8.07	
3600	2.21	0.54	8.55	
3800	2.33	0.56	9.02	
4000	2.43	0.59	9.50	
4200	2.62	0.63	9.97	
4400	2.74	0.66	10.45	
4600	2.84	0.69	10.92	
4800	2.96	0.72	11.40	
5000	3.16	0.77	11.87	
5200	3.85	0.93	12.35	
5330	5.00	1.21	12.65	



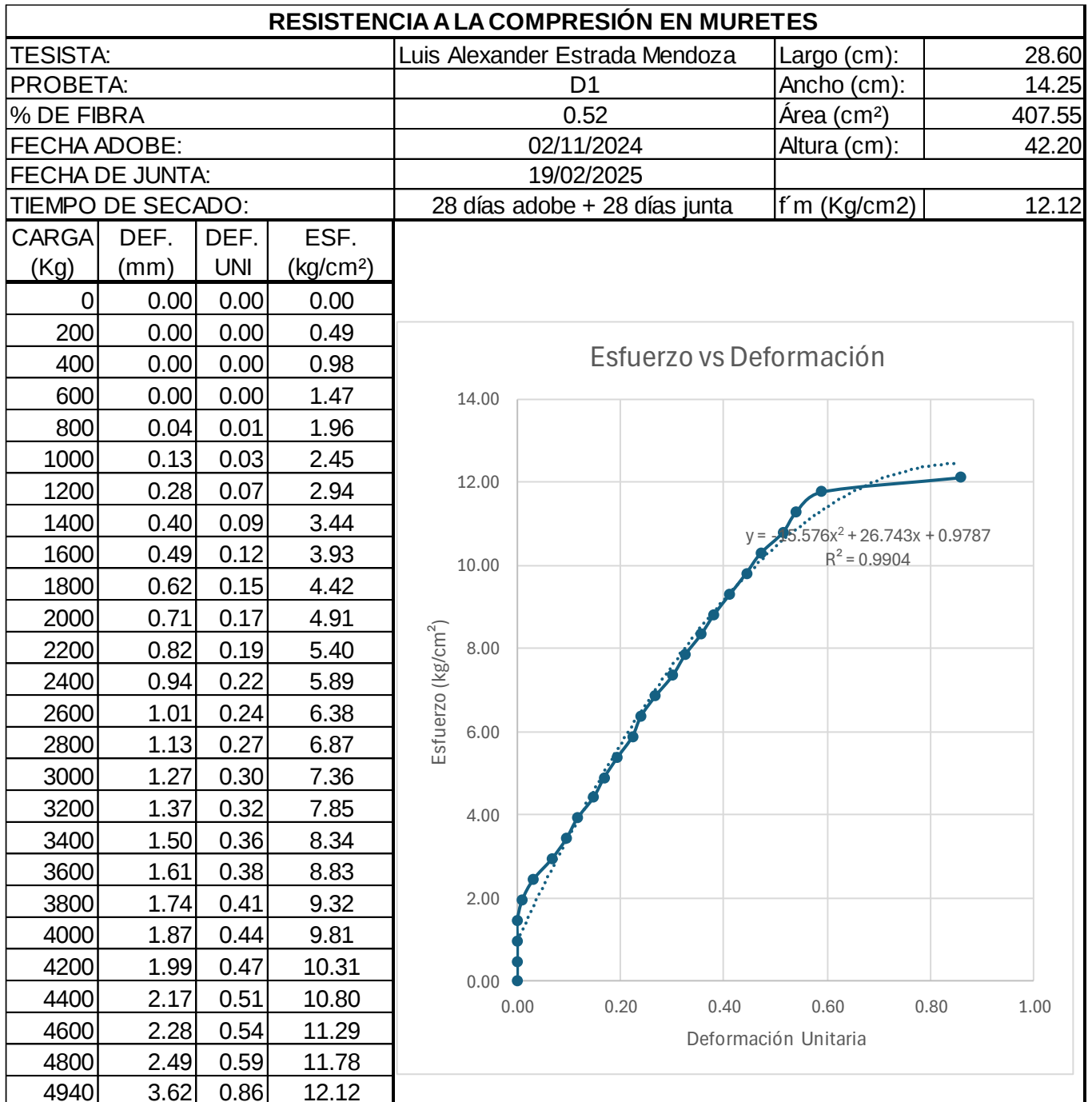


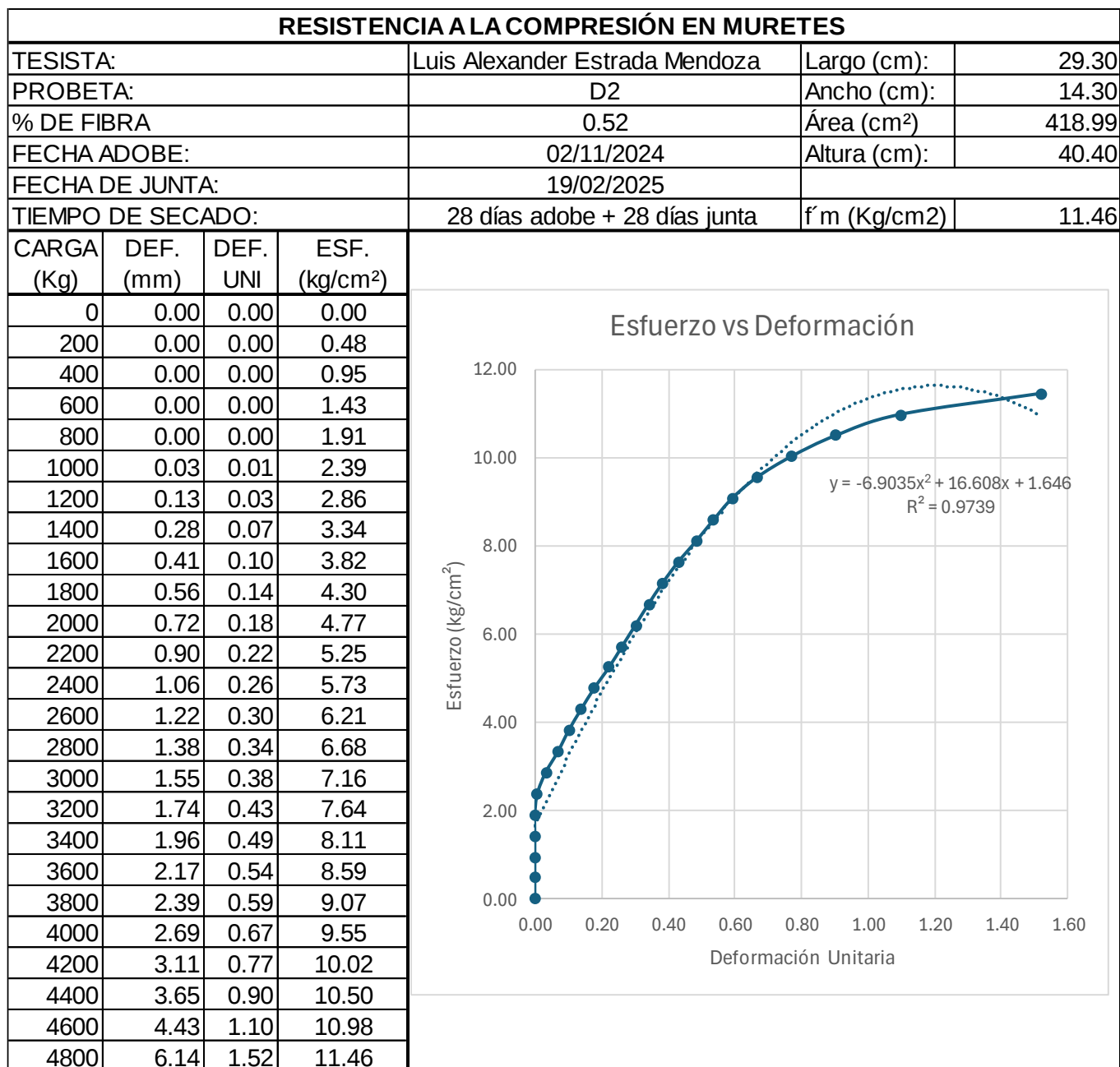






c) Gráficos esfuerzo vs deformación de muretes de adobe con paja 0.52% (D)





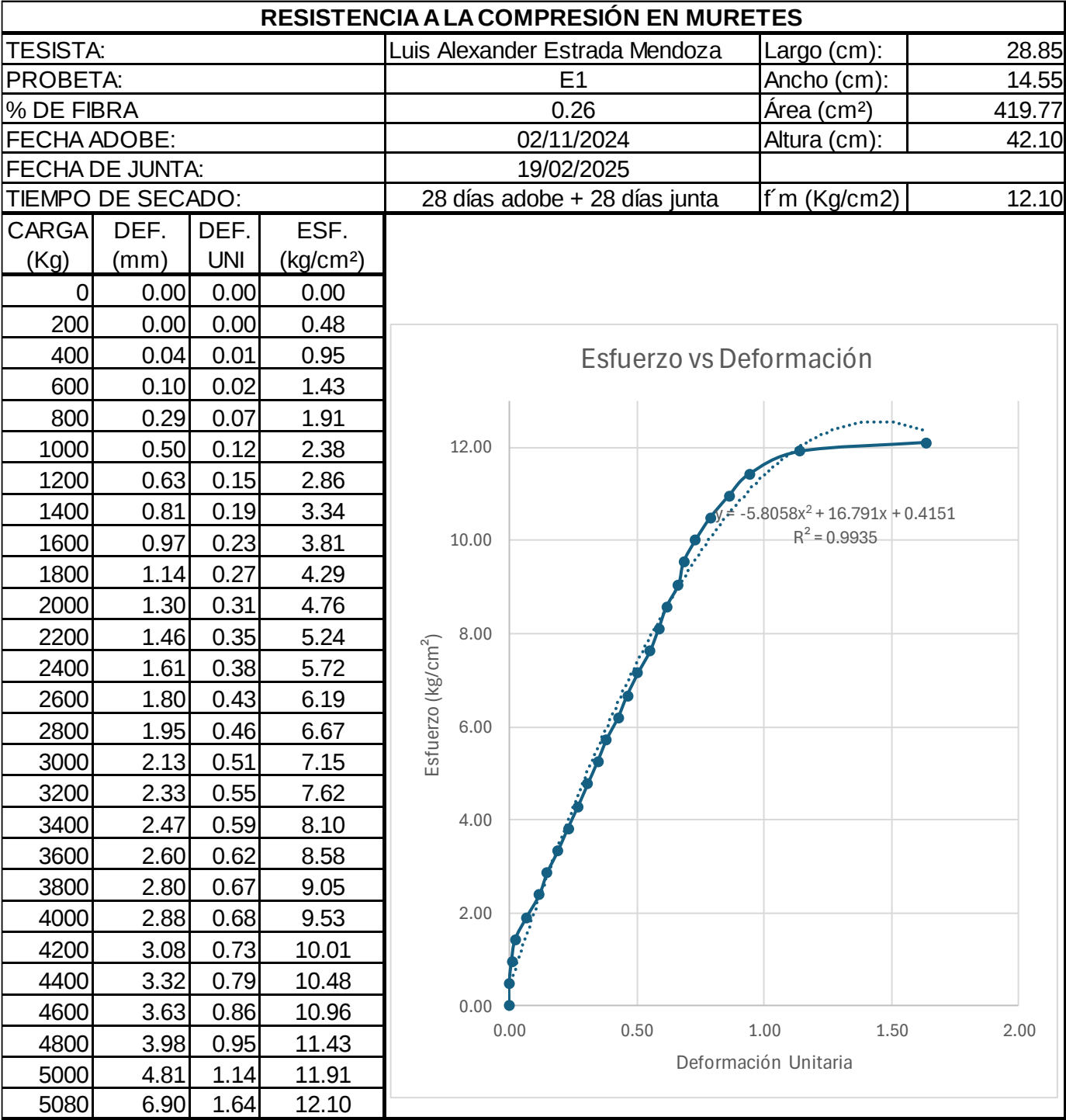
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES					
TESISTA:				Luis Alexander Estrada Mendoza	
PROBETA:				D3	
% DE FIBRA				0.52	
FECHA ADOBE:				02/11/2024	
FECHA DE JUNTA:				19/02/2025	
TIEMPO DE SECADO:				28 días adobe + 28 días junta	
				f' m (Kg/cm2)	
				11.63	
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación $y = -4.6227x^2 + 13.404x + 0.783$ $R^2 = 0.9942$	
0	0.00	0.00	0.00		
200	0.00	0.00	0.46		
400	0.03	0.01	0.93		
600	0.07	0.02	1.39		
800	0.21	0.05	1.86		
1000	0.40	0.10	2.32		
1200	0.56	0.14	2.79		
1400	0.74	0.18	3.25		
1600	0.92	0.22	3.72		
1800	1.13	0.27	4.18		
2000	1.35	0.33	4.64		
2200	1.52	0.37	5.11		
2400	1.69	0.41	5.57		
2600	1.86	0.45	6.04		
2800	2.16	0.52	6.50		
3000	2.35	0.57	6.97		
3200	2.62	0.64	7.43		
3400	2.84	0.69	7.90		
3600	3.14	0.76	8.36		
3800	3.36	0.82	8.82		
4000	3.52	0.86	9.29		
4200	3.65	0.89	9.75		
4400	3.93	0.96	10.22		
4600	4.22	1.03	10.68		
4800	4.74	1.15	11.15		
5000	5.56	1.35	11.61		
5010	6.45	1.57	11.63		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES									
TESISTA:				Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm):		29.10	
PROBETA:				D4		Ancho (cm):		14.30	
% DE FIBRA				0.52		Área (cm²)		416.13	
FECHA ADOBE:				02/11/2024		Altura (cm):		41.60	
FECHA DE JUNTA:				19/02/2025					
TIEMPO DE SECADO:				28 días adobe + 28 días junta		f' m (Kg/cm2)		12.06	
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación $y = -0.356x^2 + 20.695x + 1.6192$ $R^2 = 0.9797$					
0	0.00	0.00	0.00						
200	0.00	0.00	0.48						
400	0.00	0.00	0.96						
600	0.00	0.00	1.44						
800	0.00	0.00	1.92						
1000	0.03	0.01	2.40						
1200	0.12	0.03	2.88						
1400	0.22	0.05	3.36						
1600	0.33	0.08	3.84						
1800	0.47	0.11	4.33						
2000	0.60	0.14	4.81						
2200	0.73	0.18	5.29						
2400	0.86	0.21	5.77						
2600	1.00	0.24	6.25						
2800	1.18	0.28	6.73						
3000	1.32	0.32	7.21						
3200	1.59	0.38	7.69						
3400	1.77	0.43	8.17						
3600	1.93	0.46	8.65						
3800	2.13	0.51	9.13						
4000	2.26	0.54	9.61						
4200	2.42	0.58	10.09						
4400	2.64	0.63	10.57						
4600	2.97	0.71	11.05						
4800	3.25	0.78	11.53						
5000	3.61	0.87	12.02						
5020	4.15	1.00	12.06						

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES									
TESISTA:				Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm):		28.85	
PROBETA:				D5		Ancho (cm):		14.55	
% DE FIBRA				0.52		Área (cm²)		419.77	
FECHA ADOBE:				02/11/2024		Altura (cm):		43.45	
FECHA DE JUNTA:				19/02/2025					
TIEMPO DE SECADO:				28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm2)		11.15	
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación $y = -6.7611x^2 + 16.513x + 1.4746$ $R^2 = 0.9802$					
0	0.00	0.00	0.00						
200	0.00	0.00	0.48						
400	0.00	0.00	0.95						
600	0.00	0.00	1.43						
800	0.00	0.00	1.91						
1000	0.06	0.01	2.38						
1200	0.18	0.04	2.86						
1400	0.37	0.09	3.34						
1600	0.51	0.12	3.81						
1800	0.70	0.16	4.29						
2000	0.91	0.21	4.76						
2200	1.19	0.27	5.24						
2400	1.25	0.29	5.72						
2600	1.44	0.33	6.19						
2800	1.56	0.36	6.67						
3000	1.69	0.39	7.15						
3200	1.91	0.44	7.62						
3400	2.18	0.50	8.10						
3600	2.39	0.55	8.58						
3800	2.72	0.63	9.05						
4000	2.99	0.69	9.53						
4200	3.37	0.78	10.01						
4400	3.73	0.86	10.48						
4600	4.59	1.06	10.96						
4680	6.70	1.54	11.15						

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES						
TESISTA:			Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm):	28.95
PROBETA:			D6		Ancho (cm):	14.65
% DE FIBRA			0.52		Área (cm²)	424.12
FECHA ADOBE:			02/11/2024		Altura (cm):	41.70
FECHA DE JUNTA:			19/02/2025			
TIEMPO DE SECADO:			28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm2)	11.55
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación $y = -8.432x^2 + 18.519x + 1.0712$ $R^2 = 0.9912$		
0	0.00	0.00	0.00			
200	0.00	0.00	0.47			
400	0.00	0.00	0.94			
600	0.00	0.00	1.41			
800	0.05	0.01	1.89			
1000	0.19	0.05	2.36			
1200	0.35	0.08	2.83			
1400	0.48	0.12	3.30			
1600	0.60	0.14	3.77			
1800	0.74	0.18	4.24			
2000	0.90	0.22	4.72			
2200	1.04	0.25	5.19			
2400	1.24	0.30	5.66			
2600	1.39	0.33	6.13			
2800	1.53	0.37	6.60			
3000	1.66	0.40	7.07			
3200	1.84	0.44	7.55			
3400	1.94	0.47	8.02			
3600	2.25	0.54	8.49			
3800	2.44	0.59	8.96			
4000	2.62	0.63	9.43			
4200	2.88	0.69	9.90			
4400	3.27	0.78	10.37			
4600	3.76	0.90	10.85			
4800	4.61	1.11	11.32			
4900	6.44	1.54	11.55			

d) Gráficos esfuerzo vs deformación de muretes de adobe con paja 0.26% (E)



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.10
PROBETA:		E2		Ancho (cm): 14.90
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 433.59
FECHA ADOBE:		02/11/2024		Altura (cm): 41.10
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f' m (Kg/cm²): 12.22
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.02	0.00	0.46	
400	0.10	0.02	0.92	
600	0.20	0.05	1.38	
800	0.31	0.08	1.85	
1000	0.37	0.09	2.31	
1200	0.51	0.12	2.77	
1400	0.68	0.17	3.23	
1600	0.92	0.22	3.69	
1800	1.11	0.27	4.15	
2000	1.25	0.30	4.61	
2200	1.45	0.35	5.07	
2400	1.60	0.39	5.54	
2600	1.79	0.44	6.00	
2800	1.96	0.48	6.46	
3000	2.10	0.51	6.92	
3200	2.26	0.55	7.38	
3400	2.45	0.60	7.84	
3600	2.67	0.65	8.30	
3800	2.83	0.69	8.76	
4000	3.04	0.74	9.23	
4200	3.26	0.79	9.69	
4400	3.51	0.85	10.15	
4600	3.66	0.89	10.61	
4800	3.90	0.95	11.07	
5000	4.06	0.99	11.53	
5200	4.20	1.02	11.99	
5300	5.10	1.24	12.22	

Esfuerzo vs Deformación

$y = -3.8752x^2 + 14.588x + 0.5837$
 $R^2 = 0.9954$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.10
PROBETA:		E3		Ancho (cm): 14.40
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 419.04
FECHA ADOBE:		02/11/2024		Altura (cm): 41.60
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm2) 11.41
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación $y = -2.3086x^2 + 9.762x + 1.0466$ $R^2 = 0.9926$
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.48	
400	0.00	0.00	0.95	
600	0.04	0.01	1.43	
800	0.21	0.05	1.91	
1000	0.46	0.11	2.39	
1200	0.69	0.17	2.86	
1400	0.96	0.23	3.34	
1600	1.20	0.29	3.82	
1800	1.31	0.31	4.30	
2000	1.66	0.40	4.77	
2200	1.95	0.47	5.25	
2400	2.31	0.56	5.73	
2600	2.55	0.61	6.20	
2800	2.88	0.69	6.68	
3000	3.27	0.79	7.16	
3200	3.58	0.86	7.64	
3400	3.87	0.93	8.11	
3600	4.30	1.03	8.59	
3800	4.72	1.13	9.07	
4000	5.21	1.25	9.55	
4200	5.68	1.37	10.02	
4400	6.48	1.56	10.50	
4600	7.06	1.70	10.98	
4780	9.70	2.33	11.41	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.05
PROBETA:		E4		Ancho (cm): 14.75
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 428.49
FECHA ADOBE:		02/11/2024		Altura (cm): 40.80
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm²) 11.34
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.47	
400	0.00	0.00	0.93	
600	0.02	0.00	1.40	
800	0.10	0.02	1.87	
1000	0.17	0.04	2.33	
1200	0.23	0.06	2.80	
1400	0.37	0.09	3.27	
1600	0.60	0.15	3.73	
1800	0.84	0.21	4.20	
2000	1.11	0.27	4.67	
2200	1.32	0.32	5.13	
2400	1.59	0.39	5.60	
2600	1.75	0.43	6.07	
2800	1.96	0.48	6.53	
3000	2.19	0.54	7.00	
3200	2.58	0.63	7.47	
3400	2.79	0.68	7.93	
3600	3.01	0.74	8.40	
3800	3.22	0.79	8.87	
4000	3.42	0.84	9.34	
4200	3.61	0.88	9.80	
4400	3.90	0.96	10.27	
4600	4.21	1.03	10.74	
4800	4.82	1.18	11.20	
4860	5.81	1.42	11.34	

Esfuerzo vs Deformación

$y = -4.1226x^2 + 13.051x + 1.3081$
 $R^2 = 0.9828$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.10
PROBETA:		E5		Ancho (cm): 14.55
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 423.41
FECHA ADOBE:		02/11/2024		Altura (cm): 41.25
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f' m (Kg/cm2) 11.95
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.47	
400	0.00	0.00	0.94	
600	0.00	0.00	1.42	
800	0.00	0.00	1.89	
1000	0.02	0.00	2.36	
1200	0.13	0.03	2.83	
1400	0.35	0.08	3.31	
1600	0.55	0.13	3.78	
1800	0.89	0.22	4.25	
2000	1.08	0.26	4.72	
2200	1.29	0.31	5.20	
2400	2.50	0.61	5.67	
2600	2.70	0.65	6.14	
2800	2.96	0.72	6.61	
3000	3.19	0.77	7.09	
3200	3.40	0.82	7.56	
3400	3.58	0.87	8.03	
3600	3.83	0.93	8.50	
3800	4.12	1.00	8.97	
4000	4.40	1.07	9.45	
4200	5.14	1.25	9.92	
4400	6.79	1.65	10.39	
4600	7.21	1.75	10.86	
4800	7.64	1.85	11.34	
5000	8.39	2.03	11.81	
5060	9.26	2.24	11.95	

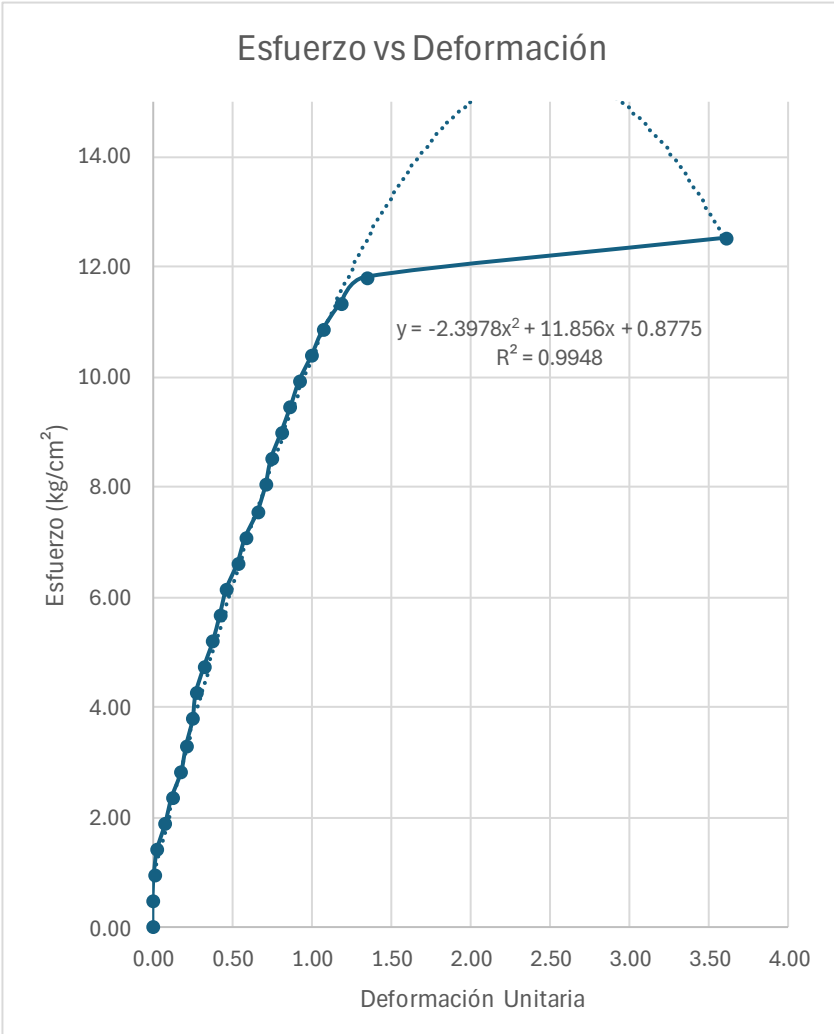
Esfuerzo vs Deformación

The graph plots Effort (kg/cm²) on the y-axis against Unitary Deformation on the x-axis. The data points form a curve that rises steeply and then levels off. A dashed quadratic curve is fitted to the data, with the equation $y = -2.0015x^2 + 8.9174x + 1.7341$ and a coefficient of determination $R^2 = 0.9669$.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 28.90
PROBETA:		E6		Ancho (cm): 14.65
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 423.39
FECHA ADOBE:		02/11/2024		Altura (cm): 41.25
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f' m (Kg/cm2) 11.76
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.47	
400	0.00	0.00	0.94	
600	0.00	0.00	1.42	
800	0.00	0.00	1.89	
1000	0.04	0.01	2.36	
1200	0.08	0.02	2.83	
1400	0.10	0.02	3.31	
1600	0.37	0.09	3.78	
1800	0.53	0.13	4.25	
2000	0.72	0.17	4.72	
2200	0.84	0.20	5.20	
2400	0.98	0.24	5.67	
2600	1.16	0.28	6.14	
2800	1.33	0.32	6.61	
3000	1.46	0.35	7.09	
3200	1.68	0.41	7.56	
3400	1.88	0.46	8.03	
3600	2.11	0.51	8.50	
3800	2.32	0.56	8.98	
4000	2.49	0.60	9.45	
4200	2.70	0.65	9.92	
4400	2.96	0.72	10.39	
4600	3.22	0.78	10.86	
4800	3.54	0.86	11.34	
4980	5.14	1.25	11.76	

e) Gráficos esfuerzo vs deformación de muretes de adobe con Nylon 0.52% (B)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

TESISTA:				Luis Alexander Estrada Mendoza	Largo (cm):	29.20
PROBETA:				B1	Ancho (cm):	14.50
% DE FIBRA				0.52	Área (cm²)	423.4
FECHA ADOBE:				01/11/2024	Altura (cm):	41.60
FECHA DE JUNTA:				19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:				28 días adobe + 28 días junta	f'm (Kg/cm2)	12.52
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)			
0	0.00	0.00	0.00			
200	0.00	0.00	0.47			
400	0.03	0.01	0.94			
600	0.12	0.03	1.42			
800	0.33	0.08	1.89			
1000	0.50	0.12	2.36			
1200	0.75	0.18	2.83			
1400	0.88	0.21	3.31			
1600	1.05	0.25	3.78			
1800	1.13	0.27	4.25			
2000	1.34	0.32	4.72			
2200	1.58	0.38	5.20			
2400	1.76	0.42	5.67			
2600	1.93	0.46	6.14			
2800	2.22	0.53	6.61			
3000	2.43	0.58	7.09			
3200	2.75	0.66	7.56			
3400	2.96	0.71	8.03			
3600	3.10	0.75	8.50			
3800	3.36	0.81	8.97			
4000	3.61	0.87	9.45			
4200	3.84	0.92	9.92			
4400	4.17	1.00	10.39			
4600	4.47	1.07	10.86			
4800	4.93	1.19	11.34			
5000	5.59	1.34	11.81			
5300	15.01	3.61	12.52			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.35
PROBETA:		B2		Ancho (cm): 14.80
% DE FIBRA		0.52		Área (cm²): 434.38
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 40.40
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm2) 12.75
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.46	
400	0.03	0.01	0.92	
600	0.00	0.00	1.38	
800	0.00	0.00	1.84	
1000	0.07	0.02	2.30	
1200	0.21	0.05	2.76	
1400	0.37	0.09	3.22	
1600	0.55	0.14	3.68	
1800	0.71	0.18	4.14	
2000	0.87	0.22	4.60	
2200	1.03	0.25	5.06	
2400	1.17	0.29	5.53	
2600	1.30	0.32	5.99	
2800	1.43	0.35	6.45	
3000	1.60	0.40	6.91	
3200	1.70	0.42	7.37	
3400	1.83	0.45	7.83	
3600	2.05	0.51	8.29	
3800	2.28	0.56	8.75	
4000	2.30	0.57	9.21	
4200	2.56	0.63	9.67	
4400	2.84	0.70	10.13	
4600	3.15	0.78	10.59	
4800	3.55	0.88	11.05	
5000	3.83	0.95	11.51	
5200	4.02	1.00	11.97	
5400	4.97	1.23	12.43	
5540	9.85	2.44	12.75	

Esfuerzo vs Deformación

The graph plots Effort (kg/cm²) on the y-axis against Unitary Deformation on the x-axis. The data points follow a parabolic curve that peaks at approximately 12.75 kg/cm² for a unitary deformation of 2.44. A trendline is fitted to the data with the equation $y = -4.3459x^2 + 15.105x + 1.4743$ and a coefficient of determination $R^2 = 0.9837$.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.70
PROBETA:		B3		Ancho (cm): 14.95
% DE FIBRA		0.52		Área (cm²): 444.015
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 40.75
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm2) 13.15
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.45	
400	0.00	0.00	0.90	
600	0.03	0.01	1.35	
800	0.12	0.03	1.80	
1000	0.26	0.06	2.25	
1200	0.37	0.09	2.70	
1400	0.53	0.13	3.15	
1600	0.70	0.17	3.60	
1800	0.81	0.20	4.05	
2000	1.06	0.26	4.50	
2200	1.26	0.31	4.95	
2400	1.39	0.34	5.41	
2600	1.59	0.39	5.86	
2800	1.78	0.44	6.31	
3000	2.02	0.50	6.76	
3200	2.25	0.55	7.21	
3400	2.44	0.60	7.66	
3600	2.64	0.65	8.11	
3800	2.92	0.72	8.56	
4000	3.21	0.79	9.01	
4200	3.50	0.86	9.46	
4400	3.95	0.97	9.91	
4600	4.29	1.05	10.36	
4800	4.75	1.17	10.81	
5000	5.13	1.26	11.26	
5200	5.41	1.33	11.71	
5400	5.73	1.41	12.16	
5600	5.98	1.47	12.61	
5800	6.43	1.58	13.06	
5840	10.37	2.54	13.15	

Esfuerzo vs Deformación

$y = -2.9105x^2 + 11.938x + 1.3301$
 $R^2 = 0.9903$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.40
PROBETA:		B4		Ancho (cm): 14.65
% DE FIBRA		0.52		Área (cm²): 430.71
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 41.00
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f' m (Kg/cm²) 13.19
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.46	
400	0.00	0.00	0.93	
600	0.00	0.00	1.39	
800	0.06	0.01	1.86	
1000	0.20	0.05	2.32	
1200	0.33	0.08	2.79	
1400	0.44	0.11	3.25	
1600	0.61	0.15	3.71	
1800	0.72	0.18	4.18	
2000	0.85	0.21	4.64	
2200	0.98	0.24	5.11	
2400	1.11	0.27	5.57	
2600	1.24	0.30	6.04	
2800	1.43	0.35	6.50	
3000	1.56	0.38	6.97	
3200	1.68	0.41	7.43	
3400	1.73	0.42	7.89	
3600	1.81	0.44	8.36	
3800	1.90	0.46	8.82	
4000	2.07	0.50	9.29	
4200	2.31	0.56	9.75	
4400	2.38	0.58	10.22	
4600	2.45	0.60	10.68	
4800	2.51	0.61	11.14	
5000	2.63	0.64	11.61	
5200	2.69	0.66	12.07	
5400	2.75	0.67	12.54	
5600	2.84	0.69	13.00	
5680	3.77	0.92	13.19	

Esfuerzo vs Deformación

$y = -5.2322x^2 + 19.435x + 0.9015$
 $R^2 = 0.9837$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.15
PROBETA:		B5		Ancho (cm): 14.65
% DE FIBRA		0.52		Área (cm²): 427.0475
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 40.10
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f' m (Kg/cm2) 13.02
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.47	
400	0.04	0.01	0.94	
600	0.16	0.04	1.40	
800	0.35	0.09	1.87	
1000	0.56	0.14	2.34	
1200	0.73	0.18	2.81	
1400	0.92	0.23	3.28	
1600	1.12	0.28	3.75	
1800	1.38	0.34	4.21	
2000	1.60	0.40	4.68	
2200	1.90	0.47	5.15	
2400	2.16	0.54	5.62	
2600	2.45	0.61	6.09	
2800	2.83	0.71	6.56	
3000	3.35	0.84	7.02	
3200	3.79	0.95	7.49	
3400	4.30	1.07	7.96	
3600	4.76	1.19	8.43	
3800	5.21	1.30	8.90	
4000	5.72	1.43	9.37	
4200	6.35	1.58	9.83	
4400	7.03	1.75	10.30	
4600	7.85	1.96	10.77	
4800	8.74	2.18	11.24	
5000	9.24	2.30	11.71	
5200	9.82	2.45	12.18	
5400	10.93	2.73	12.64	
5560	20.73	5.17	13.02	

Esfuerzo vs Deformación

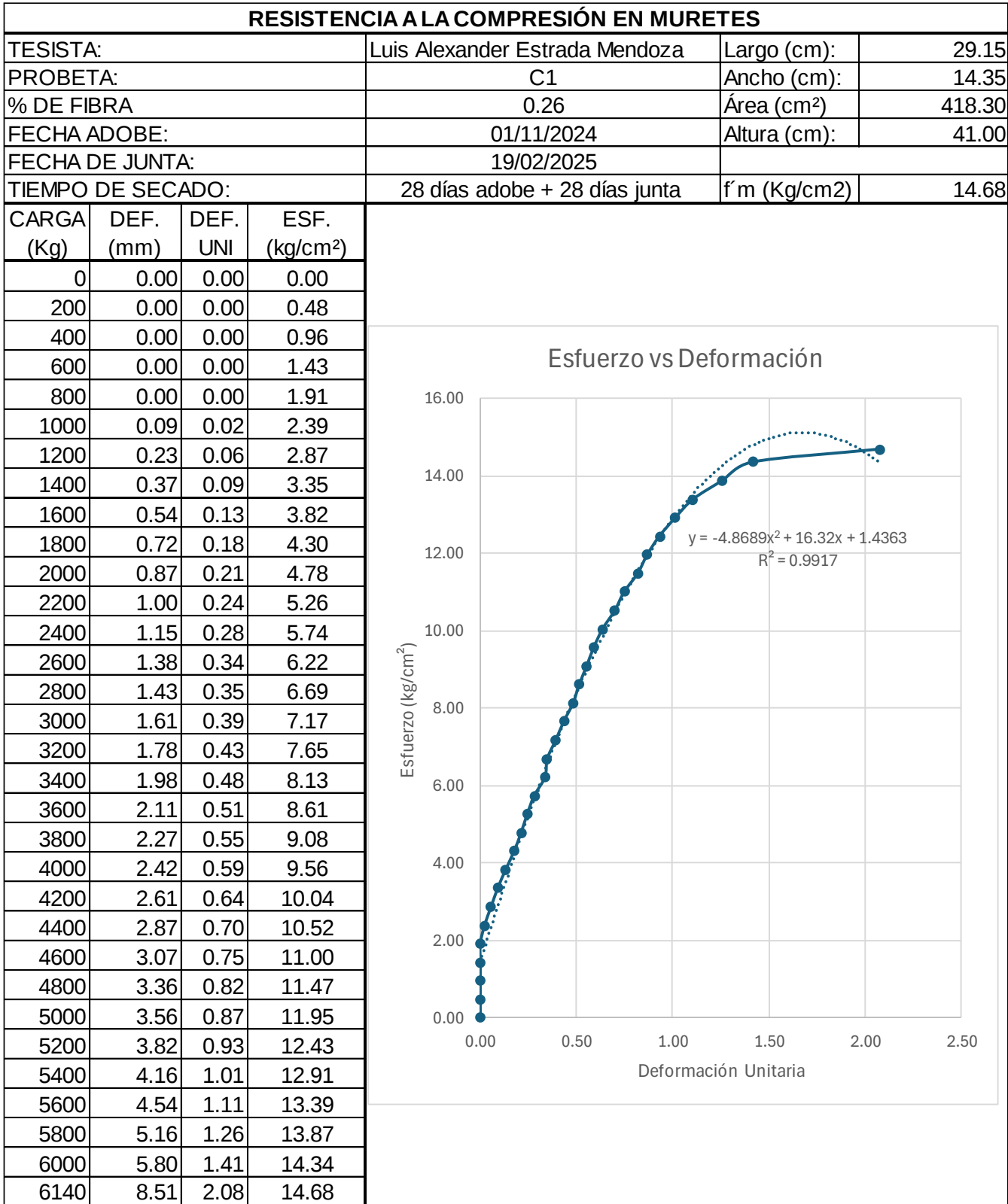
$y = -0.869x^2 + 6.6266x + 1.5646$
 $R^2 = 0.9785$

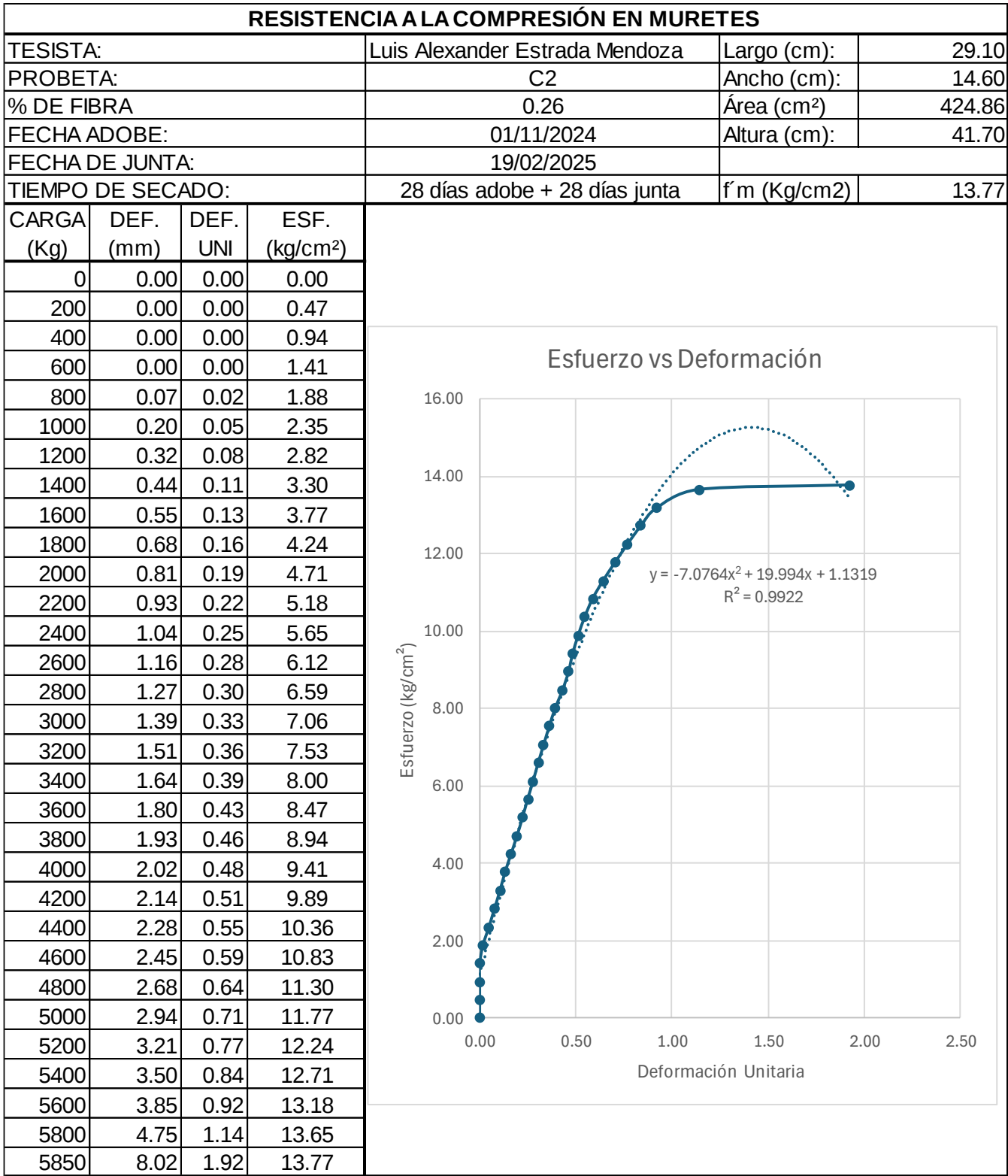
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.75
PROBETA:		B6		Ancho (cm): 14.75
% DE FIBRA		0.52		Área (cm²): 438.81
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 41.10
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm2) 12.42
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.46	
400	0.00	0.00	0.91	
600	0.00	0.00	1.37	
800	0.04	0.01	1.82	
1000	0.14	0.03	2.28	
1200	0.23	0.06	2.73	
1400	0.30	0.07	3.19	
1600	0.46	0.11	3.65	
1800	0.64	0.16	4.10	
2000	0.79	0.19	4.56	
2200	0.96	0.23	5.01	
2400	1.18	0.29	5.47	
2600	1.30	0.32	5.93	
2800	1.47	0.36	6.38	
3000	1.68	0.41	6.84	
3200	1.80	0.44	7.29	
3400	2.06	0.50	7.75	
3600	2.20	0.54	8.20	
3800	2.41	0.59	8.66	
4000	2.62	0.64	9.12	
4200	2.95	0.72	9.57	
4400	3.23	0.79	10.03	
4600	3.42	0.83	10.48	
4800	3.59	0.87	10.94	
5000	3.86	0.94	11.39	
5200	4.16	1.01	11.85	
5400	4.64	1.13	12.31	
5450	11.25	2.74	12.42	

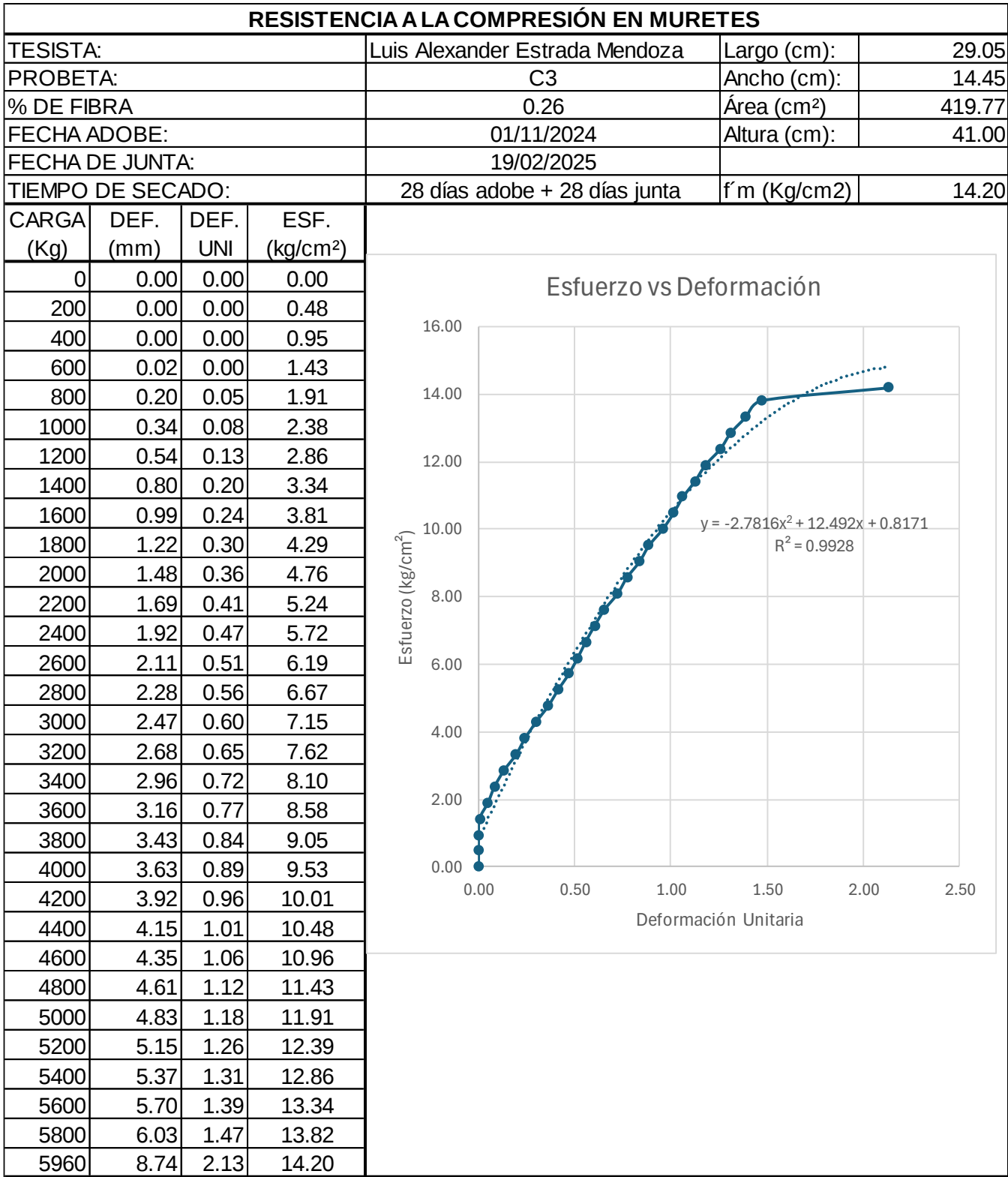
Esfuerzo vs Deformación

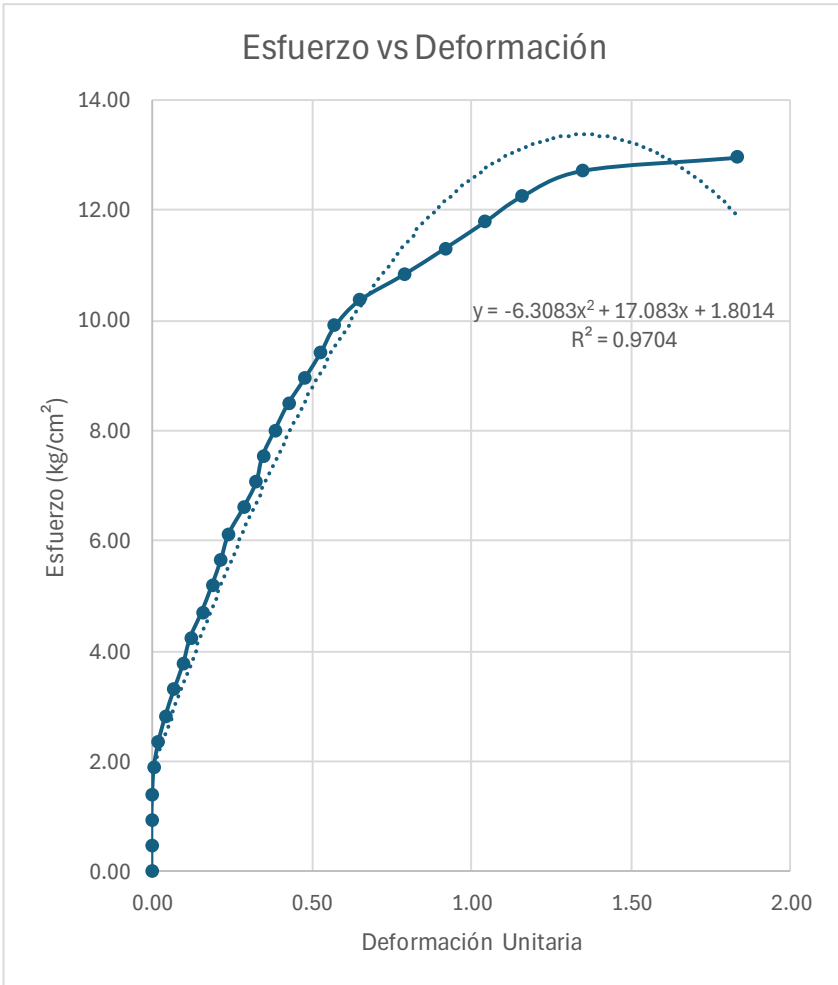
$y = -3.7198x^2 + 14.106x + 1.548$
 $R^2 = 0.9849$

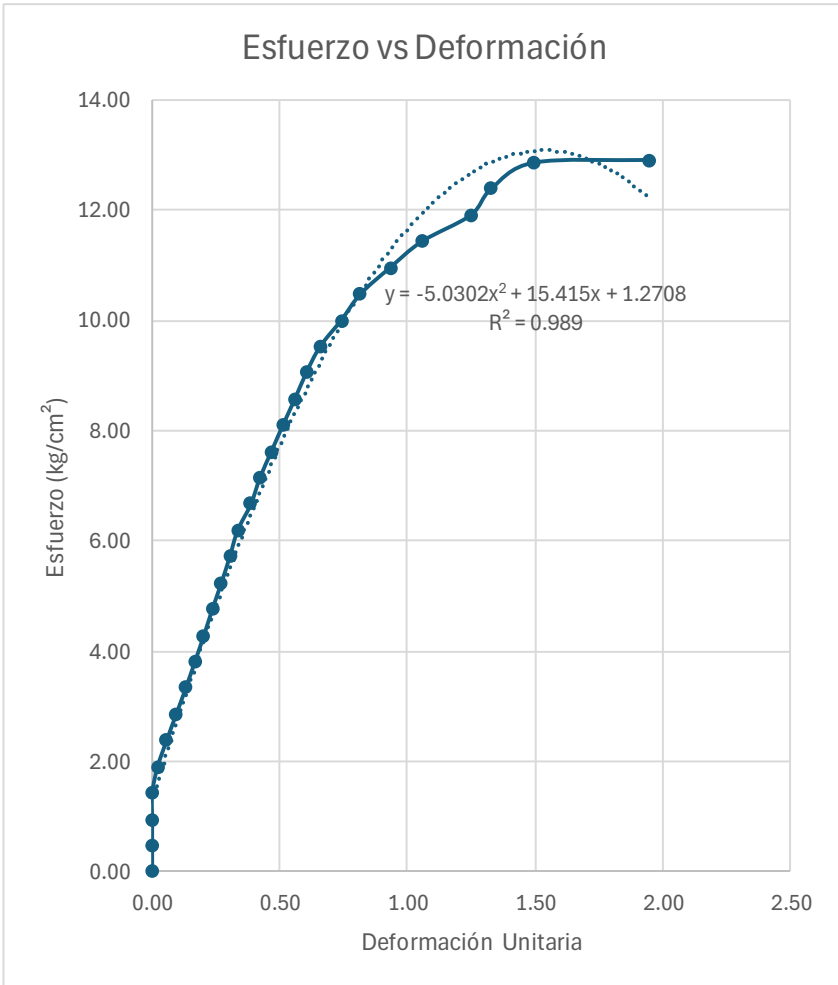
f) Gráficos esfuerzo vs deformación de muretes de adobe con Nylon 0.26% (C)

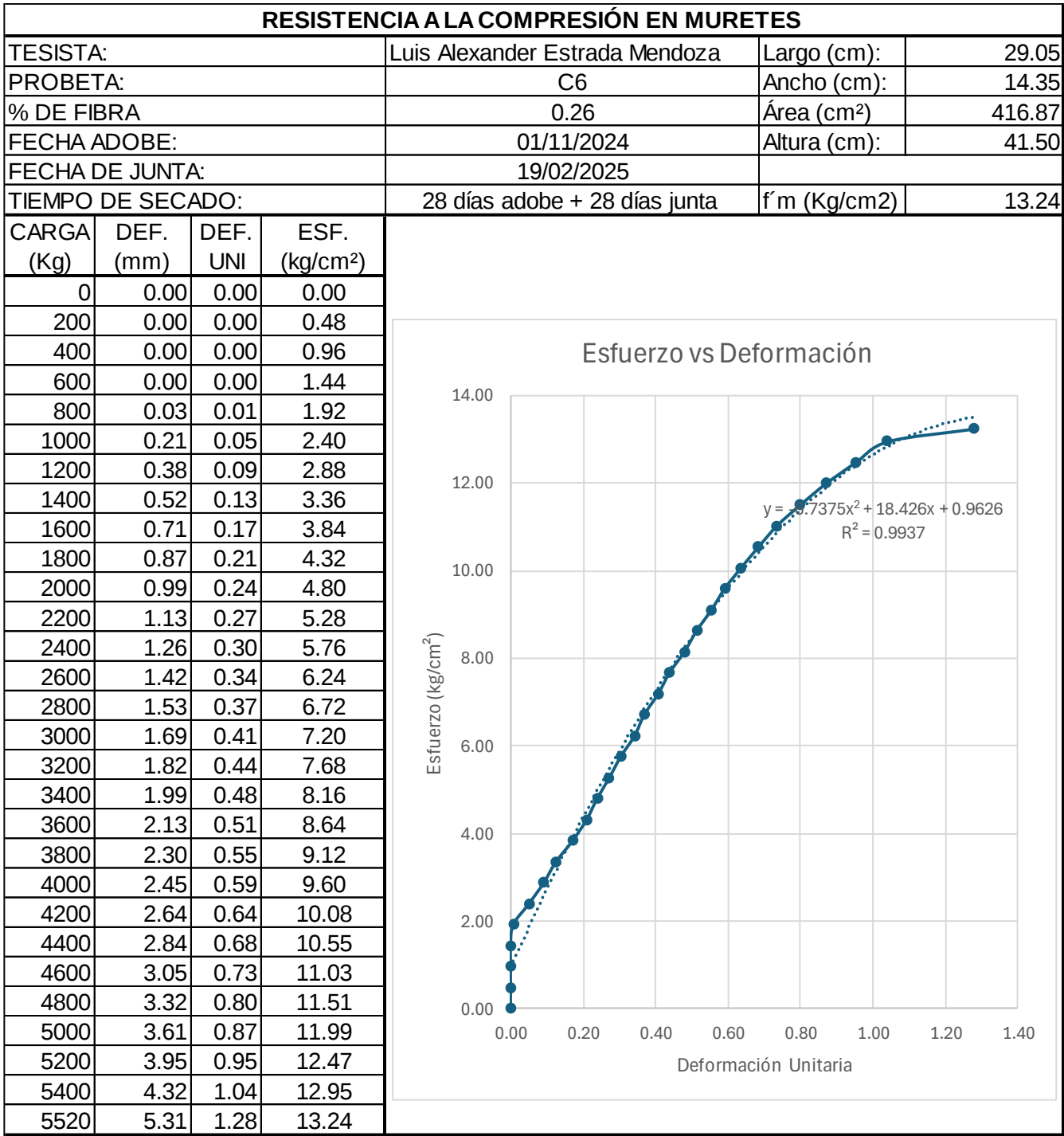






RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 28.85
PROBETA:		C4		Ancho (cm): 14.70
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 424.10
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 41.50
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm²): 12.97
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación 
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.47	
400	0.00	0.00	0.94	
600	0.01	0.00	1.41	
800	0.03	0.01	1.89	
1000	0.09	0.02	2.36	
1200	0.18	0.04	2.83	
1400	0.29	0.07	3.30	
1600	0.41	0.10	3.77	
1800	0.50	0.12	4.24	
2000	0.65	0.16	4.72	
2200	0.78	0.19	5.19	
2400	0.90	0.22	5.66	
2600	1.00	0.24	6.13	
2800	1.19	0.29	6.60	
3000	1.36	0.33	7.07	
3200	1.44	0.35	7.55	
3400	1.60	0.39	8.02	
3600	1.77	0.43	8.49	
3800	1.99	0.48	8.96	
4000	2.20	0.53	9.43	
4200	2.38	0.57	9.90	
4400	2.70	0.65	10.38	
4600	3.28	0.79	10.85	
4800	3.81	0.92	11.32	
5000	4.32	1.04	11.79	
5200	4.81	1.16	12.26	
5400	5.61	1.35	12.73	
5500	7.62	1.84	12.97	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES				
TESISTA:		Luis Alexander Estrada Mendoza		Largo (cm): 29.05
PROBETA:		C5		Ancho (cm): 14.45
% DE FIBRA		0.26		Área (cm²): 419.77
FECHA ADOBE:		01/11/2024		Altura (cm): 42.40
FECHA DE JUNTA:		19/02/2025		
TIEMPO DE SECADO:		28 días adobe + 28 días junta		f'm (Kg/cm²): 12.91
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI	ESF. (kg/cm²)	Esfuerzo vs Deformación 
0	0.00	0.00	0.00	
200	0.00	0.00	0.48	
400	0.00	0.00	0.95	
600	0.00	0.00	1.43	
800	0.09	0.02	1.91	
1000	0.24	0.06	2.38	
1200	0.40	0.09	2.86	
1400	0.56	0.13	3.34	
1600	0.71	0.17	3.81	
1800	0.86	0.20	4.29	
2000	1.00	0.24	4.76	
2200	1.15	0.27	5.24	
2400	1.29	0.30	5.72	
2600	1.42	0.33	6.19	
2800	1.64	0.39	6.67	
3000	1.79	0.42	7.15	
3200	1.98	0.47	7.62	
3400	2.17	0.51	8.10	
3600	2.37	0.56	8.58	
3800	2.56	0.60	9.05	
4000	2.79	0.66	9.53	
4200	3.14	0.74	10.01	
4400	3.46	0.82	10.48	
4600	3.95	0.93	10.96	
4800	4.48	1.06	11.43	
5000	5.29	1.25	11.91	
5200	5.63	1.33	12.39	
5400	6.34	1.50	12.86	
5420	8.27	1.95	12.91	



PANEL FOTOGRAFICO
Figura 56. *Cantera Cruz Blanca*



Figura 57. *Preparación de material*



Figura 59. *Adoberas*



Figura 58. *Nylon cortado*



Figura 60. *Preparación de barro*



Figura 61. *Corte de Ichu*



Figura 63. Humedecimiento de adoberas



Figura 62. Barro preparado



Figura 64. Preparación % Ichu



Figura 65. Preparación % Nylon



Figura 67. Preparación barro + Nylon



Figura 66. Preparación Barro + Ichu



Figura 69. *Elaboración adobes 30x15*



Figura 68. *Elaboración adobes 40x20*



Figura 71.
Secado de Adobes



Figura 70.
Elaboración de adobes 10x10cm



Figura 72. *Transporte de adobes*



Figura 73. *Presencia de asesor verificando los especímenes de adobe para muretes*



Figura 75.
Análisis granulométrico UNC



Figura 74. *Ensayo límites de Atterberg*



Figura 76.
Ensayo de peso específico



Figura 77.
Muestras secadas de Horno



Figura 79.
Especímenes de adobe 10x10x10



Figura 78.
Refrendado de adobes 10x10x10



Figura 80.
Unidades de adobe codificadas



Figura 81.
Toma de medidas por parte del investigador



Figura 82.
Unidades de ensayo a Compresión



Figura 83.
Ensayo a compresión con responsable de laboratorio



Figura 85.
Ensayo resistencia a compresión



Figura 84.
Desechos de ensayo de resistencia a compresión



Figura 86.
Transporte de especímenes



Figura 87.
Marcación de tercios de luz libre



Figura 88.
Toma de medidas adobe para flexión



Figura 89.
Ensayo de flexión unidades



Figura 91.
Ensayo flexión NTE 2554



Figura 90.
Unidades para ensayo de resistencia a la flexión



Figura 92.
Elaboración de muretes



Figura 93.
Muretes en espacio asignado



Figura 97.
Refrendado de muretes de adobe



Figura 96.
Muretes refrendados



Figura 95.
Muretes para compresión



Figura 94.
Ensayo a compresión admisible con responsable de laboratorio



Figura 99.
Tesista y murete a ensayar



Figura 101.
Rotura de murete sin fibra



Figura 102.
Rotura de murete con fibra de Ichu



Figura 98.
Murete de adobe ensayado



Figura 100.
Rotura de murete con fibra de nylon



ANEXOS

1) CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERIA
Telefax N° 0051-76-36-5976 Anexo N° 129-130 / 147
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Certif. N° 005 – 2025

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que el Ingeniero Civil **LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA**, ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, según consta en el cuaderno de asistencia del Laboratorio de Mecánica de Suelos, ha registrado su asistencia a dicho Laboratorio para la elaboración de la tesis profesional: **"RESISTENCIA A LA COMPRESION Y FLEXION DE UN ADOBE AL ADICIONAR PAJA O NYLON EN DIFERENTES PORCENTAJES, CAJAMARCA , 2024"**, en el siguiente periodo:

El 03 Y 04 de febrero del 2025

El Laboratorio no se responsabiliza por la ejecución y los resultados de los ensayos realizados.

Se expide el presente a solicitud verbal del interesado para los fines que estime por conveniente,

Cajamarca, 08 de setiembre del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos
ING. MARCO W. HOYOS SAUCEDO
Reg. CIP 28031

2) CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO 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 Ing. ESTRADA MENDOZA LUIS ALEXANDER. Exalumno de la Escuela de Posgrado – Maestría en Ingeniería Civil 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 en unidades de adobe
02	Ensayo a flexión en unidades de adobe
03	Ensayo a compresión en muretes de adobe

Para la Tesis Titulada: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN ADOBE AL ADICIONAR PAJA O NYLON EN DIFERENTES PORCENTAJES, CAJAMARCA 2024".

Las actividades se desarrollaron del 01 de diciembre de 2024 al 31 de abril de 2025.

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

Cajamarca, 26 de junio de 2025.

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cepeda Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES