

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe
mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024

Presentado por:

Yonatan Torres Pereira

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024

Presentado por **Yonatan Torres Pereira**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 27 de agosto de 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:


Mtro. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Primer miembro:


Ing. Fanny Silva Noriega

Segundo miembro:


Ing. Oscar Velazque Rojas

Asesor:


Dr. Calixto Cañari Otero



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 199-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **Influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024**, presentado por el Bachr: **Yonatan Torres Pereira**, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (22%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 22 de agosto del 2025

Atentamente,


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Dra. Hesperalda Rojas Enriquez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 570



Agradecimiento

Este honor no me pertenece solo a mí.

A Dios, por enseñarme a ver lo que muchas veces pasa desapercibido.

A mis padres, Delio Torres Ccorahua y Marcelina Pereira Rojas, por su amor incondicional y su sacrificio. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba; ustedes son el pilar sobre el que está construido este logro.

A mis hermanos, Reider, Alida y Brandy Torres Pereira, quienes sin que yo se los pidiera, siempre estuvieron ahí.

A mis amigos Leydi, Angie, Yamelin y Yuri, quienes me alentaron, apoyaron, inspiraron y toleraron a lo largo de este camino. En especial a Ronald Huanaco Chumbez, cuyo apoyo fue determinante para que esta investigación llegara a su fin.

A Sheyla Bravo Tambranco, por su amor, su paciencia y por ser mi refugio en los momentos más difíciles.

No siempre fui el estudiante, el hermano, el amigo o la persona que merecían. Pero a mi manera, los llevo a todos en cada página de este trabajo. Gracias.

Yonatan



Dedicatoria

A mis padres, Delio y Marcelina.

Por cada sacrificio que hicieron sin pedir nada a cambio, y por enseñarme con el ejemplo que el esfuerzo es la única herencia que no se pierde.

Este logro es, antes que mío, suyo.

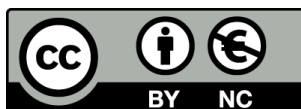
Yonatan



Influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe
mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024

Línea de investigación: Ingeniería de materiales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
CAPÍTULO I	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1 Descripción del problema	6
1.2 Enunciado del problema	9
1.2.1 Problema general	9
1.2.2 Problemas específicos	9
1.3 Justificación de la investigación	10
CAPÍTULO II	13
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	13
2.1 Objetivos de la investigación	13
2.1.1 Objetivos generales	13
2.1.2 Objetivos específicos	13
2.2 Hipótesis de la investigación	14
2.2.1 Hipótesis general	14
2.2.2 Hipótesis específicas	14
2.3 Operacionalización de variables	15
CAPÍTULO III	16
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	16
3.1 Antecedentes	16
3.2 Marco teórico	27
3.2.1 Técnica de reforzamiento de muros de adobe con geomallas: aplicación basada en normas ASTM D4439 y E.080	27
3.1.2 Sistemas de reforzamiento basados en mallas electrosoldadas	51
3.1.3 Polímeros reforzados con fibra (FRPs)	52
3.2 Marco conceptual	67
CAPÍTULO IV	73
	1



METODOLOGÍA	73
4.1 Tipo y nivel de investigación	73
4.1.1 Tipo de investigación	73
4.1.2 Nivel de investigación	73
4.2 Diseño de la investigación	74
4.2.1 Limitaciones	74
4.2.2 Delimitaciones	75
4.3 Descripción ética de la investigación	76
4.4 Población y muestra	77
4.4.1 Población	77
4.4.2 Muestra	78
4.5 Procedimiento	80
4.6 Técnica e instrumentos	82
4.6.1 Validación	83
4.7 Análisis estadístico	85
4.8 Caracterización física y mecánica del material base	92
CAPÍTULO V	93
RESULTADOS Y DISCUSIONES	93
5.1 Análisis de resultados	93
5.2 Contrastación de hipótesis	121
5.3 Discusión	146
CAPÍTULO VI	153
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
6.1 Conclusiones	153
6.2 Recomendaciones	156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
ANEXOS	164



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables de investigación	15
Tabla 2 — Proporciones para una composición ideal de mezcla	45
Tabla 3 — Proporciones para nuestro diseño de mezcla	45
Tabla 4 — Tabla de equivalencias	46
Tabla 5 — Propiedades físicas de las fibras de elastómero, plásticos flexibles y fibras PET	63
Tabla 6 — Cantidad de ensayos a realizar	79
Tabla 7 — Juicio de expertos	83
Tabla 8 — Resultados de validación de los instrumentos de investigación	83
Tabla 9 — Intervalo de fiabilidad alfa de Cronbach	84
Tabla 10 — Resistencia a compresión axial de pilas de adobe	93
Tabla 11 — Carga versus deformación de pilas de adobe patrón	94
Tabla 12 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe patrón	95
Tabla 13 — Carga versus deformación de pilas reforzadas con mallas de 5 cm	95
Tabla 14 — Módulo de elasticidad de pilas reforzadas con mallas de 5 cm	96
Tabla 15 — Carga versus deformación de pilas reforzadas con mallas de 8cm	97
Tabla 16 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe reforzadas con mallas de 8cm	98
Tabla 17 — Resistencia a compresión diagonal	99
Tabla 18 — Carga versus deformación de muretes de adobe patrón	100
Tabla 19 — Módulo de corte de muretes de adobe patrón	102
Tabla 20 — Carga vs deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 5 cm de abertura	103
Tabla 21 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	105
Tabla 22 — Carga versus deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 8cm de abertura	106
Tabla 23 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8cm de abertura	108
Tabla 24 — Propiedades físicas de los ensayos	109



Tabla 25 — Propiedades mecánicas de los ensayos	110
Tabla 26 — Tabla de resistencia a tracción	110
Tabla 27 — Resultados descriptivos de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe	111
Tabla 28 — Influencia de los tratamientos en la resistencia a compresión axial según un modelo lineal general univariado	116
Tabla 29 — Resultados descriptivos de la resistencia a compresión diagonal de muretes	117
Tabla 30 — Influencia de los tratamientos en la resistencia a compresión diagonal según un modelo lineal general univariado	120
Tabla 31 — Prueba de normalidad en cada uno de los grupos de compresión axial de adobe	121
Tabla 32 — Prueba de homogeneidad de varianzas compresión axial de adobe	123
Tabla 33 — Prueba de normalidad en cada uno de los grupos de compresión diagonal de muretes	125
Tabla 34 — Prueba de homogeneidad de varianzas compresión diagonal de muretes	125
Tabla 35 — Análisis de la varianza (ANOVA) / compresión axial de pilas de adobe	127
Tabla 36 — Análisis de la varianza (ANOVA) / compresión diagonal de muretes	129
Tabla 37 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe	132
Tabla 38 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe	132
Tabla 39 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión axial	133
Tabla 40 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe	136
Tabla 41 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe	137
Tabla 42 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión axial	138
Tabla 43 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes	140
Tabla 44 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes	141
Tabla 45 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia diagonal de muretes	141
Tabla 46 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes	143
Tabla 47 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes	144
Tabla 48 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia diagonal de muretes	145
Tabla 49 — Matriz de consistencia	165



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Colocación de geomalla	30
Figura 2 — Traslape de geomalla	31
Figura 3 — Reforzamientos de muros de adobe con geomallas	39
Figura 4 — Modelo de gavera para la elaboración de las muestras de adobe	41
Figura 5 — Métodos para la fabricación de bloques de adobe	44
Figura 6 — Sistemas de reforzamiento con malla electrosoldada	52
Figura 7 — Muro de AC reforzado con CFRP	53
Figura 8 — Configuración horizontal y diagonal de CFRP	54
Figura 9 — Configuración de CFRP	54
Figura 10 — Configuración de CFRP	55
Figura 11 — Propuesta de modelos para la elaboración de las muestras de adobe	57
Figura 12 — Se ilustra un modelo de esquema de cimentación para edificaciones	58
Figura 13 — Se presenta una propuesta de límites geométricos de muros y vanos	59
Figura 14 — Se ilustra una propuesta de colocación de geomallas	60
Figura 15 — Se ilustra un modelo de refuerzo tanto exterior e interiormente	61
Figura 16 — Gráficas esfuerzo-deformación para fibras PET, plásticos y elastómeros	63
Figura 17 — Gráfico diagrama de flujo	81
Figura 18 — Campana de Gauss	89
Figura 19 — Carga – Desplazamiento vertical de pilas de adobe patrón	94
Figura 20 — Carga – Desplazamiento vertical de pilas reforzadas con mallas de 5 cm	96
Figura 21 — Carga – Desplazamiento vertical de pilas reforzadas con mallas de 8cm	98
Figura 22 — Carga – Desplazamiento vertical de muretes de adobe patrón	101
Figura 23 — Carga – Desplazamiento horizontal de muretes de adobe patrón	102
Figura 24 — Carga – Desplazamiento vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	104



Figura 25 — Carga – Desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	105
Figura 26 — Carga vs Desplazamiento vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8cm de abertura	107
Figura 27 — Carga vs Desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8cm de abertura	107
Figura 28 — Gráfica de esfuerzo - Deformación de las cuerdas elaboradas con fibras de PET reciclado	111
Figura 29 — Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas de adobe con diferentes tipos de refuerzo	113
Figura 30 — Dispersión de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe según tratamientos dispersión de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe según tratamientos	115
Figura 31 — Comparación de la resistencia a la compresión diagonal de muretes con diferentes tipos de refuerzo	118
Figura 32 — Dispersión de la resistencia a compresión diagonal de muretes según tratamientos	119
Figura 33 — Instrumento de validación - Variación dimensional	166
Figura 34 — Instrumento de validación - Alabeo	167
Figura 35 — Instrumento de validación - Comprensión de unidades	168
Figura 36 — Instrumento de validación - Comprensión axial de pilas	169
Figura 37 — Instrumento de validación - Módulos de elasticidad	170
Figura 38 — Instrumento de validación - Comprensión diagonal de muretes	171
Figura 39 — Instrumento de validación - Módulo de corte	172
Figura 40 — Certificado de validación de instrumento - Especialista en estructuras	173
Figura 41 — Certificado de validación de instrumento - Especialista gerencia de la construcción	174
Figura 42 — Certificado de validación de instrumento - Especialista	175
Figura 43 — Certificado de validación de instrumento - Especialista gerencia de la construcción	176
Figura 44 — Certificado de validación de instrumento - Especialista ingeniería estadística	177
Figura 45 — Resultados de ensayo de variabilidad dimensional, absorción y succión, alabeo	178



Figura 46 — Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de unidades, compresión axial de pilas	179
Figura 47 — Resultados de ensayo de módulos de elasticidad	180
Figura 48 — Resultados de desplazamiento vertical	181
Figura 49 — Resultados de carga versus deformación y desplazamiento vertical	182
Figura 50 — Resultados de modulos de cortes y compresión diagonal en muretes	183
Figura 51 — Resultados de compresión diagonal en muretes y sus desplazamientos horizontal y vertical	184
Figura 52 — Resultados de módulo de cortes en muretes y sus desplazamientos horizontal y vertical	185
Figura 53 — Resultados de carga en muretes y sus desplazamientos verticales	186
Figura 54 — Resultados de carga en muretes y sus desplazamientos horizontales	187
Figura 55 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro	188
Figura 56 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro- ensayo de excentricidad	189
Figura 57 — Certificado de calibración de horno eléctrico	190
Figura 58 — Declaración jurada de originalidad y no plagio	191
Figura 59 — Registro fotográfico del diagnóstico de campo en el sector Huascatay, Apurímac	192
Figura 60 — Preparación de materia prima para la elaboración de las unidades de adobe	193
Figura 61 — Elaboración de pilas y proceso de pircado de muretes	194
Figura 62 — Elaboración de geomallas de fibras de PET reciclado	195
Figura 63 — Proceso de enmallado o reforzamiento de los muretes y pilas con malla de PET	195
Figura 64 — Muestra el ensayo de variabilidad dimensional de adobes	196
Figura 65 — Muestra el ensayo de alabeo	196
Figura 66 — Prueba de absorción y succión	197
Figura 67 — Ensayo de resistencia a compresión de las unidades	198
Figura 68 — Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas patrón	199
Figura 69 — Ensayo de compresión axial de pilas con refuerzo de 8cm de abertura	199
Figura 70 — Ensayo de compresión diagonal de muretes patrón sin refuerzo	200
Figura 71 — Ensayo de compresión diagonal de muretes con refuerzo de mallas de 8 cm	200
Figura 72 — Ensayo de compresión diagonal de muretes con refuerzo de mallas de 5 cm	201
Figura 73 — Certificado de calibración - Medición de presión relativa	202



SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANOVA — Analysis of Variance — Análisis de Varianza

ASTM — American Society for Testing and Materials — Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales

CFRP — Carbon Fiber Reinforced Polymer — Polímero Reforzado con Fibra de Carbono

E — Módulo de Elasticidad — Modulus of Elasticity — Propiedad mecánica clave medida en los ensayos de compresión axial, expresada en kg/cm² o MPa.

E080 — Norma Técnica E.080: Diseño y Construcción con Tierra Reforzada — Technical Standard E.080: Design and Construction with Reinforced Earth — Norma peruana central en la investigación, que establece los lineamientos para la construcción con tierra, incluyendo el uso de geomallas.

F — Fuerza — Force-Variable fundamental en todos los ensayos de laboratorio, medida en kilogramos-fuerza (kgf).

FRP — Fiber Reinforced Polymer — Polímero Reforzado con Fibra

G — Módulo de Corte — Shear Modulus — Propiedad mecánica medida en los ensayos de compresión diagonal, expresada en kg/cm² o MPa.

GFRP — Glass Fiber Reinforced Polymer — Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio

INDECI — Instituto Nacional de Defensa Civil — Entidad peruana citada en la justificación, que reporta datos sobre daños por desastres naturales en viviendas de adobe.

INEI — Instituto Nacional de Estadística e Informática — National Institute of Statistics and Informatics

MPa — Megapascal — Megapascal — Unidad de presión o esfuerzo utilizada para expresar la resistencia a la compresión y al corte.

PET — Polyethylene Terephthalate — Tereftalato de Polietileno — Polímero principal de las botellas plásticas que fueron recicladas para fabricar las geomallas en la investigación.

RNE — Reglamento Nacional de Edificaciones — National Building Regulation

S — Área — Area — Superficie de apoyo de los especímenes durante los ensayos, medida en cm², y utilizada para calcular la resistencia.

UNAMBA — Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac — National University Micaela Bastidas of Apurímac — Institución donde se realizó y sustentó tu tesis.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una parte significativa de la población mundial continúa utilizando el adobe como material principal para la construcción de viviendas, debido a su bajo costo, disponibilidad y propiedades térmicas. Sin embargo, su limitada resistencia mecánica hace que sea más propenso a fallas por diversas patologías estructurales. En el Perú, especialmente en la región de Apurímac, la construcción con adobe sigue siendo predominante, representando el 75.32% de las viviendas, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2021). Esta situación es aún más preocupante ya que las viviendas construidas a base de muros de adobe en zonas rurales del Perú son del 71.7% (INEI, 2022).

El material empleado en esta investigación proviene del sector Huascatay, distrito de Pacobamba, provincia de Andahuaylas, una zona rural donde las viviendas están edificadas principalmente con adobe, muchas de ellas construidas de manera empírica y sin refuerzos adecuados. La disponibilidad de materiales industrializados es limitada debido a la difícil accesibilidad, ya que la principal vía de ingreso es una carretera de trocha carrozable. Las edificaciones presentan patologías recurrentes, como grietas en los muros, desprendimiento de revestimientos y alta susceptibilidad a la humedad, lo que compromete su estabilidad y durabilidad.

La falta de medidas de reforzamiento incrementa el riesgo de colapso ante eventos sísmicos, lo que compromete su capacidad de resistencia mecánica y durabilidad. Ante esta problemática, surge la necesidad de explorar soluciones técnicas viables que permitan mejorar la resistencia de los muros de adobe, sin comprometer la accesibilidad económica ni la sostenibilidad. Anexo G (estado situacional).

En este contexto, la presente tiene como objetivo **evaluar la influencia del uso de geomallas de fibras de PET reciclado como método de reforzamiento en muros de adobe utilizando especímenes de muretes de adobe en laboratorio**. Estas mallas, elaboradas a partir de materiales



reciclados, representan una alternativa innovadora y sostenible para mejorar la resistencia a la compresión axial y diagonal de los muros, reduciendo su vulnerabilidad frente a eventos sísmicos. El desarrollo de este estudio se enmarca dentro de un **diseño experimental**, en el cual se analizarán muros de adobe reforzados con geomallas de PET reciclado de diferentes aberturas (5 cm y 8 cm). Para ello, se realizarán ensayos de compresión axial y diagonal, permitiendo comparar la resistencia de los muros o muretes reforzados frente a aquellos sin refuerzo. A través de este **enfoque cuantitativo**, se pretende determinar la viabilidad técnica de este sistema de reforzamiento y su posible aplicación en las nuevas construcciones de viviendas en zonas de alta vulnerabilidad sísmica.

El impacto de esta investigación es significativo en diversos aspectos. Desde un punto de vista de esfuerzos de rotura, el uso de geomallas de fibras de PET reciclado podría incrementar la resistencia de los muros de adobe, ofreciendo una alternativa eficaz para incrementar dicha resistencia mecánica. En el ámbito económico y social, la implementación de esta técnica de refuerzo puede representar una solución accesible y de bajo costo.

La tesis está estructurada para guiarse de manera clara a través de la investigación. Comenzamos con el **Capítulo I**, donde planteamos el problema, describiendo detalladamente la situación que abordamos y explicando por qué es importante investigarla. En el **Capítulo II**, definimos nuestros objetivos y las hipótesis que formulamos, detallando cómo medimos las variables clave. El **Capítulo III** te introduce al marco teórico, presentando estudios previos y conceptos fundamentales que sustentan nuestro trabajo. En el **Capítulo IV**, explicamos la metodología empleada, describiendo el tipo de estudio, su alcance, diseño, consideraciones éticas, la población y muestra seleccionada, así como los procedimientos, técnicas e instrumentos utilizados para recopilar y analizar los datos. El **Capítulo V** está dedicado a los resultados y su discusión, donde analizamos los hallazgos, verificamos nuestras hipótesis y debatimos su significado en el contexto de nuestra investigación. Finalmente, en el **Capítulo VI**, presentamos las conclusiones que derivamos de nuestro estudio y ofrecemos recomendaciones basadas en nuestros descubrimientos.

Esperamos que esta estructura te facilite la comprensión de nuestro trabajo y te invite a profundizar en cada sección.



Con base en estos antecedentes, el presente trabajo se orienta a la evaluación de la resistencia mecánica de muretes de adobe reforzados con geomallas de fibras de PET reciclado, elaborados con material del sector Huascatay, distrito de Pacobamba. Buscando aportar evidencia experimental que sirva de base para el desarrollo de estrategias innovadoras y sostenibles aplicables a la mejora de construcciones de adobe en sector Huascatay, distrito de Pacobamba y zonas rurales.



RESUMEN

Influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de laboratorio – Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac, 2024. Esta investigación, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, evaluó la influencia del uso de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de compresión axial y compresión diagonal en laboratorio. Se trabajó con tres tratamientos: muretes patrón (sin refuerzo) y muretes reforzados con geomallas de 8 cm y de 5 cm de abertura. El análisis estadístico (ANOVA con prueba HSD de Tukey) mostró que las geomallas de 5 cm produjeron incrementos significativos en ambas resistencias respecto a los muretes patrón, mientras que las geomallas de 8 cm no presentaron diferencias relevantes. Todos los especímenes cumplieron con los valores mínimos de resistencia establecidos en la Norma Técnica E.080 para adobe. Los resultados evidencian que el uso de geomallas de PET reciclado constituye una alternativa viable y sostenible para el reforzamiento de muros de adobe, siendo la abertura de 5 cm la que proporciona mayores beneficios, con potencial de aplicación en contextos rurales expuestos a riesgo sísmico.

Palabras clave: *adobe, geomallas de PET reciclado, compresión axial, compresión diagonal, reforzamiento.*



ABSTRACT

Influence of recycled PET fiber geogrids on the reinforcement of adobe walls through laboratory testing – Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac, 2024. This research, with a quantitative and experimental design, evaluated the influence of recycled PET geogrids on the reinforcement of adobe walls through laboratory axial and diagonal compression tests. Three treatments were considered: control walls (without reinforcement) and walls reinforced with geogrids of 8 cm and 5 cm mesh openings. Statistical analysis (ANOVA with Tukey's HSD test) revealed that 5 cm geogrids produced significant increases in both axial and diagonal resistance compared to the control group, whereas 8 cm geogrids showed no relevant differences. All specimens met the minimum strength values required by the Peruvian Technical Standard E.080 for adobe. The results demonstrate that recycled PET geogrids are a feasible and sustainable alternative for the reinforcement of adobe walls, with the 5 cm configuration showing the best performance, making it suitable for application in rural areas with seismic vulnerability.

Keywords: *adobe, recycled PET geogrids, axial compression, diagonal compression, reinforcement.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Las viviendas de adobe predominan debido a su bajo costo y disponibilidad local, pero son altamente vulnerables a eventos sísmicos y lluvias intensas, que generan exceso de humedad y aumentan el riesgo de colapso. **Estudios anteriores realizados**, evidencian que el **46.66%** de estas edificaciones tiene un nivel de riesgo sísmica alto y el **53.33%** muy alto, todo esto según Romero et al. (2022). **Ante esta problemática**, el uso de **geomallas de fibras de PET** reciclado surge como una solución técnica y sostenible. Bajo el marco de las normas reguladas por la ASTM D4439 y alineadas con la Norma Técnica de Edificación del Perú E.080 diseño y construcción con tierra, esta investigación tiene por objeto evaluar la influencia del uso de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe. Para ello, se emplean especímenes tipo murete ensayados en laboratorio mediante compresión axial y compresión diagonal, comparando dos aberturas de malla (5 cm y 8 cm) frente a muretes patrón. Por tanto, El estudio se circunscribe a Pacobamba (Andahuaylas, Apurímac) en 2024, buscando aportar evidencia técnica, accesible y sostenible para la mejora del desempeño de la albañilería de adobe.

En diversas partes del mundo, las viviendas de adobe representan una solución habitacional tradicional, pero enfrentan múltiples vulnerabilidades estructurales. En México, el terremoto de 2017 causó el colapso de más de **3,000** viviendas de adobe en Morelos y Puebla, evidenciando su fragilidad frente a sismos debido a la construcción sin refuerzos técnicos adecuados CENAPRED (2018). En Nepal, el sismo de 2015 dejó más del **80% de las casas de adobe** inhabitables o colapsadas, lo que afectó directamente a **2.5 millones** de personas, destacando la falta de normativas sismorresistentes en zonas rurales NSET (2016). En Turquía, durante el sismo de Elazığ en 2020, se reportó el colapso de más de **2,000 viviendas** construidas con adobe y tierra cruda, agravado por la exposición a lluvias intensas que habían debilitado previamente las estructuras AFAD (2021). En México, estudios realizados en



Jojutla, Morelos, tras los sismos de 2017, reportaron que el **60% de las viviendas** construidas con adobe colapsaron o sufrieron daños severos, dejando a más de **7,000 personas** sin hogar Sánchez Calvillo et al. (2021). Estas investigaciones destacan la urgente necesidad de implementar técnicas de refuerzo, como geomallas de fibras de PET reciclado, para incrementar la resistencia mecánica de los muros de adobe frente a sismos y otros fenómenos.

Perú es un país subtropical con sistemas climáticos diversos y difíciles de entender, incluidos los Andes, la Corriente de Humboldt, el Anticiclón del Pacífico Sur, la Corriente de El Niño y otros fenómenos geológicos y climáticos. como resultado de esta diversidad climática, el Perú se ve afectado de manera constante por lluvias periódicas de manera intensiva, generando inundaciones del tipo fluvial causando inundaciones en nuestro país. Según la data recolectada en el periodo (2011-2021) habiendo así viviendas: **20,301 colapsadas; 18,908 inhabitables** y **221,761 afectadas**, de **ellas 349 viviendas** de adobe. INDECI (2022). Por lo tanto, uno de los principales problemas del adobe como material para construir comúnmente utilizado en el Perú, es la notable susceptibilidad al agua, especialmente a la lluvia y las inundaciones recurrentes que afectan nuestro territorio produciendo asentamientos. Esta situación hace imprescindible la búsqueda de soluciones técnicas y económicas para proteger las estructuras de adobe. Las regiones altoandinas y rurales del Perú tienen una singularidad por mostrar uno de los índices de edificaciones con adobe debido a la carencia de contar con un hogar para sus familias y donde alojarse con un bajo costo, alcanzando un destacado **71.7%** de viviendas contabilizadas, según estadísticas recientes proporcionadas por el INEI (2022) . De manera análoga, en las regiones rurales de la costa y la sierra de Perú, numerosas residencias son construidas de manera empírica, sin contar con refuerzos estructurales debido a la ausencia de asesoramiento técnico profesional y a su ubicación apartada, lo que complica el transporte de materiales de construcción mediante vehículos. Estas estructuras de adobe también enfrentan vulnerabilidades ante diversos fenómenos naturales, como inundaciones, lluvias y terremotos. Específicamente frente a los sismos, las viviendas de adobe presentan una capacidad estructural inadecuada, lo que las vuelve propensas al deterioro e incluso al colapso, dando lugar lamentablemente a posibles pérdidas humanas. Según el Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI (2022), un evento sísmico que ilustra claramente esta vulnerabilidad ocurrió el 15 de agosto de 2007 en Pisco, donde un terremoto dejó un impacto devastador: **434,614 personas** resultaron damnificadas, **221,060 afectadas** y se registraron



596 fallecidos. Un total de **93,708 viviendas** quedaron derrumbados sin poder tener un lugar donde vivir, y la gran mayoría de estas eran construcciones de adobe. En este trágico suceso, aproximadamente el 80% de las viviendas de adobe colapsaron a causa de la falta de reforzamiento, aunque otros factores, a consecuencia de la licuefacción del suelo en las cimentaciones, la baja condición de los materiales y personal no calificado, la escasa densidad de los muros, la inadecuada localización de vanos para puertas y ventanas, así como la carencia de vigas y columnas, también contribuyeron al colapso Blondet et al. (2022). Esta experiencia subraya la urgencia de abordar la vulnerabilidad de las viviendas de adobe frente a los sismos y promover la implementación de refuerzos estructurales adecuados en la construcción de estas viviendas para proteger tanto la propiedad como, lo más importante, la vida de sus habitantes.

La región de **Apurímac** tiene una particularidad por exhibir uno de los índices más elevados de edificaciones con adobe, alcanzando un destacado **75.32%**, según estadísticas recientes concedidos por el INEI (2021). Esta región, la construcción con adobe es predominante debido a su proceso de edificación sencillo y de bajo costo. Sin embargo, es fundamental destacar que la falta de conocimiento en lo que concierne a la apropiada preparación del adobe y la ausencia de adhesión a las directrices técnicas establecidas en la Norma E. 080 pueden conllevar a una serie de problemas estructurales, como ha sido señalado en (E.030 Diseño Sismorresistente, 2019).

La relevancia de esta situación radica en que los problemas de comportamiento mecánico en muros de adobe pueden conllevar riesgos significativos, como fallas de la mampostería de adobe y daños a la propiedad. Por lo tanto, es imperativo abordar esta problemática de manera adecuada, a través de estrategias que combinen la tradición constructiva con enfoques técnicos actualizados, para garantizar la seguridad (E.030 Diseño Sismorresistente, 2019).

En el distrito de Pacobamba, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, se concentran numerosas comunidades rurales entre ellas Huascatay donde predomina la construcción con adobe, en gran parte realizada mediante prácticas artesanales. Aunque no existen datos oficiales específicos para el distrito, a nivel departamental el 89,3 % de las viviendas contaba con paredes de adobe o tapia INEI (1993), mientras que en el 2021 en las zonas rurales



altoandinas del país el adobe representa aproximadamente el 71,7 % de las viviendas INEI (2022), lo cual confirma su uso mayoritario en la región.

Esta realidad se ve agravada por condiciones locales de difícil acceso vías principalmente trocha carrozable y limitaciones económicas que impiden el uso de materiales industrializados como cemento o acero, lo que refuerza la autoconstrucción como práctica común sin control técnico. Frente a la alta exposición sísmica característica de los Andes, estas viviendas exhiben una clara vulnerabilidad estructural, al carecer de sistemas de reforzamiento normados según la Norma Técnica E.080.

En este contexto, se evidencia que los muros de adobe frente a esfuerzos sísmicos y cargas estáticas, se hace necesario investigar soluciones innovadoras que contribuyan a su reforzamiento con la incorporación de geomallas elaboradas con fibras de PET reciclado surge como una alternativa viable y sostenible, no solo por su accesibilidad y bajo costo, sino también por el potencial de mejorar la resistencia de los muros a la compresión y al corte. Sin embargo, aún persisten interrogantes respecto a su comportamiento estructural bajo condiciones de carga, lo que plantea la necesidad de un estudio experimental en laboratorio que permita evaluar su efectividad y establecer bases para su futura aplicación en construcciones rurales y patrimoniales.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?



- ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?
- ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?
- ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?

1.3 Justificación de la investigación

En el ámbito rural andino del Perú, el adobe continúa siendo un sistema constructivo ampliamente utilizado por su bajo costo y disponibilidad local, pero su desempeño frente a acciones de compresión y corte lo vuelve especialmente vulnerable, sobre todo cuando los muros no cuentan con reforzamiento conforme a criterios técnicos. En la región de Apurímac y en distritos como Pacobamba (provincia de Andahuaylas), esta realidad se agrava por la autoconstrucción, la limitada asistencia técnica y las dificultades de acceso a materiales industrializados (cemento, acero) debido a que predominan vías de trocha carrozable. Como se expuso en el apartado 1.1, esta combinación de factores incrementa el riesgo de deterioro y colapso de muros de adobe ante solicitaciones propias del uso y del entorno andino. Ante ello, existe una necesidad urgente de evaluar alternativas de reforzamiento que sean técnicamente eficaces, económicamente viables y adaptables al contexto rural. Las geomallas de fibras de PET reciclado aparecen como una opción prometedora: aprovechan un residuo de alta disponibilidad (envases PET), reducen costos y podrían mejorar el comportamiento de los muros a compresión axial y compresión diagonal. No obstante, su influencia real sobre el desempeño de muros de adobe debe ser verificada experimentalmente en condiciones de laboratorio, con muretes construidos y ensayados bajo criterios compatibles con la Norma Técnica E.080. Esta verificación es imprescindible para sustentar recomendaciones técnicas y, eventualmente, orientar su posible implementación en obras futuras de Pacobamba y contextos rurales similares. La investigación es relevante en múltiples planos. En lo social,



apunta a mejorar la seguridad de viviendas rurales cuyos habitantes están expuestos a pérdidas materiales y humanas cuando los muros de adobe carecen de reforzamiento adecuado. En lo técnico-práctico, propone una solución de fácil adopción local: las geomallas de PET reciclado se pueden prefabricar o abastecer con cadenas de reciclaje existentes, y su colocación no requiere procesos constructivos complejos ni equipos costosos, favoreciendo la replicabilidad por mano de obra local capacitada. En lo económico, el uso de un insumo reciclado disminuye costos frente a refuerzos convencionales, facilitando su adopción en comunidades con recursos limitados.

En lo ambiental, la propuesta promueve la economía circular, valorizando residuos plásticos y reduciendo su disposición inadecuada. Además, el estudio aporta a la gestión del hábitat rural: si se comprueba que las geomallas de PET reciclado contribuyen de manera efectiva al reforzamiento de muros de adobe, pueden integrarse en guías técnicas locales, programas de mejoramiento de vivienda y capacitaciones comunitarias, fortaleciendo la resiliencia de Pacobamba y de otras localidades con características semejantes. Las geomallas son geosintéticos ampliamente conocidos en ingeniería geotécnica y vial; sin embargo, su aplicación como tecnología de reforzamiento en muros de adobe con geomallas fabricadas a partir de fibras de PET reciclado y la evaluación comparativa de diferentes aberturas (por ejemplo, 5 cm y 8 cm) constituyen un enfoque poco explorado en el contexto nacional y regional. La revisión de trabajos vinculados al reforzamiento del adobe muestra predominio de soluciones con mallas metálicas, morteros-cintura, fibras industriales o sistemas compuestos, mientras que existe escasa evidencia sobre el empleo de geomallas de PET reciclado específicamente orientadas al reforzamiento de muros de adobe y evaluadas mediante ensayos de compresión axial y compresión diagonal en muretes de laboratorio.

Esta investigación, por tanto, introduce y pone a prueba una nueva tecnología de reforzamiento en el medio local, con control experimental y comparación de configuraciones (aberturas de geomalla), generando información que no se encuentra sistematizada en la literatura de Pacobamba y su entorno. La novedad radica tanto en el material (geomalla de PET reciclado) como en el enfoque experimental comparativo alineado con los criterios de la E.080. El aporte técnico de esta investigación radica en la generación de evidencia cuantitativa rigurosa sobre la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado en el



reforzamiento de muros de adobe, evaluada mediante ensayos de laboratorio estandarizados. Los resultados obtenidos permiten cuantificar el incremento en la resistencia a la compresión axial y diagonal de muretes reforzados con geomallas de 5 cm y 8 cm de abertura, en comparación con muretes patrón sin refuerzo, lo que aporta información valiosa sobre la resistencia mecánica y la ductilidad mejorada de los muros reforzados. Esta caracterización integral no solo permite evaluar la eficacia del refuerzo, sino que también establece parámetros técnicos útiles para futuras aplicaciones en contextos rurales, especialmente en zonas sísmicas como Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac.

En lo científico, la investigación adapta una familia de geosintéticos (geomallas) al ámbito del reforzamiento de muros de adobe e incrementa el conocimiento disponible al producir evidencia experimental sometida a análisis estadístico (por ejemplo, comparación de medias y pruebas post hoc cuando corresponda) que permita inferir la existencia o ausencia de influencia del refuerzo propuesto. Este conocimiento es transferible: puede servir de base para estudios de durabilidad, desempeño en escala real, optimización de anclajes y esquemas de fijación, y para el desarrollo de protocolos de capacitación dirigidos a maestros de obra locales y programas de mejoramiento de vivienda. Finalmente, la investigación se articula con la Descripción del problema (1.1): allí se documenta la alta presencia de viviendas de adobe en el área de estudio, la autoconstrucción y la carencia de reforzamiento conforme a criterios técnicos; aquí se propone verificar experimentalmente si las geomallas de PET reciclado ejercen influencia en el comportamiento de muretes de adobe. Esta articulación desemboca naturalmente en la formulación del problema y en los objetivos de investigación: determinar, mediante ensayos de laboratorio y análisis comparativos, la influencia de geomallas de PET reciclado con diferentes aberturas en el reforzamiento de muros de adobe del distrito de Pacobamba.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivos generales

Evaluar la influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.

2.1.2 Objetivos específicos

- **Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión axial** de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.

- **Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión axial** de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.

- **Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión diagonal** de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.

- **Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión diagonal** de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Las geomallas de fibras de PET reciclado influyen en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024

2.2.2 Hipótesis específicas

- La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, influyen en la resistencia a la **compresión axial** de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac – 2024.
- La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, influyen en la resistencia a la **compresión axial** de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac – 2024.
- La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, influyen en la resistencia a la **compresión diagonal** de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.
- La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, influyen en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento de medición
Geomallas de fibras de PET reciclado	<p>“Una geomalla es un material geosintético compuesto por polímeros diseñados con nervaduras tejidas y conectadas para formar aberturas geométricas que permiten la trabazón de materiales adyacentes usados en diferentes superficies como tierra, suelos, rocas, entre otros” (ASTM, 2020) y (E.080, 2017). Estas estructuras se emplean principalmente en ingeniería civil, gracias a su alta resistencia a tracción, estabilidad química y capacidad para mejorar la distribución de esfuerzos en aplicaciones como refuerzo de suelos, estabilización de pavimentos y soporte estructural (Miranda, 2020); (E.080, 2017).</p>	<p>Refuerzo horizontal elaborado con fibras de PET reciclado de botellas plásticas, tejidas manualmente en mallas con aberturas de 5 cm y 8 cm, incorporadas entre la mampostería de adobe durante su construcción, para mejorar su resistencia estructural (E.080, 2017).</p>	Abertura de malla	Mallas con aberturas de 5 cm	Ficha de observación
				Mallas con aberturas de 8 cm	Ficha de observación
Reforzamiento	<p>El reforzamiento es la característica que otorga a la estructura una combinación de resistencia, rigidez y ductilidad de los sistemas estructurales para garantizar un desempeño favorable frente a diversas anomalías como las fisuraciones, humedad y los posibles eventos sísmicos (Norma E.030 diseño Sismorresistente, 2019).</p>	<p>El reforzamiento comprende el incremento en la resistencia mecánica de muros de adobe, medido mediante ensayos de compresión axial y diagonal realizados en laboratorio, según los procedimientos establecidos en la Norma E.070 (2017) y la norma ASTM. Los resultados se expresan en MPa o kg/cm². Esta variable se evalúa comparando muretes patrón con muretes reforzados con geomallas de fibras de PET reciclado de 5 cm y 8 cm de abertura, construidos bajo criterios de diseño sismorresistente (E.030, 2019).</p>	Resistencia a la compresión axial	Resistencia a la compresión axial de pilas patrón, pilas reforzadas de 5 y 8 cm. (MPa o kg/cm ²)	Ensayo de compresión axial
				Módulo de Elasticidad (E)	Ensayo de compresión axial
				Modo de Falla	Observación durante el ensayo
			Resistencia a la compresión diagonal	Resistencia a la compresión diagonal de muros patrón, muros reforzados con mallas de 5 y 8 cm. (MPa o kg/cm ²)	Ensayo de compresión diagonal
Modo de Falla	Observación durante el ensayo				



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

Existen diversos **precedentes internacionales**, entre los cuales según (Experimental study on seismic behaviour of adobe wall reinforced with cold-formed thin-walled steel, 2020) en su estudio titulado "Experimental study on seismic behaviour of adobe wall reinforced with cold-formed thin-walled steel" (Estudio experimental sobre el comportamiento sísmico de un muro de adobe reforzado con acero delgado conformado en frío), tuvo como **objetivo** evaluar el comportamiento sísmico de las paredes de adobe reforzadas con acero delgado conformado en frío y comparar su desempeño con paredes de adobe no reforzadas. En cuanto a la metodología, el estudio se realizó mediante pruebas experimentales en dos tipos de muros de adobe: uno sin refuerzo (S1) y otro reforzado con acero delgado conformado en frío de 1 mm de espesor (S2). Se sometieron a cargas cíclicas en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de Henan, China. Se midieron parámetros como capacidad de carga, ductilidad, disipación de energía y deformación. Respecto a los **resultados**, se encontró que el muro reforzado (S2) presentó un aumento del 43.34% en la carga de fisuración, pasando de 9.76 kN en S1 a 13.99 kN en S2. Asimismo, la carga última se incrementó en un 79.10%, aumentando de 16.82 kN en S1 a 30.12 kN en S2. En términos de ductilidad, el coeficiente de S2 fue 17.9, en contraste con 4.03 en S1, lo que representa una mejora del 440%. Además, la capacidad de disipación de energía del muro reforzado fue 654.68 kN·mm, mientras que la del muro sin refuerzo fue de 99.18 kN·mm, mostrando un incremento del 560% en la energía disipada.

Finalmente, en las **conclusiones**, se determinó que el refuerzo con acero delgado conformado en frío mejora sustancialmente el comportamiento sísmico de las paredes de adobe, proporcionando mayor resistencia estructural, ductilidad y capacidad de disipación de energía. Se recomienda su implementación en zonas sísmicas para la preservación de estructuras de adobe y la reducción de daños en eventos sísmicos.



Según Sustainable lateral strengthening of traditional adobe walls using natural reinforcements (2020) en su estudio **titulado** "Sustainable lateral strengthening of traditional adobe walls using natural reinforcements" (Refuerzo lateral sostenible de muros de adobe tradicionales utilizando refuerzos naturales), tuvo **como objetivo** mejorar el comportamiento lateral de las paredes de adobe mediante el uso de refuerzos naturales, con el fin de incrementar su resistencia sísmica sin comprometer la sostenibilidad de la construcción. En cuanto a la **metodología**, la investigación adoptó un enfoque experimental, en el cual se construyeron y probaron 10 paneles de adobe de 1000 mm de largo, 900 mm de alto y 200 mm de espesor. Se aplicó una carga vertical constante de 0.3 MPa y desplazamientos laterales cíclicos de amplitud creciente. Dos especímenes fueron utilizados como muestras de control: uno sin refuerzo y otro con enlucido de barro y paja. Los demás fueron reforzados con mallas de palma adheridas externamente (EB) o con refuerzos de cañas de palma insertadas en la superficie (NSM). Para efectos comparativos, se incluyó un panel reforzado con malla plástica. Respecto a **los resultados**, los muros reforzados con materiales naturales mostraron mejoras significativas en su comportamiento lateral en comparación con los especímenes de control. Se observó que el muro reforzado con mallas de palma en disposición romboidal (W7) incrementó su capacidad de carga lateral en 45% respecto al muro sin refuerzo y en 16% respecto al muro con enlucido de barro y paja. Asimismo, el refuerzo con cañas de palma en configuración diagonal (W10) logró el mayor incremento en resistencia lateral, alcanzando una mejora del 50% respecto al muro sin refuerzo y del 19% respecto al enlucido tradicional. En términos de ductilidad, el muro W10 también presentó el mayor incremento, con una mejora del 60% en comparación con el espécimen de control. Además, se registró un aumento del 100% en el desplazamiento máximo antes de la falla en el muro reforzado con cañas de palma (W10), mientras que el reforzado con mallas de palma romboidales (W7) alcanzó un incremento del 63%. En cuanto a la disipación de energía, el muro con mallas de palma romboidales (W7) fue el más eficiente, con una capacidad de 7.7 kN·m, superando a todas las demás configuraciones. En **conclusión**, se determinó que el uso de refuerzos naturales, como las mallas de palma y las cañas, representa una estrategia viable y sostenible para mejorar la resistencia sísmica de las construcciones de adobe. Los resultados evidenciaron que estos métodos no solo incrementan la capacidad de carga lateral, sino que también mejoran la ductilidad y la capacidad de disipación de energía de las estructuras. Se recomendó ampliar los estudios en torno al comportamiento fuera del plano de las paredes reforzadas y evaluar la implementación de estos materiales en estructuras patrimoniales. Esta fuente sirve como fundamento metodológico para el diseño de la



investigación, especialmente en la selección del enfoque cuantitativo, el diseño experimental y el análisis estadístico (ANOVA, pruebas post hoc), asegurando rigor científico en su proceso.

Así mismo Aguilar et al. (2019), en su estudio titulado “Caracterización física y mecánica del adobe en el cantón Cuenca” se tiene la investigación cuyo Objetivo es determinar las características físicas y mecánicas del adobe para su uso en el diseño estructural de edificaciones en el cantón Cuenca, como base teórica describe la calidad de la composición del adobe de una adobera, Según la norma peruana E 080, los resultados de la resistencia a compresión de los adobes elaborados con esta composición son superiores a los mínimos establecidos. No obstante, la escasa presencia de fibras naturales esenciales, que actúan como estabilizantes y agentes rigidizadores, ha impactado negativamente en la resistencia del adobe a la tracción por flexión. En el caso de la adobera, donde los adobes muestran composición de grano grueso y presencia de limos inorgánicos con alrededor del 7% de contenido orgánico, el cual apenas contiene fibras naturales, la incorporación de paja en estos ladrillos es prácticamente nula. Debido a la elevada concentración de árido grueso, la resistencia a la compresión no supera 1 MPa (mega pascal), que es el esfuerzo mínimo requerido según la norma peruana E. 080. Además, la resistencia a la tracción por flexión es muy baja, atribuible a la prácticamente nula presencia de fibras. **Como población** se lograron obtener 06 muestras de cada molde en los ensayos de compresión del adobe, tracción por flexión del adobe y compresión del mortero de barro. Asimismo, se recolectaron seis muestras en los ensayos de resistencia a la compresión y tracción indirecta en los muretes., como muestra se ensayaron 04 pruebas. La metodología fue de investigación aplicada. Diseño de investigación experimental. Método deductivo inductivo. Como resultado de describe la adobera 1, adobera 2 y edificación 2 cumplen con la resistencia a compresión del adobe según la normativa peruana. Sin embargo, solo la adobera 1 cumple con los demás requisitos establecidos por esta normativa, así como con las normativas internacionales evaluadas, finalmente la conclusión en este estudio se establece una relación directa entre la calidad de los componentes del adobe y su comportamiento mecánico como unidad y como muro. La edificación 1 muestra una composición desfavorable con suelo de grano grueso, limos inorgánicos y arcillas orgánicas, lo que afecta negativamente su resistencia a compresión y tracción por flexión. La falta de fibras naturales adecuadas, como una paja cilíndrica hueca, contribuye a su baja resistencia. En contraste, la edificación 2, con adobes de composición granular fina y contenido orgánico, supera los estándares mínimos de resistencia a compresión establecidos por la normativa



peruana, gracias a la presencia de fibras naturales que actúan como rigidizadores. La adobera 1, con una composición granular fina y alto contenido de fibra natural, demuestra un excelente comportamiento mecánico, superando tanto la resistencia a compresión como la tracción por flexión de otras estructuras. En general, la calidad de los componentes del adobe, como el tipo de suelo y la presencia de fibras naturales, juega un papel crucial en la determinación de la resistencia mecánica, y la adobera 1 destaca como la más robusta en este estudio. Este antecedente sirve para contextualizar las propiedades del material base (adobe), lo que te permite comparar los resultados con estudios previos, reforzando la validez de los ensayos en función de la calidad del material utilizado.

Del **mismo modo** Vazquez (2019) en su estudio titulado "Refuerzo estructural con PET reutilizado aplicación en adobe", desempeñó la investigación cuyo objetivo fue evaluar la capacidad de reutilización de las fibras de botellas de PET aplicadas como reforzamiento en las construcciones de adobe, material principal en las edificaciones en países en vías de desarrollo. Material y método: se emplearon polietileno tereftalato reutilizado y el adobe. una vez adquiridos los materiales, se realizará se realizarán pruebas mecánicas en laboratorio con el fin de determinar las propiedades de los materiales. A partir de los datos obtenidos, se desarrollarán modelos que permitirán simular el comportamiento estructural, utilizando el método de elementos finitos como base, como población se elaboró adobes sin fibra y con fibra de PET reciclado, se ensayó 04 muestras para cada ensayo, ensayadas a los 28 días para la compresión, para la tracción se hizo ensayos con tiras cortadas horizontal, vertical e inclinado. Resultados: la inclusión de refuerzo en forma de tiras de PET en construcciones de adobe ha mostrado un aumento de más del 40% en comparación con el adobe sin refuerzo. Los resultados de los ensayos experimentales indican que el adobe reforzado mejora significativamente sus propiedades. se encuentra sometidos a unas tensiones tangenciales menores en un 50 % en comparación construidos sin refuerzo. Durante los ensayos se ve las tiras de mayor deformación son las que están cortadas en vertical, llegando a tener una deformación mayor al 100 % muy por encima de las tiras horizontales e inclinadas de 40 y 35% respectivamente. Y finalmente se concluye que la muestra reforzada con fibras de plástico reciclado PET trenzados incrementa su resistencia a la tracción en un 30% más a los 28 días y con sunchado en un 26% de resistencia a la tracción a los 28 días en relación a la muestra sin fibra. En resumen, la aplicación de refuerzos de estructuras con material reciclado PET en infraestructuras de adobe busca mejorar su comportamiento a tracción, que puede ser originado a una actividad sísmica o movimientos



de suelos. Este trabajo sirve para justificar el uso del PET reciclado como material estructural confiable, ya que demuestra su alta resistencia a la tracción y estabilidad química en aplicaciones de ingeniería, lo que permite extrapolar su eficacia al contexto de la construcción con tierra.

Así mismo en la investigación que realizó Quiroz (2013) en su tesis **titulada** “Comportamiento sísmico de la vivienda de adobe basado en pruebas en mesa vibradora de dos modelos a escala”, cuyo Objetivo fue estudiar el comportamiento sísmico de viviendas de adobe típicas mediante pruebas de laboratorio y se llevó a cabo una simulación sísmica para analizar los efectos en modelos a escala 1:2, utilizando una mesa vibradora. La base teórica de este estudio fue examinar el comportamiento sísmico de las viviendas de adobe. Para ello, se realizaron pruebas dinámicas mediante la simulación de un sismo y su impacto en un modelo a escala reducida.". Las residencias construidas con adobe representan las estructuras más susceptibles a la falta de resistencia durante un evento sísmico. Se llevó a cabo un experimento utilizando una mesa vibradora biaxial de aluminio, con unas dimensiones de 4 x 4 metros y una capacidad para soportar modelos de hasta 20 toneladas. El movimiento de la mesa se genera mediante cuatro actuadores horizontales y cuatro verticales. Su sistema de control digital permite gestionar en tiempo real cinco grados de libertad, tanto de manera independiente como simultánea, abarcando dos desplazamientos (horizontal y vertical) y tres rotaciones. Los desplazamientos máximos que puede alcanzar son de ± 150 mm en dirección horizontal y ± 75 mm en dirección vertical. Las aceleraciones máximas alcanzadas son de 1.2 g en la dirección horizontal y 2 g en la vertical. Además, dispone de un sistema de adquisición de datos capaz de manejar hasta 96 canales, con un intervalo de frecuencias aplicables de 0.1 a 50 Hz, como población se ha empleado Modelos a escala 1:2 de viviendas de adobe y una muestra de 2 modelos: uno sin refuerzo y otro reforzado. La metodología empleada fue de tipo aplicada con nivel de investigación correlacional, así mismo los Resultados fueron los siguientes: en los modelos sin refuerzo; a 14 días: Primeras fisuras en esquinas de puertas y ventanas, a 28 días: Grietas más pronunciadas en zonas identificadas, a 60 días: Grietas verticales en esquinas interiores y exteriores, agrietamientos en cumbrera del muro transversal y en modelo reforzado se obtuvo menor nivel de daño en comparación al modelo sin refuerzo, a 100% de intensidad: Grietas en esquinas de puertas y ventanas, grietas diagonales en muros longitudinales así mismo a 200% y 300% de intensidad: Prolongación de grietas en muros longitudinales y Finalmente se



concluyó indicando que el periodo de vibrar del modelo sin refuerzo resultó de 0.12 s y de 0.048 s para el modelo reforzado, es decir, con el reforzamiento.

El periodo de vibración se redujo en hasta un 60%. En el modelo sin refuerzo, la curva de periodos de vibración obtenida durante las pruebas reveló un comportamiento frágil y excesivamente flexible. Se observó una disminución notable en la rigidez a partir de niveles bajos de aceleración, lo que resultó en la aparición de grietas visibles. Debido al daño sufrido, la rigidez del modelo sin refuerzo se redujo en un 90.5% respecto a la rigidez inicial, alcanzando una distorsión máxima del 2.07%. En contraste, el modelo reforzado mostró una pérdida de rigidez más gradual y moderada, con una variación lineal antes de que se presentaran las primeras grietas visibles. En cuanto al porcentaje de amortiguamiento crítico, el modelo sin refuerzo inició con un valor promedio de 7.3%, mientras que el modelo reforzado disminuyó a 4.1%. Se observa que, con el aumento de la rigidez, se redujo el porcentaje de amortiguamiento crítico. Además, el coeficiente de cortante basal resistido por el modelo sin refuerzo (0.41) fue inferior al resistido por el modelo reforzado (0.7) Esto fue debido a la baja resistencia y rigidez del mortero de adobe, oquedades entre juntas y piezas y mayor daño progresivo del modelo. En conclusión, El fortalecimiento del modelo resultó en un comportamiento más robusto y con un grado de daño considerablemente inferior en comparación con el modelo que carecía de refuerzo. La magnitud de las grietas fue reducida, lo cual evidencia la eficacia de esta técnica de refuerzo, que es al mismo tiempo simple y práctica. Este antecedente sirve como base teórica y técnica para el diseño del sistema de refuerzo con geomallas en muros de adobe, ya que valida su eficacia estructural y sustenta el uso de la Norma E.080, la cual también se aplica en el estudio.

De la misma forma se tiene diferentes antecedentes a nivel nacional de los cuales **Según** Quiroz et al.(2021), en su tesis **titulada** “Propuesta de reforzamiento de viviendas de adobe utilizando mallas de acero electrosoldadas en Huarangal – Carabayllo”, se planteó como **objetivo** evaluar el impacto del uso de mallas de acero electrosoldadas en la mejora de la resistencia sísmica de muros de adobe. En cuanto a la **metodología** el estudio incluyó un programa experimental en dos fases: en la primera, se realizaron **ensayos de compresión axial y diagonal** en seis muestras de adobe sin refuerzo; los **resultados** mostraron que las pilas alcanzaron valores de carga máxima de 1851 kgf, 1118 kgf y 1175 kgf, con un esfuerzo último promedio de 7.7 kg/cm² en las mejores muestras, lo que representa un incremento del **147%**



respecto al esfuerzo mínimo normativo de **3.1** kg/cm², y deformaciones máximas de hasta 2 mm. En la segunda fase, se reforzaron 12 muretes de adobe con mallas electrosoldadas de ½” y ¾” en diferentes configuraciones (una o ambas caras), sometiéndolos a **ensayos de compresión diagonal**. Los muretes reforzados con mallas de ½” en ambas caras incrementaron la resistencia al corte en un 85%, alcanzando un esfuerzo promedio de **0.79** kg/cm² frente a los **0.47** kg/cm² de los muros sin refuerzo. Los muretes reforzados con mallas de ¾” lograron un incremento del 95%, alcanzando hasta 0.82 kg/cm², superando en un 228% el esfuerzo mínimo establecido por la norma E.080 (0.25 kg/cm²). Además, los muros reforzados mostraron mejoras significativas en ductilidad, con deformaciones que duplicaron las de los muros no reforzados. Finalmente, se **concluyó** que el uso de mallas electrosoldadas mejora considerablemente la resistencia al corte, la compresión y la capacidad de deformación de los muros de adobe, reduciendo su vulnerabilidad sísmica, y se recomienda su implementación en zonas de alto riesgo debido a su efectividad y accesibilidad. Este antecedente sirve para contrastar materiales de refuerzo convencionales (malla electrosoldada) con tu propuesta sostenible (geomallas de PET reciclado), lo cual fortalece el aporte innovador de la investigación en términos de sostenibilidad y costo-beneficio.

Romero (2024) en su tesis titulado “Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco, 2023” tuvo objetivo: analizar la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzados con fibra de corteza de eucalipto (FCE). En cuanto al tipo y diseño: enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental, realizando ensayos de compresión diagonal (f^t), flexión (M_r) y compresión axial en pilas (f^m). Resultados: en compresión diagonal, la resistencia corregida pasó de 0.17 kgf/cm² (muestra control) a 0.41 kgf/cm² con 15% FCE, con incrementos de 138.08% respecto al control y 63.32% sobre la exigencia de la NTE E.080 (ANOVA $p < 0.05$); en flexión, de 0.79 a 1.93 kgf/cm² con 15% FCE, equivalente a +143.99% vs. control y +36.11% vs. NTE (ANOVA $p < 0.05$); y en compresión axial, de 6.36 a 11.94 kgf/cm² con 15% FCE, +87.81% vs. control y +95.16% vs. NTE (ANOVA $p < 0.05$). Conclusión: la adición del 15% de FCE maximiza las resistencias mecánicas y cumple/supera la norma E.080, mostrando que el refuerzo con fibras vegetales es una alternativa viable para mejorar el desempeño de muros de adobe en contextos sísmicos similares. Este antecedente sirve como base teórica y técnica para el diseño del sistema de refuerzo con fibra de corteza de eucalipto en muros de adobe, ya que valida su eficacia estructural y sustenta el uso de la Norma E.080, la cual también se aplica en el estudio.



Chumacero et al. (2023), en su tesis **titulada** “Evaluación del adobe adicionando geomalla biaxial de polipropileno para el mejoramiento de su resistencia a la compresión, flexión y cortante en la región de Lima, Distrito de Lima”, se tuvo como **objetivo** evaluar la geomalla biaxial de polipropileno como refuerzo interno de las unidades de adobe para mejorar sus propiedades mecánicas en bloques y mampostería en dicha región. **La metodología** empleada fue de enfoque cuantitativo, con alcance causal y exploratorio, bajo un diseño experimental puro, utilizando una muestra de **112 unidades** de adobe sometidas a ensayos mecánicos. **Los resultados** mostraron mejoras significativas en la resistencia a la **compresión axial (35.21%) con 11.25 kg/cm**, flexión (29.17%), **compresión axial en mampostería (40.1%) y compresión diagonal (21.54%) con 0.79 kg/cm**. En cuanto a las **conclusiones**, se destacó que el uso de geomalla biaxial de polipropileno como refuerzo interno mejora notablemente las propiedades mecánicas del adobe, constituyendo una solución viable para incrementar su durabilidad y seguridad estructural. Este trabajo sirve como punto de comparación directa en la discusión de resultados, ya que también evalúa el desempeño de muros de adobe reforzados con diferentes tipos de mallas, lo que permite contrastar los hallazgos y destacar la ventaja del PET reciclado frente a otros refuerzos.

Así mismo modo Moreno (2019) en su tesis **titulada** “Las propiedades del adobe sumergido en lechada Agua – Cemento y la Norma E.080”, realizó la investigación con el objetivo de comparar las propiedades del adobe sumergido en lechada Agua – Cemento y la Norma E.080. Material y Método: se tuvo una muestra de 350 adobes. La investigación es de naturaleza cuantitativa y emplea un diseño cuasi experimental. Los resultados obtenidos incluyen un ensayo de resistencia a compresión de muestras de adobe sumergidas en lechada de agua-cemento, comparadas con adobe normal. El promedio de las cuatro mejores muestras probadas fue de 36.88 Kgf/cm², superando el valor mínimo establecido por la norma (10.2 Kgf/cm²). En conclusión, se determinó que las propiedades de las muestras de adobe sumergidas en lechada de agua-cemento muestran una mejora considerable. Este antecedente sirve como base teórica y técnica para el diseño del sistema de refuerzo en lechada Agua – Cemento en muros de adobe, ya que valida su eficacia estructural y sustenta el uso de la Norma E.080, la cual también se aplica en el estudio.



Moreno et al.(2019) en su tesis **titulada** "Comportamiento estructural de una vivienda unifamiliar de muros de adobe reforzado con mallas a base de carrizo, Molino-Supe 2019", se planteó como **objetivo** determinar cómo influye el refuerzo con mallas de carrizo en el comportamiento estructural de una vivienda de adobe unifamiliar. Mediante un diseño experimental, se elaboraron bloques y muretes de adobe reforzados con mallas de carrizo, sometidos a ensayos de compresión axial y diagonal, y se modelaron dos viviendas (una con reforzamiento y otra sin él) en el software SAP2000 para simular su comportamiento ante eventos sísmicos. Los **resultados** mostraron que los muretes reforzados lograron un incremento del 42% en la resistencia a la **compresión diagonal**, alcanzando un esfuerzo promedio de 0.65 MPa frente a 0.45 MPa de los muretes sin refuerzo, mientras que, en la **compresión axial**, las pilas reforzadas presentaron un incremento del 35%, con una resistencia promedio de 1.25 MPa frente a 0.93 MPa de las no reforzadas. Además, las viviendas reforzadas modeladas presentaron un desplazamiento lateral un 55% menor ante cargas sísmicas, reduciendo significativamente el riesgo de colapso instantáneo. En **conclusión**, el refuerzo con mallas de carrizo mejora considerablemente las propiedades mecánicas del adobe, incrementa la resistencia a compresión y al corte, y disminuye el desplazamiento estructural ante sismos, posicionándose como una solución accesible y efectiva para la construcción sismo resistente en zonas vulnerables. Este estudio sirve como referencia para el enfoque de materiales naturales y sostenibles, permitiéndose posicionar la propuesta con PET reciclado como una alternativa tecnológica moderna que mantiene el espíritu de la construcción con materiales locales, pero con mayor durabilidad y resistencia. Este trabajo sirve como punto de comparación directa en la discusión de resultados, ya que también evalúa el desempeño de muros de adobe reforzados con diferentes tipos de mallas, lo que permite contrastar los hallazgos y destacar la ventaja del PET reciclado frente a otros refuerzos.

Razuri (2020) en su tesis **titulada** "Uso de fibra de vidrio en la fabricación de adobe: caracterización mecánica del nuevo material", se evaluaron las propiedades mecánicas del adobe reforzado con fibra de vidrio en porcentajes de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%, la **metodología** empleada fue mediante un enfoque experimental que incluyó la elaboración y ensayo de 570 muestras. Los **resultados** demostraron que el refuerzo con 0.25% de fibra de vidrio obtuvo los mejores desempeños, aumentando la **resistencia a la compresión** simple en un **25.68%**, alcanzando 29.84 kg/cm² frente a los 23.74 kg/cm² del adobe convencional. En flexión, se registró un incremento del **21.39%**, con una resistencia promedio de 3.74 kg/cm²



frente a los 3.08 kg/cm² iniciales, mientras que, en compresión en pilas, la resistencia mejoró en un 10.45%, llegando a 16.88 kg/cm² frente a los 15.28 kg/cm² tradicionales. Por último, en **compresión diagonal en muretes**, se observó un incremento del **49.37%**, alcanzando 2.54 kg/cm² frente a los 1.70 kg/cm² sin refuerzo. En **conclusión**, la adición de fibra de vidrio en un 0.25% mejora significativamente las propiedades mecánicas del adobe, haciéndolo más resistente y adecuado para su uso en zonas sísmicas.

De igual manera, se pueden identificar algunos antecedentes a **nivel local** que indican que el adobe se emplea, como material de construcción, el adobe es utilizado tanto en países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo. En este caso, la investigación se realizó en la región de Apurímac, centrada especialmente en las zonas rurales y de recursos limitados del departamento.

Según Chubmes (2024) en la tesis titulada “Influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024”, el objetivo fue determinar la influencia de las mallas de fibra de agave en la resistencia a la compresión axial y diagonal de muros de adobe. El estudio, de enfoque cuantitativo, tipo experimental y con diseño comparativo entre grupos, se desarrolló en laboratorio utilizando muretes patrón y muretes reforzados con mallas. Los resultados evidenciaron que los muros sin refuerzo alcanzaron una resistencia promedio de 8,28 MPa en compresión axial y 0,94 MPa en compresión diagonal, mientras que los reforzados con mallas obtuvieron valores superiores, llegando hasta 9,24 MPa en compresión axial y 1,21 MPa en compresión diagonal, con diferencias estadísticamente significativas. Se concluyó que la implementación de mallas de fibra de agave incrementa la capacidad resistente del adobe, constituyendo una alternativa viable y sostenible para el reforzamiento de viviendas rurales en Apurímac. Este trabajo sirve como punto de comparación directa en la discusión de resultados, ya que también evalúa el desempeño de muros de adobe reforzados con diferentes tipos de mallas, lo que permite contrastar los hallazgos y destacar la ventaja del PET reciclado frente a otros refuerzos.

Así mismo Romero et al.(2022) en su tesis **titulada** “Nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe en la ciudad de Andahuaylas, Apurímac, 2021”, realizó la investigación con el objetivo de determinar las propiedades físico mecánicas del adobe tradicional frente al



adobe estabilizado con asfalto, este enfoque se sustenta como base teórica en la necesidad de evaluar alternativas de estabilización que mejoren las características estructurales del adobe, un material de construcción histórico, también aborda la importancia de garantizar la resistencia mecánica y durabilidad del adobe, utilizando el asfalto como un posible estabilizador; La población total en este estudio consta de 126 muestras de adobe y La muestra está compuesta por las unidades individuales de adobe dentro de la población total de 20 muestras, donde el método empleado es de nivel de investigación cuantitativa, del nivel descriptivo con un diseño cuasi experimental. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Los adobes tradicionales muestran una **resistencia promedio de 9.76 Kg/cm²**, por debajo del estándar normativo de la norma E-080 que exige una resistencia mínima de 12 Kg/cm², Las unidades de adobe estabilizadas al 5% con asfalto presentan una **resistencia a la compresión promedio de 14.87 Kg/cm²** y las unidades de adobe estabilizadas al 10% con asfalto muestran una resistencia a la compresión promedio de 17.68 Kg/cm², por último se concluye que los adobes tradicionales muestran una resistencia promedio de 9.76 Kg/cm², por debajo del estándar normativo de la norma E-080 que exige una resistencia mínima de 12 Kg/cm², Las unidades de adobe estabilizadas al 5% con asfalto presentan una resistencia a la compresión promedio de 14.87 Kg/cm² y Las unidades de adobe estabilizadas al 10% con asfalto muestran una resistencia a la compresión promedio de 17.68 Kg/cm². Este antecedente sirve como base teórica y técnica para el diseño del sistema de refuerzo de muros de adobe, ya que valida su eficacia estructural y sustenta vulnerabilidad sísmica, la cual también se aplica en el estudio.

Según lo señalado por Aliaga et al. (2020). Este estudio se fundamenta en un enfoque experimental que permitió la realización de diversos ensayos de laboratorio con los materiales de construcción, con el propósito de determinar sus características y propiedades mecánicas, y al mismo tiempo, verificar si cumplen con los estándares establecidos. Estos ensayos abarcaron aspectos como la naturaleza del suelo, sus características, y evaluaciones de compresión y tracción. **Con los resultados** obtenidos, se constató que todos superan la resistencia mínima a la tracción de la geomalla (3.5KN/m.). Específicamente, el prototipo T10 mostró la mayor resistencia, alcanzando los 11.0KN/m. Además, se observó una relación entre el diámetro y la resistencia de las geomallas de PET reciclado, evidenciando que a mayor diámetro corresponde una mayor resistencia. El modelo T3 se considera el más eficaz, logrando una resistencia de 5.0 KN/m., con un diámetro de 0.5 cm y un espaciamiento de 3 cm. **En contraste** con el último modelo propuesto, que utiliza la malla de PET para reforzar muros, esta propuesta opera



envolviendo totalmente los muros de adobe con material tejido. Esto contribuye a la resistencia mediante el confinamiento y proporciona rigidez a las paredes. La construcción de adobe suele realizarse in situ, preparando la tierra con materiales locales fácilmente disponibles en la zona de construcción. Para la elaboración de los 10 bloques de adobe (5 tradicionales y 5 de la propuesta), se requirió mezclar aproximadamente 180 kilos de material, que se combinó con agua y arena medida con dos latas. Siguiendo la normativa del Ministerio de Vivienda (2017), se dejó reposar la mezcla durante 48 horas antes de colocarla en el molde, y posteriormente, se dispusieron los bloques generados en un entorno abierto para su secado. **Como conclusión principal** del primer objetivo, se procedió a la fabricación de bloques de adobe siguiendo el diseño de mezcla propuesto. Dicho diseño se conformó por arcilla y limo en un 60%, agua en un 15%, paja en un 10%, y arena en un 15%, conforme a las directrices establecidas por el Ministerio de Vivienda (2017). Este proceso condujo a la obtención de una resistencia a la compresión de 13.53 Kg/cm². De este modo, se observa un incremento del 17.59% en la resistencia en comparación con el adobe tradicional, según lo señalado por Aliaga et al. (2020).

3.2 Marco teórico

3.2.1 Técnica de reforzamiento de muros de adobe con geomallas: aplicación basada en normas ASTM D4439 y E.080

El reforzamiento de muros de adobe mediante geomallas es una técnica innovadora y eficaz que contribuye a reducir la vulnerabilidad estructural de estas construcciones, especialmente en regiones con alta actividad sísmica y climas húmedos caracterizados por cambios de temperatura durante las temporadas de lluvia Quiroz et al.(2021). Las construcciones de adobe, ampliamente utilizadas por su bajo costo y sostenibilidad, presentan una alta susceptibilidad a fallas por flexión y tracción durante eventos sísmicos. En este contexto, las geomallas se posicionan como un material geosintético de alto desempeño, capaz de mejorar la resistencia estructural, reducir las deformaciones y prolongar la vida útil de las edificaciones de tierra.

Definidas por la ASTM International (2020) como un “Material geosintético compuesto de polímeros diseñados con nervaduras tejidas y conectadas para formar aberturas geométricas que permiten la trabazón de materiales adyacentes usados en diferentes superficies como tierra, suelos, rocas, entre otros”. Las geomallas ofrecen ventajas clave como alta resistencia a tracción, durabilidad y facilidad de instalación.



Asimismo, la Norma E.080 (2022) establece lineamientos específicos para su aplicación en construcciones de tierra, resaltando su capacidad para ser embutidas en el enlucido de los muros y adaptarse a sistemas estructurales existentes. Este producto tiene aplicaciones en diversas áreas de la ingeniería civil. En esta investigación, se utilizará como refuerzo externo para muros de adobe, con el objetivo principal de mejorar la resistencia sísmica de estas estructuras. Su función será actuar como un material que refuerza las edificaciones, especialmente aquellas propensas a sufrir daños debido a movimientos sísmicos, aumentando así su capacidad para resistir estos eventos (Cabanillas, 2023).

En esta teoría, se analizan las geomallas en general y se detalla su aplicación específica utilizando geomallas de fibras de PET reciclado, un material que combina desempeño estructural con sostenibilidad ambiental.

3.2.1.1 Propiedades de las geomallas

a) Características técnicas según normas

De acuerdo con la ASTM International (2020), las geomallas se caracterizan por:

- **Nervaduras de tensión:** Conectadas en patrones uniaxiales, biaxiales o triaxiales, permiten la transmisión uniforme de esfuerzos.
- **Aberturas geométricas:** Varían entre **10 mm y 100 mm**, según su diseño y aplicación, proporcionando trabazón mecánica con suelos o materiales adyacentes.
- **Materiales:** Fabricadas a partir de polímeros de alta resistencia, como el **HDPE**. Por otra parte, Miranda (2020). Utiliza como material el **PET reciclado como geomalla**, garantizan durabilidad en condiciones adversas.

b) Propiedades mecánicas

Las geomallas destacan por su:



- **Alta resistencia a tracción:** Valores superiores a 35,000 N/cm², ideales para soportar cargas dinámicas y estáticas.
- **Control de deformaciones:** Elongaciones menores al 10 %, lo que minimiza deformaciones plásticas en condiciones de carga prolongada.
- **Estabilidad química:** Resistencia a la corrosión, humedad y cambios de temperatura, alineada con los requisitos (Norma E.080, 2017).

c) Clasificación y aplicaciones

Tipos de geomallas según la (ASTM International, 2020).

- **Geomallas uniaxiales (UX):** Diseñadas para resistir cargas en una sola dirección, son adecuadas para refuerzo en muros portantes sometidos a cargas verticales.
- **Geomallas biaxiales (BX):** Con aberturas cuadradas o rectangulares, refuerzan direcciones perpendiculares, siendo eficaces en esquinas y vanos.
- **Geomallas triaxiales (TriAx):** Proporcionan rigidez multidireccional y uniformidad en la distribución de tensiones, ideales para terrenos irregulares o cargas multidireccionales.

También tenemos que ver su clasificación de acuerdo a su fabricación dentro de las cuales estas se define como:

- **Geomallas extruidas:** Las geomallas extruidas son estructuras planas fabricadas a partir de polímeros como el polietileno de alta densidad o polipropileno, que se extruyen y luego se tensan. Este proceso puede realizarse en una sola dirección (geomallas uniaxiales) o en dos direcciones (geomallas biaxiales). Se utilizan principalmente para refuerzo de suelos y pavimentos (MACCAFERRI, 2025).



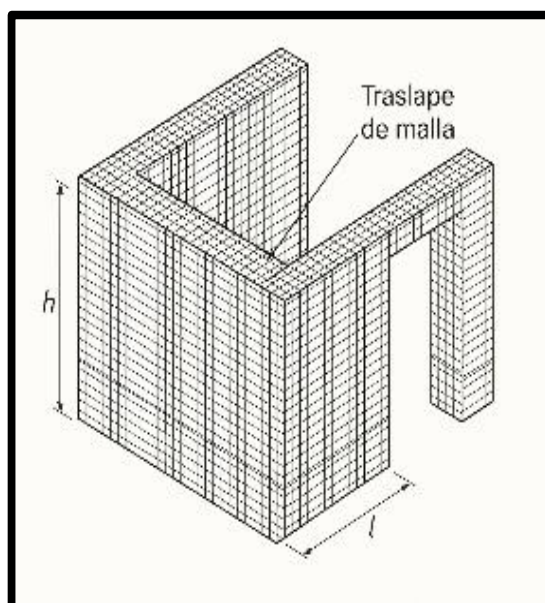
- **Geomallas tejidas:** son estructuras planas en forma de una malla formada por fibras sintéticas de alta resistencia, las cuales pueden tener una capa adicional de protección, también hecha de material sintético, como PVC u otros polímeros (MACCAFERRI, 2025).
- **Aplicación en las construcciones de adobe:** Con base en la Norma E.080 (2017) Norma Técnica de Edificación del Perú, las geomallas se aplican como refuerzo sismorresistente externo de muros de adobe mediante:
- **Cobertura integral del muro:** Incluye esquinas y vanos, con traslapes mínimos de 30 cm para garantizar continuidad estructural.



FUENTE: RNE - Norma E.080, 2022

Figura 1 — Colocación de geomalla

- **Anclaje al sobrecimiento y viga collar superior:** Mejora la estabilidad y refuerza el sistema estructural.



FUENTE: RNE - Norma E.080, 2022

Figura 2 — Traslape de geomalla

- **Embutido en el enlucido:** Protege la geomalla y aumenta su integración con los materiales adyacentes.

Durante un evento sísmico, los muros de adobe experimentan diferentes tipos de esfuerzos que afectan su comportamiento estructural. Según Cárdenas et al (2017), "Los esfuerzos de tracción producidos sobre un muro durante un sismo, cuando la dirección de este es perpendicular al plano del muro, son llamados esfuerzos biaxiales. Esto sucede porque, al ser sometidos a cargas perpendiculares, los muros presentan un comportamiento de una losa en dos direcciones" (Cárdenas et al, 2017).

Dado este comportamiento, se recomienda utilizar geomallas biaxiales o triaxiales como refuerzo. Estas geomallas permiten una mejor distribución de los esfuerzos en ambas direcciones, garantizando mayor estabilidad. Sin embargo, para esta investigación se ha seleccionado el uso de geomallas biaxiales de acuerdo a los antecedentes debido a su viabilidad técnica y económica en edificaciones de adobe gracias a la investigación de (Cárdenas et al, 2017).

Las geomallas biaxiales seleccionadas para este estudio presentan características específicas que influyen directamente en su desempeño como reforzamiento. Estas propiedades han sido evaluadas y documentadas siguiendo estándares internacionales como las normas ASTM D6637, D7737 y D7748 (Koerner, 2012).

d) Propiedades físicas

- **Distribución de costillas:** Determinada por la dirección de las costillas, clasificándose en unidireccionales, bidireccionales y triaxiales. Este estudio se centra en las bidireccionales.
- **Abertura o tamaño:** Separación entre costillas que facilita la trabazón mecánica con el suelo o el material base.
- **Espesor:** Dimensión de las costillas, evaluada tanto perpendicular como plana.
- **Masa por unidad de área:** Rango entre 200 g/m^2 y 1000 g/m^2 , lo que influye en el costo y la resistencia.
- **Porcentaje de área abierta:** Oscila entre 40% y 95%, dependiendo del diseño y el material de la geomalla.
- **Gravedad específica o densidad:** Dependiendo del polímero utilizado, se clasifican como:
 - HDPE (Alta densidad): < 1 .
 - PET (Alta tenacidad): > 1 (Koerner, 2012).

e) Propiedades mecánicas

- **Resistencia de anclaje:** Depende del tamaño de las aberturas de la geomalla, que debe ser adecuado para permitir la trabazón con el suelo.



Según Koerner (2012), "Esta resistencia está condicionada por el tipo de suelo y el diseño de la abertura".

- **Resistencia de la costilla:** Evaluada mediante ensayos de tensión que determinan la fuerza máxima soportada por las costillas. Según la norma ASTM D6637, "La resistencia puede medirse en costillas simples o en las juntas (nodos)" (Koerner, 2012).

f) **Ventajas adicionales en construcciones de adobe**

Además de las propiedades físicas y mecánicas mencionadas, es importante destacar que el uso de geomallas biaxiales en construcciones de adobe presenta otras ventajas relacionadas con su durabilidad y compatibilidad con los materiales tradicionales. Según Koerner (2012), **"Las geomallas fabricadas con polímeros como HDPE y PET son altamente resistentes a factores ambientales como la humedad, la radiación UV y los ataques químicos, lo que garantiza su desempeño a largo plazo en aplicaciones estructurales"**. Esto resulta especialmente beneficioso en edificaciones de adobe, ya que estos materiales son susceptibles a la degradación por efectos ambientales.

En términos de aplicación práctica, "Las geomallas biaxiales son ligeras y fáciles de instalar, lo que las convierte en una opción económica y eficiente para proyectos en zonas rurales o de escasos recursos" Cárdenas y otros (2017). Esta característica también permite reducir los tiempos de construcción y facilitar la capacitación del personal local encargado de la instalación.

Por otro lado, estudios como el de Condor (2019) han demostrado mediante simulaciones en ETABS que "La incorporación de geomallas biaxiales en muros de adobe mejora significativamente su resistencia al corte y reduce los desplazamientos laterales durante un sismo, disminuyendo el riesgo de colapso". Estos resultados son fundamentales para validar el uso de este tipo de refuerzos en zonas de alta actividad sísmica.



Finalmente, cabe mencionar que el cumplimiento de normativas internacionales como las ASTM D6637, D7737 y D7748 no solo respalda la calidad del material, sino que también **"Proporciona un marco de referencia confiable para evaluar el desempeño de las geomallas en aplicaciones estructurales, asegurando su seguridad y efectividad"** (Koerner, 2012).

3.2.1.2 Geomallas de fibras de PET reciclado

a) Definición y composición

Las geomallas de fibras de PET reciclado son materiales geosintéticos elaborados principalmente del reciclaje de botellas de tereftalato de polietileno (PET). A diferencia de las geomallas convencionales, que suelen fabricarse con polímeros como polietileno con una alta densidad (HDPE) o el polipropileno (PP), el PET reciclado destaca por su balance entre resistencia mecánica, sostenibilidad ambiental y accesibilidad económica Miranda (2020). Estas geomallas conservan las propiedades de las geomallas tradicionales en términos de diseño y desempeño estructural, pero con un menor impacto ambiental, alineándose con los principios de economía circular (Applications and societal benefits of plastics, 2009).

El PET reciclado es procesado mediante técnicas de lavado, trituración y extrusión para obtener fibras de alta tenacidad. Estas fibras se ensamblan en patrones uniaxiales, biaxiales o triaxiales, dependiendo de los requerimientos estructurales del proyecto. **Esta composición confiere al PET reciclado propiedades sobresalientes en resistencia y durabilidad, haciéndolo especialmente apto para aplicaciones en construcciones sostenibles** (Texdelta, 2020).

b) Propiedades mecánicas destacadas del PET reciclado

Resistencia a tracción superior:



Las geomallas de fibras de PET reciclado ofrecen una resistencia a tracción superior a los 35,000 N/cm², lo que las hace ideales para soportar cargas estáticas y dinámicas significativas (Enhancing concrete flexural strength using geogrids, 2014).

Esta capacidad permite que el material se utilice como refuerzo en estructuras con exigencias mecánicas elevadas, como los muros de adobe, que requieren una mejora en su desempeño frente a fuerzas laterales o sísmicas.

- **Elongación reducida:**

El PET reciclado presenta una elongación menor al 10%, lo que minimiza deformaciones plásticas bajo carga y garantiza un comportamiento estructural más predecible (Miranda, 2020).

- **Estabilidad química y durabilidad:**

Resistencia a la corrosión y a la degradación por humedad, lo que prolonga la vida útil de las geomallas en condiciones ambientales adversas, como en regiones de alta humedad o climas tropicales (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).

- **Sostenibilidad ambiental:**

Al estar fabricadas a partir de botellas de PET recicladas, estas geomallas contribuyen a la reducción de desechos plásticos y a la disminución de la demanda de polímeros vírgenes (ECOCE, 2011).

Esto no solo reduce el impacto ambiental, sino que también hace del PET reciclado una opción económicamente viable para proyectos en comunidades rurales.



c) **Evidencia de estudios previos**

- **Incremento de resistencia a flexión:**

En investigaciones previas, como la realizada por Enhancing concrete flexural strength using geogrids (2014), se encontró que las geomallas de fibras de PET reciclado pueden incrementar la resistencia a la flexión de materiales compuestos, como el concreto, hasta en un 28%.

Esto demuestra su capacidad para redistribuir esfuerzos y mitigar fallas, lo que es clave para estructuras vulnerables como los muros de adobe.

- **Aplicaciones en pavimentos rígidos:**

Según el estudio de Miranda (2020) las geomallas de fibras de PET reciclado han sido exitosamente empleadas en pavimentos rígidos, donde aumentaron la resistencia estructural y redujeron la propagación de fisuras bajo cargas cíclicas.

Estos resultados pueden trasladarse al refuerzo de muros de adobe, donde la geomalla actúa como una barrera mecánica para el control del agrietamiento.

d) **Ventajas específicas para muros de adobe**

- **Mejora de ductilidad**

La inclusión de geomallas de fibras de PET reciclado incrementa la ductilidad de los muros de adobe, permitiendo que estos disipen la energía de eventos sísmicos en lugar de colapsar de manera súbita. Esto reduce los riesgos para las personas que habitan en viviendas construidas con este material (EERI, 2003).



- **Control del agrietamiento**

Las geomallas confinan los esfuerzos tensionales y controlan la propagación de grietas en los muros de adobe, mejorando la estabilidad global de la estructura (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).

- **Capacidad de disipación de energía sísmica**

Al reforzar los puntos críticos del muro, como esquinas y vanos, las geomallas de fibras de PET reciclado distribuyen las cargas sísmicas de manera uniforme, minimizando los daños localizados (Reforzamiento de muros de adobe en regiones sísmicas, 2023)

- **Aplicaciones en muros de adobe**

El uso de geomallas como refuerzo en muros de adobe representa una solución técnica que combina principios de ingeniería civil con materiales sostenibles. La integración de geomallas en este tipo de estructuras implica considerar las propiedades mecánicas del adobe y los desafíos que son específicas que presentan los eventos sísmicos en regiones vulnerables. Las geomallas, particularmente las de PET reciclado, ofrecen ventajas como la mejorar la resistencia de tracción y flexión, lo que las hace ideales para reforzar estas construcciones tradicionales (ASTM International, 2020); (Miranda, 2020).

e) Adaptación de las geomallas al contexto de muro de adobe

El adobe, al ser un material poroso y heterogéneo, presenta una baja resistencia frente a fuerzas de tracción y flexión, así como una alta susceptibilidad al agrietamiento bajo cargas dinámicas. Las geomallas de fibras de PET reciclado se adaptan eficientemente a estas características debido a:

- **Flexibilidad estructural:** Permiten integrarse sin comprometer la cohesión del material base.



- **Interacción mecánica con el adobe:** Facilitan la distribución uniforme de las cargas.
- **Compatibilidad con enlucidos:** Se integran con tierra o mortero, garantizando una adecuada estética y funcionalidad (TEXDELTA, 2020); (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).

f) Técnicas de instalación según la norma E.080

La norma E.080 señala que para construcciones que son de este tipo se deberá considerar refuerzos de mallas sintéticas en nudos integrados (geomallas) y establece lineamientos específicos para la implementación de refuerzos en construcciones de tierra, incluyendo:

- **Embutido en el enlucido:**

Las geomallas se colocan entre capas de enlucido, funcionando como un refuerzo interno que estabiliza la superficie y mitiga grietas.

Este procedimiento no altera significativamente el aspecto tradicional de las edificaciones, preservando su valor cultural y estético (ASTM International, 2020).

- **Anclaje al sobrecimiento y vigas collar**

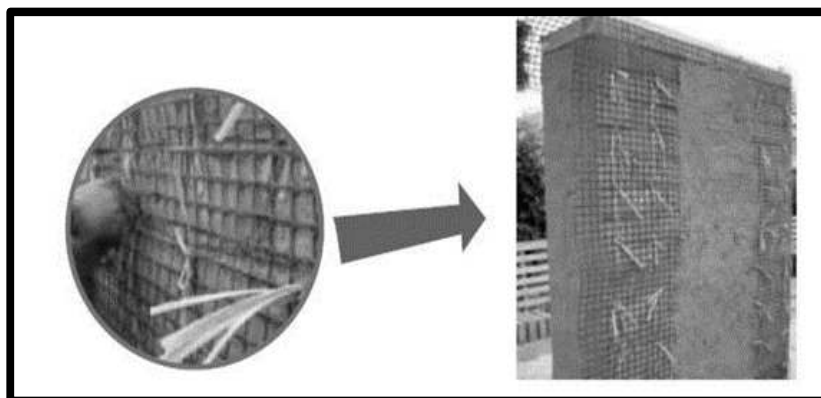
Las geomallas se fijan en la base estructural (sobrecimiento) y el refuerzo superior (viga collar), creando un sistema continuo que mejora la estabilidad global del muro.

Este anclaje asegura que las fuerzas horizontales sean redistribuidas eficientemente (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).



- **Cobertura integral con traslapes**

Para garantizar la continuidad estructural, las geomallas deben traslaparse en al menos 30 cm, evitando discontinuidades en el refuerzo y distribuyendo las cargas de manera uniforme (TEXDELTA, 2020).



FUENTE: Norma E.080, 2017

Figura 3 — Reforzamientos de muros de adobe con geomallas

g) Beneficios esperados

- **Incremento de resistencia estructural**

Estudios indican que el uso de geomallas en muros de tierra puede aumentar resistencia, flexión y tracción en un rango del 10% al 20% (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).

Este incremento reduce significativamente la vulnerabilidad de las construcciones ante eventos sísmicos y cargas dinámicas (Miranda, 2020).

- **Aumento de la seguridad y durabilidad en regiones sísmicas**

Las geomallas de fibras de PET reciclado mejoran la ductilidad de los muros, permitiendo disipar la energía sísmica y reduciendo el riesgo de colapso (Reforzamiento de muros de adobe en regiones sísmicas, 2023).

Su resistencia a la corrosión y humedad garantiza un mejor desempeño a largo plazo en climas adversos (Enhancing concrete flexural strength using geogrids, 2014).

h) Sostenibilidad y economía circular

- **Impacto del reciclaje de PET en México:** México genera una cantidad significativa de residuos plásticos, donde el tereftalato de polietileno (PET) representa una fracción considerable. Solo el 50% del PET consumido es reciclado, dejando un amplio margen para implementar estrategias sostenibles (ECOCE, 2011).
- **Reducción de desechos y aplicación práctica:** El uso de PET reciclado en geomallas contribuye a reducir desechos sólidos y fomenta la economía circular, integrando este material en aplicaciones de ingeniería civil.

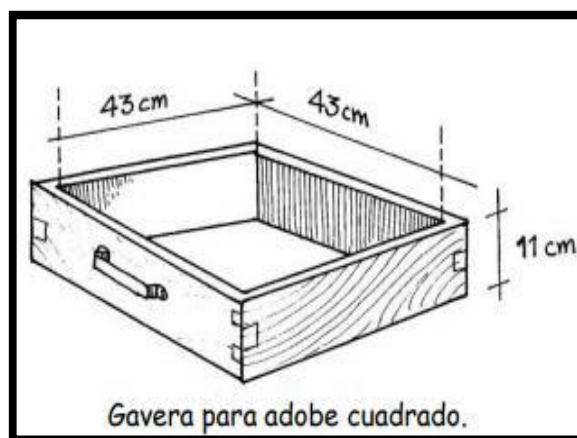
Estas geomallas representan una alternativa económica para comunidades rurales, transformando los desechos plásticos en soluciones técnicas de alto valor (Applications and societal benefits of plastics, 2009).

3.1.1.3 Sistemas estructurales sostenibles en edificaciones de tierra reforzada bajo la Norma E.080

- **Características del adobe**

En este párrafo se detalla algunas recomendaciones según estipulado en Norma E.080 (2017); Para la conformación del adobe, se recomienda utilizar suelo con una gradación de arcilla entre 10-20%, limo entre 15-25% y arena entre 55-70%, evitando el uso de suelos orgánicos, la adición de paja al adobe y mortero permite regular el agrietamiento durante el secado. Las adoberas generalmente tienen dimensiones de 40 x 40 x 10 cm y 30 x 15 x 10 cm, y el material es introducido en las gaveras de madera (Blondet, y otros, 2022).





NOTA

Adapta de Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas.

Figura 4 – Modelo de gavera para la elaboración de las muestras de adobe

- **Factores que influyen en la baja resistencia de las unidades de adobe**

Según la norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada), las propiedades del suelo que más influyen en la resistencia de las unidades de adobe están asociadas al proceso de contracción durante el secado y a la resistencia del material en estado seco, entre estas propiedades destacan:

- Arcilla: es el componente principal del suelo, responsable de proporcionar resistencia en seco y de generar la contracción por secado.
- Control de micro fisuración: es fundamental manejar las fisuras en el mortero de barro, ocasionadas por la contracción durante el secado, para lograr una albañilería de adobe resistente.
- Aditivos: materiales como la paja y, en menor medida, arena gruesa, se utilizan para reducir las micro fisuras en el mortero durante el secado, lo que contribuye a mejorar la resistencia de la estructura de adobe.
- Construcción: la habilidad de la mano de obra desempeña un papel clave en la calidad de la albañilería, influyendo significativamente en la resistencia final, con variaciones que pueden alcanzar hasta el 100%.

- **Condiciones de la tierra a utilizar para la elaboración de las unidades**
Después de verificar la presencia de arcilla en un suelo mediante la prueba "Cinta de barro" y la prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca", es fundamental equilibrarla u optimizarla para controlar o prevenir las fisuras durante el secado y mejorar la resistencia seca. Esta resistencia debe cumplir con lo establecido en los numerales 8.1, 8.2 y 8.3 del artículo 8 de la norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada). El control de fisuras se realiza mediante la adición de paja, lo que reduce el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado, utilizando paja o fibras similares.

Si no se dispone de paja, el agrietamiento se puede controlar añadiendo arena gruesa. Para verificar la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa, se debe realizar la prueba descrita en el: "Control de fisuras" o "Dosificación suelo-arena gruesa".

Es crucial gestionar correctamente el contenido de humedad para evitar o minimizar las fisuras de secado. Generalmente, se debe emplear la menor cantidad de agua posible que permita activar la arcilla presente, logrando así la máxima resistencia seca en los muros.

La cantidad de agua utilizada para moldear las unidades de adobe no debe superar el 20% del peso del contenido seco.

- **Proceso de elaboración, calidad y dimensiones de las unidades de adobe aplicando la norma E.080**

El proceso de fabricación de bloques de adobe, como se observa en la Ilustración 8 Blondet (2010), consta de las siguientes etapas:

Es necesario realizar pruebas de campo para verificar la cantidad suficiente de arcilla y determinar la combinación óptima entre arcilla y arena gruesa.

- Preparación del barro: Se zarandea la tierra para eliminar partículas, piedras mayores a 5 mm y otros elementos no deseados.



- Hidratación de la tierra: Se humedece la tierra agregándole agua para activar la mayor cantidad posible de partículas de arcilla, dejando reposar la mezcla por un mínimo de 48 horas.
- Mezclado y moldeado: Se mezcla el barro con paja de caña, trigo o ichu y luego se introduce en los moldes, alisando la superficie con una regla de madera húmeda.
- Secado de los bloques: Los bloques moldeados se colocan bajo tendales para protegerlos del sol y del viento. Además, se espolvorea arena fina sobre ellos para prevenir restricciones durante el proceso de contracción por secado.

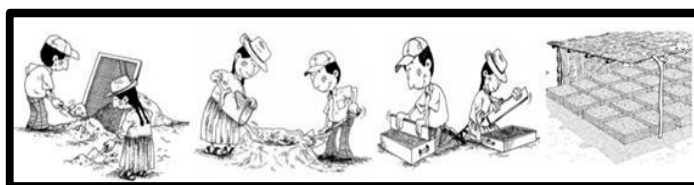
El bloque de adobe terminado debe estar exento de materiales extraños, grietas u otros defectos que puedan comprometer su resistencia o durabilidad.

Los bloques de adobe pueden ser de forma cuadrada o rectangular, y en los casos de encuentros o uniones, pueden presentar formas especiales con ángulos distintos a 90°.

Para los bloques cuadrados, el lado no debe exceder los 0.40 m debido a restricciones de peso.

En el caso de los bloques rectangulares, su longitud debe ser el doble de su ancho.

La altura de los bloques de adobe debe estar entre 0.08 m y 0.12 m.



NOTA

Adaptado de Manual de construcción con adobe reforzado mediante geomallas.

FUENTE: Blondet y otros, 2022

Figura 5 — Métodos para la fabricación de bloques de adobe

- **Prueba de control de fisuras o dosificación suelo - arena gruesa**

Se elaboran especímenes de prueba consistentes en emparedados formados por dos adobes existentes unidos con morteros nuevos. Estos morteros deben contener la cantidad mínima de agua necesaria para obtener una mezcla trabajable.

En la preparación de los especímenes, se incrementa gradualmente la cantidad de arena gruesa en cada muestra, junto con la cantidad de agua requerida. Se comienza con una proporción de una (01) parte de suelo y cero (0) partes de arena gruesa, equivalente a una proporción 1:0.

Para el segundo espécimen, se utiliza una parte de suelo y $\frac{1}{2}$ parte de arena gruesa, correspondiente a una proporción de 1: $\frac{1}{2}$.

En el tercer espécimen, la proporción es de una parte de suelo y una parte de arena gruesa, es decir, 1:1, y se continúa de esta manera hasta alcanzar la proporción 1:3.

Tras un periodo de secado de 48 horas, los especímenes se abren en el mismo orden para evaluar el agrietamiento del mortero.

La proporción óptima para la albañilería de adobe es aquella en la que el espécimen no presenta fisuras visibles.



Si el suelo, pese a contar con suficiente arcilla, no muestra fisuras en ninguno de los especímenes, significa que no es necesario añadir arena gruesa, ya que está equilibrado.

- **Determinación de proporciones para una mezcla ideal**

Para determinar las proporciones de los insumos de la mezcla de adobe, se recopiló información de textos normativos y estudios de investigación, a continuación, se resumen las cantidades de insumos de la mezcla para la tierra en la siguiente tabla MVCS (2017) donde se aprecian los rangos de cada uno de los componentes:

Tabla 2 — Proporciones para una composición ideal de mezcla

INSUMO	RANGO	
	Mínimo	Máximo
Arena	55%	70%
Arcilla	10%	20%
Limo	15%	25%
Paja	7%	10%
Agua	12%	15%
Otros	0.50%	1%

Es evidente que la tierra debe contar con cantidades adecuadas de arena y arcilla. La incorporación de un porcentaje apropiado de arena gruesa en suelos arcillosos reduce la formación de fisuras, ya que contribuye a mejorar la capacidad portante, mientras que la arcilla, en una proporción adecuada, asegura la cohesión necesaria entre las partículas para formar el barro (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017). Por esta razón, en nuestra propuesta de mezcla para el nuevo adobe se emplearán las proporciones indicadas en la tabla 5.

Tabla 3 — Proporciones para nuestro diseño de mezcla

INSUMOS	CANTIDAD
Arcilla y limo	60%
Arena	15%



Paja	10%
Agua	15%
Otros	0.50%

De igual manera, Blondet et al. (2010) proponen equivalencias de los insumos con el objetivo de simplificar la preparación de la mezcla, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4 — Tabla de equivalencias

INSUMO	EQUIVALENCIAS
Tierra	5 latas
Arena	1 lata
Paja	1 lata
Agua	1/2 lata

- **Composición de mortero para las juntas**

El mortero se utiliza para unir los bloques de adobe en las juntas y debe tener una composición similar a la empleada en la preparación de la mezcla. La norma E.080 de establecer que debe ser un barro combinado con paja o arena gruesa.

- **Sistema estructural del cimiento y sobrecimiento en edificaciones**

Según lo estipulado en Norma E.080 (2017); El sistema estructural para las edificaciones de tierra debe comprender los siguientes:

- **Cimentación y sobrecimiento**

- **Cimentación**

La cimentación es el componente estructural más importante en edificaciones de tierra reforzada. Según la Norma E.080 (2017), "el cimiento tiene que cumplir estrictamente dos condiciones:

- Transmitir las cargas hasta encontrar suelo firme de acuerdo a lo indicado por la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.



- Evitar el ascenso de humedad por capilaridad hacia los muros de tierra." (Norma E.080, 2017).

Estas condiciones garantizan la estabilidad global de la estructura, minimizando riesgos como asentamientos diferenciales o degradación del material base por humedad. "La profundidad mínima de los cimientos será de 0.60 m medida a partir del terreno natural y el ancho mínimo será de 0.60 m." (Norma E.080, 2017).

Para la construcción de cimientos se recomienda el uso de materiales como:

Piedra grande tipo pirka, compactada con piedras pequeñas. Concreto ciclópeo. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa.

- **Importancia técnica:** Estas especificaciones son el resultado de estudios previos que demuestran que dichas dimensiones y materiales permiten una adecuada transferencia de cargas al suelo firme, además de reducir riesgos como asentamientos diferenciales y el ascenso capilar de humedad hacia los muros de tierra (Reforzamiento de muros de adobe en regiones sísmicas, 2023).

- **Sobrecimiento**

El sobrecimiento cumple un rol fundamental en la protección de los muros de tierra. Según la (Norma E.080, 2017):

- Debe transmitir las cargas hasta el cimiento, asegurando la estabilidad de la base estructural.
- Debe proteger el muro ante la erosión y el ascenso capilar de agua, particularmente en regiones con lluvias frecuentes.

- **Dimensiones y tipos de sobrecimientos recomendados:**

- Altura mínima: 0.30 m sobre el nivel del terreno.
- Ancho mínimo: 0.40 m.
- Materiales: Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa, o concreto ciclópeo.

Estos lineamientos garantizan que las bases estructurales de las edificaciones de tierra reforzada sean robustas y capaces de resistir factores externos adversos (Norma E.080, 2017).

- **Adición técnica:** En edificaciones sostenibles, el uso de materiales reciclados o combinaciones innovadoras en los sobrecimientos, como el agregado de geomallas para reforzar la interfaz entre el sobrecimiento y los muros, ha mostrado mejoras en la durabilidad y resistencia de la construcción (Miranda, 2020).

- **Muros: Resistencia, estabilidad y desempeño**

- **Resistencia:** Los muros representan el elemento más crítico en el comportamiento sísmico y estructural de edificaciones de tierra reforzada. La Norma E.080 establece que:
 - **Resistencia mínima del material:** 12 kg/cm² a la compresión simple.
 - **Espesor mínimo:** 35 cm para muros portantes y 20 cm para muros no portantes.

Además, las juntas verticales entre bloques no deben exceder los 30 mm en su parte más ancha para evitar fallas por deslizamiento.



- **Estabilidad y diseño**

Para garantizar la estabilidad, se deben respetar los límites de esbeltez vertical y horizontal, además de asegurar conexiones eficaces entre muros y elementos estructurales adyacentes, como techos y vigas collar.

- **Refuerzo con geomallas**

El refuerzo de los muros con geomallas, conforme al artículo 7.6 de la Norma E.080, incluye la colocación de refuerzos horizontales y verticales embutidos en los enlucidos. Este sistema proporciona:

- **Incremento de resistencia a tracción y flexión:** Las geomallas distribuyen las cargas de manera uniforme, reduciendo la formación de grietas.

- **Mayor capacidad de disipación de energía sísmica:** Al mejorar la ductilidad del muro.

- **Adición técnica:** Investigaciones recientes han demostrado que las geomallas de fibras de PET reciclado, integradas en los enlucidos de adobe, incrementan la resistencia a flexión en un 15%-20%, lo que reduce significativamente el riesgo de colapso en eventos sísmicos (Enhancing concrete flexural strength using geogrids, 2014); (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).

- **Entrepisos y techos**

- **Requisitos normativos:** Los techos deben ser livianos, distribuyendo su carga uniformemente en los muros para evitar concentraciones de esfuerzos. Según la Norma E.080:

- **Materiales recomendados:** Entramados de madera, caña o fibras vegetales.



- **Fijación adecuada:** Uso de vigas soleras para transmitir cargas sísmicas a los muros.

- **Innovación técnica:** En edificaciones sostenibles, se han propuesto techos que incorporan materiales reciclados o tecnologías de aislamiento térmico para mejorar el confort climático en zonas rurales, alineándose con la sostenibilidad.

- **Arriostres horizontales y verticales**
 - **Horizontales**

Función principal: Prevenir desplazamientos laterales de los muros mediante entrepisos rígidos o estructuras similares.

Ejemplo: Pisos de madera con elementos diagonales.

 - **Verticales**

Diseñados como muros transversales o contrafuertes para transmitir cargas cortantes hacia la cimentación.

 - **Importancia**

Aseguran que las fuerzas sísmicas sean manejadas de manera eficiente.

 - **Adición técnica**

El uso de geomallas en combinación con arriostres mejora la transferencia de cargas y la rigidez estructural, contribuyendo a la estabilidad global de la edificación (Texdelta, 2020).

En conclusión, La teoría desarrollada establece que las geomallas, en general, son una solución técnica viable para el reforzamiento, respaldada por normativas internacionales como la ASTM D4439 y la Norma E.080, representan una solución técnica eficaz para el



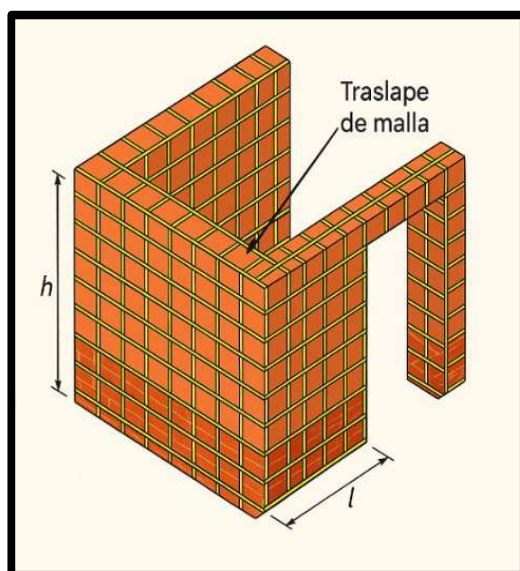
reforzamiento de muros de adobe. La inclusión de geomallas de fibras de PET reciclado en esta investigación aporta un enfoque innovador y sostenible, que combina desempeño estructural, economía y cuidado ambiental donde incrementan la resistencia a flexión y tracción, reduciendo el riesgo de fallas catastróficas. Mejoran la estabilidad estructural mediante técnicas normadas como la (Norma E.080, 2017); (ASTM International, 2020).

Los resultados obtenidos validan su viabilidad y establecen un marco para futuras aplicaciones en contextos similares haciéndolas ideales para reforzar muros de adobe en regiones vulnerables (Huesker, 2023).

3.1.2 Sistemas de reforzamiento basados en mallas electrosoldadas

La segunda teoría se basa en el refuerzo mediante malla electrosoldada, según se detalla en un estudio realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú San Bartolome (2011). El estudio consistió en pruebas a escala real de muros de hormigón armado antes y después de la intervención del refuerzo bajo cargas cíclicas controladas por desplazamiento. Durante el experimento, se observó que el muro original falló debido a fuerzas de corte, mientras que el muro reforzado sufrió falla por flexión. Además, se determinó que la rigidez lateral elástica del muro reparado alcanzó el 85% del muro original. Los resultados mostraron que los muros reforzados eran un 40% más fuertes y un 35% más flexibles que los muros no reforzados.





FUENTE: San Bartolome, 2011

Figura 6 — Sistemas de reforzamiento con malla electrosoldada

3.1.3 Polímeros reforzados con fibra (FRPs)

A pesar de un buen rendimiento del refuerzo con los sistemas de malla soldada y de acero, existen ciertas limitaciones. Estas desventajas están relacionadas con el costo y el tiempo de instalación, así como con las características adicionales agregadas a la estructura. Por esta razón, a finales del siglo XX se comenzó a expandir la investigación y el uso de polímeros como materiales de refuerzo. El polímero reforzado con fibra (FRP) consta de unas fibras de alta resistencia impregnadas en una resina de polímero. Ofrecen una solución que es conveniente ya que tienen poco o ningún peso estructural agregado, son fáciles de procesar, flexibles, rápidos de instalar y tienen excelentes propiedades de resistencia a la tracción y durabilidad (Quaglianiri, 2016; Gattesco, 2017).

El FRP es particularmente adecuado para la mejora del patrimonio cultural porque no es invasivo y permite usos no invasivos.

Eficacia de esta tecnología de amplificación depende del tipo de fibra utilizada. Los tipos principales son el polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP), el polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP) y un polímero reforzado con fibras compuestas de aramida (AFRP). El uso de CFRP en mampostería es un método muy eficaz para mejorar la capacidad y la integridad de la mampostería para resistir cargas laterales. Los



investigadores de la PUCP San Bartolomé y Oberst (2009) estudiaron la efectividad del CFRP como reforzamiento (Figura 1). Durante los experimentos, los muros de hormigón armado fueron ensayados con cargas cíclicas en su plano, controladas por desplazamiento, antes y después del refuerzo. Se observó que el muro original fallaba debido a fuerzas de corte y se detectó delaminación de las tiras de FRP en el muro reforzado. Cuantitativamente, la rigidez inicial del muro reforzado es del 50% del muro original. Además, la resistencia del muro reforzado es un 22% mayor que la del muro original, su elasticidad supera a la del muro original y su capacidad de deformación se incrementa en un 73%. Finalmente, se puede enfatizar que el proceso de fortalecimiento ayuda a controlar la apertura de la grieta.



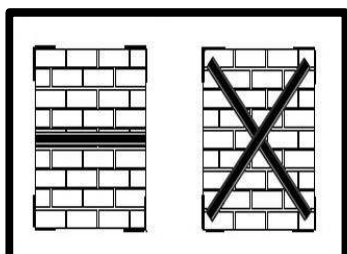
FUENTE: San Bartolomé y otros, 2009

Figura 7 — Muro de AC reforzado con CFRP

La colocación de tiras de CFRP es un factor que afecta la respuesta sísmica de los muros de mampostería, y las configuraciones horizontales y diagonales son las más comúnmente utilizadas. En un estudio realizado por Santa Maria (2014), se realizó un estudio experimental que permitió comparar el desempeño post-refuerzo entre muros de mampostería con configuración diagonal y horizontal (Fig. 1). Los resultados muestran que la disposición diagonal es más efectiva que la disposición horizontal en términos de resistencia al corte, pudiendo aumentar la resistencia de muros no reforzados hasta en un 70%. Aunque la disposición horizontal de las placas FRCP no afectó significativamente la rigidez, la rigidez también aumentó para la configuración diagonal. Además, ambas configuraciones lograron reducir el espesor y el volumen de la grieta, reduciendo así la



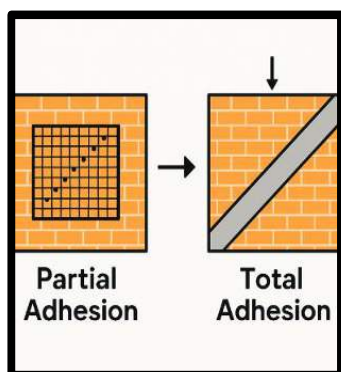
falla por corte frágil. Sin embargo, se debe tener cuidado al utilizar esta técnica, especialmente bajo cargas de compresión elevadas, ya que las láminas de FRCP tienden a separarse de la pared debido a su falta de resistencia a la tensión de compresión, como se muestra en la Figura 7.



FUENTE: Santa Maria, 2014

Figura 8 — Configuración horizontal y diagonal de CFRP

El comportamiento del comportamiento está relacionado con la adhesión parcial o total de las tiras de CFRP. En un estudio realizado por Kassem (2016), se probaron muestras reforzadas utilizando configuraciones de fibra de carbono adheridas y no adheridas, como se muestra en la Figura 8 y 9 (a) y (b), respectivamente.

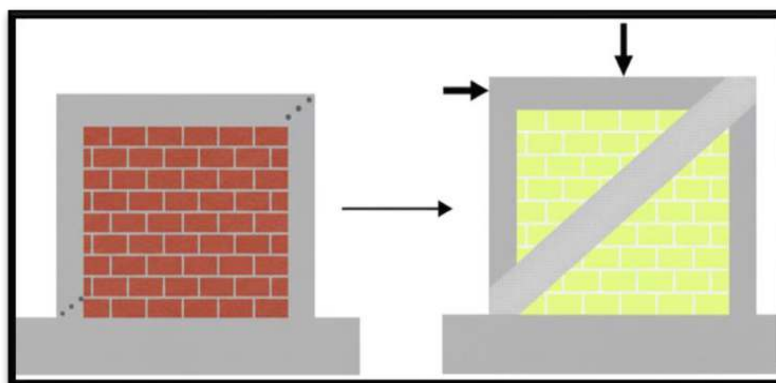


NOTA

a) Sistema adherido

FUENTE: Kassem , 2016

Figura 9 — Configuración de CFRP



NOTA

a) Sistema no adherido

FUENTE: Kassem, 2016

Figura 10 — Configuración de CFRP

Se determinó que ambas configuraciones aumentarían la capacidad lateral última de los muros de hormigón armado (AC) entre un 34% y un 95%. La flexibilidad también aumentó entre un 64% y un 104%. Sin embargo, entre las dos técnicas, el sistema no adherido es el más dúctil debido a la longitud no adherida entre los puntos de anclaje.

Otra estrategia muy utilizada es la aplicación de GFRP. En 2009, CORONEL analizó la efectividad de la tecnología de refuerzo mediante varillas de fibra de vidrio en la PUCP. Para ello, probaron muros de hormigón armado a gran escala utilizando cargas cíclicas en el plano antes y después del refuerzo. El muro original fracasó en los tribunales. Durante la restauración, se instalaron varillas de fibra de vidrio horizontalmente cada dos pisos. Los resultados muestran que la rigidez inicial del muro reforzado es del 73% de la del muro original, y la resistencia no aumenta significativamente, solo aumenta menos del 3%.

Evaluación de métodos de reforzamiento en edificaciones de adobe: Un enfoque en mallas de fibras sintéticas y mallas electrosoldadas según la normativa E.080.

La tercera teoría se basa en investigaciones fundamentales y sus resultados de investigación se describen a continuación: El estudio Cabanillas (2023) se centró en el uso de geomallas y mallas electrosoldadas como métodos de refuerzo para estructuras



de construcción de adobe. El estudio comparó dos tecnologías de refuerzo: el uso de geomalla y malla electrosoldada. El principal objetivo de esta teoría es evaluar la efectividad de dos métodos de reforzamiento, geomalla y malla electrosoldada, para mejorar la respuesta estructural de construcciones de adobe en zonas rurales. El estudio se realizó identificando primero el problema y luego realizando un trabajo de campo para comprender los problemas que enfrentan las familias de la zona. El modelo de la casa se capturó en AutoCAD para un análisis estructural adicional utilizando el software ETABS v19.0.0 y SAP2000 v20.0.0. Los resultados obtenidos mostraron que el uso de geomalla y malla electrosoldada como materiales de refuerzo para muros de adobe redujo significativamente los desplazamientos máximos durante eventos sísmicos. En particular, el uso de geomalla arrojó 18,39 cm y 13,67 cm en la dirección X y 29,15 cm y 2,55 cm en la dirección Y en comparación con los muros no reforzados. Por otro lado, el análisis de la malla electrosoldada mostró que el máximo desplazamiento y deformación fueron menores en comparación con el refuerzo de geomalla, con una diferencia de 1.76 cm en la dirección X y 2.06 cm en la dirección Y. Estos resultados enfatizan la importancia del fortalecimiento estructural. Construcción con adobe, especialmente en zonas sísmicamente activas. Además, creen que tanto las geomallas como las mallas electrosoldadas son formas efectivas de mejorar la estabilidad y durabilidad de estas edificaciones. En resumen, a las construcciones de adobe se les recomienda utilizar algún tipo de refuerzo para reducir su vulnerabilidad ante eventos sísmicos.

a) Características del adobe

Sección describe algunas de las recomendaciones dadas en Norma E.080 (2017); Para la elaboración de adobes se recomienda utilizar tierra con una gradación de 10-20% arcilla, 15-25% limo, 55-70% arena, evitar utilizar tierra orgánica, agregar paja y mortero al adobe. Regula el agrietamiento durante el secado. Los tamaños del adobe suelen ser de 40 x 40 x 8cm y 40 x 20 x 8cm, y el material se coloca en cajones de madera como se muestra en la imagen (Blondet, y otros, 2022).





NOTA

Adaptado de Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas.

FUENTE: Blondet et al, 2010

Figura 11 — Propuesta de modelos para la elaboración de las muestras de adobe

b) Sistema estructural del cimiento y sobrecimiento en edificaciones

Según lo estipulado en la Norma E.080 (2017); El sistema estructural de las edificaciones de tierra deberá incluir el siguiente contenido:

- **Cimentación**

Algunas condiciones a considerar:

- Transferir cargas a terreno sólido de acuerdo con lo establecido en la norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
- No permita que la humedad suba contra la pared del suelo.
- Todos los cimientos deben tener una profundidad mínima de 0,60 m. El ancho mínimo (medido desde el terreno natural) es de 0,60 m.
- Se pueden utilizar diferentes tipos de cimientos, por ejemplo: cimientos tipo Pirka hechos con piedras pequeñas, hormigón macizo, mampostería con mortero de cemento o cal y arena gruesa.

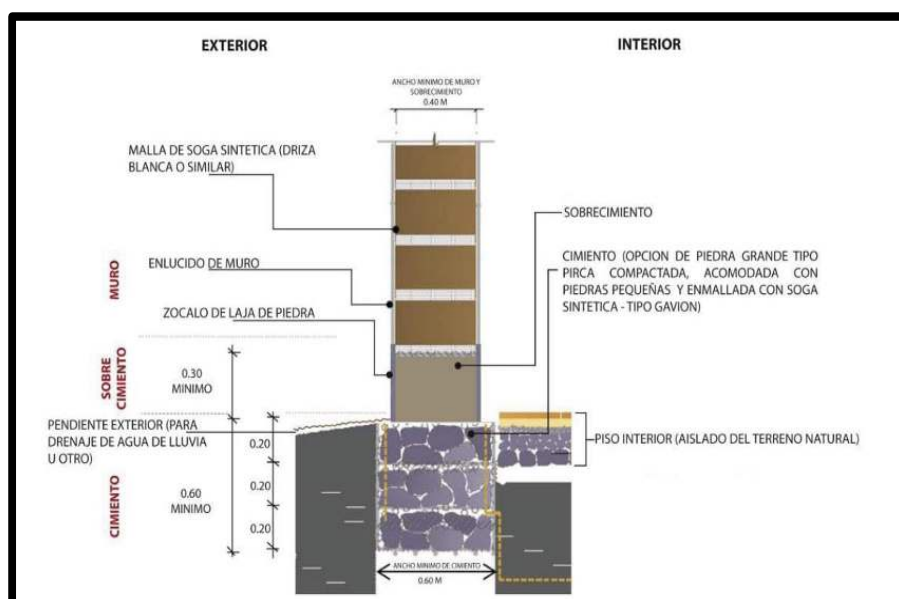
- **Sobrecimiento**

Algunas consideraciones a tener en cuenta:

- Debe transferir la carga a la cimentación.



- Debe proteger el muro contra la erosión y la elevación capilar.
- Todos los cimientos deben estar al menos a 0,30 m del suelo y tener un ancho mínimo de 0,40 m.
- Los tipos de pavimentos que se pueden utilizar incluyen: mampostería de piedra, mortero de cemento de arena gruesa y hormigón unicelular.



NOTA

Adoptado de la Norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada).

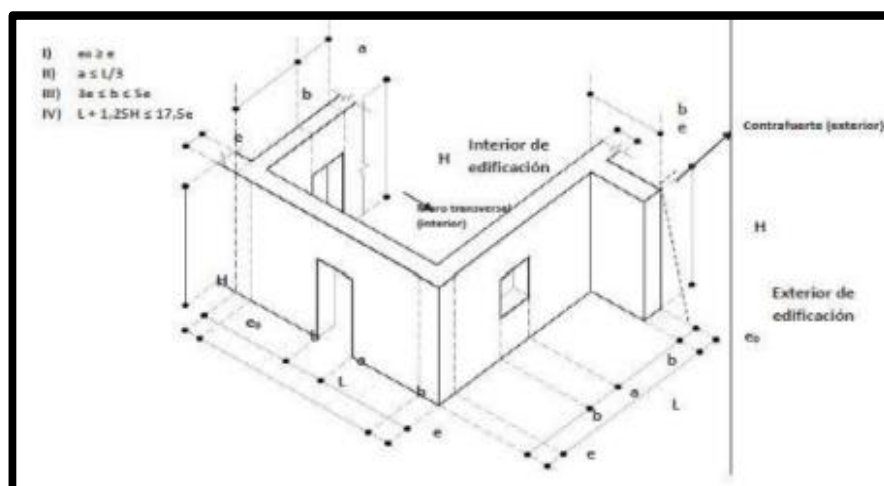
FUENTE: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2017

Figura 12 — Se ilustra un modelo de esquema de cimentación para edificaciones

- **Muros de adobe**

Muros juegan un papel importante en la resistencia, estabilidad y desempeño sísmico de estructuras de tierra más rígidas. El diseño de estos muros debe basarse en criterios que consideren resistencia y estabilidad además del desempeño general de la estructura. Se recomienda que el tímpano sea de un material similar al techo, como madera, carrizo o fibras vegetales, para que

sea ligero, estable y se pueda conectar fácilmente al techo. Se planteó la posibilidad de utilizar muros curvos o estructuras poligonales, lo que podría significar la adopción de formas específicas de adobe. Cuando se utilizan ladrillos cuadrados o rectangulares, se debe tener en cuenta que la parte que tiene más ancha de la costura vertical no debe exceder los 30 mm. Se pueden utilizar formas circulares en la técnica de la tierra confusa (NORMA E.080, 2017).



NOTA

Adoptado de la Norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada).

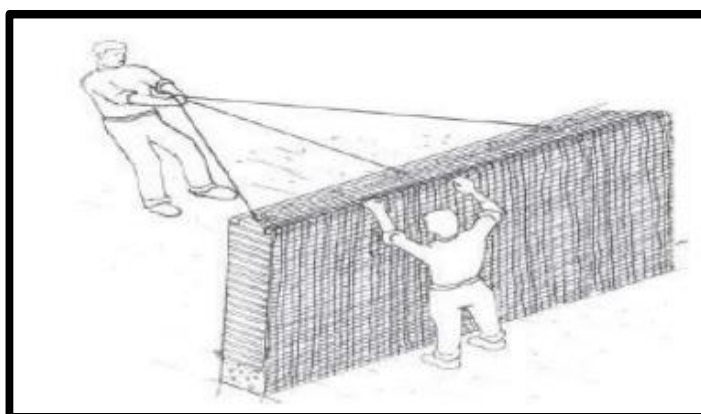
FUENTE: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2017

Figura 13 — Se presenta una propuesta de límites geométricos de muros y vanos

- **Primera dimensión son las características físicas**

Para producir adobe con buenas propiedades se deben realizar las siguientes pruebas: prueba de “banda de barro”; prueba de "resistencia en seco"; Prueba de resistencia del adobe; prueba de contenido de humedad. En este documento se considera como indicador la deformación, y según NTP ITINTEC 331.017, la deformación curvatura y concavidad de los elementos de mampostería no debe exceder los 10 mm; una mayor deformación dará como resultado juntas más grandes y se pueden formar huecos en el mortero. Los terremotos pueden causar enormes daños a las estructuras, y los edificios de adobe sufren los mayores daños en comparación con otros materiales de construcción porque

el movimiento del suelo actúa en todas direcciones y transfiere las cargas sísmicas en ambas direcciones. Para movimientos fuertes del suelo, así como para estructuras no reforzadas más consideradas, se sugieren las siguientes fallas: falla por flexión y falla por corte. Con el fin de aumentar y mejorar la resistencia al daño de los muros de adobe, NORMA E.080 (2017) a continuación se describen barras de acero externas colocadas a los lados del muro o sobre soportes verticales para ser enlucidos y anclados. Vigas, también empotradas en yeso. Este proyecto utiliza geomallas.



NOTA

Adaptado de la Norma E.080.

FUENTE: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2017

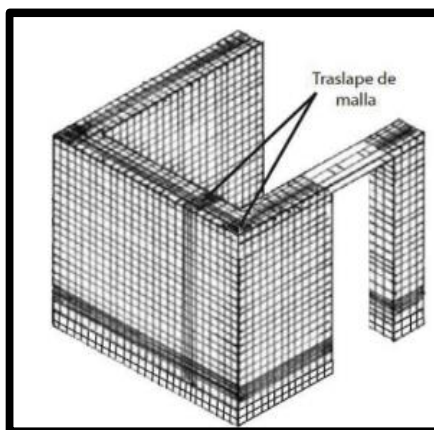
Figura 14 — Se ilustra una propuesta de colocación de geomallas

- **Refuerzos externos e internos basados en el uso de mallas**

En algunos casos, las propiedades sísmicas de la mampostería de adobe se manifiestan como un colapso repentino del muro debido a su fragilidad, al no ser resistente a esfuerzos de tracción. Como se mencionó anteriormente Blondet, y otros (2022), las malas prácticas constructivas crean una adherencia insuficiente entre el mortero y los bloques del muro, agravando este problema. Además, como se muestra, la mampostería de adobe es grande y pesada y puede generar altos niveles de fuerzas sísmicas Blondet, y otros (2022); Este conjunto de factores pueden provocar la vulnerabilidad del muro:

- Juntas de muros adyacentes.

- Grietas en esquinas y aberturas.
- Separación de fragmentos de muro en forma de grandes trozos.
- Separación de la estructura de la cubierta.



NOTA

Adaptado de Norma E.080.

FUENTE: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2017

Figura 15 — Se ilustra un modelo de refuerzo tanto exterior e interiormente

- **Revestimiento de muros reforzados**

Los muros de adobe revestidos y reforzados con malla de fibra de PET (polipropileno) reciclado es una tecnología utilizada para aumentar la resistencia y rigidez de la construcción de muros de adobe. La técnica consiste en fijar rejillas de fibra de PET reciclada a paredes de adobe con clavos de 1,5 pulgadas y cubrirlas con una capa de mortero. El uso de malla de fibra de PET reciclado en el revestimiento de muros de adobe reforzado puede aumentar la resistencia de los muros de adobe a la compresión diagonal y flexión, haciéndolos más resistentes a sismos y otros eventos sísmicos (Arquinube, 2021).

- **Mallas de fibras de PET reciclado**

No existen parámetros mínimos específicos para la resistencia a la tracción, el alargamiento, el tamaño de la abertura o el diámetro de la cuerda para utilizar malla de fibra de PET reciclado como refuerzo externo. El propósito de



utilizar fibras de polipropileno como refuerzo externo es aprovechar las propiedades de elongación inherentes de estas fibras para evitar que la pared colapse en caso de falla. Además, el objetivo es convertir estos residuos de polipropileno en elementos renovables.

- **Características del PET**

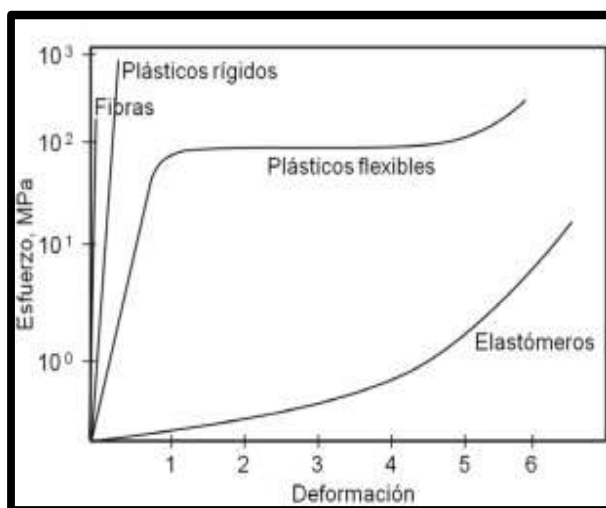
El tereftalato de polietileno, también conocido como PET reciclado, tiene propiedades únicas que lo diferencian de otros polímeros. Estos polímeros destacan por sus propiedades funcionales, como resistencia y ligereza, al tiempo que ofrecen menores costos de producción y fácil manipulación Cárdenas, y otros (2017). Tradicionalmente se utiliza principalmente en la producción de redes, cuerdas, textiles y películas. Hoy, sin embargo, su versatilidad se ha ampliado para incluir la producción de botellas de refrescos, filtros y otros productos.

- **Propiedades físico mecánicas del tereftalato de polietileno PET**

El tereftalato de polietileno es un polímero con alta resistencia a la tracción (más de 35.000 N/cm^2), alto módulo y muy baja deformación (menos del 10-50%).

Los ejes de las cadenas poliméricas tienden a alinearse a lo largo de la dirección de la fibra y, por lo tanto, sus propiedades mecánicas son mejores en esta dirección que en la dirección perpendicular. exhibe altas fuerzas intermoleculares similares a las de la celulosa (Coreño, et al., 2020).





FUENTE: Coreño, y otros, 2020

Figura 16 — Gráficas esfuerzo-deformación para fibras PET, plásticos y elastómeros

Tabla 5 — Propiedades físicas de las fibras de elastómero, plásticos flexibles y fibras PET

Fibra	Resistencia a la tracción	Elongación
Elastómero	Esfuerzos relativamente bajos	Menores a 500-1000%
Plásticos flexibles	(1 500–7 000 N/cm ²)	20-800 %
Fibras PET	(>35 000N/cm ²)	Menor a 10–50%

FUENTE: Elaboración propia.

- **Propiedades del recurso PET**

Para aumentar la resistencia y rigidez de las edificaciones residenciales en los centros urbanos de Huascatay, ubicados en los distritos de Pacobamba, Andahuaylas y Apurímac, se propone utilizar un material económico disponible en la zona de estudio: fibra de polietileno reciclado (PET). Estas fibras, si se procesan adecuadamente, pueden ser importantes como materia prima. Aunque las botellas de plástico PET se encuentran en grandes cantidades en los vertederos locales, los residentes no aprovechan plenamente sus propiedades y las eliminan como residuos. Para los fines de este estudio, las fibras de botellas de plástico PET recicladas se recolectarán de un



vertedero en el distrito de Pacobamba, ubicado a 1 km del distrito a una altitud de 2650 m. Se seleccionará la cantidad requerida de muestras de botellas de plástico PET recicladas y se clasificarán por color. A continuación, se retiran el tapón y la etiqueta de la botella para facilitar la extracción de sus fibras.

- **Extracción de las fibras de botellas plásticas recicladas PET**

Seguirán diversos procedimientos tradicionales y manuales para la obtención de fibras a partir de botellas de plástico PET recicladas para las pruebas necesarias para alcanzar los objetivos de este proyecto de investigación, los cuales se detallarán una vez finalizada esta investigación. Al examinar cuidadosamente cómo se comportaron las botellas de PET en las pruebas de tracción, descubrimos que mostraban la mayor resistencia mecánica y la menor deformación cuando se cortaban horizontalmente. Nuestro objetivo ahora es encontrar la forma más eficiente y práctica de cortar botellas de PET en tiras horizontales para laminarlas.

La primera consideración fue que el método de corte debería ser lo más simple y fácil de usar posible, utilizando materiales disponibles en los países en desarrollo. Por este motivo, hemos desarrollado un dispositivo que simplifica y agiliza el proceso de corte de la botella. El dispositivo consta de un mango de madera, una cuchilla, un tope de cuchilla hecho con el recorte de una lata de refresco, tornillos para sujetarlos en su lugar y una banda lateral para guiar el corte. En las imágenes adjuntas se muestra un proceso de fabricación detallado paso a paso del dispositivo (Vazquez, 2019)

Mango tiene un corte cada medio centímetro, lo que permite cortar fácilmente tiras de diferentes anchos. Se puede sujetar con una mano sin ningún soporte superficial. Con este mango se pueden cortar tiras de botellas en menos de un minuto (Vazquez, 2019).



- **Elaboración de geomallas de fibras de PET reciclado para el reforzamiento de muros de adobe**

La malla de fibra PET reciclada es un producto artesanal que se utiliza para reforzar paredes de adobe. En este estudio, para comprobar la calidad de la fibra, estas botellas de PET tuvieron que limpiarse para evitar la contaminación. El proceso de preparación de la red implica seleccionar cada fibra, limpiarla y tejerla para formar una red biaxial con agujeros cuadrados espaciados cada 5 y 8 cm. El diámetro del cable será determinado durante la ejecución del proyecto.

- **Elaboración de las geomallas de fibras de PET reciclado con abertura cuadradas espaciadas cada 5cm**

- **Procedimiento se evidencia de la siguiente manera:**

Elaboración de las geomallas de fibras de PET reciclado con abertura cuadradas espaciadas cada 8cm.

- **Teoría a usado en la investigación**

Tras analizar las teorías de Sistemas de reforzamiento basados en mallas electrosoldadas, Sistemas de reforzamiento basados en mallas de acero, y la Evaluación de métodos de reforzamiento en edificaciones de adobe: Un enfoque en mallas de fibras sintéticas y mallas electrosoldadas según la normativa E.080, se identificó que, aunque estas técnicas comparten funcionalidades clave, su uso no resulta viable debido a sus costos elevados y su impacto ambiental.

Por ello, se adopta la teoría "Técnica de reforzamiento de Muros de Adobe con Geomallas: Aplicación Basada en Normas ASTM D4439 y E.080", basada en el uso de geomallas de fibras de PET reciclado. Esta técnica es más accesible económicamente, respeta el medio ambiente y se alinea con los objetivos de esta investigación al permitir el diseño óptimo de geomallas biaxiales, considerando aberturas, resistencia a tracción y durabilidad (ASTM International, 2020; Norma E.080, 2022).



Las geomallas de fibras de PET reciclado son más económicas y sostenibles que las alternativas metálicas. Según Miranda (2020), estas geomallas combinan bajo costo, alta resistencia estructural y sostenibilidad, favoreciendo su aplicación en comunidades rurales.

El respaldo de normativas como ASTM International (2020) ; Norma E.080 (2017) asegura su efectividad para reforzar muros de adobe, adaptándose a las características de estas construcciones.

Las geomallas biaxiales presentan alta resistencia a tracción ($>35,000$ N/cm²), elongación reducida (<10 %) y estabilidad química. Estas propiedades garantizan un refuerzo eficaz frente a esfuerzos biaxiales generados durante eventos sísmicos (Cárdenas, y otros, 2017).

Su flexibilidad permite seleccionar geomallas con aberturas específicas (10-100 mm), adaptándose a los materiales de adobe y logrando una distribución uniforme de las cargas (Koerner, 2012).

Las geomallas biaxiales se instalarán siguiendo la Norma E.080 (2017), que exige embutido en el enlucido, anclaje a sobrecimientos y vigas collar, y cobertura integral con traslapes de 30 cm. Estas acciones aseguran una redistribución eficiente de fuerzas y mejoran la resistencia estructural frente a sismos (Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra, 2017).

Estudios previos demuestran que el uso de geomallas biaxiales incrementa la resistencia a flexión y tracción de los muros hasta en un 20 % y reduce el riesgo de colapso durante eventos sísmicos Condor (2019). Además, su fabricación con PET reciclado contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo desechos plásticos (ECOCE, 2011).



En conclusión, la teoría respaldada por las Normas ASTM D4439 y E.080, ofrece una solución económica, técnica y ambientalmente viable para el reforzamiento de muros de adobe en zonas vulnerables, validando su aplicación en escenarios de alta baja sismicidad.

3.2 Marco conceptual

a) Adobe

El adobe es un material de construcción elaborado a partir de una mezcla de arcilla, limo y arena con los porcentajes correspondientes del 10% - 20%, 15% - 25% y 55% - 70%. Agrega vegetales o fertilizante para prevenir y prevenir grietas que puedan ocurrir durante el secado; la resistencia de este material de construcción la proporciona la arcilla. Este material se coloca en una forma llamada cajón. La primera dimensión son las propiedades físicas, que son las propiedades demostradas como unidad de uso del material de construcción (Blondet, 2019).

b) Muros de adobe

Un muro de adobe se define como un muro grueso formado por hileras de elementos arcillosos compuestos de paja y/o materiales toscos para aumentar su resistencia y durabilidad. Actualmente estas edificaciones son más demandadas en el campo debido a la disponibilidad de este material; Sin embargo, al construir estos muros se debe tener en cuenta la calidad del adobe para evitar grietas y fisuras posteriores, y la altura del adobe no debe exceder los 8cm, y las juntas de mortero no deben exceder los 2 cm; además, se deben ajustar las dimensiones, la construcción no debe realizarse en más de una vuelta y el plano de construcción debe ser elaborado por un perito; y construido sobre terreno limpio, nivelado y simétrico (Blondet, 2019).

c) Reforzamiento

El reforzamiento es un proceso diseñado para aumentar la resistencia y estabilidad de una edificación mediante la incorporación de elementos estructurales en ella, aumentando así su capacidad portante y reduciendo su vulnerabilidad ante terremotos, viento u otros factores. La fijación de la estructura del muro requiere también de un diagnóstico previo de la estructura, una evaluación de las cargas y requisitos a los que estará sometida y un diseño adecuado de la solución de fijación. Es importante que las técnicas de reforzamiento se



adapten a las características y necesidades de cada estructura individual y que se utilicen materiales y técnicas apropiadas para garantizar la seguridad y durabilidad de la estructura (Giribas, 2017).

d) Resistencia al corte

La resistencia al corte es la capacidad de un material para resistir esfuerzos cortantes que hacen que sus partes se separen. Los muros de adobe reforzados con malla de fibra de PET reciclado tienen una resistencia a la corte mejorada debido a la adición de fibras de PET reciclado que actúan como refuerzo en el material (Higashi, 2021).

e) Rigidez

La rigidez es una propiedad que determina la capacidad de una estructura para soportar fuerzas o cargas que actúan sobre ella sin sufrir deformaciones elásticas importantes que afecten a su rendimiento o seguridad. Es una medida cuantitativa de la deformación elástica de un material bajo fuerza o tensión. Tiene en cuenta la capacidad de un elemento estructural para soportar una fuerza sin gran deformación. En otras palabras, la rigidez es la capacidad de un material para resistir la deformación bajo carga. La rigidez generalmente se mide como la relación entre la fuerza aplicada y el desplazamiento resultante.

La rigidez axial, la rigidez a la flexión, la rigidez a la torsión y la rigidez al corte son algunos ejemplos de rigidez utilizados en ingeniería (Higashi, 2021).

f) Ductilidad

La flexibilidad se refiere a la capacidad de una estructura para deformarse plásticamente bajo una carga aplicada sin romperse. También se refiere a la capacidad de la estructura para disipar energía, formar juntas plásticas en vigas o columnas y prevenir daños estructurales en choques extremos como terremotos o impactos. Colapso estructural, ya que se considera una característica deseable en las estructuras, ya que permite alertar tempranamente del daño debido a las grandes deformaciones que ocurren, y también reduce la necesidad de fuerzas en los elementos estructurales al redistribuir las fuerzas internas que dependen del tipo de material, sección, geometría, limitaciones, detalles de refuerzo y la relación entre la resistencia a flexión y cortante de la estructura (Barbat, 2018).



g) ASTM (American Society for Testing and Materials):

Organización internacional dedicada al desarrollo de normas técnicas voluntarias aplicables a materiales, productos, sistemas y servicios. Las normas ASTM son ampliamente utilizadas en procesos de investigación, control de calidad y comercio internacional, contribuyendo a la estandarización y mejora continua en diversas industrias (ASTM International, 2020).

h) Norma técnica E.080: Es una regulación peruana que establece los lineamientos técnicos para el diseño y construcción de edificaciones con tierra reforzada, como el adobe y el tapial. Su objetivo es asegurar que estas construcciones cumplan con criterios de seguridad, estabilidad y comportamiento sísmico, promoviendo el uso adecuado de materiales tradicionales en el contexto moderno de la ingeniería civil (Norma E.080, 2017).

i) Resistencia a la flexión

Las propiedades esenciales se definen como propiedades que determinan la calidad de la construcción y la capacidad de soportar condiciones climáticas y otros factores externos que puedan causar daños a la estructura Enciso (2016). Para los elementos de mampostería, la resistencia a la compresión es la característica principal y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio son directamente proporcionales a la resistencia del elemento. Por lo tanto, los valores altos indican una calidad de construcción adecuada, mientras que los valores bajos indican defectos estructurales (Shackelford, 2017).

j) Geosintéticos

Los geosintéticos son materiales planificados y manufacturados a partir de polímeros, diseñados para interactuar con el suelo, rocas y otros materiales en proyectos de ingeniería geotécnica. Su definición etimológica proviene del griego, donde "geo" se refiere a tierra y "sintético" indica que son producidos industrialmente. Estos materiales cumplen diversas funciones esenciales en la ingeniería civil, incluyendo separación, filtración, drenaje, refuerzo y estabilización de suelos. Por lo tanto, los geosintéticos son fundamentales para mejorar la estabilidad y durabilidad de infraestructuras al optimizar la interacción con el terreno en el que se aplican (ASTM International, 2020; Zornberg y otros, 2019).



k) Geomallas

Las geomallas son materiales geosintéticos compuestos por una estructura de malla abierta fabricada con polímeros como polipropileno o poliéster. Estas mallas se utilizan para estabilizar suelos y reforzar estructuras en obras civiles, mejorando su capacidad de carga (Geotexaco s.f, 2025).

l) Muros de adobe

Los muros de adobe son construcciones hechas de bloques de tierra cruda mezclada con agua y, ocasionalmente, fibras naturales. Este material ha sido utilizado tradicionalmente por su eficiencia térmica y su bajo costo (Houben, y otros, 1994).

m) Sostenibilidad en materiales de construcción

La sostenibilidad en la construcción implica la selección de materiales y procesos que minimicen el impacto ambiental, promoviendo el uso eficiente de recursos y la reutilización de materiales (Kibert, 2008).

n) Propiedades mecánicas del adobe

Las propiedades mecánicas del adobe incluyen su resistencia a la compresión, flexión y tracción. Estas características determinan su capacidad estructural frente a cargas estáticas y dinámicas (Walker y otros, 2002).

o) Resistencia a la compresión axial

La resistencia a la compresión axial se refiere a la capacidad de un material para soportar fuerzas aplicadas en dirección perpendicular a su sección transversal, lo que provoca esfuerzos de compresión. Este parámetro es crítico en la evaluación de muros de adobe reforzados, ya que determina la carga máxima que pueden soportar antes de fallar. En estudios recientes, se ha demostrado que el refuerzo con geomallas aumenta significativamente la resistencia axial de los muros de adobe, mejorando su estabilidad estructural frente a cargas verticales (Park, y otros, 1975).

Además, la resistencia a la compresión axial se evalúa mediante ensayos normalizados, como los establecidos por la ASTM International (2020), para garantizar resultados replicables y comparables en diferentes contextos.



p) Resistencia a la compresión diagonal (o corte)

La resistencia a la compresión diagonal es una medida del comportamiento de los materiales de construcción, como los muros de adobe, cuando están sometidos a esfuerzos combinados de tracción y compresión en un plano inclinado. Este concepto es especialmente relevante en contextos sísmicos, donde las estructuras deben soportar fuerzas multidireccionales. Los ensayos experimentales de resistencia a la compresión diagonal permiten evaluar la capacidad de los materiales para resistir estas fuerzas, proporcionando datos cruciales para el diseño de estructuras más seguras y resistentes (Fernández y otros, 2009).

q) Mallas de fibras de PET

Es una estructura tridimensional formada por fibras retorcidas o trenzadas. Hecho de diferentes materiales (por ejemplo, polímeros) en los que dos conjuntos de hilos de urdimbre y trama se tejen en ángulos rectos para formar una estructura con resistencia, porosidad, morfología y geometría controladas, lo que da como resultado una red uniforme definida como anillos entrelazados que están estrictamente organizados. Ulloa et al. (1974) tejidas con fibras cortas y largas de polímeros sintéticos derivados de derivados del petróleo (64%), gas natural (23%) y aire (13%) Pablo Luis (2018). Se caracteriza por una alta resistencia a la tracción.

r) Ensayo de tracción

La prueba de tracción es una prueba mecánica de un material para medir su resistencia a la tracción. En esta prueba, una muestra de material se somete a una tensión axial creciente hasta que se rompe. Esta prueba mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Los coeficientes de tensión en probetas a tracción suelen ser muy pequeños ($\epsilon = 10^{-4}$ a 10^{-2} s⁻¹). En los ensayos de tracción se pueden determinar diversas propiedades de los materiales elásticos, como el módulo de elasticidad o módulo de Young, la relación de Poisson, el límite de proporcionalidad, el límite elástico o límite elástico aparente, el límite elástico convencional o verdadero, la carga de rotura o el límite de tracción. alargamiento de rotura, longitud calibrada, reducción de área y conicidad (Tecnología Industrial II, 2018).



s) **Alabeo**

El alabeo se define como la desviación máxima respecto a una superficie plana, medida entre los vértices opuestos de la cara de asiento de la unidad (ASTM International, 2020).

t) **Absorción de agua (por inmersión total)**

"La absorción se determina como el incremento de masa después de la inmersión completa en agua durante 24 horas, expresado como porcentaje del peso seco" (ASTM International, 2020).

u) **Succión capilar:** Cantidad de agua absorbida en 1 minuto por 200 cm² de superficie (RNE E.070, 2017).

v) **Variabilidad dimensional:** Diferencia entre dimensiones reales y nominales, expresada como porcentaje de tolerancia (NTP 399.613, 2005).



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Este estudio se cataloga como investigación de tipo aplicada porque utilizó principios científicos y tecnológicos, mediante ensayos de laboratorio para mejorar el desempeño estructural de un muro de adobe convencional mediante la incorporación de fibras provenientes de botellas de PET recicladas y evaluando la influencia en la resistencia y rigidez de la estructura (Borja, 2016).

En este contexto, la actual investigación aplicada se centra en los problemas identificados y su justificación, obteniendo los resultados de ensayos de laboratorio para analizar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado en muros de adobe sobre el comportamiento estructural en términos de resistencia y rigidez para luego tomar decisiones prácticas.

4.1.2 Nivel de investigación

A esta investigación se le ha dado el nivel de correlación porque, según la perspectiva Hernández et al. (2023), pretende establecer una relación entre dos o más variables sin manipularlas directamente.

En el libro "How to Design and Evaluate Research in Education", los autores describen la investigación correlacional como un método que "examina la relación entre dos o más variables sin manipularlas" (Fraenkel et al., 2023).

El marco de mi investigación, la metodología adoptada es del nivel correlacional. de la primera variable (causa), representada por unas geomallas o redes de fibras de PET reciclado, destacan sus propiedades físicas y mecánicas y su aplicación específica para



el refuerzo de muros de adobe, cuyo objetivo principal es asegurar una mayor resistencia mecánica mejorando sus propiedades elásticas o rigidez de dichos muros. Presentar una propuesta que no solo aspira a ser económicamente viable, sino también ambientalmente sostenible, mediante el uso de PET reciclado.

Por otro lado, al observar la segunda variable (efecto), que se centra en el reforzamiento asociada de manera correlacional, el análisis se realizará utilizando métodos que tengan como objetivo mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe.

4.2 Diseño de la investigación

Para el presente trabajo de investigación se ha adoptado el **diseño experimental**, ya que tiene como objetivo medir y evaluar la influencia de las variables independientes (geomallas de fibras de PET reciclado) sobre la variable dependiente (reforzamiento de muros de adobe), lo que implica la **manipulación** intencionada de una o más **variables independientes** para analizar los efectos en la variable dependiente de la investigación de acuerdo con las pautas de diseño. Este proceso según Hernández et al. (2018), se lleva a cabo bajo condiciones cuidadosamente controladas y tiene como objetivo explicar cómo o por qué ocurre una situación o evento particular.

Los estudios transversales describen variables y analizan su ocurrencia y sus interrelaciones en un determinado tiempo y espacio (Hernández et al., 2023).

4.2.1 Limitaciones

Las limitaciones son las dificultades que surgen debido a la falta de control sobre las variables externas o factores no previstos, y que pueden restringir el alcance de la investigación (Hernández et al., 2023).

Este estudio presenta ciertas limitaciones primero porque las pruebas se realizaron en condiciones de laboratorio controladas, lo que no replica fielmente las condiciones ambientales reales a las que estarán expuestos los muros reforzados (variaciones de temperatura, humedad, y exposición climática prolongada).



Segundo, la investigación evaluó únicamente dos propiedades mecánicas mediante ensayos de compresión axial y compresión diagonal, según la Norma E.070. Si bien estos son fundamentales para evaluar la resistencia estructural, no se consideraron otros modos de falla relevantes como flexión, fatiga por cargas cíclicas o comportamiento ante vibraciones sísmicas simuladas. La ausencia de ensayos dinámicos o de ciclos de carga repetida representa una brecha significativa, pues impide evaluar completamente el desempeño sísmico del sistema reforzado, aspecto crítico en zonas de alta sismicidad. Finalmente, este estudio no incluyó un análisis de factibilidad económica y social de las alternativas propuestas. Como señalan diversos autores, "la falta de un análisis sobre la factibilidad económica y social de las alternativas desarrolladas para la construcción y el refuerzo de viviendas de tierra" limita la transferibilidad de las propuestas a comunidades rurales, donde factores como el costo, la disponibilidad de materiales y las capacidades locales de mano de obra son determinantes para la adopción de nuevas tecnologías. Esta dimensión socioeconómica es esencial para evaluar la viabilidad real de implementación.

4.2.2 Delimitaciones

Las delimitaciones determinan el alcance del estudio, definiendo los aspectos concretos que se van a investigar, como la población, las variables, el contexto y el tiempo, para evitar que el estudio se extienda a aspectos no relacionados con el problema de investigación (Hernández et al., 2023).

Por otro lado, la investigación presenta delimitaciones específicas que definen su alcance. Geográficamente, se enfoca exclusivamente Pacobamba, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. En cuanto a los materiales, se analizan únicamente geomallas elaboradas con fibras de PET, excluyendo otras posibles alternativas naturales o sintéticas. Asimismo, las pruebas se limitan a evaluar las resistencias a la compresión axial y a la tracción diagonal, sin incluir otros factores estructurales que podrían influir en el comportamiento de las viviendas. Finalmente, el estudio se enfoca solo en su desempeño en un marco temporal limitado, sin evaluar posibles efectos a largo plazo, como desgaste, fatiga de materiales o cambios en su resistencia con el tiempo.



4.3 Descripción ética de la investigación

Los fundamentos éticos importantes para realizar investigaciones con seres humanos incluyen el respeto, la responsabilidad científica y social, la integridad y la justicia; Estos principios guían aspectos esenciales del proceso investigativo, como la obtención del consentimiento informado de los participantes, la consideración de riesgos y beneficios, el mantenimiento de la validez, la confidencialidad de los datos y la comunicación transparente de los resultados (Morquecho et al., 2022).

De acuerdo con los estudios y autores consultados, la ética es un tema ampliamente debatido que varía según el contexto cultural de cada sociedad. Los comportamientos éticos se forman desde el hogar y se desarrollan a través del aprendizaje de valores y la profesionalización Salazar et al. (2018). La investigación ética es fundamental para los científicos, ya que no solo eleva la calidad de sus estudios, sino que también evita que sean percibidos como una externalidad negativa que afecta a la sociedad. Por lo tanto, es imperativo que los investigadores integren principios éticos en su trabajo, respetando los estilos normativos de citación y referenciación (Universidad y Sociedad ISSN: 2218-3620, 2018).

La ética de la investigación es un conjunto de principios y estándares que guían a los investigadores en la realización de investigaciones científicas y promueven el respeto por los derechos de los participantes, la honestidad intelectual, la transparencia en la difusión de los resultados y la responsabilidad social en la investigación (Novoa, 2018).

El Artículo 12 del reglamento del comité de ética para la investigación de la UNAMBA menciona se debe “Velar por el cumplimiento de los principios éticos implícitos y explícitos durante el desarrollo de las actividades de investigación” y “Demostrar transparencia, honestidad y pulcritud en todos los procedimientos que se realicen durante la planificación, ejecución y comunicación del trabajo de investigación” (UNAMBA, 2018).

Los investigadores deben realizar investigaciones relevantes, originales y coherentes en una dirección de investigación aprobada por el rector de investigación. Debe utilizar los fondos de investigación de manera efectiva y eficiente y cumplir con las regulaciones de investigación gubernamentales y de agencias. Además, debe realizarse con rigor científico que asegure la validez, confiabilidad y confiabilidad de sus métodos, fuentes y datos. Es importante que



informe abierta, completa y rápidamente los resultados de su investigación a la comunidad científica y, cuando corresponda, comunique sus hallazgos a las personas, grupos y comunidades involucrados en su investigación. Finalmente, los investigadores deben mantener la confidencialidad de la información obtenida y no deben utilizarla para beneficio personal ilegal o para fines distintos a los de investigación (UNAMBA, 2018).

Destaco la referencia a los principios éticos de respeto, beneficio y justicia, los cuales son cruciales para garantizar un tratamiento ético hacia los participantes en la investigación.

Además, se tratan aspectos relevantes como la obtención del consentimiento informado, la evaluación de riesgos y beneficios, la validación de los resultados, la gestión de datos y la comunicación apropiada de los hallazgos. También se destaca la importancia de realizar investigaciones pertinentes, originales y coherentes con las líneas de investigación reconocidas, así como el uso eficaz de los recursos asignados y la adhesión a las normativas institucionales y gubernamentales. Resulta alentador observar el énfasis en la responsabilidad científica, garantizando la validez, confiabilidad y credibilidad de los métodos empleados.

Mi compromiso en función de las opiniones expresadas en esta investigación radica en garantizar que cada aspecto de mi trabajo esté fundamentado en principios éticos sólidos, respetando los derechos y la dignidad de los participantes, así como la integridad del proceso investigativo. Asumo con responsabilidad la tarea de considerar cuidadosamente los riesgos y beneficios asociados a cada etapa del estudio, asegurando siempre la confidencialidad de los datos y la transparencia en la comunicación de los resultados. Además, me comprometo a mantener un enfoque riguroso y honesto, guiado por la justicia, la validez y la relevancia científica, respetando las normativas institucionales y las recomendaciones de los expertos consultados. Entiendo que mi trabajo no solo debe aportar al conocimiento, sino también a la sociedad, reflejando un respeto profundo por la confianza depositada en mi labor como investigador.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

La **población** o universo "Se refiere al conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones" (Hernández et al., 2023, p. 174).



- **Criterios de inclusión;** muretes contruidos con adobe que cumplan con dimensiones específicas para asegurar uniformidad en las pruebas, incluyendo muretes sin grietas, fisuras u otros defectos visibles que puedan afectar los resultados de los ensayos. Las dimensiones se detallan en la tabla 3.
- **Criterios de exclusión;** se excluye muretes que no cumplan con las dimensiones establecidas, eliminando muros que presenten grietas, fisuras, deformaciones u otros defectos que puedan comprometer la integridad estructural y afectar los resultados de los ensayos.

Por lo tanto, en esta investigación se tiene una población de 36 especímenes de entre pilas y muretes.

4.4.2 Muestra

La muestra es una parte de la población de interés de la cual se obtendrán datos. Esta debe ser definida y delimitada con precisión de antemano, y debe representar adecuadamente a la población. El objetivo es que los resultados que se obtengan de la muestra puedan ser generalizados o extrapolados a toda la población” (Hernández et al., 2023).

En este trabajo de investigación la elección de elementos no depende de la muestra probabilística, “sino de razones relacionadas con las características, el contexto de la investigación y del juicio y las decisiones del investigador y no todos los miembros de la población tienen la misma oportunidad de ser seleccionado” (Hernández et al., 2018).

En su libro "Investigación del Comportamiento" de Kerlinger et al. (2002), **definen la población** igual a muestra como "una población en la que cada unidad de muestreo tiene exactamente las mismas características que la población completa”.

Se utilizaron las **muestras consideradas censales** por que se empleó el uso el 100% de la población, por lo tanto, el número es manejable y propicio para la investigación, tal y como afirma Hernández y Mendoza (2018): “La llamada muestra censal es aquella en que todos los elementos de la población son incluidos en el estudio, lo que significa que



no se realiza una selección o aleatorización de muestras, sino que se estudia a cada individuo o elemento de la población en su totalidad”.

Para este estudio, se tomarán los siguientes especímenes como **muestra: 5 pilas patrón sin refuerzo, 5 muretes patrón sin refuerzo** que servirán como referencia base para ver la influencia del refuerzo de; **10 pilas reforzadas** con malla de fibra de PET reciclado, distribuidas en dos grupos de **5 pilas con malla de 5 cm** y **5 pilas con malla de 8 cm** de abertura; **10 muretes reforzados** con malla de fibra de PET reciclado, también distribuidos en dos grupos de **5 muretes con malla de 5 cm** y **5 muretes con malla de 8cm** de abertura; y **6 unidades de adobe**, que serán utilizadas para construir los especímenes mencionados anteriormente y para realizar pruebas adicionales de caracterización del material por lo tanto se a considerado un **total de 36 muestras**. En la siguiente tabla se muestra un breve resumen de las muestras con sus respectivos ensayos.

Tabla 6 — Cantidad de ensayos a realizar

Nº	Especímen	Especificaciones	Ensayos
1	Pilas patrón sin refuerzo	0.41mX0.31mX0.15m	5 de compresión axial
2	Muretes patrón sin refuerzo	0.64mX0.64mX0.15m	5 de tracción diagonal
3	pilas reforzadas con geomallas de fibras de PET reciclado	0.42mX0.32mX0.16m	5 de compresión axial
4	Pilas reforzadas con geomallas de fibras de PET reciclado	0.42mX0.32Xm0.16m	5 de compresión axial
5	Muretes reforzados con geomallas de fibras de PET reciclado	0.65mX0.65mX0.16m	5 de tracción diagonal
6	Muretes reforzada con geomallas de fibras de PET reciclado	0.65mX0.65mX0.16m	5 de tracción diagonal



7	Unidades de adobe	0.31mX0.16mX0.10m	6 a compresión axial
Total, de ensayos a realizar			36 ensayos

- **Muestreo:** “El muestreo puede ser probabilísticas y no probabilísticas, en el muestreo probabilístico, todos los componentes de la población tienen la misma capacidad de ser seleccionados para la muestra, puede ser por elección aleatoria o tamaño de la muestra.

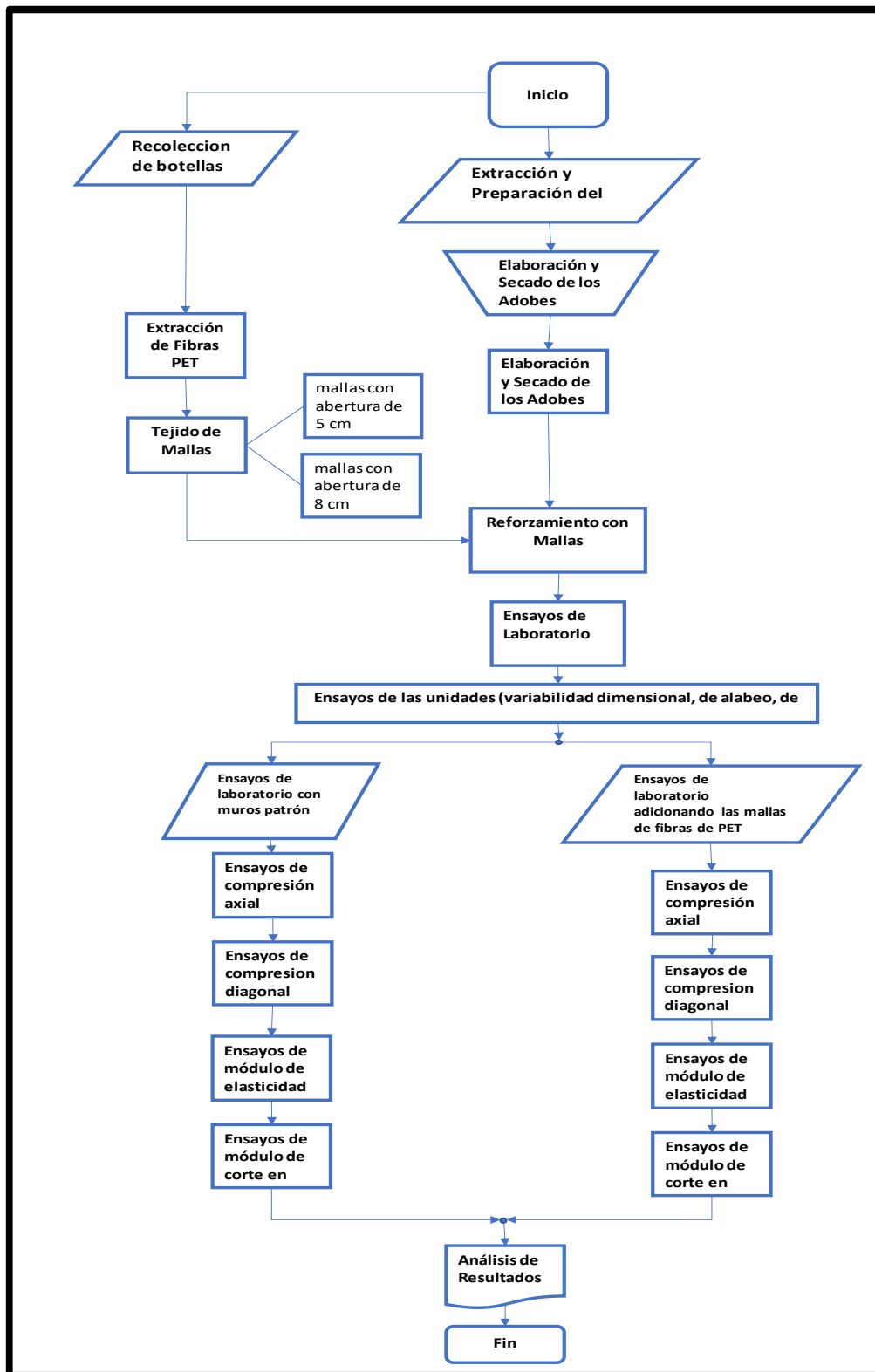
Mientras que, en el muestreo no probabilística la elección no necesita de la probabilidad porque no es posible calcular el nivel de confianza, sino que utiliza el criterio del investigador” (Borja, 2016).

En este estudio, se emplea un muestreo no probabilístico, ya que no se utiliza ninguna fórmula para su selección. Se basa en criterios de conveniencia, lo que significa que los elementos se eligen no al azar, sino en función de las características que comparten y que son relevantes para la investigación.

4.5 Procedimiento

La ejecución del diseño experimental de la investigación se realizará de acuerdo al diagrama de flujo siguiente con el objetivo de tener una mejor visión de manera gráfica, siendo más fácil de comprender:





FUENTE: Elaboración propia.

Figura 17 — Gráfico diagrama de flujo

Para recrear los muros de adobe en el presente proyecto de investigación, se extraerá la tierra necesaria y se procederá a la preparación y dosificación del barro para los prototipos



de adobe. Los adobes serán moldeados y dejados secar durante al menos 28 días para asegurar que alcancen su resistencia máxima. Una vez endurecidos, se utilizarán para construir pilas y muretes que serán sometidos a ensayos en el laboratorio. Se construirán tanto pilas y muretes de control (patrón) como aquellos que serán reforzados. Para el reforzamiento, se elaborarán geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm y 8 cm, utilizando botellas descartables para la extracción de fibras PET. Estas fibras se tejerán en mallas con las mencionadas aberturas. Los muretes destinados al reforzamiento serán cubiertos con estas mallas, aseguradas con clavos tipo alcayata. Los muretes, tanto patrones como reforzados, serán trasladados al laboratorio más cercano para realizar diversos ensayos, incluyendo compresión axial, compresión diagonal, rigidez, módulo de corte para muretes y ensayos de las unidades de adobe sin reforzar. Se analizarán los resultados obtenidos y se realizará un análisis comparativo entre los muros reforzados y los no reforzados. Finalmente, con los conocimientos adquiridos durante la investigación y los ensayos de laboratorio, se determinará y evaluará la influencia con dichos resultados y conclusiones y la viabilidad del reforzamiento mediante geomallas de fibras de PET reciclado, destacando su carácter ecológico y amigable con el medio ambiente.

4.6 Técnica e instrumentos

La observación es una técnica que implica la recolección directa de datos mediante la observación directa de personas, eventos, comportamientos o situaciones en un contexto específico. El investigador utiliza sus sentidos para registrar y documentar sistemáticamente los hechos y patrones observados” (Hernández , y otros, 2018).

En esta investigación, se emplearon las siguientes técnicas metodológicas:

Observación, que permitió analizar el comportamiento estructural de los muros de adobe reforzados con geomallas de fibras de PET. Según Sampieri et al. (2023), este tipo de observación requiere un diseño planificado y sistemático para registrar variables clave de manera objetiva y reproducible. Se utilizó para evaluar el efecto del reforzamiento en condiciones controladas mediante ensayos de laboratorio.

Los instrumentos que se utilizaron fue la ficha de observación para la recolección de datos de ensayos de laboratorio.



4.6.1 Validación

Hernández et al. (2023) definen la validez como "el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir" (p. 200). En términos operacionales, esto significa que el instrumento debe representar adecuadamente el constructo teórico mediante indicadores empíricos observables y medibles.

Los especialistas en investigación que participaron en la validación del instrumento se aseguraron de que este fuera coherente, claro, consistente, relevante y adecuado para el estudio. La validez de los instrumentos utilizados está respaldada por el responsable del laboratorio de Materiales, quien emitió el correspondiente certificado de calibración. En el Anexo C se incluye una lista de los expertos involucrados, así como la evaluación detallada del juicio de expertos para validar el instrumento.

Tabla 7 — Juicio de expertos

Nombres y apellidos	Categoría	Especialidad	Índice de validación
Ricardo Heinrich Pinto Yupanqui	Dr.	Estructuras	5
Alarcón Camacho Erick	Dr.	Gerencia de la construcción	5
Edgar Aníbal Pérez Olaguivel	Mg.	Estadístico	4
Percy Fritz Puga Peña	Dr.	Metodólogo	5
Yasmany Sotelo Cruz	Mtro	Gerencia de la construcción	5

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 8 — Resultados de validación de los instrumentos de investigación

Nombres y apellidos	Especialidad	Alfa de Cronbach	Intervalo
Ricardo Heinrich Pinto Yupanqui	Estructuras	0.761	Aceptable
Alarcón Camacho Erick	Gerencia de la construcción		
Edgar Aníbal Pérez Olaguivel	Estadístico		
Percy Fritz Puga Peña	Metodólogo		



Yasmany Sotelo Cruz	Gerencia de la construcción		
<p>NOTA</p> <p>En base a la composición de los validadores</p>			

La tabla 5 muestra a los profesionales encargados de validar los instrumentos utilizados en la investigación, así como la evaluación de su confiabilidad, medida mediante el coeficiente alfa de Cronbach. El análisis arrojó un valor de 0,761, lo que se encuentra dentro del rango considerado aceptable. Este resultado, como se detalla en la tabla 6, confirma la confiabilidad de los instrumentos empleados.

a) Confiabilidad

La confiabilidad o fiabilidad de un instrumento de medición, según Hernández et al. (2023), se refiere al nivel en el que su uso repetido en el mismo individuo, caso o muestra genera resultados uniformes, consistentes y coherentes (p. 200).

Tabla 9 — Intervalo de fiabilidad alfa de Cronbach

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad los ítems analizados
[0;0.5]	Inaceptable
[0.5;0.6]	Pobre
[0.6;0.7]	Débil
[0.7;0.8]	Aceptable
[0.8;0.9]	Bueno

FUENTE: Gutiérrez, 2002

En cuanto a la confiabilidad, este proyecto de investigación aborda los temas necesarios para su desarrollo, basados en tesis que citan libros y normas peruanas relacionadas con el tema. Además, se obtendrán resultados a partir de ensayos realizados en un laboratorio de materiales, que cuenta con certificación y equipos debidamente calibrados. Estos resultados se reflejarán en fichas elaboradas, las cuales serán evaluadas por expertos. La confiabilidad estará garantizada tanto por el



juicio de estos expertos como por la calibración de los instrumentos de ensayo se evidencia en (Anexos 5 y 6).

4.7 Análisis estadístico

“El análisis estadístico comprende el conjunto de técnicas y procedimientos utilizados para recoger, organizar, resumir, presentar, analizar e interpretar datos con el fin de obtener conclusiones válidas y útiles sobre un fenómeno de estudio” (Martínez et al., 2022, p. 45).

El análisis estadístico implica la recopilación, organización, interpretación y presentación de datos con el propósito de llegar a conclusiones o tomar decisiones informadas. Este análisis se clasifica en dos grandes tipos: el análisis descriptivo, que se centra en resumir y caracterizar un conjunto de datos, y el análisis inferencial, que permite hacer generalizaciones o proyecciones sobre una población más amplia a partir de una muestra. Entre las herramientas empleadas en el análisis estadístico se encuentran las medidas de tendencia central, dispersión, pruebas de hipótesis, regresión y análisis de varianza, entre otras.

a) Análisis estadístico descriptivo

Se empleó estadística descriptiva para resumir y caracterizar las propiedades de los datos recolectados, mediante el cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y medidas de variabilidad (desviación estándar, varianza), complementadas con representaciones gráficas que facilitan la interpretación de los resultados (Hernández et al., 2023, p. 282).

b) Media

La media aritmética se calcula sumando todos los valores de los datos y dividiendo el resultado por la cantidad total de datos. Según lo indicado por (Hernández et al., 2023), “es la medida de tendencia central más utilizada y puede definirse como el promedio aritmético de una distribución” (p. 333). Se determina mediante la ecuación.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

donde

\bar{x} *Media de datos*



n Total de datos

c) Error estándar

El error estándar es una medida estadística que indica el promedio de la variabilidad de una muestra estadística (como la media o la proporción) respecto al valor verdadero de la población. Representa el grado de incertidumbre asociado con una estimación muestral y se utiliza para evaluar la precisión de las inferencias que se hacen sobre la población a partir de una muestra (Moore et al., 2017). Matemáticamente, el error estándar de los medios se determina mediante la ecuación.

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde

σ Es la desviación estándar de la población.

n Es el tamaño (número de observaciones) de la muestra.

En términos más simples, el error estándar más pequeño indica estimaciones más precisas

d) Intervalos de confianza

Un intervalo de confianza es un rango de valores que se calcula a partir de los datos mostrados, dentro del cual es probable que se encuentre el verdadero parámetro poblacional (Hernández et al., 2023). La fórmula general es:

$$CI = \bar{x} + Z \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde

CI Intervalo de confianza

\bar{x} Media muestral

Z Valor del nivel de confianza

s Desviación típica de la muestra

n Es el tamaño (número de observaciones) de la muestra



Los intervalos de confianza son fundamentales para nuestro proyecto de investigación, ya que permiten realizar estimaciones con un margen de error conocido.

Este rango de intervalo de confianza está acompañado por un nivel de confianza, que es la probabilidad de que el intervalo contenga el valor verdadero del parámetro poblacional.

Por ejemplo, un intervalo de confianza del 95 % significa que, si se repite el muestreo muchas veces, el 95 % de los intervalos calculados incluirían el parámetro verdadero.

e) **Análisis estadístico inferencial**

Estadística inferencial, según lo explican Berenson y Levine (2017), incluye técnicas como las distribuciones de probabilidad, los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis. Estas herramientas posibilitan realizar proyecciones sobre el comportamiento de una población en estudio a partir de datos obtenidos de muestras, con un nivel de certeza previamente definido.

f) **Pruebas de hipótesis**

Las pruebas de hipótesis son herramientas que permiten tomar decisiones estadísticas sobre una población calculada en datos muestrales. El procedimiento incluye:

La búsqueda de evidencias para poder decidir sobre si se rechaza o no la afirmación formulada.

- Formular la hipótesis nula (H_0) y la alternativa (H_1).
- Determinar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$).
- Calcular un estadístico de prueba.
- Evaluar el valor p valor y comparar con un valor crítico.

Montgomery y otros (2019), explican que “las pruebas de hipótesis son fundamentales para validar la significancia de las relaciones observadas en los datos”.



g) Nivel de significancia

“Es la máxima probabilidad de especificación, donde la finalidad del nivel de significancia es de minimizar el error del tipo I. Por lo general, primero se fija la probabilidad y después se escoge la muestra” (Wasserman, 2020).

h) Tipos de errores en una prueba de hipótesis

Existe dos tipos de errores, las del tipo I: cuando se rechaza la hipótesis nula (verdadera) y la del tipo II: cuando no se rechaza la hipótesis nula (falsa) (Gutierrez et al., 2016).

i) Análisis de datos

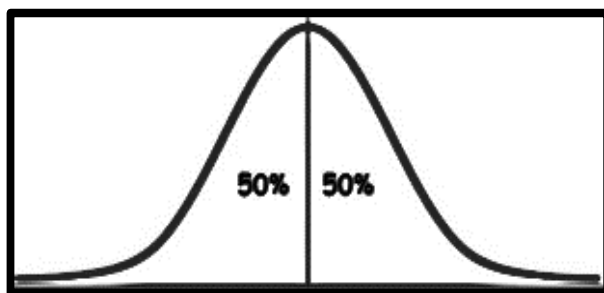
Para llevar a cabo la prueba de hipótesis para variables cuantitativas, para nuestro trabajo de investigación, fue imprescindible emplear métodos de estadística paramétrica. Estos enfoques requieren cumplir ciertos supuestos clave, entre los que destaca que las variables cuantitativas analizadas deben seguir una distribución normal. Para verificar este requisito, se realizaron pruebas de normalidad; además, si corresponde, se evaluó la homocedasticidad (igualdad de varianzas entre grupos). En el análisis de diferencias entre muestras independientes, se emplearán los estadísticos t de Student o ANOVA, según la naturaleza y características de los datos (Wasserman, 2020).

j) Estadística prueba de normalidad

Acuerdo con Sheskin (2020), La normalidad es una suposición clave en pruebas estadísticas paramétricas, como el ANOVA y la regresión lineal, ya que estos métodos requieren que los datos se distribuyan de manera aproximadamente normal para ser precisos y confiables.

La grafica de su función de densidad tiene la forma de una campana, Esta curva se conoce como campana de Gauss. La mayoría de los datos o registros se encuentra en la parte central por ello se llama unimodal, tiene una media el cual representa simetría para ambos lados, además la curva gaussiana nunca llega a tocar el eje de las abscisas Montgomery et al (2018), tal como se muestra en la figura 19.





FUENTE: Elaboración propia.

Figura 18 — Campana de Gauss

Para saber la normalidad de una población se seguirá los siguientes pasos:

- Formular la hipótesis nula H_0 y la alternativa H_1 .
- Determinar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$).
- Calcular un estadístico de prueba.
- Evaluar el valor p valor y comparar con un valor crítico (regla de decisión).
 - Si **p-valor** ≥ 0.05 se acepta H_0 .
 - Si **p-valor** < 0.05 se rechaza H_0 .

Para calcular un estadístico de prueba para el análisis de normalidad de los datos se llevó a cabo utilizando la prueba de Shapiro-Wilk cuando la muestra sea menor a 50 observaciones. Para muestras más grandes, se usará la prueba de Kolmogórov-Smirnov. los datos utilizados siguen una distribución no paramétrica, en consecuencia, se procederá con un análisis ANOVA. De lo contrario, se aplicará una prueba paramétrica, en este caso, la prueba de Tukey.

- **Prueba no paramétrica**

- **Análisis de varianza (ANOVA)**

En estadística, el análisis de varianza (ANOVA), cuyo acrónimo proviene del inglés, es una herramienta poderosa que comprende una colección de modelos estadísticos y procedimientos relacionados. Su enfoque principal radica en el uso



de la varianza como elemento central para identificar y cuantificar **diferencias significativas** entre grupos (Montgomery y Runger, 2018).

Para evaluar cómo las geomallas de fibras de PET reciclado afectan los muros de adobe, es esencial comparar las propiedades mecánicas de varios grupos de muestras: muros patrón y muros con de refuerzo de PET de 5 cm. Y 8cm de abertura. Por lo tanto, el Análisis de Varianza (ANOVA) es una herramienta estadística apropiada para este análisis, ya que permite identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tres grupos independientes. En este caso, el ANOVA facilitará la determinación de si las variaciones observadas en la resistencia de los muros se deben al tipo de refuerzo aplicado o si son atribuibles al azar. Estas se alinean a nuestro objetivo de evaluar la influencia del refuerzo con geomallas de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe validará su uso como una técnica viable para mejorar la seguridad y estabilidad de las construcciones de adobe en la región estudiada.

- **Pruebas post hoc**

Las pruebas post hoc son procedimientos estadísticos que se aplican posteriormente al ANOVA cuando se rechaza la hipótesis nula. Su objetivo principal es identificar específicamente las diferencias significativas entre los grupos de estudio. Estas pruebas se utilizan después de confirmar, mediante el ANOVA de un factor, que al menos una de las medias difiere significativamente (Montgomery et al, 2018).

Cuando los grupos de estudio presentan valores homogéneos de varianza, es común emplear la prueba de Tukey como una herramienta para realizar comparaciones múltiples entre las medias de los muros patrón los muros reforzados.

Para este proyecto de investigación, de naturaleza aplicativa y experimental, se utilizaron diversas herramientas estadísticas con el objetivo de garantizar un análisis preciso y alineado con los objetivos de la investigación. Se usaron la estadística descriptiva como la media, la varianza y el error estándar, las cuales permitieron describir la distribución de los datos y proporcionar una base sólida para los análisis inferenciales posteriores.



El uso del software IBM SPSS Statistics fue indispensable para la implementación de estos análisis, dado que su capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos y realizar cálculos estadísticos avanzados asegura resultados precisos y confiables. Este software facilitó la ejecución de:

- **Pruebas de normalidad:**

Para evaluar si los datos seguían una distribución normal, requisito fundamental en las pruebas paramétricas.

- Se utilizó la prueba Shapiro-Wilk para muestras pequeñas ($n < 50$) para evaluar si es paramétrica o no paramétrica confirmando la normalidad.

- **Análisis de varianza (ANOVA):**

- Aplicado para comparar medias entre tres o más grupos independientes y determinar si existían diferencias significativas.
- Este análisis permitió evaluar los efectos de las intervenciones experimentales sobre las variables estudiadas.

- **Pruebas post hoc:**

Tras identificar diferencias significativas con el ANOVA, se aplicó la prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre las medias de los muros patrón los muros reforzados Esta prueba fue seleccionada debido a la homogeneidad de varianzas observada.

El enfoque combinado de métodos descriptivos e inferenciales proporcionó un análisis riguroso, asegurando la validez y confiabilidad de las conclusiones obtenidas. Estas herramientas fueron clave para contrastar las hipótesis planteadas y responder a las preguntas de investigación de manera objetiva y basada en evidencia estadística sólida.



4.8 Caracterización física y mecánica del material base

Antes de la construcción de los especímenes experimentales (pilas y muretes), se realizó una caracterización integral de las unidades de adobe utilizadas como material base. Este proceso tuvo como objetivo verificar que el material cumpliera con parámetros mínimos de calidad geométrica, estabilidad dimensional y comportamiento físico-mecánico, condiciones necesarias para garantizar la validez de los resultados del experimento principal.

Los ensayos fueron ejecutados en un laboratorio acreditado, siguiendo las normas NTP 399.613 (2005) y ASTM C67 (2003), y los informes resultantes fueron debidamente sellados y certificados, constituyendo evidencia técnica formal del estado inicial del material.

Se evaluaron las siguientes propiedades:

- Variabilidad dimensional.
- Alabeo.
- Absorción y succión capilar.
- Resistencia a compresión simple de la unidad.

Es fundamental precisar que estos ensayos fueron realizados exclusivamente en unidades de adobe sin reforzar, y no forman parte del diseño experimental comparativo del presente estudio. Por tanto, no permiten evaluar el efecto del refuerzo con geomallas de PET sobre dichas propiedades, pero sí ofrecen un marco de referencia esencial para interpretar el comportamiento estructural global de los muros reforzados.

Los informes originales de laboratorio se conservan como evidencia técnica en el Anexo D.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas

Datos fueron obtenidos como resultados de los ensayos de 15 pilas de adobe tradicional y reforzadas con geomallas de fibras de PET reciclado a compresión axial, los ensayos fueron realizados a los 28 días de construcción de los prismas en base al RNE - E080, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 10 — Resistencia a compresión axial de pilas de adobe

Nº REGISTRO	Dimensiones (cm)		Área de apoyo (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual f'm (kgf/cm ²)	Resistencia Característica f'm (kgf/cm ²)	Resistencia admisible fm (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho					
Pilas de adobe patrón							
P-1	32.05	16.25	520.81	4081	7.84	7.91	3.17
P-2	31.75	16.15	512.76	4139	8.07		
P-3	31.35	16.00	501.60	4429	8.83		
P-4	32.00	16.30	521.60	4352	8.34		
P-5	31.75	16.15	512.76	4275	8.34		
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm							
P-1	31.18	17.00	529.98	5124	9.67	8.85	3.54
P-2	31.40	17.35	544.79	4738	8.70		
P-3	31.25	16.30	509.38	4873	9.57		
P-4	31.20	16.50	514.80	4680	9.09		
P-5	31.85	16.70	531.90	4892	9.20		
Pilas de adobe con mallas de 8cm							
P-1	31.45	16.35	514.21	4526	8.80	8.34	3.33
P-2	30.85	16.40	505.94	4468	8.83		
P-3	31.10	16.85	524.04	4583	8.75		
P-4	31.60	16.95	535.62	4390	8.20		
P-5	31.00	17.10	530.10	4487	8.46		

- **Módulo de elasticidad de pilas**

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos a partir de la lectura realizada carga versus deformación del ensayo a compresión axial de pilas:

- Pilas de adobe patrón

Tabla 11 — Carga versus deformación de pilas de adobe patrón

PILA- 1		PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.38	394	0.30	394	0.02	394	0.04	394	0.00	394
0.46	509	1.02	509	0.03	509	0.04	509	0.02	509
0.94	780	1.72	722	0.05	567	1.26	722	0.54	683
1.20	896	2.27	954	0.43	722	2.01	896	0.73	722
1.68	1127	2.65	1127	0.89	896	2.86	1127	0.97	780
2.06	1282	2.99	1282	1.44	1127	3.32	1282	1.29	896
3.08	1803	3.38	1513	1.86	1282	4.01	1513	1.80	1069
3.67	2073	3.73	1687	2.54	1513	4.50	1687	2.50	1185
4.51	2460	4.18	1958	2.86	1687	5.17	1900	3.85	1475
5.21	2691	4.70	2073	3.90	1900	5.67	2073	4.30	1842
5.67	2923	5.08	2247	4.24	2073	6.34	2498	5.23	1880
6.24	3135	5.58	2517	4.65	2247	6.85	2730	6.15	2286
7.04	3425	5.81	2633	5.36	2517	7.36	3020	6.80	2653
7.22	3637	6.52	2923	5.71	2633	8.28	3444	7.03	3000
8.16	3753	6.82	3135	6.29	2865	9.01	3734	7.67	3232
8.82	3888	7.48	3425	7.22	3020	9.37	3792	7.93	3541
9.19	3985	7.87	3599	7.87	3271	9.60	4043	8.17	3792
10.02	4081	8.19	3773	8.37	3618	9.83	4294	8.39	3908
		8.60	3888	9.03	3946	10.06	4352	8.40	4217
		9.01	4004	9.69	4081			8.41	4275
		9.42	4139	10.35	4371				
				11.01	4429				

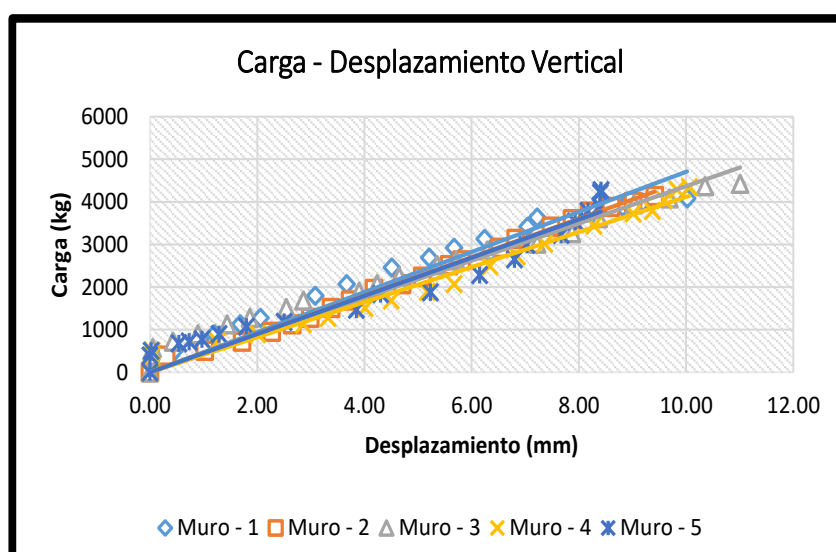


Figura 19 — Carga – Desplazamiento vertical de pilas de adobe patrón

Tabla 12 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe patrón

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E'm (kg/cm ²)
				P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Pilas de adobe patrón											
P-1	520.81	364.00	4081	816.20	2448.60	1.735	5.204	3.134	0.009530	328.88	313.86
P-2	512.76	381.50	4139	827.80	2483.40	1.838	5.513	3.229	0.009633	335.18	
P-3	501.60	387.50	4429	885.80	2657.40	2.028	6.084	3.532	0.010467	337.43	
P-4	521.60	384.50	4352	870.40	2611.20	2.114	6.343	3.337	0.010999	303.44	
P-5	512.76	382.50	4275	855.00	2565.00	1.906	5.719	3.335	0.009969	334.54	

- Pilas de adobe reforzado con geomallas de fibras de PET reciclado

Tabla 13 — Carga versus deformación de pilas reforzadas con mallas de 5 cm

PILA- 1		PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.03	703	0.36	722	0.20	722	0.22	741	0.06	703
0.22	876	0.40	896	0.26	896	0.48	915	0.08	876
0.39	1108	0.67	1127	0.86	1127	1.08	1147	0.15	1108
0.97	1649	1.25	1513	1.44	1475	1.66	1456	0.73	1649
1.60	1880	1.60	1880	1.80	1707	1.81	1726	1.69	1687
2.75	2054	2.50	2344	2.52	1880	2.91	1900	1.90	2054
3.01	2286	3.29	2517	3.48	2324	3.70	2363	2.27	2324
3.39	2633	3.67	2749	3.86	2498	4.08	2653	2.65	2498
4.22	2865	4.50	2942	4.69	2653	4.91	2904	3.48	2672
4.81	3020	5.09	3039	5.28	2826	5.50	3058	4.07	2923
5.29	3386	5.57	3213	5.76	3251	5.98	3425	4.55	3251
6.45	3618	6.73	3444	6.92	3406	7.14	3850	5.71	3425
7.92	3966	8.20	3599	8.39	3792	8.61	4004	7.18	3657
8.53	4120	8.81	4043	9.00	4236	9.22	4255	7.79	3830



10.29	4352	10.57	4332	10.74	4526	10.98	4390	9.54	4120
10.29	4448	10.57	4564	10.74	4564	10.98	4468	9.54	4352
10.29	4564	10.57	4680	10.74	4757	10.98	4680	10.42	4641
11.17	4777	10.57	4738	11.62	4854			10.95	4777
11.70	5066			11.62	4873			11.48	4854
12.23	5124							12.00	4892

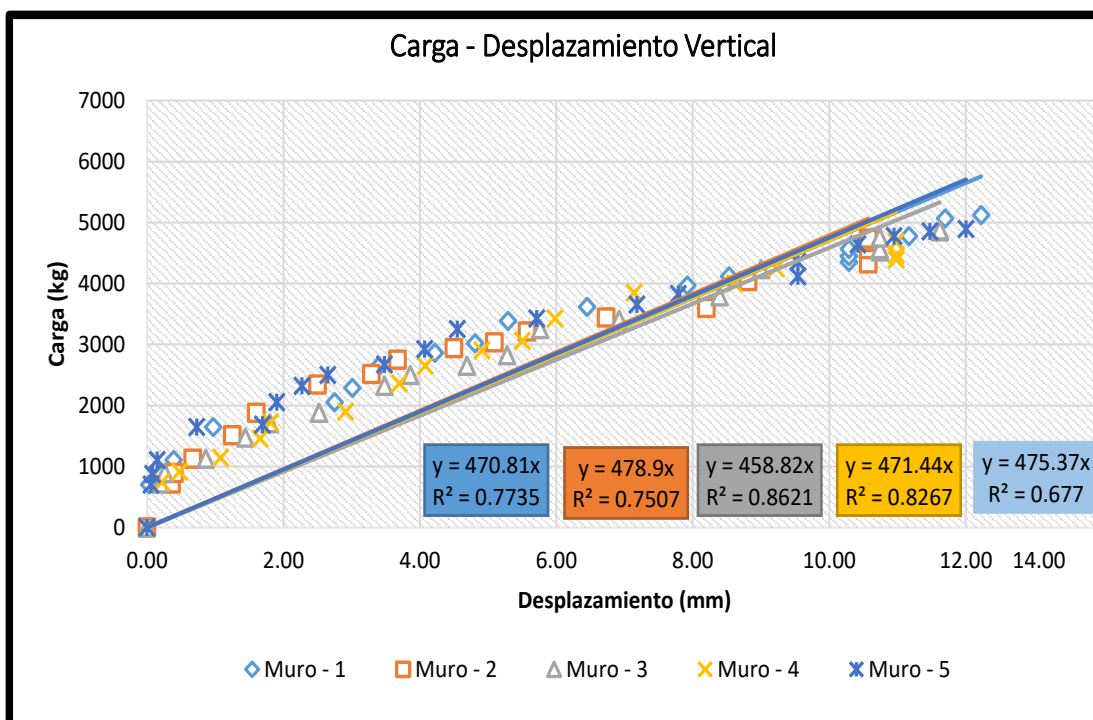


Figura 20 — Carga – Desplazamiento vertical de pilas reforzadas con mallas de 5 cm

Tabla 14 — Módulo de elasticidad de pilas reforzadas con mallas de 5 cm

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E'm (kg/cm ²)
				P	P	D	D				
				20%	60%	20%	60%				
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5 cm.											
P -1	529.98	386.00	5124	1025	3074	2.177	6.530	3.867	0.011277	342.94	328.94
P - 2	544.79	377.50	4738	948	2843	1.979	5.936	3.479	0.010482	331.88	
P - 3	509.38	369.00	4873	975	2924	2.124	6.372	3.827	0.011512	332.40	
P - 4	514.80	380.00	4680	936	2808	1.941	5.823	3.636	0.010216	355.96	

P - 5	531.90	373.00	4892	978	2935	2.058	6.175	3.679	0.011038	333.31	
-------	--------	--------	------	-----	------	-------	-------	-------	----------	--------	--

Tabla 15 — Carga versus deformación de pilas reforzadas con mallas de 8cm

PILA- 1		PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.01	567	0.02	722	0.03	606	0.02	703	0.01	606
0.56	722	0.31	818	0.28	760	0.15	741	0.46	722
0.60	896	0.44	973	0.31	934	0.55	915	0.80	954
1.09	1282	0.90	1301	1.13	1320	1.22	1301	1.73	1320
2.30	1745	2.41	1649	2.18	1784	2.29	1764	1.80	1803
2.85	1900	2.87	1977	2.70	1938	2.97	1919	3.86	1977
3.42	2073	3.44	2266	3.45	2112	3.44	2286	4.43	2344
5.42	2460	5.44	2479	5.45	2498	5.34	2711	6.43	2653
5.89	2691	5.91	2730	5.51	2730	5.91	3020	6.90	2884
6.59	2884	6.61	2846	6.62	2846	6.12	3328	7.40	3193
7.25	3271	7.27	2923	7.28	3058	7.27	3715	7.46	3328
7.62	3406	7.84	3213	8.01	3444	7.84	3811	8.45	3425
8.69	3657	8.20	3464	8.65	3695	8.41	4062	8.80	3657
9.10	4101	9.12	3908	9.19	3946	9.12	4313	9.31	3908
9.31	4275	9.40	4159	9.51	4294	9.56	4390	9.58	4024
10.01	4468	10.03	4390	9.76	4390			9.94	4236
10.52	4526	10.54	4468	10.21	4583			10.28	4313
11.02	4526			10.44	4583			10.62	4468
								10.96	4468
								11.30	4487



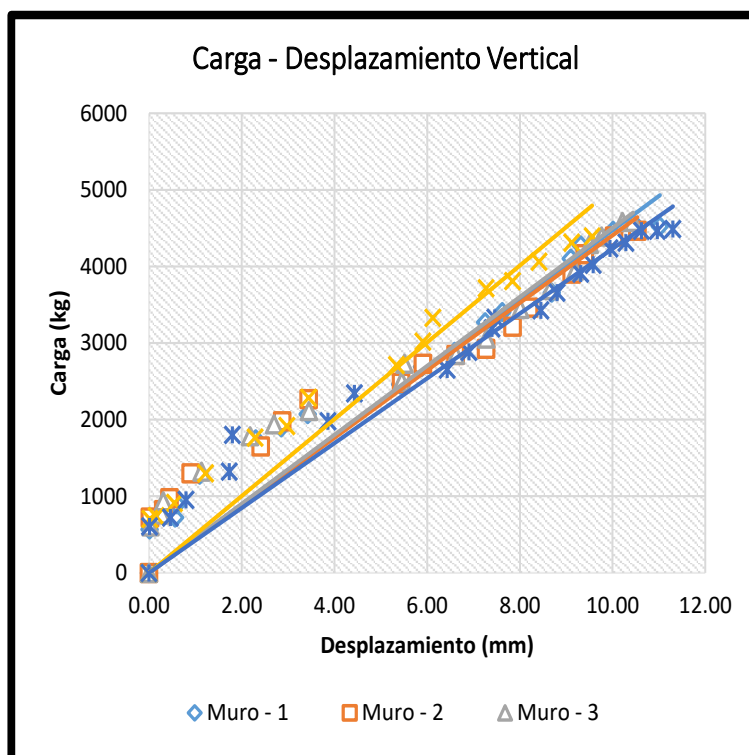


Figura 21 — Carga – Desplazamiento vertical de pilas reforzadas con mallas de 8cm

Tabla 16 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe reforzadas con mallas de 8cm

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		Desplaz . (mm)		Esfuerz o Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E´m (kg/cm ²)
				P 20%	P 60%	D 20%	D60%				
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 8 cm.											
P - 1	514.21	405.50	4526	905	2716	2.024	6.072	3.521	0.009983	352.68	317.03
P - 2	505.94	396.50	4468	894	2681	2.028	6.084	3.532	0.010230	345.32	
P - 3	524.04	388.50	4583	917	2750	2.036	6.107	3.498	0.010479	333.84	
P - 4	535.62	392.00	4390	878	2634	1.985	5.956	3.278	0.010130	323.63	
P - 5	530.10	390.50	4487	897	2692	2.121	6.362	3.386	0.010860	311.75	



- **Ensayos a compresión diagonal en muretes**

Los datos fueron obtenidos como resultados de los ensayos de 15 muretes de adobe y reforzados con malla de fibra de PET reciclado a compresión diagonal, los ensayos fueron realizados a los 28 días de construcción de los prismas en base al RNE - E080 y NTP 399.621 teniendo los siguientes resultados:

Tabla 17 — Resistencia a compresión diagonal

Nº Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual (kgf/cm ²)	Resistencia Característica (V'm) (kgf/cm ²)	Esfuerzo admisible al corte del muro Vm (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto					
Muretes de adobe patrón								
M-1	65.95	15.75	58.75	982.01	1842	0.94	0.89	0.36
M-2	64.60	15.55	60.55	973.04	1726	0.89		
M-3	65.00	16.05	59.75	1001.12	1822	0.91		
M-4	64.80	15.20	58.90	940.12	1938	1.03		
M-5	67.60	16.10	59.75	1025.17	1958	0.95		
Muretes reforzados con mallas de 5 cm de abertura								
M-1	64.75	16.00	60.00	998.00	2575	1.29	1.15	0.46
M-2	66.50	16.00	59.00	1004.00	2228	1.11		
M-3	65.75	16.00	60.03	1006.20	2460	1.22		
M-4	67.15	16.00	61.10	1026.00	2537	1.24		
M-5	66.55	16.08	60.90	1024.38	2460	1.20		
Muretes reforzados con mallas de 8cm de abertura								
M-1	64.30	16.10	61.10	1009.47	2035	1.01	0.98	0.39
M-2	64.78	16.65	61.65	1052.49	2228	1.06		
M-3	64.85	15.60	60.80	980.07	2073	1.06		
M-4	65.10	16.05	62.05	1020.38	1958	0.96		
M-5	63.95	16.88	61.25	1056.38	2170	1.03		

- **Módulo de corte en muretes**

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos a partir de la lectura realizada carga versus deformación del ensayo a compresión diagonal de muros:

- **Pilas de adobe patrón**

Tabla 18 — Carga versus deformación de muretes de adobe patrón

Muro M-1			Muro M-2			Muro M-3			Muro M-4			Muro M-5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.00	0.06	452	0.00	0.07	452	0.00	0.07	432	0.00	0.08	258	0.00	0.09	452
0.00	0.13	509	0.00	0.19	509	0.00	0.16	490	0.00	0.18	432	0.00	0.17	509
0.34	0.25	625	0.34	0.25	+625	0.33	0.24	606	0.36	0.27	509	0.35	0.26	645
0.50	0.36	683	0.50	0.36	683	0.49	0.35	664	0.52	0.38	587	0.51	0.37	703
0.90	0.47	722	0.90	0.47	722	0.89	0.37	703	0.92	0.49	625	0.91	0.48	741
1.18	0.51	780	1.18	0.51	780	1.17	0.42	760	1.20	0.53	683	1.19	0.52	799
1.37	0.53	838	1.37	0.58	838	1.36	0.46	818	1.39	0.58	703	1.38	0.54	857
1.65	0.53	896	1.65	0.58	896	1.64	0.49	876	1.67	0.60	780	1.66	0.57	915
2.06	0.55	954	2.06	0.58	954	2.05	0.50	934	2.08	0.63	857	2.07	0.57	973
2.37	0.57	1011	2.37	0.58	1011	2.36	0.51	992	2.39	0.65	954	2.38	0.58	1031
2.51	0.57	1069	2.51	0.58	1069	2.50	0.53	1050	2.53	0.68	1031	2.52	0.58	1089
2.84	0.58	1127	2.84	0.58	1127	2.83	0.55	1108	2.86	0.68	1069	2.85	0.59	1147
3.19	0.59	1185	3.19	0.58	1185	3.18	0.56	1166	3.21	0.69	1205	3.20	0.59	1205
3.54	0.60	1243	3.54	0.58	1243	3.53	0.57	1224	3.56	0.71	1224	3.55	0.59	1262
3.96	0.62	1282	3.96	0.58	1282	3.95	0.57	1262	3.98	0.73	1282	3.97	0.59	1301
4.40	0.64	1282	4.40	0.54	1282	4.39	0.63	1262	4.42	0.74	1301	4.41	0.65	1301
5.37	0.70	1282	5.37	0.40	1282	5.36	0.69	1262	5.39	0.77	1359	5.38	0.73	1301
5.51	0.86	1185	5.51	0.86	1282	5.46	0.85	1166	6.01	0.85	1398	5.52	0.87	1398
6.38	0.91	1127	6.20	0.92	1282	5.55	0.90	1108	6.71	0.96	1456	5.56	0.93	1494
6.76	1.23	1243	6.76	1.08	1282	6.12	0.95	1108	7.42	1.17	1533	6.23	0.98	1571
7.27	1.49	1301	7.31	1.24	1301	6.32	1.21	1031	8.12	1.18	1591	7.03	1.06	1571
7.77	1.74	1340	7.87	1.40	1320	6.88	1.38	1243	8.83	1.17	1726	7.59	1.07	1591
8.28	2.00	1456	8.42	1.56	1340	7.10	1.55	1340	9.53	1.22	1784	8.33	1.16	1649
8.78	2.25	1571	8.98	1.72	1417	7.10	1.72	1494	10.24	1.30	1822	8.25	1.19	1668
9.29	2.51	1649	9.53	1.88	1629	7.30	1.90	1610	10.94	1.35	1861	8.50	1.21	1668
9.79	2.76	1726	10.09	2.04	1726	7.60	2.07	1649	11.65	1.40	1938	8.23	1.21	1726



10.30	3.02	1803	10.64	2.20	1707	8.25	2.24	1494	12.35	1.46	1900	8.25	1.32	1764
10.80	3.27	1842	11.20	2.36	1668	8.26	2.42	1533				8.90	1.33	1842
11.31	3.53	1745	11.75	2.52	1668	8.31	2.59	1764				9.30	1.35	1880
11.81	3.78	1784				8.80	2.76	1764				9.10	1.37	1958
12.32	4.04	1784				8.90	2.94	1803				9.60	1.37	1958
						9.09	3.11	1822						
						9.10	3.28	1822						

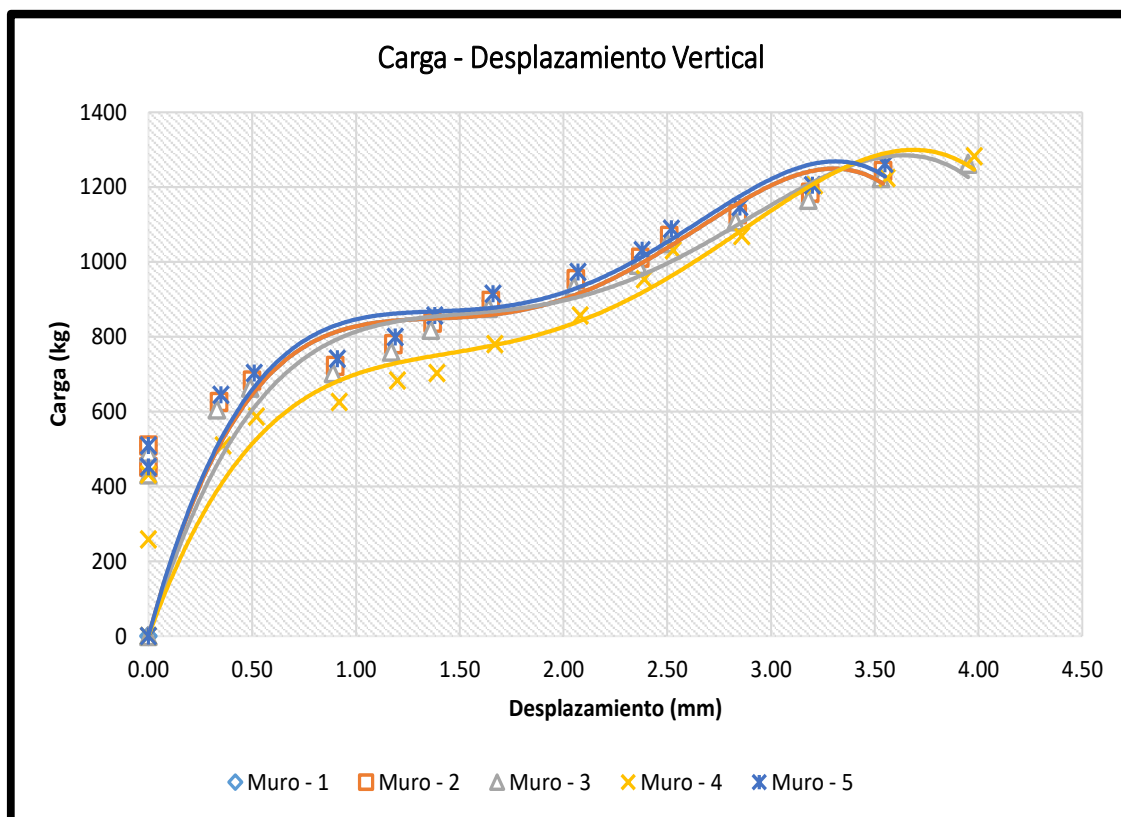


Figura 22 — Carga – Desplazamiento vertical de muretes de adobe patrón

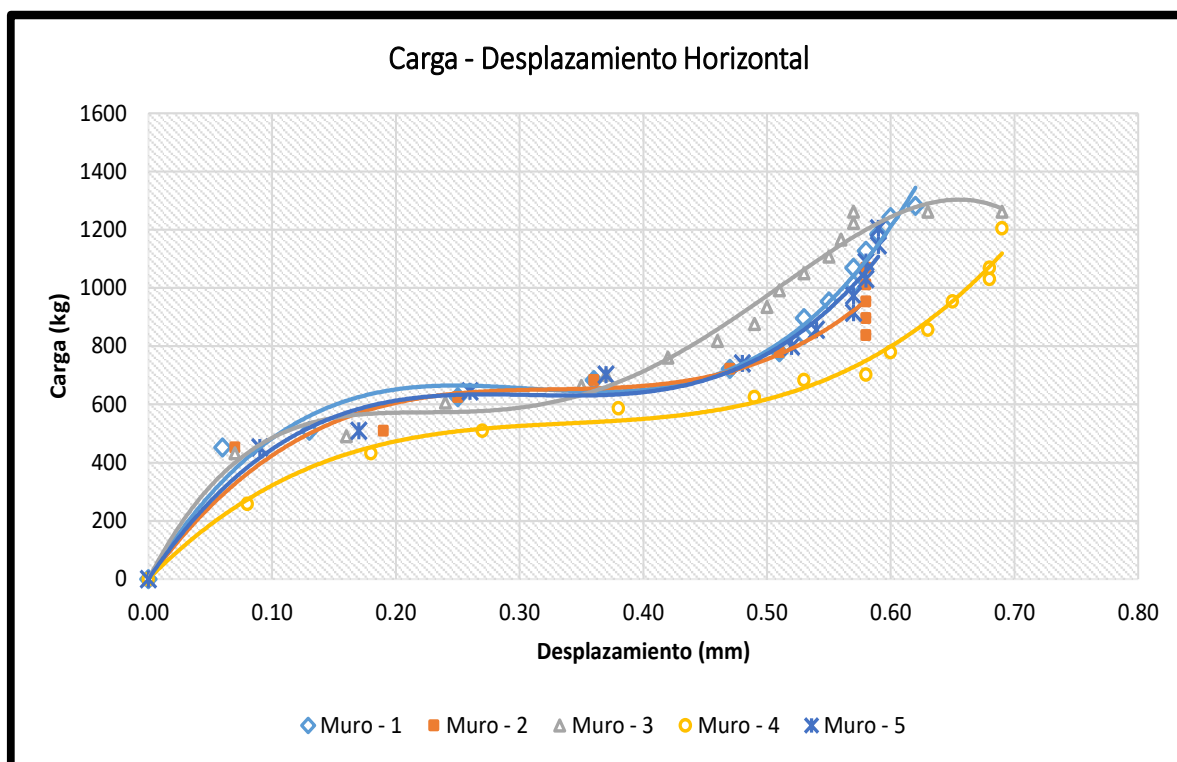


Figura 23 — Carga - Desplazamiento horizontal de muretes de adobe patrón

Tabla 19 — Módulo de corte de muretes de adobe patrón

N° Muestra	Area (cm ²)	Def.	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)	G' m (kgf/cm ²)
					P 20%	P 60%	D 20%	D 60%					
Muretes patrón sin refuerzo													
M-1	982.01	v	810.2	1842	368.40	1105.20	0.159	0.498	0.750	0.000418	0.001242	604.17	
		h	624.2				0.068	0.582		0.000823			
M-2	973.04	v	825.2	1726	345.20	1035.60	0.150	0.402	0.710	0.000305	0.001043	680.19	
		h	645.2				0.075	0.551		0.000738			
M-3	1001.12	v	800.2	1822	364.40	1093.20	0.177	0.438	0.728	0.000326	0.001232	590.79	
		h	630.2				0.036	0.607		0.000906			
M-4	940.12	v	830.2	1938	387.60	1162.80	0.215	0.517	0.825	0.000364	0.001248	660.66	
		h	650.2				0.133	0.708		0.000884			
M-5	1025.17	v	815.2	1958	391.60	1174.80	0.165	0.408	0.764	0.000298	0.001270	601.72	
		h	640.2				0.082	0.704		0.000972			



- Pilas de adobe reforzada con geomallas de fibras de PET reciclado

Tabla 20 — Carga vs deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 5 cm de abertura

Muro M-1			Muro M-2			Muro M-3			Muro M-4			Muro M-5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.00	0.00	394	0.00	0.00	452	0.00	0.00	452	0.00	0.00	394	0.00	0.00	432
0.02	0.00	509	0.03	0.00	509	0.00	0.00	509	0.00	0.00	452	0.00	0.00	529
0.07	0.00	509	0.02	0.00	567	0.04	0.00	529	0.04	0.00	606	0.03	0.00	567
0.12	0.04	567	0.14	0.00	818	0.20	0.00	606	0.14	0.00	703	0.18	0.00	664
0.15	0.04	587	0.21	0.03	876	0.41	0.04	722	0.28	0.04	722	0.36	0.03	683
0.23	0.05	722	0.36	0.05	915	0.55	0.06	760	0.37	0.06	799	0.45	0.05	741
0.32	0.06	838	0.52	0.08	973	0.62	0.09	818	0.41	0.08	857	0.54	0.08	1089
0.45	0.07	876	0.57	0.11	1031	0.81	0.12	1456	0.54	0.10	915	0.72	0.10	1243
0.51	0.09	896	0.95	0.15	1147	1.07	0.16	1571	0.70	0.12	1031	0.90	0.14	1359
0.53	0.10	954	1.17	0.21	1205	1.47	0.22	1629	0.51	0.13	1089	1.20	0.20	1378
0.59	0.11	992	1.18	0.27	1262	1.82	0.29	1687	0.73	0.17	1147	1.50	0.28	1456
0.62	0.13	1031	1.44	0.33	1320	2.07	0.34	1726	0.44	0.19	1205	1.74	0.34	1533
0.67	0.13	1069	1.74	0.37	1320	2.25	0.38	1745	0.58	0.20	1205	1.92	0.37	1533
0.73	0.14	1108	1.27	0.47	1378	2.52	0.46	1803	0.73	0.21	1262	2.10	0.45	1571
0.80	0.16	1108	1.52	0.49	1378	2.70	0.49	1803	0.82	0.22	1262	2.28	0.48	1591
0.83	0.16	1147	2.08	0.54	1320	2.87	0.55	1745	0.95	0.23	1282	2.40	0.54	1533
1.06	0.18	1224	2.06	0.62	1320	3.05	0.63	1745	1.08	0.25	1320	2.58	0.62	1533
1.11	0.20	1262	2.62	0.67	1320	3.26	0.69	1745	1.19	0.27	1340	2.76	0.68	1533
1.23	0.22	1262	2.39	0.75	1262	3.42	0.76	1687	1.32	0.32	1359	2.91	0.75	1475
1.47	0.22	1320	3.16	0.81	1378	3.64	0.83	1803	1.45	0.32	1398	3.09	0.80	1591
1.61	0.25	1417	3.54	0.88	1436	3.91	0.89	1861	1.58	0.35	1436	3.33	0.90	1649
1.70	0.26	1475	3.69	0.95	1378	4.10	0.98	1784	1.73	0.38	1475	3.48	0.96	1591
1.86	0.30	1513	4.24	1.01	1436	4.27	1.04	1861	1.84	0.40	1513	3.60	1.03	1649
1.91	0.32	1571	4.69	1.10	1436	4.59	1.12	1861	2.03	0.44	1552	3.90	1.11	1649
1.98	0.36	1610	5.09	1.15	1475	4.73	1.17	1861	2.12	0.52	1610	4.02	1.15	1687
2.03	0.39	1668	5.26	1.23	1475	5.01	1.25	1919	2.27	0.64	1610	4.26	1.24	1687
2.03	0.43	1687	5.21	1.28	1533	5.22	1.33	1958	2.40	0.68	1629	4.44	1.30	1745
2.17	0.53	1784	3.80	1.36	1533	5.46	1.40	1958	2.55	0.82	1649	4.62	1.38	1745
2.28	0.56	1842	3.97	1.41	1591	5.73	1.44	2015	2.70	0.99	1687	4.89	1.43	1803



2.52	0.59	1900	4.41	1.55	1591	6.22	1.58	1958	3.02	1.06	1726	5.28	1.56	1996
2.91	0.66	1919	4.99	1.29	1533	7.11	1.82	1958	3.56	1.28	1764	6.06	1.80	1938
3.04	0.76	1958	5.23	1.33	1649	7.39	1.86	2035	3.74	1.31	1880	6.30	1.84	2054
3.33	0.80	1958	5.74	1.46	1707	7.98	1.99	2131	4.15	1.42	1996	6.78	1.98	2112
3.28	0.82	2015	6.81	1.84	1764	9.21	2.40	2189	4.86	1.75	2073	7.86	2.35	2170
	0.87	2015		2.04	1822		2.59	2266		2.49	2209		2.58	2228
	0.90	2015		2.22	1958		2.78	2382		2.58	2421		2.75	2363
	0.93	2015		2.39	1938		2.93	2344		3.48	2537		2.90	2324
	0.92	2015		2.65	1996		3.19	2421					3.18	2382
	1.13	2073		2.93	2035		3.47	2460					3.45	2421
	0.88	1803		3.12	2112								3.73	2460
	1.14	2517		3.35	2170									
	1.22	2517		3.58	2228									
	1.21	2517		4.30	2228									
	1.23	2575												
	1.23	2575												

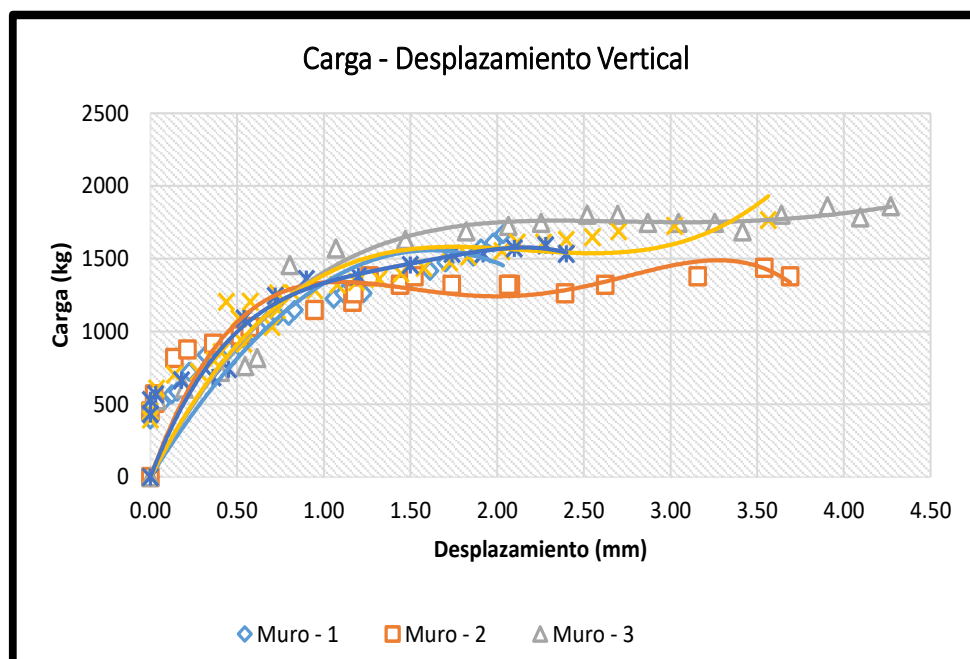


Figura 24 — Carga – Desplazamiento vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

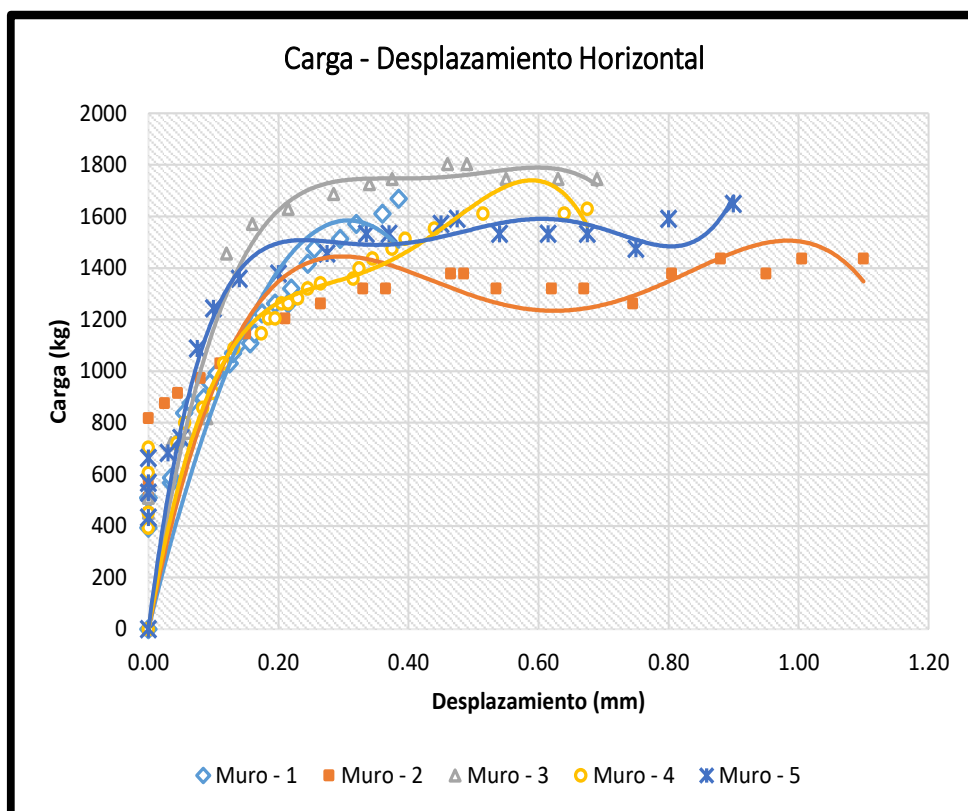


Figura 25 — Carga – Desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

Tabla 21 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

Nº Muestra	Area (cm ²)	Def.	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	G _m (kg/cm ²)	G' m (kgf/cm ²)
					P 20%	P 60%	D 20%	D 60%					
Muretes reforzados con mallas de 5 cm de abertura													
M-1	998.00	v	805.0	2575	515.00	1545.00	0.294	1.109	1.032	0.001012	0.001302	792.81	
		h	705.0				0.055	0.259		0.000289			
M-2	1004.00	v	715.0	2228	445.60	1336.80	0.153	1.007	0.888	0.001194	0.001413	628.39	
		h	715.0				0.040	0.196		0.000218			
M-3	1006.20	v	800.0	2460	492.00	1476.00	0.243	1.001	0.978	0.000948	0.001123	870.79	
		h	695.0				0.033	0.155		0.000176			
M-4	1026.00	v	810.0	2537	507.40	1522.20	0.245	1.002	0.989	0.000935	0.001477	669.82	
		h	725.0				0.041	0.434		0.000542			
M-5	1024.38	v	820.0	2460	492.00	1476.00	0.187	1.201	0.961	0.001237	0.001347	713.24	
		h	735.0				0.028	0.109		0.000110			



Tabla 22 — Carga versus deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 8cm de abertura

Muro - 1			Muro - 2			Muro - 3			Muro - 4			Muro - 5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.00	0.01	258	0.00	0.01	413	0.00	0.01	394	0.00	0.01	258	0.00	0.00	297
0.00	0.03	297	0.00	0.03	548	0.00	0.02	471	0.00	0.04	336	0.06	0.00	394
0.17	0.05	336	0.26	0.05	760	0.14	0.03	548	0.14	0.05	452	0.11	0.00	490
0.25	0.07	374	0.39	0.07	876	0.20	0.04	625	0.20	0.07	529	0.40	0.00	567
0.45	0.09	471	0.71	0.07	1031	0.36	0.05	683	0.36	0.09	664	0.52	0.00	645
0.59	0.10	509	0.94	0.08	1147	0.48	0.05	722	0.47	0.10	683	0.72	0.00	1050
0.69	0.11	587	1.09	0.09	1185	0.55	0.05	760	0.55	0.12	780	1.10	0.06	1108
0.83	0.11	722	1.31	0.10	1224	0.66	0.06	799	0.66	0.12	838	1.22	0.08	1205
1.03	0.11	1050	1.64	0.10	1282	0.83	0.06	857	0.82	0.12	934	1.28	0.10	1224
1.19	0.11	1089	1.89	0.10	1320	0.95	0.06	915	0.95	0.12	992	1.90	0.15	1301
1.26	0.11	1108	2.00	0.11	1340	1.01	0.06	973	1.00	0.12	1069	2.08	0.17	1340
1.42	0.12	1147	2.26	0.11	1378	1.42	0.06	1147	1.14	0.12	1205	2.20	0.20	1359
1.60	0.12	1205	2.54	0.11	1456	1.59	0.06	1224	1.28	0.12	1436	2.40	0.23	1359
1.77	0.12	1243	2.82	0.11	1494	2.15	0.07	1282	1.42	0.12	1571	2.56	0.25	1378
1.98	0.12	1301	3.16	0.11	1591	2.22	0.09	1301	1.58	0.12	1610	2.80	0.28	1378
2.20	0.13	1340	3.51	0.13	1610	2.49	0.10	1378	1.76	0.11	1687	3.00	0.30	1436
2.69	0.14	1340	4.29	0.14	1610	2.81	0.11	1378	2.15	0.08	1726	3.20	0.34	1475
2.76	0.17	1340	4.37	0.17	1629	3.04	0.11	1417	2.20	0.17	1764	3.36	0.37	1552
3.19	0.18	1340	4.44	0.18	1668	3.33	0.12	1513	2.48	0.18	1764	3.60	0.40	1610
3.38	0.25	1398	4.90	0.19	1687	3.30	0.12	1533	2.70	0.22	1822	3.72	0.43	1649
3.63	0.30	1417	5.06	0.24	1745	3.40	0.12	1610	2.93	0.25	1687	4.08	0.50	1649
3.89	0.35	1475	5.50	0.28	1822	3.29	0.12	1687	3.15	0.28	1707	4.24	0.53	1668
4.14	0.40	1475	5.68	0.31	1880	3.30	0.13	1822	3.37	0.31	1784	4.40	0.56	1726
4.39	0.45	1475	5.68	0.34	1958	3.56	0.13	1668	3.59	0.34	1822	4.60	0.59	1784
4.64	0.50	1494	5.84	0.38	1996	3.72	0.14	1861	3.81	0.38	1822	4.76	0.62	1842
4.90	0.55	1533	6.08	0.41	2112	3.64	0.14	1919	4.04	0.41	1764	4.92	0.65	1958
5.15	0.60	1571	6.60	0.45	2189	3.84	0.14	1764	4.26	0.44	1784	5.08	0.68	2073
5.40	0.65	1629	6.61	0.48	2228	3.64	0.31	1822	4.48	0.47	1958	5.24	0.71	2170
5.65	0.71	1687				3.64	0.33	2035						
	0.76	1784				3.66	0.33	2035						
	0.81	1861				3.70	0.34	2073						



	1.13	2035				3.78	0.35	1996				
	1.20	1668										
	1.26	1764										
	1.32	1764										
	1.39	1861										

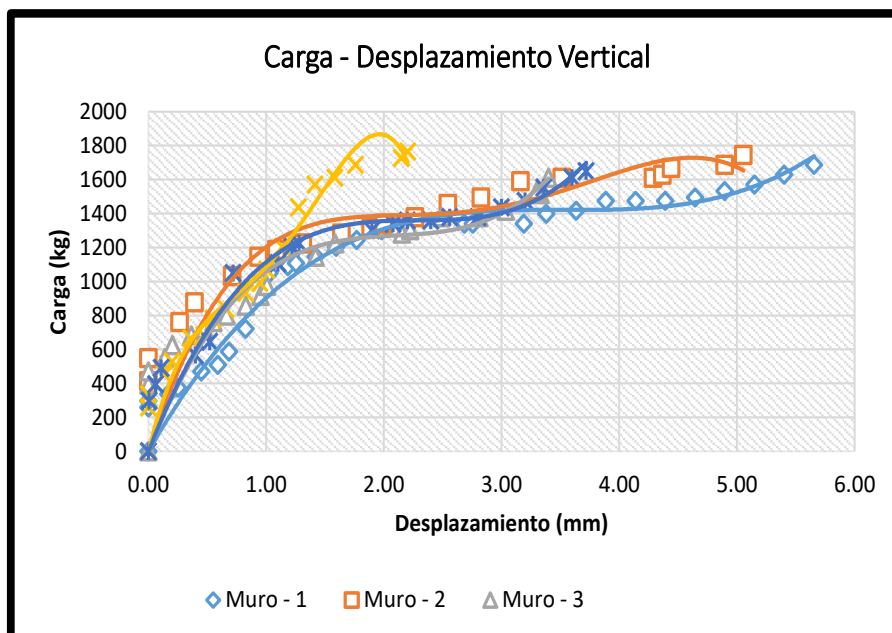


Figura 26 — Carga vs Desplazamiento vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8cm de abertura

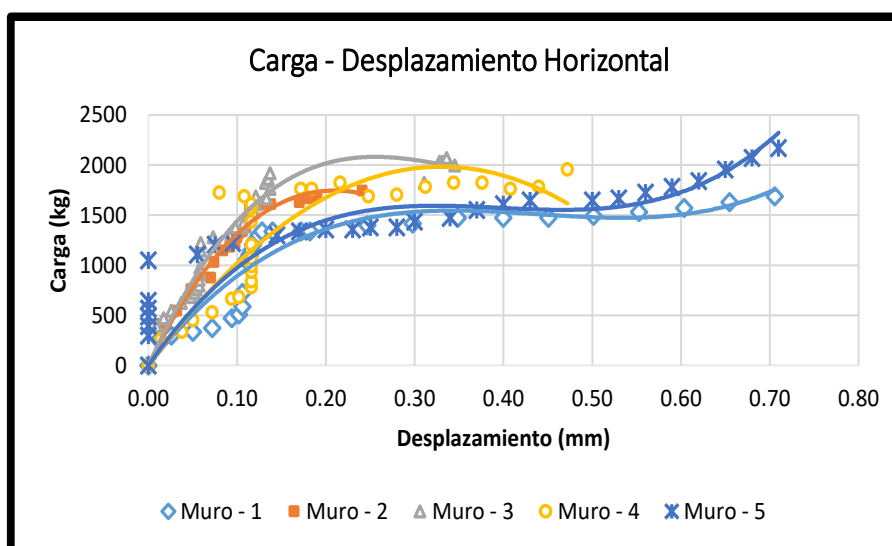


Figura 27 — Carga vs Desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8cm de abertura



Tabla 23 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8cm de abertura

N° Muestra	Área (cm ²)	Def.	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)
					P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Muretes reforzados con mallas de 8cm de abertura												
M-1	1009.47	v	807	2035	407	1221	0.473	1.479	0.806	0.001247	0.001406	573.43
		h	639				0.059	0.161		0.00016		
M-2	1052.49	v	817	2228	445.6	1336.8	0.237	1.207	0.847	0.001187	0.001306	648.22
		h	647				0.026	0.103		0.000119		
M-3	980.07	v	802	2073	414.6	1243.8	0.271	1.469	0.846	0.001494	0.001274	664.19
		h	632				0.22	0.081		-0.00022		
M-4	1020.38	v	812	1958	391.6	1174.8	0.173	1.013	0.768	0.001034	0.001166	658.13
		h	645				0.034	0.119		0.000132		
M-5	1056.38	v	822	2170	434	1302	0.276	1.101	0.822	0.001004	0.001191	690.04
		h	652				0.037	0.159		0.000187		

- **Ensayo a tracción**

El ensayo de tracción de la malla de adobe se llevará a cabo conforme a la Norma INV E-901-07, que establece el método para determinar la carga de rotura y la elongación de geotextiles (método GRAB). Este procedimiento consiste en disponer un espécimen sin aplicar tensión previa, con el fin de evaluar su resistencia a la tracción (Instituto Nacional de Vías, 2020).

- **Pre-diseño de la malla de PET**

La malla propuesta se diseñará para actuar como un refuerzo de material natural tejido, envolviendo completamente los muros de adobe. El objetivo es proporcionar resistencia mediante el confinamiento y la rigidez que esta malla ofrece a las paredes de las viviendas. Para determinar sus propiedades mecánicas y físicas, la malla será sometida a ensayos de tracción (Marais, S., Roudesli, S., & Lixon, C., 2021).

Detalle de los prototipos de las cuerdas de PET Reciclado



Se han desarrollado 10 prototipos de cuerdas de fibra de PET Reciclado con un diámetro de 0.8 cm, destinados a la fabricación de mallas con aberturas espaciadas a intervalos de 5 cm y 10 cm. A continuación, se presentan las características de estos prototipos.

Prueba experimental para cuerda de fibras de PET Reciclado según norma ASTM D 6637.

En este ensayo, se someten a tracción cuerdas de PET Reciclado adaptadas a fracciones de redes de geomallas, respetando las longitudes mínimas y la cantidad de especímenes necesarios. El objetivo es obtener los valores de fuerzas máximas de rotura y las extensiones finales para determinar la resistencia a tracción. Dado que no existen estándares específicos para los ensayos de tracción del PET Reciclado, se aplicó la metodología de la norma ASTM D 6637, "Método de prueba estándar para determinar las propiedades de tracción de las geomallas mediante el método de una o varias redes".

- **Características de las muestras a ensayar**

Las cuerdas de fibra de PET Reciclado a ensayar tienen una longitud de 15 cm y un diámetro de 8 mm; cada cuerda está conformada por aproximadamente 40 hilos de fibras de PET, la cantidad de especímenes a ensayar fueron 10 cuerdas, con el fin de desprestigiar cualquier valor atípico.

Tabla 24 — Propiedades físicas de los ensayos

N.º de pruebas	Masa (gramos)	Longitud inicial (cm)	Diámetro inicial (cm)	Área (cm ²)
1	5.8	15.6	0.81	0.52
2	6.3	15.2	0.82	0.53
3	5.2	15.3	0.81	0.52
4	6.8	15.4	0.81	0.52
5	6.4	15.3	0.83	0.54
6	6.2	15.1	0.81	0.52
7	7.1	15.3	0.83	0.54
8	6.6	15	0.82	0.53
9	6.5	15.1	0.82	0.53
10	6.7	15.4	0.81	0.52

FUENTE: Elaboración propia.



De acuerdo con las pruebas de laboratorio, los resultados obtenidos sobre la resistencia de los prototipos se presentan en la tabla N° 43. Dado que el propósito de esta investigación es determinar el efecto de la malla de fibra de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe, y considerando que esta malla está entrelazada de forma biaxial, se calcularon los valores promedio de las cargas máximas. Este procedimiento permitió estimar la resistencia última de la malla, tomando en cuenta el patrón de repetición de las cuerdas longitudinales que abarcan todo su ancho.

Tabla 25 — Propiedades mecánicas de los ensayos

N° de espécimen	Longitud inicial (cm)	Diámetro inicial (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Extensión (mm)	Longitud final (cm)
1	15.6	0.81	0.52	50.12	120.00	27.00
2	15.2	0.82	0.53	55.32	130.00	28.00
3	15.3	0.81	0.52	48.75	110.00	26.50
4	15.4	0.81	0.52	52.89	125.00	27.80
5	15.3	0.83	0.54	49.62	115.00	26.90
6	15.1	0.81	0.52	53.41	128.00	27.90
7	15.3	0.83	0.54	54.76	132.00	28.25
8	15	0.82	0.53	47.98	108.00	26.30
9	15.1	0.82	0.53	51.24	122.00	27.50
10	15.4	0.81	0.52	56.12	135.00	28.30

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 26 — Tabla de resistencia a tracción

N° de espécimen	Longitud inicial (cm)	Diámetro inicial (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (N)	Resistencia a la tracción (Pa)	Resistencia a la tracción (kN/m ²)
1	15.6	0.81	0.52	50.12	491.51	9461.73	9.46
2	15.2	0.82	0.53	55.32	542.13	10229.92	10.23
3	15.3	0.81	0.52	48.75	477.84	9197.66	9.20
4	15.4	0.81	0.52	52.89	518.25	9966.35	9.97
5	15.6	0.83	0.54	49.62	486.12	9002.22	9.00
6	15.1	0.82	0.53	53.41	523.78	9883.47	9.88
7	15.3	0.83	0.54	54.76	536.76	9940	9.94
8	15.4	0.82	0.53	47.98	470.31	8875.68	8.88
9	15.1	0.82	0.53	51.24	502.58	9482.64	9.48
10	15.4	0.81	0.52	56.12	550.21	10580.98	10.58

FUENTE: Elaboración propia.



En la figura 27 se muestra la curva de deformación correspondiente a los especímenes a partir del ensayo realizado en los 11 especímenes, se determinó que la carga máxima promedio que pueden soportar las fibras de PET Reciclado, cuando se utilizan como cuerdas hasta su rotura, es de 56.12 kgf. Para estimar la resistencia a la tracción de estos especímenes cuando funcionan como mallas biaxiales, es necesario analizar los datos obtenidos de la curva de desplazamiento-carga para cada uno de los especímenes evaluados.

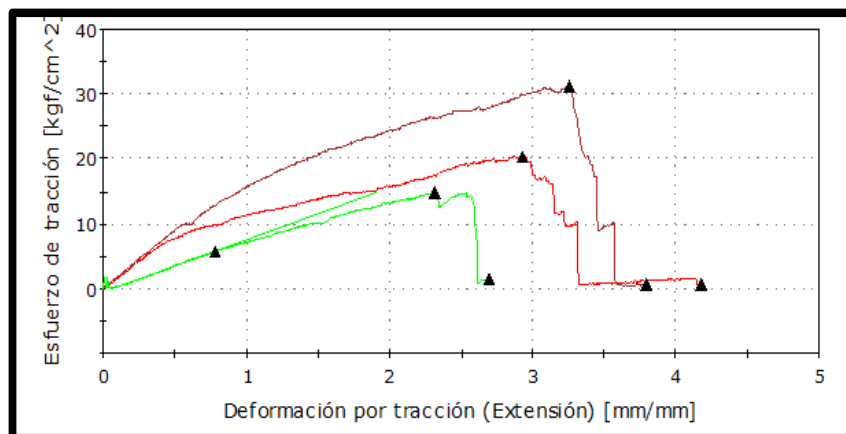


Figura 28 — Gráfica de esfuerzo - Deformación de las cuerdas elaboradas con fibras de PET reciclado

5.1.2 Resultados de las pruebas de ensayo

5.1.2.1 Resultados de las pruebas de ensayo de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe

Se ha llevado a cabo un estudio con 15 muestras divididos en tres grupos a fin de comparar la resistencia a compresión axial de pilas de adobe.

Tabla 27 — Resultados descriptivos de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe

Tratamientos	N	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
Pilas de adobe patrón	5	8,2840	,16543	7,8247	8,7433
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	5	9,2460	,17455	8,7614	9,7306

Pilas de adobe con mallas de 8cm	5	8,6080	,12138	8,2710	8,9450
Total	15	8,7127	,13535	8,4224	9,0030
NOTA					
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.					

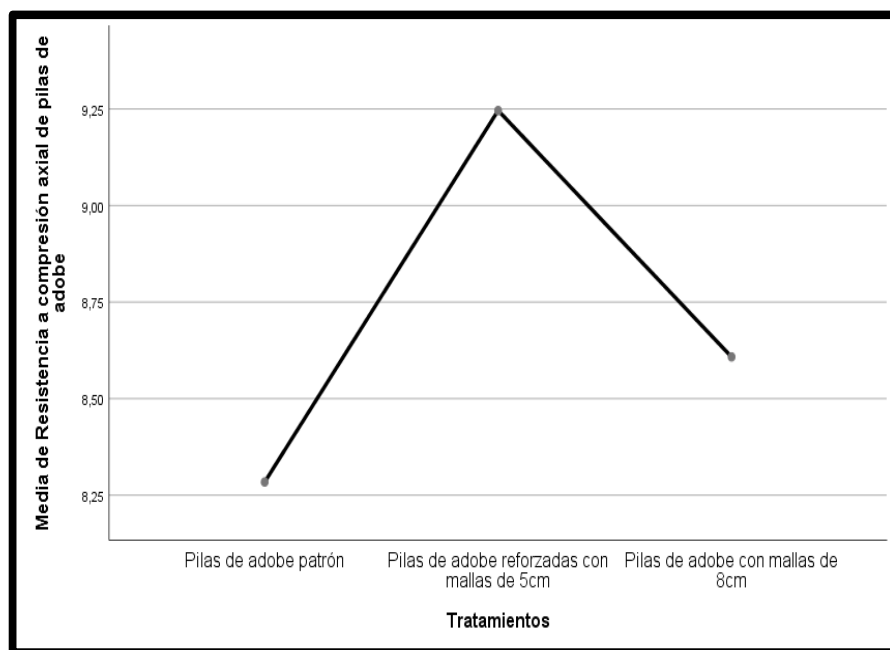
La tabla evidenció un análisis estadístico descriptivo, relacionado con un experimento comparativo entre diferentes tratamientos aplicados a **pilas de adobe**, evalúa tres tipos de pilas de adobe: patrón, reforzadas con mallas de 5 cm y reforzadas con mallas de 8 cm. Se analizaron cinco muestras por cada tratamiento, calculando medidas de tendencia central y dispersión, así como los intervalos de confianza al 95%. Estos intervalos permiten estimar el rango dentro del cual se espera que se encuentre la media verdadera para cada tratamiento, proporcionando una visión estadísticamente robusta de los resultados obtenidos.

Las pilas reforzadas con **mallas de 5 cm** mostraron el mejor desempeño, con una media de **9,2460** y un intervalo de confianza al 95% que varía entre **8,7614** y **9,7306**. Esto sugiere que su efectividad es significativamente superior. Por otro lado, las pilas **patrón** presentaron el desempeño más bajo, con una media de **8,2840** y un intervalo de confianza de **7,8247 a 8,7433**, indicando que el refuerzo mejora notablemente las propiedades evaluadas. Las pilas reforzadas con **mallas de 8 cm** tuvieron un desempeño intermedio, con una media de **8,6080** y un intervalo de confianza de **8,2710 a 8,9450**.

El análisis del error estándar revela que las pilas con mallas de 8 cm tienen la mayor consistencia, con un error estándar de **0,12138**, lo que se refleja en su intervalo de confianza más estrecho (**8,2710 a 8,9450**). En contraste, las pilas con mallas de 5 cm presentan mayor variabilidad, con un error estándar de **0,17455** y un intervalo más amplio (**8,7614 a 9,7306**). Esto podría deberse a diferencias en la fabricación o aplicación del refuerzo. Las pilas patrón, con un error estándar de **0,16543**, tienen una precisión moderada, pero su bajo desempeño promedio las hace menos competitivas.



Los intervalos de confianza permiten inferir que el refuerzo con mallas de 5 cm es el tratamiento más efectivo, aunque las pilas con mallas de 8 cm ofrecen un desempeño más predecible y consistente. Estos resultados indican que, mientras el refuerzo mejora el comportamiento de las pilas, la elección entre mallas de 5 cm y 8 cm dependerá de si se prioriza un mayor desempeño promedio o una menor variabilidad.



NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

Figura 29 — Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas de adobe con diferentes tipos de refuerzo

Esta figura representa la **media de resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe** en función de los tres tratamientos evaluados: pilas de adobe patrón, pilas reforzadas con mallas de 5 cm y pilas reforzadas con mallas de 8 cm. La gráfica utiliza un eje horizontal (x) para mostrar los tratamientos y un eje vertical (y) para indicar la resistencia promedio en unidades de medida correspondientes.

- **Pilas de adobe patrón**

Las pilas de adobe patrón presentaron la **menor resistencia promedio**, con un valor cercano a **8,25**. Esto indica que, sin refuerzo, las pilas de adobe



tienen una capacidad limitada para soportar compresión axial, lo que sugiere que este tratamiento es el menos efectivo en términos de resistencia.

- **Pilas reforzadas con mallas de 5 cm**

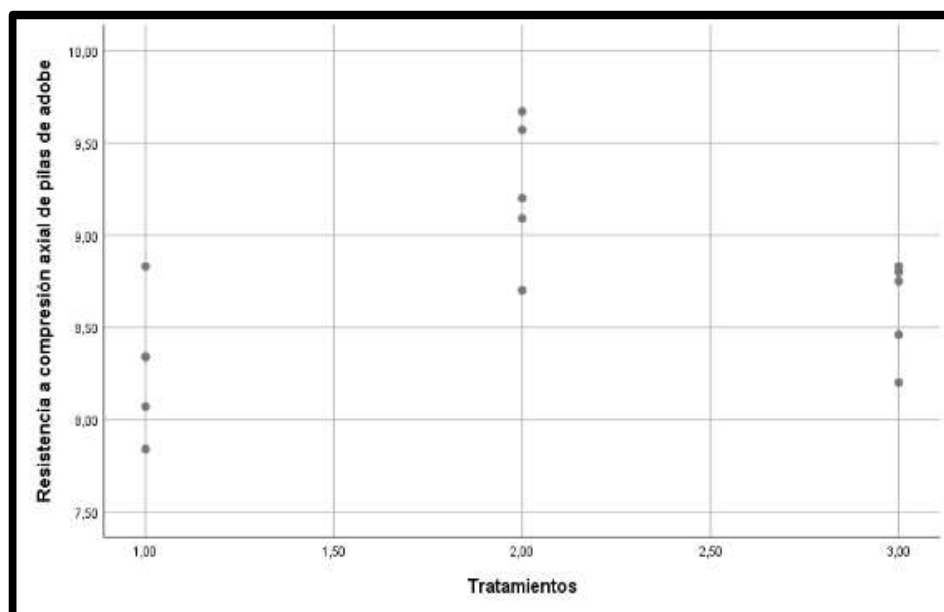
Las pilas reforzadas con mallas de 5 cm mostraron un incremento significativo en la resistencia promedio, alcanzando un valor cercano a **9,25**, el más alto entre los tratamientos. Este resultado refleja que las mallas más densas proporcionaron un refuerzo considerable, mejorando la capacidad de las pilas de adobe para soportar compresión axial.

- **Pilas reforzadas con mallas de 8 cm**

Aunque las pilas reforzadas con mallas de 8 cm tuvieron una resistencia promedio mayor que las pilas patrón (aproximadamente **8,60**), su desempeño fue inferior al de las pilas con mallas de 5 cm. Esto indica que, aunque el refuerzo con mallas más espaciadas tuvo un efecto positivo, su impacto fue menor que el de las mallas de 5 cm.

La figura muestra un aumento marcado en la resistencia promedio desde las pilas patrón hasta las pilas con mallas de 5 cm, seguido de una disminución al pasar a las pilas con mallas de 8 cm. Este comportamiento confirma que el tipo y densidad del refuerzo influyen significativamente en la resistencia del adobe.

La figura destaca la eficacia del refuerzo con mallas, especialmente las de 5 cm, para mejorar la resistencia a la compresión axial. Las diferencias observadas sugieren que el diseño del refuerzo es un factor determinante para optimizar el rendimiento estructural del adobe.



NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

Figura 30 — Dispersión de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe según tratamientos dispersión de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe según tratamientos

La figura presenta una **dispersión de los valores de resistencia a compresión axial de las pilas de adobe** para cada uno de los tres tratamientos evaluados. En el eje X se muestran los tratamientos (1: pilas de adobe patrón, 2: pilas de adobe reforzadas con mallas de 5 cm, 3: pilas de adobe con mallas de 8 cm), mientras que en el eje Y se visualizan las resistencias medidas en cada grupo. Los puntos dispersos reflejan las mediciones individuales de resistencia en cada grupo. Se observa que los valores del **tratamiento 2 (mallas de 5 cm)** tienden a ser más altos y presentan menor dispersión, lo que concuerda con los análisis previos, donde este tratamiento mostró la mayor resistencia media y diferencias significativas en comparación con el tratamiento 1 (pila patrón).

Los tratamientos 1 y 3 presentan valores más cercanos entre sí, con mayor dispersión, lo que explica que no hayan mostrado diferencias estadísticamente significativas entre ellos en pruebas como HSD de Tukey.



Tabla 28 — Influencia de los tratamientos en la resistencia a compresión axial según un modelo lineal general univariado

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Resistencia a compresión axial de pilas de					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	adobe gl	Media cuadrática	F	p-valor
Modelo corregido	2,396 ^a	2	1,198	9,905	,003
Intersección	1138,658	1	1138,658	9414,809	,000
Tratamientos	2,396	2	1,198	9,905	,003
Error	1,451	12	,121		
Total	1142,50	15			
Total, corregido	3,847	14			
a. R al cuadrado = 0,623 (R al cuadrado ajustada = 0 ,560)					
NOTA					
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.					

El **modelo lineal general univariado** mostró que los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la **resistencia a compresión axial de las pilas de adobe** ($F=9.905$, $p=0.003$). Esto indica que las diferencias observadas entre los tres tipos de tratamientos fueron estadísticamente significativas. Además, el modelo explicó el **62.3% de la variabilidad total** en la resistencia ($R^2 = 0.623$), confirmando que los tratamientos representan un factor importante en la variabilidad de los resultados.

El análisis también destacó que la variabilidad residual, atribuida al error, fue relativamente baja, con una media cuadrática de 0.121. Esto refuerza la calidad del ajuste del modelo y la validez de las conclusiones.

5.1.2.2 Resultado de las pruebas de ensayo de la resistencia diagonal de muretes

Se ha llevado a cabo un estudio con 15 muestras divididos en tres grupos a fin de comparar la resistencia a compresión axial de pilas de adobe.

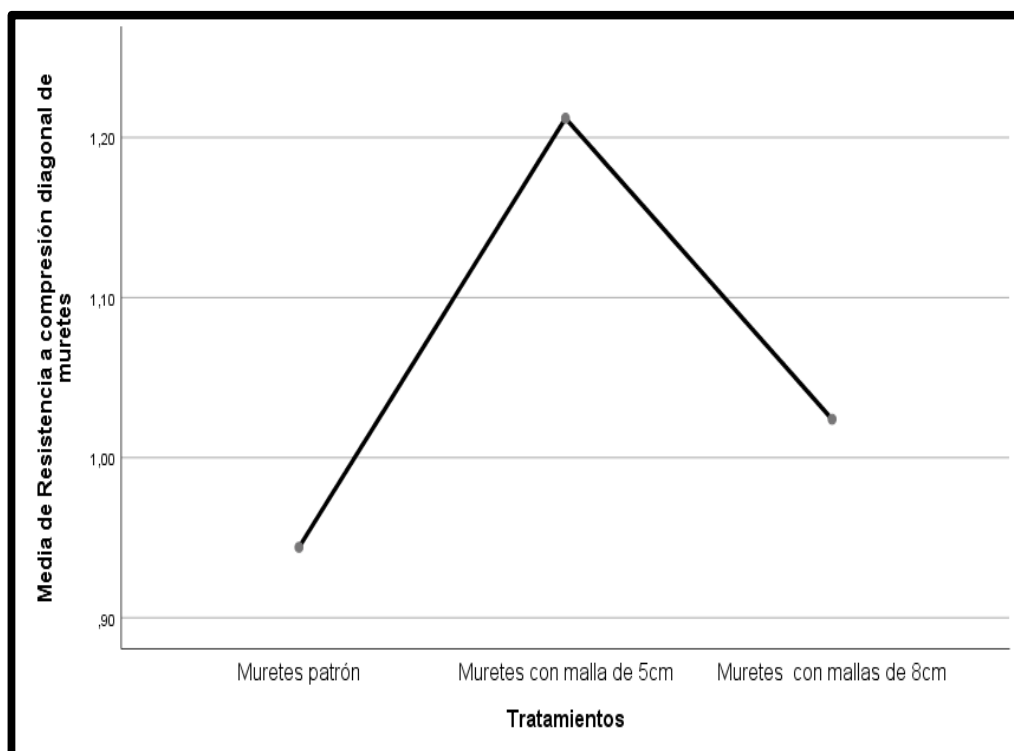
Tabla 29 — Resultados descriptivos de la resistencia a compresión diagonal de muretes

Tratamientos	N	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
Muretes patrón	5	,9440	,02400	,8774	1,0106
Muretes con mallas de 5cm	5	1,2120	,02956	1,1299	1,2941
Muretes con mallas de 8cm	5	1,0240	,01860	,9724	1,0756
Total	15	1,0600	,03275	,9898	1,1302
NOTA					
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.					

El análisis de la resistencia a compresión diagonal de los muretes mostró que los **muretes reforzados con mallas de 5 cm** tuvieron el mejor desempeño ($M=1.2120M = 1.2120M=1.2120$), con un intervalo de confianza al 95% entre 1.12991.12991.1299 y 1.29411.29411.2941, evidenciando un efecto positivo del refuerzo. Por su parte, los **muretes patrón**, sin refuerzos, presentaron la menor resistencia promedio ($M=0.9440M = 0.9440M=0.9440$), con un intervalo de confianza entre 0.87740.87740.8774 y 1.01061.01061.0106, lo que indica que estos fueron menos resistentes en comparación con los grupos reforzados. Los **muretes con mallas de 8 cm** mostraron un rendimiento intermedio ($M=1.0240M = 1.0240M=1.0240$), con un intervalo de confianza de 0.97240.97240.9724 a 1.07561.07561.0756, destacando que el tamaño de las mallas influyó en los resultados.

En general, la media global de resistencia fue de $M=1.0600M = 1.0600M=1.0600$ con un intervalo de confianza entre 0.9898 y 1.1302. Esto sugiere que los

tratamientos reforzados mejoraron significativamente la resistencia a compresión diagonal en comparación con los muretes patrón, siendo las mallas de 5 cm las más efectivas. Estos resultados apoyan la hipótesis de que los refuerzos estructurales aumentaron el desempeño mecánico de los muretes, con variaciones atribuidas al tipo de tratamiento utilizado.



NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados

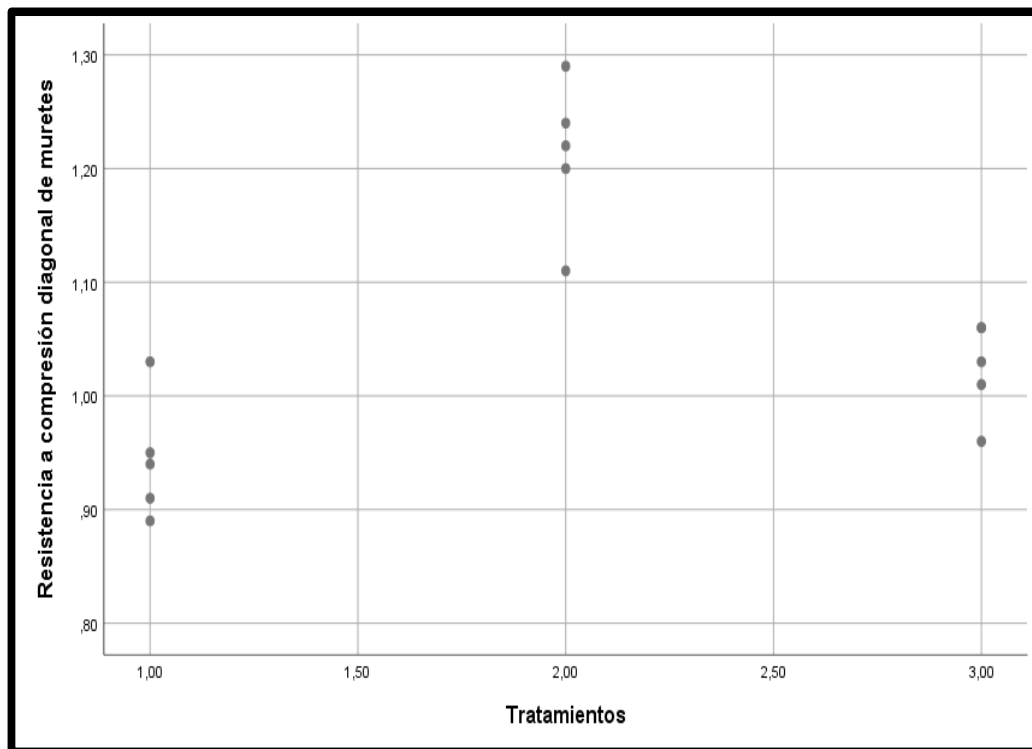
Figura 31 — Comparación de la resistencia a la compresión diagonal de muretes con diferentes tipos de refuerzo

La figura muestra la **media de resistencia a la compresión diagonal** de los muretes en función de los diferentes tratamientos aplicados: muretes patrón, muretes reforzados con mallas de 5 cm y muretes reforzados con mallas de 8 cm. Los datos revelaron que los muretes con **mallas de 5 cm** alcanzaron la mayor resistencia media, lo que destaca la eficacia de este tipo de refuerzo en comparación con los otros tratamientos.

Por otro lado, los **muretes patrón** mostraron la resistencia más baja, mientras que los muretes con **mallas de 8 cm** presentaron valores intermedios, aunque sin



diferencias significativas con los muretes patrón. Este comportamiento sugiere que el diseño y el tamaño del refuerzo (como el espaciamiento de las mallas) impactaron de manera considerable en la resistencia estructural de los muretes.



NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

Figura 32 — Dispersión de la resistencia a compresión diagonal de muretes según tratamientos

La figura presenta un diagrama de dispersión que muestra la **resistencia a la compresión diagonal de los muretes** para cada tratamiento: **muretes patrón (1)**, **muretes con mallas de 5 cm (2)** y **muretes con mallas de 8 cm (3)**. Se observa que los valores están más concentrados en el caso de los muretes reforzados con mallas, particularmente en los de 5 cm, lo que indica menor variabilidad en este grupo. Esto refuerza la idea de que este tipo de refuerzo no solo mejora la resistencia, sino que también ofrece mayor consistencia en el desempeño estructural.

Por otro lado, los muretes patrón presentan una dispersión mayor hacia valores más bajos de resistencia, reflejando un desempeño menos confiable en comparación con los muretes reforzados. Los muretes con mallas de 8 cm muestran una dispersión



intermedia, con valores que tienden a superponerse en cierta medida con los del grupo patrón, sugiriendo que este refuerzo tiene un efecto menos significativo en la mejora de la resistencia en comparación con las mallas de 5 cm.

Tabla 30 — Influencia de los tratamientos en la resistencia a compresión diagonal según un modelo lineal general univariado

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Resistencia a compresión diagonal de muretes					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Modelo corregido	,189 ^a	2	,095	31,617	,000
Intersección	16,854	1	16,854	5630,512	,000
Tratamientos1	,189	2	,095	31,617	,000
Error	,036	12	,003		
Total	17,079	15			
Total, corregido	,225	14			
a. R al cuadrado = ,840 (R al cuadrado ajustada = ,814)					
NOTA					
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.					

En el análisis de la **resistencia a compresión diagonal de muretes** a través de un modelo lineal general univariado, los resultados de las **pruebas de efectos inter-sujetos** muestran que la variable dependiente se ve significativamente influenciada por los tratamientos aplicados. La **suma de cuadrados corregida** para los tratamientos es de **0,189**, con un **valor F** de **31,617** y un **p-valor** de **0,000**, lo que indica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tratamientos. Esto sugiere que los tratamientos tienen un impacto considerable en la resistencia a la compresión diagonal de los muretes.



La **intersección** del modelo también es significativa, con una **suma de cuadrados** de **16,854** y un **p-valor** de **0,000**, lo que confirma que el modelo es adecuado y que los datos no son aleatorios. El **valor R cuadrado** ajustado de **0,814** indica que aproximadamente el **81,4%** de la variabilidad en la resistencia a la compresión diagonal de muretes puede ser explicada por los tratamientos aplicados. Esto refleja un ajuste bastante bueno del modelo, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos.

5.2 Contrastación de hipótesis

Procediendo a la contrastación de hipótesis con los resultados obtenidos; a continuación, se muestra la prueba de hipótesis realizada.

5.2.1 Pruebas de normalidad y homogeneidad

Para determinar si las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas, se realizó el análisis inferencial a través de la prueba ANOVA. Previamente, se desarrollaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza, requisitos fundamentales para la aplicación de análisis paramétricos.

5.2.1.1 Prueba de normalidad y homogeneidad de la prueba de ensayo a la resistencia de compresión axial de pilas de adobe

Tabla 31 — Prueba de normalidad en cada uno de los grupos de compresión axial de adobe

Compresión axial	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a compresión axial de pilas de adobe	Pilas de adobe patrón	,955	5	,776
	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	,949	5	,732
	Pilas de adobe con mallas de 8cm	,851	5	,198



NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk permitió evaluar si los datos de resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe (patrón, reforzadas con mallas de 5 cm y reforzadas con mallas de 8 cm) se ajustan a una distribución normal. Este supuesto es clave para realizar pruebas paramétricas, como **ANOVA** o **t de Student**, que requieren datos normalmente distribuidos. Los resultados de la prueba incluyen el estadístico de **Shapiro-Wilk**, los grados de libertad (**gl** = número de muestras) y el **p-valor** asociado.

Las pilas de adobe patrón presentaron un estadístico de Shapiro-Wilk de **0,955** y un **p-valor** de **0,776**. Como el p-valor es **mayor a 0,05**, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de este tratamiento son consistentes con una distribución normal, lo que sugiere que las mediciones tienen una variación esperada dentro de los límites normales para este tipo de pilas.

En el caso de las pilas reforzadas con **mallas de 5 cm**, el estadístico de Shapiro-Wilk es **0,949** y el p-valor es **0,732**. Al igual que el tratamiento anterior, el p-valor superior a 0,05 indicaron que los datos se distribuyen normalmente. Esto reforzó la idea de que las mediciones de resistencia a la compresión en este tratamiento son confiables y están dentro de un comportamiento normal esperado.

Las pilas reforzadas con **mallas de 8 cm** tuvieron un estadístico de Shapiro-Wilk de **0,851** y un p-valor de **0,198**. Aunque el estadístico es menor que en los otros tratamientos, el p-valor siguió siendo **mayor a 0,05**. Esto significó que tampoco se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Aunque la consistencia podría ser menor en comparación con los otros tratamientos, los datos siguieron ajustándose a una distribución normal.



Para los **tres tratamientos**, los p-valores que se obtuvieron fueron mayores a 0,05, lo que indicaron que no hay evidencia suficiente para rechazar la normalidad de los datos. Esto permitió continuar con análisis estadísticos paramétricos que asumen normalidad, como un ANOVA para comparar las medias de resistencia entre los tratamientos.

Tabla 32 — Prueba de homogeneidad de varianzas compresión axial de adobe

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl 1	gl2	p-valor
Resistencia a compresión axial de pilas de adobe	Se basa en la media	,216	2	12	,809
	Se basa en la mediana	,215	2	12	,810
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,215	2	11,898	,810
	Se basa en la media recortada	,237	2	12	,793
NOTA					
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.					

La prueba de Levene se utilizó para evaluar si las varianzas de los diferentes grupos (en este caso, los tratamientos de pilas de adobe: patrón, reforzadas con mallas de 5 cm y mallas de 8 cm) son homogéneas. La homogeneidad de varianzas es un supuesto fundamental para análisis estadísticos paramétricos como el ANOVA. Si el p-valor es mayor a 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, que establece que las varianzas son iguales entre los grupos.

La prueba de Levene basada en la media tuvo un estadístico de **0,216**, con grados de libertad $gl_1 = 2$ y $gl_2 = 12$, y un p-valor de **0,809**. Como el p-valor es mucho mayor que 0,05, no se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas.



Esto sugiere que las varianzas de los tres tratamientos son similares cuando se considera la media como base del cálculo.

Cuando se utilizó la mediana como base, el estadístico de Levene es **0,215**, con un p-valor de **0,810**, que también es mayor a 0,05. Esto reforzó la conclusión de que las varianzas entre los tratamientos son homogéneas. Incluso al aplicar ajustes en los grados de libertad (gl ajustados), el resultado permanece consistente (p-valor = **0,810**), lo que demostró robustez en la conclusión sobre la homogeneidad.

La prueba basada en la media recortada, que puede ser útil para reducir el impacto de valores atípicos, arroja un estadístico de **0,237** con un p-valor de **0,793**. Este resultado, al igual que los anteriores, indica que no hay diferencias significativas en las varianzas de los grupos. En conjunto, los resultados de todas las variantes de la prueba de Levene respaldan la homogeneidad de varianzas entre los tratamientos evaluados.

La homogeneidad de varianzas es un requisito crítico para análisis como el ANOVA, y los resultados de la prueba de Levene confirmaron que este supuesto se cumplió para los datos de resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe. Independientemente de la métrica utilizada (media, mediana o media recortada), los p-valores obtenidos son todos significativamente mayores a 0,05, lo que respalda la validez de las varianzas homogéneas. Por lo tanto, es posible proceder con análisis inferenciales paramétricos con la confianza de que los supuestos estadísticos fundamentales están satisfechos.

5.2.1.2 Prueba de normalidad y homogeneidad de la prueba de ensayo a la resistencia diagonal de muretes

Para determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se realizó el análisis inferencial, a través de la prueba ANOVA previa demostración de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza que se detalla a continuación:



Tabla 33 — Prueba de normalidad en cada uno de los grupos de compresión diagonal de muretes

Compresión axial	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico p-valor	gl	
Resistencia a compresión diagonal de muretes	Murete patrón	,916	5	,502
	Muretes con malla de 5cm	,956	5	,782
	Muretes con mallas de 8cm	,891	5	,363
NOTA				
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.				

El análisis de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk aplicado a los datos de resistencia a compresión diagonal de los muretes indicó que los tres grupos evaluados siguieron una distribución normal. En el caso de los **muretes patrón**, el estadístico de Shapiro-Wilk fue 0.916 con un $p=0.502$, mientras que, para los **muretes reforzados con mallas de 5 cm**, el estadístico fue 0.956 con un $p=0.782$. Por su parte, los **muretes con mallas de 8 cm** tuvieron un estadístico de 0.891 y un $p=0.363$. En todos los casos, los valores de p-valor fueron mayores a 0.05, lo que llevó a no rechazar la hipótesis nula de normalidad.

Estos resultados confirmaron que los datos de cada grupo estaban distribuidos normalmente, cumpliendo así uno de los supuestos fundamentales para aplicar análisis estadísticos paramétricos, como el ANOVA, utilizado en este experimento. Este hallazgo refuerza la validez de los análisis y conclusiones derivados de las pruebas de resistencia a compresión diagonal.

Tabla 34 — Prueba de homogeneidad de varianzas compresión diagonal de muretes

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p-valor
Se basa en la media	,228	2	12	,800

Resistencia a compresión diagonal de muretes	Se basa en la mediana	,187		2	12 ,832
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,187	2	10,147	,832
	Se basa en la media recortada	,223	2	12	,803
NOTA					
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.					

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a los datos de resistencia a compresión diagonal de los muretes indicó que no existieron diferencias significativas en las varianzas entre los tres grupos analizados. Tanto al basarse en la media ($p=0.800$), la mediana ($p=0.832$) y la mediana con grados de libertad ajustados ($p=0.832$), como en la media recortada ($p=0.803$), los valores de p-valor superaron el umbral de significancia de 0.05. Esto llevó a no rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas.

Estos resultados confirmaron que los datos presentaron varianzas homogéneas entre los grupos, lo que validó otro de los supuestos requeridos para realizar análisis estadísticos paramétricos como el ANOVA. Esto garantiza que las diferencias encontradas en las medias de resistencia a compresión diagonal se pueden atribuir al tipo de tratamiento aplicado y no a diferencias en la dispersión de los datos.

5.2.2 Contrastación de hipótesis general

5.2.2.1 Planteamiento de la hipótesis nula y alterna

- **Hipótesis general:** Las geomallas de fibras de PET reciclado influyen en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024.
- **Hipótesis nula (H_0):** Las geomallas de fibras de PET reciclado no influyen significativamente en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio.



$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

donde

μ_1 , μ_2 y μ_3 Representan las medias de resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe patrón, muretes reforzados con mallas de 5 cm, y los muretes reforzados con mallas de 8 cm, respectivamente.

- **Hipótesis alternativa (H_1):** Las geomallas de fibras de PET reciclado influyen significativamente en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio.

H_1 : Al menos dos medias son diferentes.

5.2.2.2 Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

5.2.2.3 Estadístico de prueba: ANOVA

Para contrastar la hipótesis general, se evaluaron los dos parámetros estructurales principales: resistencia a la compresión axial y resistencia a la compresión diagonal.

a) Análisis de la resistencia a la compresión axial

Tabla 35 — Análisis de la varianza (ANOVA) / compresión axial de pilas de adobe

ANOVA					
Resistencia a compresión axial de pilas de adobe					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	2,396	2	1,198	9,905	,003
Dentro de grupos	1,451	12	,121		



	Total	3,847	14		
--	-------	-------	----	--	--

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si existieron diferencias significativas en la influencia de la resistencia a compresión axial entre los tres tipos de pilas de adobe: patrón, reforzadas con mallas de 5 cm y reforzadas con mallas de 8 cm. Este análisis se basó en la comparación de la variabilidad entre los grupos y dentro de los grupos, considerando los valores de suma de cuadrados, grados de libertad (gl), media cuadrática y el estadístico F.

La suma de cuadrados entre los grupos fue de **2,396**, distribuida en **2 grados de libertad**, lo que resultó en una media cuadrática de **1,198**. Por otro lado, la suma de cuadrados dentro de los grupos fue de **1,451**, con **12 grados de libertad**, lo que dio una media cuadrática de **0,121**. La relación entre estas dos fuentes de variabilidad se reflejó en el estadístico F de **9,905**, que mide la magnitud de las diferencias relativas entre los grupos en comparación con la variabilidad interna.

El p-valor obtenido fue de **0,003**, significativamente menor que el nivel de significancia típico de 0,05. Esto indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia a la compresión axial entre al menos dos de los tres tratamientos evaluados. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias, concluyendo que el tipo de pila de adobe influyó en su resistencia.

El resultado del ANOVA sugirió que el refuerzo con mallas, ya sea de 5 cm o de 8 cm, probablemente tuvo un impacto significativo en la resistencia a la compresión axial en comparación con las pilas patrón. Sin embargo, el análisis ANOVA por sí solo no identificó cuáles tratamientos específicos fueron diferentes entre sí. Para determinar esto, ha sido necesario realizar un **análisis post hoc**, como la prueba de Tukey, para comparar las medias de los tratamientos de manera individual.



El análisis ANOVA confirmó que las diferencias en la resistencia a compresión axial entre los tres tipos de pilas de adobe no fueron producto del azar. Este resultado destacó la importancia del uso de refuerzos en las pilas de adobe para mejorar su resistencia. Los hallazgos sugirieron que la elección del refuerzo puede ser un factor clave en el diseño de estructuras más resistentes, y se recomendó complementar este análisis con pruebas adicionales para identificar con precisión las diferencias específicas entre los tratamientos.

b) Análisis de resistencia a la compresión diagonal:

Tabla 36 — Análisis de la varianza (ANOVA) / compresión diagonal de muretes

ANOVA					
Resistencia a compresión diagonal de muretes					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	,189	2	,095	31,617	,000
Dentro de grupos	,036	12	,003		
Total	,225	14			

NOTA
 Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la resistencia a compresión diagonal de los muretes mostró diferencias significativas entre los tres grupos evaluados ($p < 0.001$). La suma de cuadrados entre grupos fue 0.189, con una media cuadrática de 0.095, mientras que la suma de cuadrados dentro de los grupos fue 0.036, con una media cuadrática de 0.003. El estadístico $F=31.617$ confirmó que las diferencias observadas entre las medias no fueron atribuibles al azar.



Estos resultados indicaron que el tipo de tratamiento aplicado a los muretes (patrón, con mallas de 5 cm o de 8 cm) tuvo un impacto significativo en la resistencia a compresión diagonal. Esto evidencia que las modificaciones en el diseño de los muretes influyeron de manera consistente en su capacidad para resistir esfuerzos de compresión diagonal.

5.2.2.4 Decisión sobre la hipótesis general

Los análisis realizados mediante ANOVA confirmaron que las geomallas de PET reciclado mejoran significativamente los parámetros de resistencia evaluados:

- **Resistencia a la compresión axial:** El valor p obtenido fue 0.003, menor al nivel de significancia de 0.05. Esto indica que existen diferencias significativas en la resistencia a compresión axial entre al menos dos de los tratamientos evaluados.
- **Resistencia a la compresión diagonal:** El valor p obtenido fue 0.000, menor al nivel de significancia de 0.05. Esto confirma que existen diferencias significativas en la resistencia a compresión diagonal entre al menos dos de los tratamientos evaluados.

Por lo tanto, para ambos parámetros estructurales (axial y diagonal), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), lo que significa que **las geomallas de fibras de PET reciclado influyen significativamente en el reforzamiento de los muros de adobe**, validando la hipótesis general del proyecto.

Las mallas de 5 cm se destacan como el refuerzo más efectivo, con un incremento significativo en la resistencia a la compresión en comparación con los muros patrón y los reforzados con mallas de 8 cm. Estas mejoras son consistentes en los parámetros de resistencia evaluados, consolidando a las mallas de 5 cm como el tratamiento más efectivo para mejorar la resistencia mecánica de los muros de adobe tradicionales.



5.2.4 Contratación de hipótesis específica 1:

- **Objetivo específico 1:** Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.
- **Hipótesis específica 1:** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, influyen en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac – 2024.

5.2.4.1 Planteamiento de hipótesis nula y alterna

- **Hipótesis nula (H_0):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, no influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

donde

μ_1	Media de resistencia a compresión axial de pilas de adobe patrón
μ_2	Media de resistencia a compresión axial de pilas reforzadas con mallas de 5 cm

- **Hipótesis alternativa (H_1):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, si influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

5.2.4.2 Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

5.2.4.3 Estadístico de prueba: post hoc- HSD Tukey



Tabla 37 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión axial de pilas de adobe						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Pilas de adobe patrón	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	-,96200*	,21995	,002	-1,5488	-,3752
	Pilas de adobe con mallas de 8cm	-,32400	,21995	,337	-,9108	,2628
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	Pilas de adobe patrón	,96200*	,21995	,002	,3752	1,5488
	Pilas de adobe con mallas de 8cm	,63800*	,21995	,033	,0512	1,2248
Pilas de adobe con mallas de 8cm	Pilas de adobe patrón	,32400	,21995	,337	-,2628	,9108
	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	-,63800*	,21995	,033	-1,2248	-,0512

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

Tabla 38 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe

adobe Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión axial de pilas de adobe						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Pilas de adobe patrón	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	-,96200*	,21995	,002	-1,5488	-,3752
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	Pilas de adobe patrón	,96200*	,21995	,002	,3752	1,5488

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.



Se realizaron comparaciones múltiples con la prueba post hoc **HSD de Tukey** para identificar específicamente entre qué tratamientos existieron diferencias significativas en la influencia de la resistencia a compresión axial de las pilas de adobe. Esta prueba permitió comparar las medias de los tres tratamientos (patrón, reforzadas con mallas de 5 cm) y establecer intervalos de confianza al 95% para las diferencias observadas. Las diferencias consideradas significativas tienen un p-valor menor a 0,05 y están marcadas con un asterisco (*).

- **Análisis de la comparación:**

La resistencia de las pilas de adobe patrón fue significativamente menor que la de las pilas reforzadas con mallas de 5 cm, con una diferencia de medias de -0,96200 ($p = 0,002$). El intervalo de confianza al 95% para esta diferencia fue de -1,5488 a -0,3752, lo que confirmó la superioridad del refuerzo con mallas de 5 cm. Este resultado demuestra que el refuerzo con geomallas de PET de 5 cm incrementa significativamente la resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe.

Tabla 39 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión axial

Sub conjuntos homogéneos			
Resistencia a compresión axial de pilas de adobe			
HSD Tukey ^a			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pilas de adobe patrón	5	8,2840	
Pilas de adobe con mallas de 8cm	5	8,6080	
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	5		9,2460
p-valor		,337	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.			
NOTA			
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.			



Se realizó una agrupación de medias mediante la prueba HSD de Tukey para identificar subconjuntos homogéneos entre los tratamientos evaluados. Este análisis agrupó tratamientos con medias de resistencia a compresión axial que no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, con un nivel de significancia de 0,05. Los tratamientos se dividieron en subconjuntos, permitiendo visualizar similitudes en el rendimiento de las pilas de adobe.

- **Subconjunto 2: Pilas reforzadas con mallas de 5 cm**

Las pilas reforzadas con mallas de 5 cm formaron un subconjunto independiente, con una media significativamente mayor de **9,2460**. Este tratamiento no se agrupó con los otros debido a que presentó diferencias significativas en comparación con el subconjunto 1, lo que reflejó una mejora sustancial en la resistencia a compresión axial gracias al uso de mallas más densas.

El valor de significancia para las comparaciones dentro del subconjunto 1 fue **0,337**, lo que confirmó la falta de diferencias estadísticamente significativas entre las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm. Para el subconjunto 2, el valor de significancia fue **1,000**, lo que reflejó la homogeneidad dentro del grupo formado exclusivamente por las pilas reforzadas con mallas de 5 cm.

El análisis de subconjuntos homogéneos destacó que el uso de mallas de 5 cm proporcionó una mejora significativa en la resistencia a compresión axial en comparación con las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm. Estas últimas, a pesar de mostrar una ligera mejora frente a las pilas patrón, no alcanzaron una diferencia estadísticamente significativa. Este resultado subrayó la importancia del diseño del refuerzo en la optimización de la resistencia del adobe.



5.2.4.4 Decisión sobre la hipótesis específica 1

La diferencia de medias fue -0.96200 y el p -valor fue 0.002 , que es menor a 0.05 . Por lo tanto, existe una diferencia significativa entre las pilas de adobe patrón y las reforzadas con mallas de 5 cm, con las últimas mostrando mayor resistencia.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), lo que significa que la incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm influye significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe, validando la hipótesis específica 1 y cumpliendo el objetivo específico 1.

El refuerzo con mallas de 5 cm demostró ser altamente efectivo para mejorar la resistencia mecánica de los muros de adobe tradicionales en compresión axial.

5.2.5 Contratación de hipótesis específica 2:

- **Objetivo específico 2:** Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.
- **Hipótesis específica 2:** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, influyen en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac – 2024.

5.2.5.1 Planteamiento de hipótesis nula y alterna

- **Hipótesis nula (H_0):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, no influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe.

$$H_0: \mu_1 = \mu_3$$

donde

μ_1 Media de resistencia a compresión axial de pilas de adobe patrón



μ_3 Media de resistencia a compresión axial de pilas reforzadas con mallas de 8 cm

- **Hipótesis alternativa (H_1):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, si influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_3$$

5.2.5.2 Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

5.2.5.3 Estadístico de prueba: post hoc- HSD Tukey

Tabla 40 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de adobe

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión axial de pilas de adobe HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Pilas de adobe patrón	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	-,96200*	,21995	,002	-1,5488	-,3752
	Pilas de adobe con mallas de 8cm	,32400	,21995	,337	-,9108	,2628
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	Pilas de adobe patrón	,96200*	,21995	,002	,3752	1,5488
	Pilas de adobe con mallas 8 cm	,63800*	,21995	,033	,0512	1,2248
Pilas de adobe con mallas de 8cm	Pilas de adobe patrón	,32400	,21995	,337	-,2628	,9108
	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	-,63800*	,21995	,033	-1,2248	-,0512

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.
 NOTA Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.



Tabla 41 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión axial de pilas de

adobe Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión axial de pilas de adobe						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Pilas de adobe patrón	Pilas de adobe con mallas de 8cm	-,32400	,21995	,337	-,9108	,2628
Pilas de adobe con mallas de 8cm	Pilas de adobe patrón	,32400	,21995	,337	-,2628	-,9108
	Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	-,63800*	,21995	,033	-1,2248	-,0512

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

Se realizaron comparaciones múltiples con la prueba post hoc **HSD de Tukey** para identificar específicamente entre qué tratamientos existieron diferencias significativas en la influencia de la resistencia a compresión axial de las pilas de adobe. Esta prueba permitió comparar las medias de los tres tratamientos (patrón, reforzadas con mallas de 8 cm) y establecer intervalos de confianza al 95% para las diferencias observadas. Las diferencias consideradas significativas tienen un p-valor menor a 0,05 y están marcadas con un asterisco (*).

- **Análisis de la comparación:**

No hubo diferencias significativas entre las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm (diferencia de medias: -0,32400, $p = 0,337$), ya que el intervalo de confianza incluyó el valor cero (-0,9108 a 0,2628). Esto indica que, aunque existe una ligera mejora numérica en la resistencia, esta no alcanza el nivel de significancia estadística requerido. El refuerzo con mallas de 8 cm no proporcionó una ventaja estructural clara sobre el adobe sin reforzar en términos de resistencia a la compresión axial.

Tabla 42 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión axial

Sub conjuntos homogéneos			
Resistencia a compresión axial de pilas de adobe			
HSD Tukey ^a			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pilas de adobe patrón	5	8,2840	
Pilas de adobe con mallas de 8cm	5	8,6080	
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm	5		9,2460
p-valor		,337	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.			
NOTA			
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.			

Se realizó una agrupación de medias mediante la prueba HSD de Tukey para identificar subconjuntos homogéneos entre los tratamientos evaluados. Este análisis agrupó tratamientos con medias de resistencia a compresión axial que no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, con un nivel de significancia de 0,05. Los tratamientos se dividieron en subconjuntos, permitiendo visualizar similitudes en el rendimiento de las pilas de adobe.

- **Subconjunto 1: Pilas patrón y pilas con mallas de 8 cm**

Las pilas de adobe patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm se agruparon en el primer subconjunto homogéneo. Las medias respectivas fueron **8,2840** y **8,6080**, con una diferencia que no fue estadísticamente significativa ($p = 0,337$). Esto indicó que estos dos tratamientos tuvieron un comportamiento similar en términos de resistencia a la compresión axial, sin diferencias relevantes desde el punto de vista estadístico.

5.2.5.4 Decisión sobre la hipótesis específica 2

La diferencia de medias fue -0.32400 y el p-valor fue 0.337 , que es mayor a 0.05 . Por lo tanto, no hay diferencia significativa entre las pilas de adobe patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm.

No se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que significa que la incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm no influye significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe.

Aunque se observó un ligero incremento numérico en la resistencia (de 7.91 kg/cm^2 a 8.52 kg/cm^2), esta mejora no fue estadísticamente significativa. Este hallazgo sugiere que la abertura de 8 cm es insuficiente para proporcionar un refuerzo estructural efectivo en compresión axial, destacando la importancia de la densidad del refuerzo como parámetro de diseño crítico.

a) **Contrastación de hipótesis específica 3:**

- **Objetivo específico 3:** Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.
- **Hipótesis específica 3:** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, influyen en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.

5.2.5.5 Planteamiento de hipótesis nula y alterna

- **Hipótesis nula (H_0):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, no influyen significativamente en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe.

$$H_0: \mu_1 = \mu_3$$



donde

- μ_1 Media de resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe patrón
- μ_2 Media de resistencia a compresión diagonal de muretes reforzados con mallas de 5 cm

- **Hipótesis alternativa (H_1):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, si influyen significativamente en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe.

$H_1: \mu_1 \neq \mu_3$

5.2.5.6 Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = 0.05$

5.2.5.7 Estadístico de prueba: Prueba post hoc - HSD Tukey

Tabla 43 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión diagonal de muretes						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Muretes patrón	Muretes con malla de 5cm	-,26800*	,03460	,000	-,3603	-,1757
	Muretes con mallas de 8cm	-,08000	,03460	,092	-,1723	,0123
Muretes con mallas de 5cm	Muretes patrón	,26800*	,03460	,000	,1757	,3603
	Muretes con mallas de 8cm	,18800*	,03460	,000	,0957	,2803
Muretes con mallas de 8cm	Muretes patrón	,08000	,03460	,092	-,0123	,1723
	Muretes con malla de 5cm	-,18800*	,03460	,000	-,2803	-,0957

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA

Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.



- Comparación específica para la hipótesis 3:

Tabla 44 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión diagonal de muretes						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p- valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Muretes patrón	Muretes con malla de 5cm	-,26800*	,03460	,000	-,3603	-,1757
Muretes con mallas de 5cm	Muretes patrón	,26800*	,03460	,000	,1757	,3603

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

- **Análisis de la comparación:**

La prueba post hoc HSD de Tukey identificó diferencias significativas en la influencia de la resistencia a la compresión diagonal entre algunos de los tratamientos evaluados. Entre los muretes patrón y los muretes con malla de 5 cm, se observó una diferencia de medias significativa de -0.268 ($p < 0.001$), con un intervalo de confianza del 95% que osciló entre -0.3603 y -0.1757 . Esto indicó que los muretes con malla de 5 cm presentaron una resistencia significativamente mayor que los muretes patrón.

Tabla 45 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia diagonal de muretes

Sub conjuntos homogéneos			
Resistencia a compresión diagonal de muretes			
HSD Tukey ^a			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Muretes patrón	5	,9440	
Muretes con mallas de 8cm	5	1,0240	
Muretes con mallas de 5cm	5		1,2120

p-valor		,092	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.			

- **Análisis de subconjuntos homogéneos:**

Los muretes con mallas de 5 cm ($M=1.2120$) constituyeron un subconjunto separado, destacando su superioridad en la resistencia a la compresión diagonal en comparación con los muretes patrón ($M=0.9440$). Este resultado evidencia que el refuerzo con mallas de 5 cm tuvo un impacto significativo en la mejora de la resistencia diagonal, diferenciándose claramente del comportamiento de los muretes sin refuerzo.

5.2.5.8 Decisión sobre la hipótesis específica 3

La diferencia de medias fue -0.268 y el p-valor fue 0.000 , que es menor a 0.05 . Por lo tanto, existe una diferencia significativa entre los muretes de adobe patrón y los reforzados con mallas de 5 cm, mostrando mayor resistencia en cuanto a la compresión diagonal.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), lo que significa que la incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm influye significativamente en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe, validando la hipótesis específica 3 y cumpliendo el objetivo específico 3.

Este hallazgo es particularmente relevante desde el punto de vista sísmico, ya que la resistencia diagonal está directamente relacionada con la capacidad del muro para resistir fuerzas cortantes durante eventos sísmicos. El incremento del 28.4% en la resistencia diagonal confirma que las mallas de 5 cm son altamente efectivas para mejorar el comportamiento estructural del adobe ante cargas laterales.

5.2.6 Contrastación de hipótesis específica 4:



- **Objetivo específico 4:** Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac-2024.
- **Hipótesis específica 4:** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, influyen en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.

5.2.6.1 Planteamiento de hipótesis nula y alterna

- **Hipótesis nula (H_0):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, no influyen significativamente en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe.

$$H_0: \mu_1 = \mu_3$$

donde

μ_1	Media de resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe patrón
μ_3	Media de resistencia a compresión diagonal de muretes reforzados con mallas de 8 cm

- **Hipótesis alternativa (H_1):** La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, si influyen significativamente en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_3$$

5.2.6.2 Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

5.2.6.3 Estadístico de prueba: Prueba post hoc - HSD Tukey

Tabla 46 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes



Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión diagonal de muretes						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Muretes patrón	Muretes con malla de 5cm	-,26800*	,03460	,000	-,3603	-,1757
	Muretes con mallas de 8cm	-,08000	,03460	,092	-,1723	,0123
Muretes con mallas de 5cm	Muretes patrón	,26800*	,03460	,000	,1757	,3603
	Muretes con mallas de 8cm	,18800*	,03460	,000	,0957	,2803
Muretes con mallas de 8cm	Muretes patrón	,08000	,03460	,092	-,0123	,1723
	Muretes con malla de 5cm	-,18800*	,03460	,000	-,2803	-,0957

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

- **Comparación específica para la hipótesis 4:**

Tabla 47 — Prueba post hoc de la resistencia a compresión diagonal de muretes

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión diagonal de muretes						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Muretes patrón	Muretes con mallas de 8cm	-,08000	,03460	,092	-,1723	,0123
Muretes con mallas de 8cm	Muretes patrón	,08000	,03460	,092	-,0123	,1723

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

NOTA
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.

- **Análisis de la comparación:**

La diferencia entre los muretes patrón y los muretes con mallas de 8 cm (-0.080) no fue significativa (p=0.092). Aunque el intervalo de confianza se aproxima a excluir el cero, el p-valor está por encima del nivel de significancia establecido (α



= 0.05). Esto indica que, aunque existe una mejora numérica en la resistencia (de 0.944 MPa a 1.024 MPa), esta diferencia no alcanza el nivel requerido para ser considerada estadísticamente significativa.

Tabla 48 — Subconjuntos homogéneos de la resistencia diagonal de muretes

Sub conjuntos homogéneos			
Resistencia a compresión diagonal de muretes			
HSD Tukey ^a			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Muretes patrón	5	,9440	
Muretes con mallas de 8cm	5	1,0240	
Muretes con mallas de 5cm	5		1,2120
p-valor		,092	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.			
NOTA			
Datos obtenidos a partir de los ensayos realizados.			

- **Análisis de subconjuntos homogéneos:**

Los muretes patrón (M=0.9440) y los muretes con mallas de 8 cm (M=1.0240) formaron un mismo subconjunto, lo que indica que sus medias no fueron significativamente diferentes (p=0.092). Este resultado sugiere que el refuerzo con mallas de 8 cm proporciona un beneficio marginal que no se puede confirmar estadísticamente con el tamaño muestral utilizado en este estudio. En contraste, los muretes con mallas de 8 cm mostraron diferencias significativas con los muretes reforzados con mallas de 5 cm, evidenciando que la densidad del refuerzo es un factor determinante en su efectividad.

5.2.6.4 Decisión sobre la hipótesis específica 4

La diferencia de medias fue -0.08 y el p-valor fue 0.092, que es mayor a 0.05. Por lo tanto, no hay diferencia significativa entre los muretes de adobe patrón y los reforzados con mallas de 8 cm en cuanto a la resistencia a la compresión diagonal.



No se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que significa que la incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm no influye significativamente en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe.

Aunque se observó un incremento numérico del 8.5% en la resistencia diagonal (de 0.944 MPa a 1.024 MPa), esta mejora no fue estadísticamente significativa. Este hallazgo refuerza la conclusión de que la densidad del refuerzo es un parámetro crítico de diseño: solo las mallas de menor abertura (5 cm) demostraron ser efectivas para mejorar significativamente tanto la resistencia axial como la diagonal. Las mallas de 8 cm, aunque proporcionan un beneficio marginal, resultan insuficientes para generar una mejora estructural robusta y confiable en el reforzamiento de muros de adobe.

5.3 Discusión

a) La discusión del resultado general

Chumacero, y otros (2023), en su proyecto "Evaluación del adobe adicionando geomalla biaxial de polipropileno para el mejoramiento de su resistencia a la compresión, flexión y cortante", utilizaron ensayos mecánicos para evaluar el desempeño de muros de adobe reforzados. Los resultados mostraron mejoras significativas en la resistencia a la compresión axial (35.21%) y en la resistencia a la compresión diagonal (21.54%), lo que valida la eficacia de los geosintéticos como refuerzo.

En esta tesis, se realizaron ensayos de compresión axial y diagonal para evaluar el efecto de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm y 8 cm en el reforzamiento de muros de adobe. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión axial de las pilas patrón fue de 7.91 kg/cm² (0.78 MPa). Con el refuerzo de la geomalla de PET de 5 cm de abertura, esta resistencia aumentó a 10.84 kg/cm² (1.06 MPa), lo que representa una mejora del 37.1%. En contraste, la malla de 8 cm de abertura no generó una mejora estadísticamente significativa (8.52 kg/cm² o 0.83 MPa) en comparación con el grupo patrón ($p = 0.337$). En cuanto a la resistencia a la compresión diagonal, evaluada en muretes, el grupo patrón tuvo una resistencia promedio de 0.944 MPa (9.636 kg/cm²). Los muretes reforzados con mallas de 5 cm alcanzaron una

resistencia de 1.212 MPa (12.372 kg/cm²), lo que representa una mejora del 28.4%, un resultado altamente significativo ($p = 0.000$).

Al comparar los resultados de Chumacero y Callupe (2023) con los de esta investigación, se observa una estrecha similitud en los porcentajes de mejora. En compresión axial, este estudio reporta un incremento del 37.1%, ligeramente superior al 35.21% obtenido por Chumacero y Callupe (2023) con polipropileno. En compresión diagonal, la mejora del 28.4% también es superior al 21.54% reportado en el estudio previo. Aunque los materiales de refuerzo son diferentes (PET reciclado vs. polipropileno), estos resultados sugieren que ambos geosintéticos son efectivos para mejorar la resistencia del adobe, con una ligera ventaja para el PET en este diseño experimental.

Este hallazgo permite concluir que, si bien el refuerzo con geomallas de polipropileno mejora considerablemente la resistencia estructural del adobe, las geomallas de fibras de PET reciclado empleadas en esta investigación no solo son igual de efectivas, sino que en algunos aspectos son más eficientes. Más importante aún, esta investigación demuestra que la eficacia del refuerzo no es uniforme; depende críticamente de la abertura de la malla. Solo la malla de 5 cm de abertura demostró ser significativamente más efectiva que la de 8 cm, lo que establece un nuevo parámetro de diseño para futuras aplicaciones de este tipo de refuerzo.

b) La discusión del resultado específico 1:

Quiroz et al. (2021), en su tesis titulada "Propuesta de reforzamiento de viviendas de adobe utilizando mallas de acero electrosoldadas", propusieron el reforzamiento de viviendas de adobe utilizando mallas de acero electrosoldadas. En cuanto a la metodología, el estudio incluyó un programa experimental en dos fases: en la primera, se realizaron ensayos de compresión axial y diagonal en seis muestras de adobe sin refuerzo; los resultados mostraron que las pilas alcanzaron valores de carga máxima de 1851 kgf, 1118 kgf y 1175 kgf, con un esfuerzo último promedio de 7.7 kg/cm² en las mejores muestras, lo que representa un incremento del 147% respecto al esfuerzo mínimo normativo de 3.1 kg/cm². En la segunda fase, se reforzaron 12 muretes de adobe con mallas electrosoldadas de ½" y ¾" en diferentes configuraciones (una o ambas caras), sometiéndolos a ensayos de compresión diagonal. Los muretes reforzados con mallas de ½" en ambas caras



incrementaron la resistencia al corte en un 85%, alcanzando un esfuerzo promedio de 0.79 kg/cm² frente a los 0.47 kg/cm² de los muros sin refuerzo. Los muretes reforzados con mallas de ¾” lograron un incremento del 95%, alcanzando hasta 0.82 kg/cm², superando en un 228% el esfuerzo mínimo establecido por la norma E.080 (0.25 kg/cm²).

En esta tesis, se realizaron ensayos de compresión axial para evaluar el efecto de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en el reforzamiento de muros de adobe. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión axial de las pilas patrón fue de 7.91 kg/cm² (0.78 MPa), mientras que las pilas reforzadas con geomallas de PET reciclado de 5 cm alcanzaron una resistencia promedio de 10.84 kg/cm² (1.06 MPa).

Al comparar los resultados del estudio previo con los de este proyecto, se observa una variación en los promedios de resistencia a compresión axial en las pilas. Según la Norma E.080, la resistencia mínima requerida es de 6.12 kgf/cm². En el estudio anterior, el uso de mallas de acero electrosoldadas resultó en un aumento del 8% en la resistencia axial. En este proyecto, el uso de geomallas de fibras de PET reciclado también incrementó la resistencia, mostrando un aumento del 11% para las mallas de 5 cm. Al comparar los resultados del estudio previo con los de este proyecto, se observa una variación en los promedios de resistencia a compresión axial en las pilas. Según la Norma E.080, la resistencia mínima requerida es de 12 kg/cm² (1.18 MPa). En el estudio de Quiroz et al. (2021), no se reportó un porcentaje de mejora específico en compresión axial, pero el esfuerzo promedio de 7.7 kg/cm² en pilas sin refuerzo es comparable al 7.91 kg/cm² obtenido en este estudio. En este proyecto, el uso de geomallas de fibras de PET reciclado de 5 cm incrementó la resistencia axial en un 37.1%, un resultado estadísticamente significativo ($p = 0.002$). Esto permite concluir que, aunque el reforzamiento de muros de viviendas de adobe con el uso de mallas de acero electrosoldadas, utilizado en el estudio previo, mejora considerablemente la resistencia, las geomallas de fibras de PET reciclado empleadas en este proyecto no solo son una alternativa viable, sino que generan una mejora porcentual más alta (37.1%) en la resistencia a la compresión axial, siendo más efectivas cuanto menor es la abertura de la malla.

c) La discusión del resultado específico 2:

Chumacero et al. (2023), en su proyecto "Evaluación del adobe adicionando geomalla biaxial de polipropileno para el mejoramiento de su resistencia a la compresión, flexión y



cortante", utilizaron ensayos mecánicos. Los resultados mostraron mejoras significativas en la resistencia a la compresión axial (35.21%) con 11.25 kg/cm², y en la resistencia a la compresión diagonal (21.54%) con 0.79 kg/cm², lo que valida la eficacia de los geosintéticos como refuerzo estructural.

En esta tesis, se realizaron ensayos de compresión axial para evaluar el efecto de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en el reforzamiento de muros de adobe. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión axial en las pilas patrón fue de 7.91 kg/cm² (0.78 MPa), mientras que las pilas reforzadas con fibras de PET reciclado de 8 cm alcanzaron una resistencia de 8.52 kg/cm² (0.83 MPa). Este incremento representa una mejora del 7.7%.

Al comparar los resultados del estudio previo con los de este proyecto, se observa una variación en la magnitud del incremento. En el estudio de Chumacero et al. (2023), el uso de geomalla biaxial de polipropileno resultó en un aumento del 35.21% en la resistencia a la compresión. En este proyecto, el uso de geomallas de fibras de PET reciclado de 8 cm de abertura incrementó la resistencia en un 7.7%. Esta diferencia sustancial sugiere que la eficacia del refuerzo no depende únicamente del material, sino críticamente de su diseño geométrico (abertura). Mientras que Chumacero et al. (2023) no especificaron la abertura de su malla, este estudio demuestra que una abertura de 8 cm es insuficiente para generar una mejora significativa. Según la prueba post hoc de Tukey, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm ($p = 0.337$).

Esto permite concluir que, aunque el reforzamiento de muros de adobe con geomallas mejora considerablemente la resistencia, la elección de una abertura de 8 cm con PET reciclado no es una solución efectiva para incrementar significativamente la resistencia a la compresión axial. Este hallazgo subraya que la densidad del refuerzo es un parámetro de diseño clave, y que solo las mallas de menor abertura (5 cm) demostraron ser estadísticamente superiores.

d) La discusión del resultado específico 3:

Moreno et al. (2019), en su tesis titulada "Comportamiento estructural de una vivienda unifamiliar de muros de adobe reforzado con mallas a base de carrizo", mostraron que los



muretes reforzados lograron un incremento del 42% en la resistencia a la compresión diagonal, alcanzando un esfuerzo promedio de 0.65 MPa frente a 0.45 MPa de los muretes sin refuerzo. Este estudio valida que el uso de materiales naturales como refuerzo puede mejorar significativamente la resistencia al corte de los muros de adobe.

En esta tesis, se realizaron ensayos de compresión diagonal para evaluar el efecto de las geomallas de fibras de PET reciclado con abertura de 5 cm en el reforzamiento de muros de adobe. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión diagonal en los muretes patrón fue de 0.944 MPa, mientras que los muretes reforzados con fibras de PET reciclado de 5 cm alcanzaron una resistencia de 1.212 MPa. Este incremento representa una mejora del 28.4%.

Al comparar los resultados del estudio previo con los de este proyecto, se observa una diferencia en la magnitud del incremento. En el estudio de Moreno et al. (2019), el uso de mallas de carrizo resultó en un aumento del 42% en la resistencia diagonal. En este proyecto, el uso de geomallas de fibras de PET reciclado de 5 cm incrementó la resistencia en un 28.4%. Aunque el porcentaje de mejora es menor, es importante considerar que los valores de resistencia inicial (0.944 MPa vs. 0.45 MPa) son muy diferentes, lo que sugiere que el material base y el procedimiento de fabricación influyen significativamente en el resultado. Según la prueba post hoc de Tukey, la diferencia entre los muretes patrón y los reforzados con mallas de 5 cm fue altamente significativa ($p = 0.000$).

Esto permite concluir que, aunque el reforzamiento de muros de adobe con mallas de carrizo mejora considerablemente la resistencia, las geomallas de fibras de PET reciclado empleadas en este proyecto también incrementan significativamente la resistencia diagonal, ofreciendo una alternativa sintética, más duradera y con una resistencia inicial del murete más alta. Este hallazgo subraya que el PET reciclado es una solución viable y sostenible para el reforzamiento sísmico.

e) La discusión del resultado específico 4:

Razuri (2020), en su proyecto sobre el uso de fibra de vidrio en la fabricación de adobe, demostró que, en ensayos de compresión diagonal en muretes, se observó un incremento



del 49.37%, alcanzando 2.54 kg/cm² frente a los 1.70 kg/cm² de los muretes sin refuerzo. Este estudio muestra que la incorporación de fibras sintéticas directamente en el bloque de adobe puede mejorar significativamente su resistencia al corte.

En esta tesis, se realizaron ensayos de compresión diagonal para evaluar el efecto de las geomallas de fibras de PET reciclado con abertura de 8 cm en el reforzamiento de muros de adobe. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión diagonal en los muretes patrón fue de 0.944 MPa (9.636 kg/cm²), mientras que los muretes reforzados con fibras de PET reciclado de 8 cm alcanzaron una resistencia de 1.024 MPa (10.444 kg/cm²). Este incremento representa una mejora del 8.5%.

Al comparar los resultados del estudio previo con los de este proyecto, se observa una diferencia sustancial en el enfoque y la magnitud del incremento. En el estudio de Razuri (2020), el incremento del 49.37% se logró al incorporar la fibra de vidrio directamente en la masa del adobe, lo que modifica el material base. En este proyecto, el refuerzo con PET reciclado se aplica como una geomalla entre las hiladas, sin alterar la composición del bloque. Aunque el porcentaje de mejora (8.5%) es menor, este sistema es más fácil de implementar en viviendas existentes y utiliza un material reciclado. Según la prueba post hoc de Tukey, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los muretes patrón y los reforzados con mallas de 8 cm ($p = 0.092$).

Esto permite concluir que, aunque el reforzamiento de muros de adobe mediante la adición de fibra de vidrio en su composición mejora considerablemente la resistencia, el sistema de refuerzo con geomallas de PET reciclado de 8 cm de abertura, aunque produce una mejora positiva, no es estadísticamente significativo. Este hallazgo subraya que para que este tipo de refuerzo sea efectivo, la abertura de la geomalla debe ser menor (5 cm), como se demostró en los resultados anteriores.

f) Contribución y relevancia

Los resultados de este estudio posicionan a las geomallas de PET reciclado como una solución viable y sostenible para el reforzamiento de muros de adobe, especialmente en



zonas rurales y propensas a sismos. En comparación con estudios previos que emplearon materiales sintéticos o naturales de refuerzo, las mallas de PET ofrecen una alternativa económica y ambientalmente responsable, al tiempo que proporcionan mejoras significativas en la resistencia mecánica de los muros.

g) Implicaciones teóricas

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones teóricas significativas para la ingeniería civil y el diseño de materiales de construcción sostenibles. El uso de geomallas de PET reciclado contribuye a mejorar la resistencia estructural del adobe. Además, la diferenciación en la eficacia de las mallas de 5 cm y 8 cm resalta la importancia de considerar la densidad del refuerzo como un factor determinante en el diseño de estructuras de adobe.

Desde una perspectiva práctica, los resultados sugieren que el uso de geomallas de PET reciclado, especialmente aquellas con una densidad de 5 cm, puede ser una estrategia efectiva para fortalecer muros de adobe en regiones propensas a desastres naturales como terremotos. Este enfoque podría ser particularmente beneficioso en áreas rurales o de bajos recursos, donde el adobe es un material de construcción común y el acceso a métodos de refuerzo convencionales es limitado. Aunque los resultados son prometedores, es importante considerar algunas limitaciones. El tamaño de la muestra es relativamente pequeño, lo que puede limitar la generalización de los hallazgos. Además, el estudio se centró en un solo tipo de material de refuerzo (PET reciclado) y no evaluó otros posibles refuerzos sostenibles. Futuros estudios podrían ampliar el análisis a diferentes tipos de materiales y configuraciones de refuerzo. Basado en las limitaciones y hallazgos de este estudio, se recomienda explorar:

La eficacia de otros materiales reciclados o combinaciones de refuerzos en muros de adobe.

Estudios a largo plazo que evalúen el desempeño de los refuerzos bajo condiciones climáticas y de carga reales.

Comparaciones con otros materiales de construcción sostenibles para desarrollar un marco de referencia más amplio sobre la viabilidad de refuerzos en construcción ecológica.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

a) Conclusión general

La presente investigación evaluó la influencia de geomallas de fibras de PET reciclado, con aberturas de 5 cm y 8 cm, en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos evidencian que los tratamientos aplicados tienen un impacto significativo en la resistencia mecánica de los muros, tanto a compresión axial como a compresión diagonal, aunque este efecto es altamente dependiente del diseño del refuerzo. Todos los especímenes evaluados cumplieron con los requisitos de resistencia establecidos por la Norma Técnica E.080.

En cuanto a la resistencia a la compresión axial, las pilas patrón (sin refuerzo) presentaron una resistencia promedio de 7.91 kg/cm² (0.78 MPa). El refuerzo con geomallas de PET de 5 cm de abertura incrementó esta resistencia a 10.84 kg/cm² (1.06 MPa), lo que representa una mejora del 37.1%. Este incremento fue estadísticamente significativo ($p = 0.002$) según la prueba post hoc de Tukey. En contraste, las mallas de 8 cm de abertura no generaron una mejora significativa (8.52 kg/cm² o 0.83 MPa) en comparación con el grupo patrón ($p = 0.337$).

El análisis ANOVA confirmó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos en compresión axial ($F = 9.905$, $p = 0.003$), lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias. La prueba post hoc de Tukey identificó diferencias significativas entre las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 5 cm ($p = 0.002$), así como entre las pilas reforzadas con mallas de 5 cm y las de 8 cm ($p = 0.033$). No se encontraron diferencias significativas entre las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 8 cm ($p = 0.337$).

En cuanto a la resistencia a la compresión diagonal, evaluada en muretes, el grupo patrón tuvo una resistencia promedio de 0.944 MPa (9.636 kg/cm²). Los muretes reforzados con mallas de 5 cm mostraron una resistencia significativamente mayor, alcanzando un promedio de 1.212 MPa (12.372 kg/cm²), lo que representa una mejora del 28.4%. Este resultado fue altamente significativo ($p = 0.000$). Los muretes con mallas de 8 cm obtuvieron una resistencia intermedia de 1.024 MPa. Aunque se observó una mejora positiva, esta no fue estadísticamente diferente del grupo patrón ($p = 0.092$).

El ANOVA confirmó diferencias significativas entre los tratamientos en compresión diagonal ($F = 31.617$, $p < 0.001$). La prueba post hoc de Tukey identificó diferencias significativas entre los muretes patrón y los reforzados con mallas de 5 cm ($p < 0.001$), y entre los muretes con mallas de 5 cm y los de 8 cm ($p = 0.03460$). No se encontraron diferencias significativas entre los muretes patrón y los reforzados con mallas de 8 cm ($p = 0.092$).

Por lo tanto, se concluye que las geomallas de PET reciclado son una solución técnica, sostenible y viable para el reforzamiento de muros de adobe. Sin embargo, su eficacia no es uniforme; depende críticamente de la densidad del refuerzo. Solo las mallas de 5 cm de abertura demostraron ser efectivas para mejorar significativamente las propiedades estructurales. Este hallazgo valida el potencial de esta solución para mejorar la resiliencia sísmica de las viviendas rurales en zonas de alto riesgo, como Pacobamba, Apurímac, y confirma que el objetivo general de la investigación ha sido cumplido.

b) Conclusión específica 1:

- La incorporación de geomallas de PET reciclado con una abertura de 5 cm incrementa significativamente la resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe. El valor promedio de resistencia aumentó de 7.91 kg/cm² (0.78 MPa) en las pilas patrón a 10.84 kg/cm² (1.06 MPa) en las reforzadas, lo que representa una mejora del 37.1%. Esta diferencia es estadísticamente significativa ($p = 0.002$), según la prueba post hoc de Tukey, lo que confirma el efecto positivo y robusto de este tipo de refuerzo.



c) Conclusión específica 2:

- La incorporación de geomallas de PET reciclado con una abertura de 8 cm no genera una mejora estadísticamente significativa en la resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe en comparación con las pilas sin refuerzo. Aunque se observó un incremento en la resistencia promedio, de 7.91 kg/cm² (0.78 MPa) a 8.52 kg/cm² (0.83 MPa), esta diferencia no alcanzó el nivel de significancia estadística ($p = 0.337$), según la prueba post hoc de Tukey. Esto indica que, para este tipo de ensayo, el refuerzo con mallas de 8 cm no proporciona una ventaja estructural clara sobre el adobe sin reforzar.

d) Conclusión específica 3:

- La incorporación de geomallas de PET reciclado con una abertura de 5 cm incrementa significativamente la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de adobe. El valor promedio de resistencia aumentó de 0.944 MPa (9.636 kg/cm²) en los muretes patrón a 1.212 MPa (12.372 kg/cm²) en los reforzados, lo que representa una mejora del 28.4%. Esta diferencia es altamente significativa ($p = 0.000$), según la prueba post hoc de Tukey, lo que confirma que este tipo de refuerzo mejora de manera robusta la capacidad del muro para resistir esfuerzos cortantes, un factor crítico en el comportamiento sísmico. teniendo un impacto positivo en la resistencia a compresión diagonal, respondiendo así al objetivo de determinar su influencia en los muros de adobes en el sector de Huascatay, Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.

e) Conclusión específica 4:

- La incorporación de geomallas de PET reciclado con una abertura de 8 cm incrementa la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de adobe, aunque esta mejora no alcanza el nivel de significancia estadística. El valor promedio de resistencia aumentó de 0.944 MPa (9.636 kg/cm²) en los muretes patrón a 1.024 MPa (10.444 kg/cm²) en los reforzados, lo que representa una mejora del 8.5%. Sin embargo, según la prueba post hoc de Tukey, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0.092$). Esto sugiere que, para este tipo de esfuerzo, la malla de 8 cm proporciona un beneficio marginal que no se puede confirmar con el tamaño muestral utilizado en este estudio. Teniendo un impacto positivo en la resistencia a compresión diagonal, aunque con menor eficacia que las de 5 cm, respondiendo así al objetivo de determinar



su influencia en los muros de adobes en el sector de Huascatay, Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac – 2024.

6.2 Recomendaciones

- **Recomendación general**

Se recomienda implementar y validar el sistema de reforzamiento con geomallas de PET reciclado de 5 cm de abertura en viviendas nuevas y ya construidas de adobe en la comunidad de Huascatay, distrito de Pacobamba, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. Esta validación in situ es crucial para confirmar la eficacia del refuerzo bajo condiciones ambientales y de carga reales, y para evaluar su viabilidad técnica, económica y social en el contexto de autoconstrucción rural. La implementación debe seguir las especificaciones de diseño y colocación detalladas en este estudio, basadas en el incremento del 121.6% en resistencia axial y 28.4% en resistencia diagonal demostrados en laboratorio.

- **Recomendaciones específicas**

Se recomienda realizar una validación in situ del sistema de reforzamiento utilizando geomallas de PET reciclado de 5 cm de abertura en viviendas de adobe existentes en la comunidad de Huascatay. Esta validación debe incluir la instrumentación de al menos dos estructuras para monitorear su comportamiento frente a eventos sísmicos reales o simulados, con el fin de evaluar la transferencia de los resultados de laboratorio a condiciones de campo, así como la durabilidad del refuerzo bajo condiciones ambientales variables (humedad, temperatura, radiación UV).

Se recomienda realizar simulaciones sísmicas en investigaciones futuras mediante mesa vibratoria utilizando modelos a escala reducida (por ejemplo, 1:4 o 1:6) de muros de adobe reforzados con geomallas de PET reciclado de 5 cm de abertura. Estas pruebas deben replicar registros de aceleración de sismos reales en la región de Apurímac, con el fin de evaluar el comportamiento dinámico del sistema, su capacidad de disipación de energía y su respuesta frente a cargas cíclicas, aspectos no evaluados en los ensayos estáticos de laboratorio.



También se recomienda realizar una serie de ensayos experimentales para optimizar el diseño del refuerzo, evaluando geomallas de PET reciclado con aberturas menores a 5 cm (por ejemplo, 3 cm o 4 cm). Dado que este estudio demostró que la malla de 5 cm es significativamente más efectiva que la de 8 cm, es razonable hipotetizar que una mayor densidad de refuerzo (menor abertura) podría maximizar aún más la resistencia estructural del muro de adobe. Esta investigación permitiría determinar la relación óptima entre la densidad del refuerzo y el incremento de resistencia.

Se recomienda a las autoridades competentes del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y al Instituto Nacional de Calidad (INACAL) iniciar un proceso de estandarización para el uso de geomallas de PET reciclado en la construcción con tierra reforzada. Esta normativa técnica debe especificar parámetros críticos como el tipo de malla (tejida manualmente), la abertura óptima de 5 cm, los procedimientos de anclaje al sobrecimiento y viga collar, y los protocolos de inspección, basados en los resultados de eficacia y replicabilidad demostrados en esta investigación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFAD.** 2021. Autoridad de Gestión de Desastres y Emergencias de Turquía. Earthquake Damage Assessment in Rural Areas of Turkey. [En línea] 2021. <https://www.afad.gov.tr>.
- AGUILAR, E y QUEZADA, A. 2019.** *Caracterización física y mecánica del en el Cantón Cuenca*. Universidad de Cuenca. Ecuador : s.n., 2019. (Tesis de pregrado).
- ALIAGA y GONZALES. 2020.** 2020.
- Análisis del reforzamiento de muros de adobe mediante mallas de fibra.* **LOZADA, H, LÓPEZ, M y ALVA, G. 2017.** 2, s.l. : Revista Ingeniería Estructural, 2017, Revista Ingeniería Estructural, Vol. 34, págs. 50–165.
- Applications and societal benefits of plastics.* **ANDRADY, A y NEAL, M. 2009.** 1525, 2009, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, Vol. 364, págs. 977–1984.
- ASTM International. 2020.** *ASTM D4439: Standard Terminology for Geosynthetics*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2020. ASTM D4439.
- ASTM, D4439. 2020.** ASTM Internacional. ASTM D4439: Standard Terminology for Geosynthetics. ASTM International. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de 12 de 2024.] <https://www.astm.org>.
- BARBAT, ANTONIO. 2018.** *Ductilidad en estructuras de hormigón armado, fallas por ductilidad, diseño sismo resistente*. 2018.
- BENITES, Victor. 2018.** *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina)*. Universidad de Piura, Perú : 2018.
- BLONDET, J. 2019.** *Construcción sismoresistente en tierra: La gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú*. 2019. Informe de la construcción.
- blondet, N., VARGAS, J. y TARQUE, N. 2022.** *Construcción sismoresistente en tierra: La gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú, INFORME DE LA CONSTRUCCION 41-50*. Lima : s.n., 2022.
- BORJA, S. 2016.** *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo : s.n., 2016.
- CABANILLAS, S. J. 2023.** *Comparación de la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzado con geomalla y malla electrosoldada en el distrito de Utco, Celendín, Cajamarca*. Cajamarca. : universidad privada del norte, 2023.
- CÁRDENAS, G., y LUNA, R. 2017.** *Reforzamiento de construcciones de adobe con geomallas biaxiales*. Lima : Editorial Universitaria, 2017.



CENAPRED. 2018. Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Informe sobre el impacto del sismo del 19 de septiembre de 2017.* [En línea] 2018. [Citado el: 19 de 09 de 2017.] <https://www.gob.mx/cenapred>.

CHUBMES, ronald huanaco. 2024. *influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe.* cotabambas : s.n., 2024.

CHUMACERO, D y CALLUPE, J. 2023. *Evaluación del adobe adicionando geomalla biaxial de polipropileno para el mejoramiento de su resistencia a la compresión, flexión y cortante en la región de Lima, Distrito de Lima, 2023.* Lima : Universidad Nacional del Callao, 2023. (Tesis de pregrado).

CONDOR, M., J. 2019. *Reforzamiento estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería., 2019.

CRESWELL, J. W. 2014. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.* 4 ed. s.l. : SAGE Publications., 2014.

E.030 Diseño Sismorresistente. **MINISTERIO DE VIVIENDAS, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. 2019.** 2019.

ECOCE. 2011. *Informe anual sobre el reciclaje de PET en México.* s.l. : Ciudad de México, México, 2011.

EERI (Earthquake Engineering Research Institute). 2003. World Housing Encyclopedia: Adobe Construction. [En línea] 2003. [Citado el: 22 de DICIEMBRE de 2024.] <https://www.world-housing.net..>

Enhancing concrete flexural strength using geogrids. **MESKI, S y CHEHAB, G. 2014.** s.l. : Construction and Building Materials, 2014, Vol. 53.

Experimental study on seismic behaviour of adobe wall reinforced with cold-formed thin-walled steel. **ZHANG, F.,J. Shi-Yun Pang, Jin-Wen Gao, En-Feng Deng, Huan Wang, Jun-Jie Zhao. 2020.** s.l. : Elsevier, 2020, Thin-Walled Structures. 06493.

FERNANDEZ VAQUEIRO, L. 2015. *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto.* 2015.

FERNÁNDEZ, B, L., MARÍN ,G, F., VARELA ,R, J., y VARGAS, M, G. 2009. *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto (ISSN: 1665-529X).* México : Revista de Ingeniería Civil, 2009.

FLORES FERNÁNDEZ, Jesús Alberto. 2014. *Efecto en las propiedades en tensión de un material compuesto base cemento reforzado con fibras de.* 2014.



- FRAENKEL, J. R., WALLEN, N. E., y HYUN, H. H. 2023.** *How to Design and Evaluate Research in Education (8ª ed.)*. McGraw-Hill.(ISBN 13 (9781260837742)). 11 ed. Nueva York : McGraw-Hill, 2023.
- GAUTAM y RODRIGUES. 2021.** 2021.
- GEOTEXACO. s.f.** geomallas. [En línea] s.f. <https://geotexaco.com/geomallas>.
- GIRIBAS, CAMILO. 2017.** *Sistema de Drizas: Reforzamiento estructural para construcciones en adobe*. CHILE : s.n., 2017.
- GUTIERREZ, E y VLADIMIROVNA, O. 2016.** *Estadística Inferencial 1 para Ingenierías y Ciencias*. México : Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de Mexico., 2016.
- HERNÁNDEZ , R y MENDOZA, C. 2018.** *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México : Mc Graw Hill, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- HERNÁNDEZ, S, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P. 2014.** *Metodología de la investigación*. México : Mc Graw Hill, 2014. ISBN 9781456223960.
- HIGASHI, JULIO. 2021.** *Técnicas de Reparación y Reforzamiento Estructural*. ACIPERU. 2021.
- HOBBS, S,Y y AL-GHATTA, A,M. 2000.** *High-performance fibers from recycled PET: An assessment of the potential for coextrusion and microwave processing*. s.l. : Journal of Applied Polymer Science, 2000.
- HOUBEN, Hugo, y GUILLAUD, Hubert. 1994.** *Earth Construction: A Comprehensive Guide (ISBN: 978-1853391933)*. Londres, Reino Unido : Intermediate Technology Publications, 1994.
- HUESKER, S. 2023.** *Geogrids made from 100% recycled PET*. s.l. : HUESKER Geosynthetics, 2023.
- INDECI. 2022.** [En línea] 2022. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1786>.
- INEI. 2022.** *Instituto Nacional de estadística e informática*. Perú : s.n., 2022.
- . **2021.** *Instituto Nacional de estadística e informática*. PERU : s.n., 2021.
- . **1993.** *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA*. PERÚ : s.n., 1993.
- JEWELL, Robert A. 1996.** *Soil Reinforcement with Geotextiles (ISBN: 978-0860174560)*. Londres, Reino Unido : CIRIA, 1996.
- KASSEM , N. 2016.** *Structural behavior of strengthening masonry in-filled frames subjected to lateral load using bonded and un-bonded CFRP*. KSCE Journal of Civil Engineering., s.l. : 2016.
- KERLINGER y LEE. 2002.** 2002.
- KERLINGER, F. N. y LEE, H. B. 2002.** *Investigación del comportamiento. Métodos de Investigación en ciencias sociales (ISBN: 9701030702.)*. Mexico : McGraw-Hill, 2002.

KIBERT, Charles J. 2008. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery* (ISBN: 978-0470114216). Hoboken, EE. UU. : wiley, 2008.

KOERNER, r. m. 2012. *Designing with Geosynthetics (6ª ed.)*. . New Jersey : Xlibris Corporation., 2012.

La importancia de la ética en la investigación. Universidad y Sociedad (ISSN: 2218-3620).

SALAZAR, M. B., ICAZA GUEVARA, M. F. y ALEJO MACHADO, O. A. 2018. Cienfuegos, Cuba : s.n., 2018, Universidad y Sociedad, Vol. 10, págs. 305-311.

LUJÁN, M. 2016. *Refuerzo de muros de albañilería confinada con mallas de acero*. 2016.

MACCAFERRI, O. Officine Maccaferri. [En línea]
<https://www.maccaferri.com/br/es/productos/geomallas>
macgrid/#:~:text=Las%20geomallas%20extruidas%20son%20estructuras,s
uelo%20y%20refuerzo%20de%20pavimentos.

MEJÍA, ELÍAS MEJÍA. 2005. *Técnicas e instrumentos de investigación*. LIMA : Editorial e Imprenta de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

MIRANDA, A. 2020. *Geomalla de PET como refuerzo estructural en pavimentos rígidos*. Querétaro : Universidad Autónoma de Querétaro, 2020. (Tesis de Maestría).

MONTGOMERY, D y RUNGER, C. 2019. *Estadística y probabilidad aplicadas para ingenieros*. Nueva York : s.n., 2019.

MOORE, D, MCCABE, P y CRAIG, A. 2017. *Introducción a la práctica de la estadística*. Nueva York : WH Freeman and Company, 2017. ISBN 978-1-4641-0873-0..

MORENO, Y. 2019. *Las propiedades del adobe sumergido en lechada Agua – Cemento y la Norma E.080*. 2019.

MORENO, Y y MORI, C. 2019. *Comportamiento estructural de una vivienda unifamiliar de muros de adobe reforzado con mallas a base de carrizo, Molino-Supe 2019*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2019. (Tesis de pregrado).

MORQUECHO, G. A. C., ZEPEDA, R.I. y MEDINA, C.R. (eds.). 2022. *La ética en la investigación en las psicologías contemporáneas* (ISBN: 978-607-571-602-2). Mexico : Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega, 2022.

MUENTES ALBARADO, J.L. 2019. *Optimización en el uso de adobe sismo resistente como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador : s.n., 2019.

NORMA E.080. 2017. *Norma Técnica E.080: Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*. Lima : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento., 2017. E.080.



NORMA E.080, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. 2017.
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2017.

NORMA E.080, NORMA. 2017. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA.
[En línea] 2017.

NORMA TECNICA E.070, NORMA TÉCNICA. 2017. ALBAÑELERIA. 2017.

NOVOA, F. 2018. *Uso de grafías: libro de investigación: incluye propuestas didácticas, instrumentos de evaluación y solucionarios.* LIMA : Apogeo, 2018.

NSET. 2016. National Society for Earthquake Technology. *Earthquake Reconnaissance Report: Nepal Earthquake 2015.* [En línea] 2016. <https://www.nset.org.np>.

ÑAUPAS, H., MEJÍA MEJÍA, E., TRUJILLO ROMÁN, I. R., Romero Delgado, H. E., Medina BÁRCENA, W., y NOVOA RAMÍREZ, E. 2023. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (ISBN: 9789587628760).* 5ta ed. s.l. : Ediciones de la U, 2023. págs. 92-94.

PARK, R., y PAULAY, T. 1975. *Reinforced Concrete Structures (SBN: 978-0471659174).* Nueva York, EE. UU. : Wiley, 1975.

QUIROZ, H y TENA, J. 2021. *Propuesta de reforzamiento estructural de viviendas de adobe utilizando mallas de acero electrosoldadas en Huarangal – Carabayllo.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), 2021. (Tesis de pregrado).

QUIROZ, Policarpo catalan. 2013. *Comportamiento sísmico de la vivienda de adobe basado en pruebas en mesa vibradora de dos modelos a escala.* Mexico : s.n., 2013.

RAZURI, C. 2020. *Uso de fibra de vidrio en la fabricación de adobe: caracterización mecánica del nuevo material.* 2020.

Reforzamiento de muros de adobe en regiones sísmicas. **CABANILLAS, R. 2023.** 2023, Revista Construcción y Tecnología en Concreto, Vol. 12, págs. 54–60.

ROMERO, E y ROCA, J. 2022. *Nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe en la ciudad de Andahuaylas, Apurímac, 2021.* Andahuaylas : Universidad César Vallejo, 2022. (Tesis de pregrado).

SAIZ RUIZ, IVAN. 2021. *Diseño Estructural con FAGUS.* 2021.

SAN BARTOLOME, Angel. 2011. *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañelería.* Canadá : 2011.

SHACKELFORD. 2017. *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros.* 2017.

Sustainable lateral strengthening of traditional adobe walls using natural reinforcements. **HADI, M., ABOLFAZL, E. y REZA, M. 2020.** 119892, Ámsterdam, Países Bajos : Elsevier Ltd., 2020, Construction and Building Materials, Vol. 260.

Tecnología Industrial II, Tecnología Industrial. 2018. Everest Sociedad Anónima. 2018.

TEXDELTA. 2020. *Geomallas para refuerzo estructural.* Barcelona, España : Texdelta, 2020.

UNAMBA. 2018. *Código De Ética Para La Investigación.* Abancay : s.n., 2018.

VÁSQUEZ, A, y otros. 2020. *Métodos de investigación científica.* s.l. : Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú., 2020. ISBN 9786125069849.

VAZQUEZ, A. 2019. *Refuerzo estructural con PET reutilizado aplicacion en adobe.* Madrid : s.n., 2019.

VÁZQUEZ, G, Andrea. 2018. *Aplicación del PET reciclado en la construcción.* Madrid, España : Universidad Politecnica De Madrid, 2018. pág. <https://oa.upm.es/51354/>.

WALKER, Peter, y AUSTRALIA, STANDARDS. 2002. *Standards for Earth Building Construction (ISBN: 978-0733729781).* Canberra, Australia : Standards Australia, 2002.

WASSERMAN, L. 2020. *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference.* New York : Springer, 2020. ISBN 978-0387402727..

YILMAS y KORKMAZ. 2019. 2019.

ZORNBERG, J.G., PERKINS, S.W. y CHRISTOPHER, B.R. 2019. *Funciones y aplicaciones de geosintéticos en carreteras.* Austin, Texas : Universidad de Texas en Austin, 2019.



ANEXOS



Anexo A


Tabla 49 — Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Geomallas de fibras de PET reciclado	X1=Abertura de malla	Mallas con aberturas de 5 cm	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Correlacional Tipo: Aplicada.
¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?	Evaluar la influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, ¿Apurímac - 2024?	Las geomallas de fibras de PET reciclado influyen en el reforzamiento de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024			Mallas con aberturas de 8 cm	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	Reforzamiento	Y1=Resistencia a la compresión axial	Resistencia a la compresión axial de pilas patrón (MPa o kg/cm ²)	Diseño: Experimental. Técnica: Observación. Instrumentos: Ficha técnica para la recolección de datos de ensayos de laboratorio. Muestreo: No probabilístico.
• ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?	•Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac-2024.	• La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, influyen en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - distrito de Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024.			Resistencia a la compresión axial de pilas reforzados con mallas de 5 cm (MPa o kg/cm ²)	
• ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?	•Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac-2024.	• La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, influyen en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe - distrito de Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024			Resistencia a la compresión axial de pilas reforzados con mallas de 8 cm (MPa o kg/cm ²)	
• ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?	•Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac-2024.	•La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 5 cm, influyen en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024.			Módulo de Elasticidad (E)	
				Y2=Resistencia a la compresión diagonal	Resistencia a la compresión diagonal de muros patrón (MPa o kg/cm ²)	
					Resistencia a la compresión diagonal de muros reforzados con mallas de 5 cm (MPa o kg/cm ²)	
					Resistencia a la compresión diagonal de muros reforzados con mallas de 8 cm (MPa o kg/cm ²)	
• ¿Cuál es la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024?	•Determinar la influencia de las geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe - Pacobamba Andahuaylas, Apurímac-2024.	•La incorporación de geomallas de fibras de PET reciclado con aberturas de 8 cm, influyen en la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe mediante ensayos de laboratorio- Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024.				




Anexo B

Protocolos o instrumentos de recolección de datos



INGENIERIA CIVIL

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



ENSAYO :
VARIACION DIMENCIONAL

PROYECTO :
.....

TIPO DE MUESTRA :
Unidad de Adobe


TESISTA :
Yonatan Torres Pereira

UBICACIÓN :
.....

FECHA :
.....

N° REGISTRO	Dimensiones (cm)						DN:	L=	32	H=	8	A=	16
	Largo	Promedio	%V	Alto	Promedio	%V	Ancho		Promedio	%V			
<i>Unidad de Adobe</i>													
U-1													
U-2													
U-3													
U-4													
U-5													
U-6													
		<i>Promedio</i>			<i>Promedio</i>					<i>Promedio</i>			

Resumen:	<i>Promedio %V</i>
Largo:	<i>0.00%</i>
Alto:	<i>0.00%</i>
Ancho:	<i>0.00%</i>



Variación Dimensional adobe

100%
50%
0%
0.00% 0.00%

Largo: Alto: Ancho:

— Promedio %V

Norma de referencia NTP 399.613/ASTM C 67/ RNE-E070, E-080
Ensayos: FMMH

Nota:

LABORATORISTA
TESISTA

Figura 33 — Instrumento de validación - Variación dimensional





INGENIERIA CIVIL

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



ENSAYO : ALABEO

PROYECTO :

TIPO DE MUESTRA :

Unidad de Adobe

TESISTA :

Yonatan Torres Pereira

UBICACIÓN :

FECHA :

N° REGISTRO	Dimensiones (mm)							
	Cara de Asiento A				Cara de Apoyo B			
	Concavo		Convexo		Concavo		Convexo	
	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02
Unidad de Adobe								
U - 1								
U - 2								
U - 3								
U - 4								
U - 5								
U - 6								
	Promedio:		mm					
	Desviación estandar:		mm					
	Alabeo característico:		mm					
	% variación:		%					

Norma de referencia NTP 399.613/ASTM C 67/ RNE-E070 , E080.


Nota:

LABORATORISTA

TESISTA


Figura 34 — Instrumento de validación - Alabeo





INGENIERIA CIVIL

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



ENSAYO : COMPRESION DE UNIDADES.

PROYECTO : _____

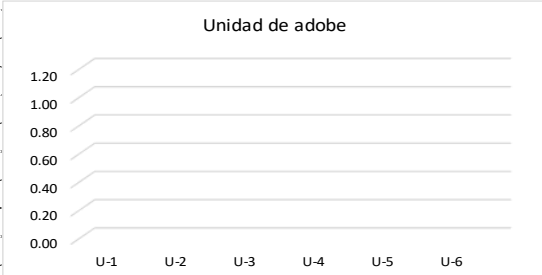
TIPO DE MUESTRA : *Unidad de Adobe*

TESISTA : *Yonatan Torres Pereira*

UBICACIÓN : _____

FECHA : _____

N° REGISTRO	Dimensiones (cm)		Area de apoyo (cm ²)	Carga maxima (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho			
Unidad de adobe					
U-1					
U-2					
U-3					
U-4					
U-5					
U-6					
				<i>Promedio:</i>	
				<i>Desviacion estandar:</i>	
				<i>Resistencia Característica</i>	




Norma de referencia NTP 399.613/ASTM C 67/ RNE-E070 , E080

Nota: _____

LABORATORISTA
TESISTA


Figura 35 — Instrumento de validación - Compresión de unidades





INGENIERIA CIVIL

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



ENSAYO : COMPRESION AXIAL DE PILAS.

PROYECTO : _____

TIPO DE MUES : *Pilas de adobe* _____

TESISTA : *Yonatan Torres Pereira* _____

UBICACIÓN : _____

FECHA : _____

MUESTRA	Dimensiones (cm)			Espesor del mortero (cm)	Area de apoyo (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Esbeltéz	Resistencia individual f'm (kgf/cm ²)	Resistencia Promedio f'm (kgf/cm ²)	Desviación estandar f'm (kgf/cm ²)	Resistencia Característica f'm (kgf/cm ²)	Resistencia admisible fm (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto									
Pilas de adobe Patron												
P-1												
P-2												
P-3												
P-4												
P-5												
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm												
P-1												
P-2												
P-3												
P-4												
P-5												
Pilas de adobe con mallas de 8 cm												
P-1												
P-2												
P-3												
P-4												
P-5												

Pilas de adobe Patron

Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm

Pilas de adobe con mallas de 8 cm

$$f'm = \frac{P}{a * b}$$

$$fm = 0.4 * f'm$$

Donde:
f'm: Esfuerzo de compresión último en MPa
fm: Esfuerzo de compresión admisible en MPa
P: Fuerza máxima aplicada en la pila de adobe a y b:
 Dimensiones de la pila (espesor y largo).

Norma de referencia NTP 399.605/ASTM C 1314/RN Ensayos: FMMH

Nota: _____

Observaciones: _____

LABORATORISTA
TESISTA

Figura 36 — Instrumento de validación - Compresión axial de pilas





INGENIERIA CIVIL

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



ENSAYO : COMPRESION DIAGONAL DE MURETES

PROYECTO :

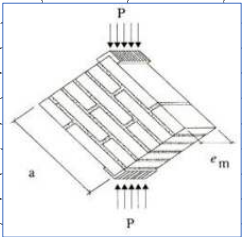
TIPO DE MUESTRA : Muretes de adobe

TESISTA : Yonatan Torres Pereira

UBICACIÓN :

FECHA :

N° Muestra	Dimensiones (cm)			Espesor del mortero	Area (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual (kgf/cm ²)	Resistencia Promedio (kgf/cm ²)	Desviacion estandar (kgf/cm ²)	Resistencia Característica (kgf/cm ²)	Esfuerzo admisible al corte del
	Largo	Ancho	Alto								
Muretes patron sin refuerzo											
M-1											
M-2											
M-3											
M-4											
M-5											
Muretes reforzadas con mallas de 5 cm de abertura											
M-1											
M-2											
M-3											
M-4											
M-5											
Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura											
M-1											
M-2											
M-3											
M-4											
M-5											

Muretes patron sin refuerzo	Muretes reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura	$f_t = \frac{P}{2ae_m}$ $v_m = 0,4 f_t$ 
1.20 _____ 1.00 _____ 0.80 _____ 0.60 _____ 0.40 _____ 0.20 _____ 0.00 _____ M-1 M-2 M-3 M-4 M-5	1.20 _____ 1.00 _____ 0.80 _____ 0.60 _____ 0.40 _____ 0.20 _____ 0.00 _____ M-1 M-2 M-3 M-4 M-5	1.20 _____ 1.00 _____ 0.80 _____ 0.60 _____ 0.40 _____ 0.20 _____ 0.00 _____ M-1 M-2 M-3 M-4 M-5	

Norma de referencia NTP 399.621/ASTM E519

Ensayos: FMMH

Nota: _____
 Observacion es: _____

LABORATORISTA

TESISTA

Figura 38 — Instrumento de validación - Compresión diagonal de muretes





INGENIERIA CIVIL

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



ENSAYO : COMPRESION DIAGONAL DE MURETES- MODULO DE CORTE

PROYECTO :

TIPO DE MUESTRA : Muretes

TESISTA : YONATAN TORRES PEREIRA

UBICACIÓN :

FECHA :

N° Muestra	L prom. (cm)	t prom. (cm)	H prom. (cm)	Area (cm ²)	Def.	Diagona l (cm)	D prom. (cm)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Deform. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)
										P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura																	
M-1					v												
					h												
M-2					v												
					h												
M-3					v												
					h												
M-4					v												
					h												
M-5					v												
					h												
Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura														Promedio (kg/cm ²)		#DIV/0!	
Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura														σ desviacion estandar (kg/cm ²)		#DIV/0!	
Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura														CV Coeficiente de variacion (%)		#DIV/0!	
Muretes reforzadas con mallas de 8 cm de abertura														Gm caracteristico (kg/cm ²)		#DIV/0!	

Norma de referencia NTP 399.621/ASTM E519

Ensayos:

Nota:

LABORATORISTA

TESISTA

Figura 39 — Instrumento de validación - Módulo de corte



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES
Título de trabajo de investigación: "Influencia de mallas de fibra de PET reciclado en reforzamiento estructural de muros de adobe en viviendas en el sector Huascatay, Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024".
Investigador: Bach. Yonatan Torres Pereira

II. DATOS DEL EXPERTO
Nombres y apellidos: Percy Fritz Puga Pasa
Especialidad: Gestión Pública
Cargo e Institución donde labora: D. Investig. EA - UNAMBA

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
 Marque con un aspa (X) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.- Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios				X	
	2.- Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado				X	
	3.- Objetividad	Está expresado en conducta observable				X	
Contenido	4.- Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5.- Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				X	
	6.- Intencionalidad	Es para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7.- Organización	Existe una organización lógica.					X
	8.- Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa.					X
	9.- Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.					X
	10.- Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

IV. MENCIÓN DE ATRIBUABILIDAD
 A.P.I. Puga Pasa

V. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación Debe corregirse (...)

Abancay 20 de marzo de 2024



 Dr. Percy Fritz Puga Pasa
 DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Figura 42 — Certificado de validación de instrumento - Especialista



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación: "Influencia de mallas de fibra de PET reciclado en reforzamiento estructural de muros de adobe en viviendas en el sector Huascatay, Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024".

Investigador: Bach. Yonatan Torres Pereira

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y apellidos: Edgar Anibal Pérez Olaguivel

Especialidad: Ing. Estadístico

Cargo e Institución donde labora: Docente - UNAMBA

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con un aspa (X) dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.- Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios				X	
	2.- Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					X
	3.- Objetividad	Está expresado en conducta observable				X	
Contenido	4.- Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
	5.- Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.					X
	6.- Intencionalidad	Es para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7.- Organización	Existe una organización lógica.					X
	8.- Consistencia	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa.					X
	9.- Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.					X
	10.- Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Aplicable

V. LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación

Debe corregirse (...)

Abancay 20 de marzo de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
 Mg. Edgar Anibal Pérez Olaguivel
 DOCENTE

Figura 44 — Certificado de validación de instrumento - Especialista ingeniería estadística



Anexo D Ensayos de laboratorio



Figura 45 — Resultados de ensayo de variabilidad dimensional, absorción y succión, alabeo

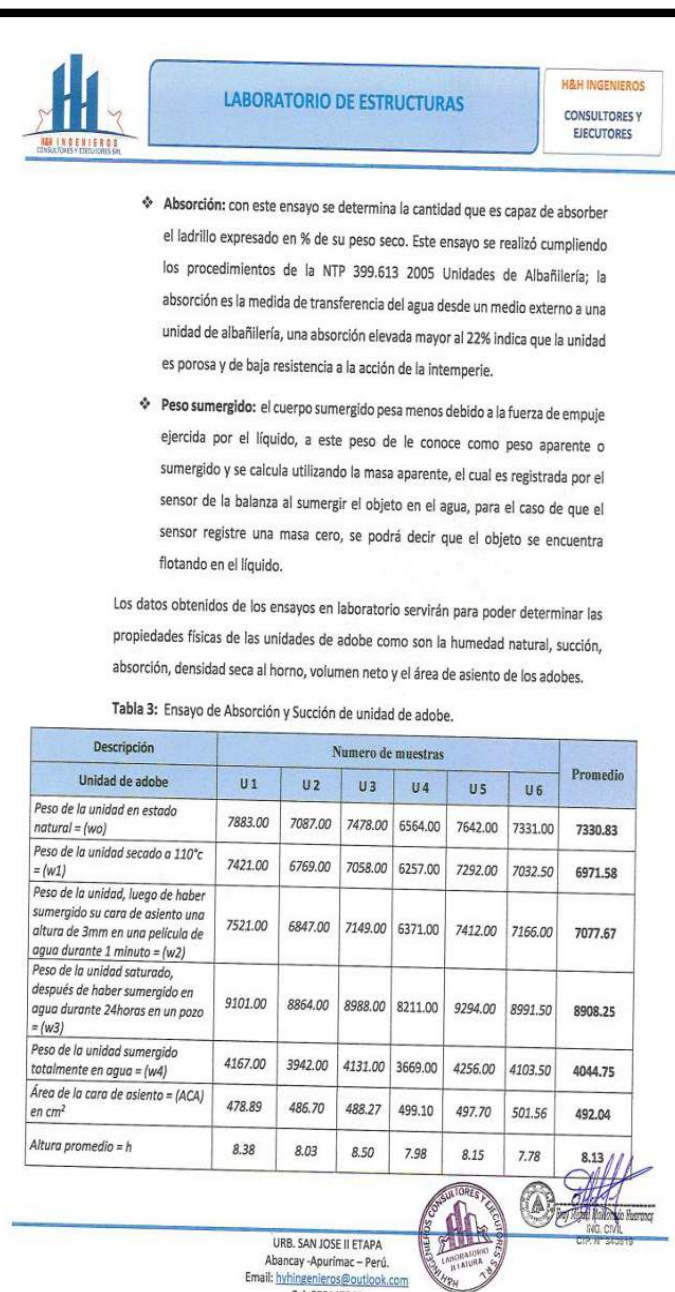
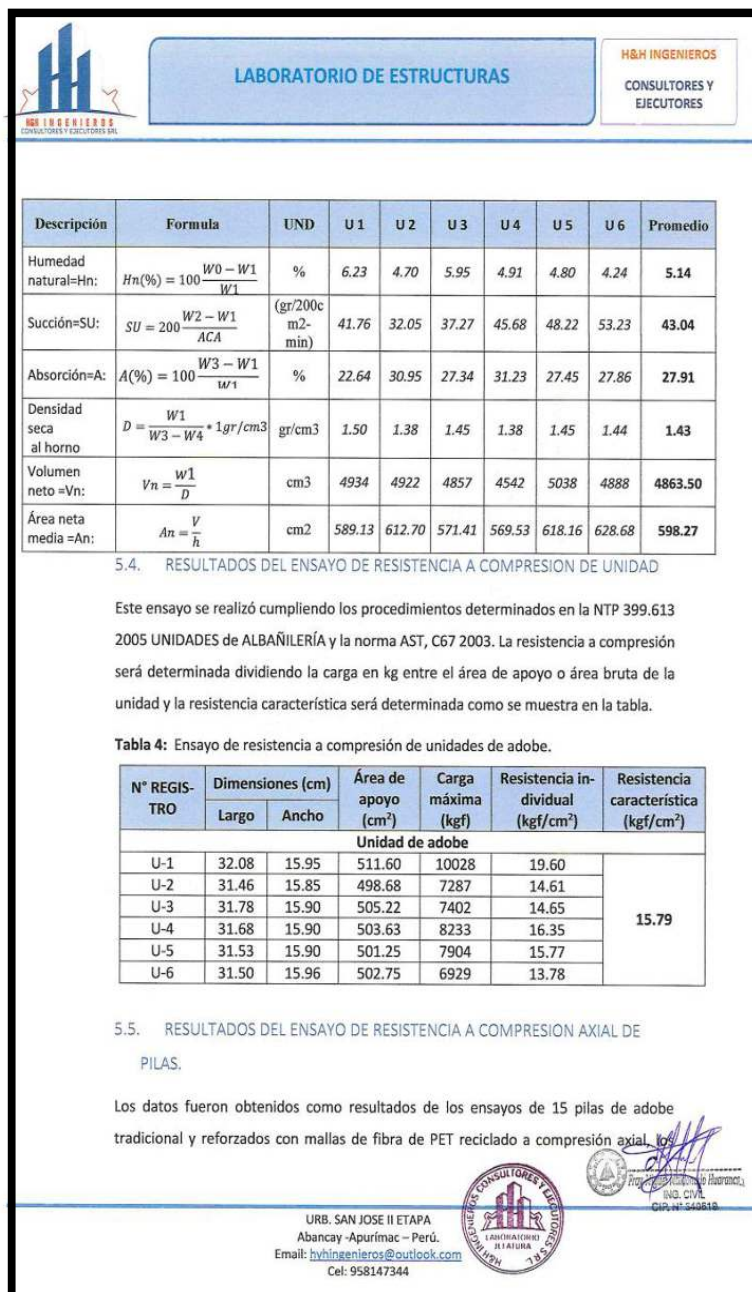


Figura 46 — Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de unidades, compresión axial de pilas



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES

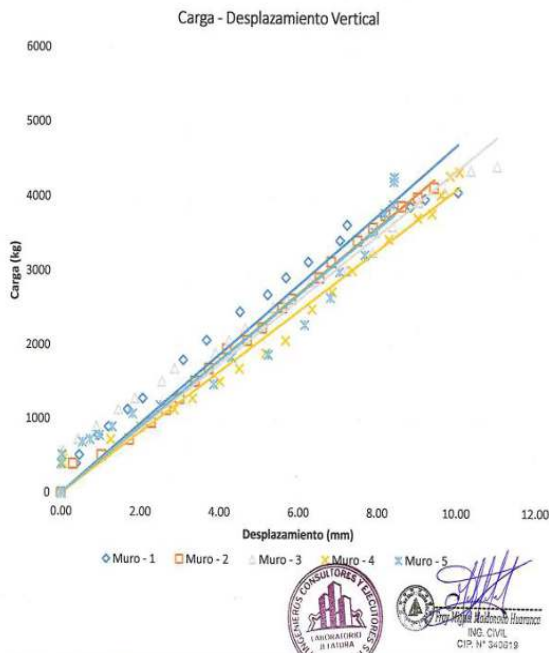


LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES

3.67	2073	3.73	1687	2.54	1513	4.50	1687	2.50	1185
4.51	2460	4.18	1958	2.86	1687	5.17	1900	3.85	1475
5.21	2691	4.70	2073	3.90	1900	5.67	2073	4.30	1842
5.67	2923	5.08	2247	4.24	2073	6.34	2498	5.23	1880
6.24	3135	5.58	2517	4.65	2247	6.85	2730	6.15	2286
7.04	3425	5.81	2633	5.36	2517	7.36	3020	6.80	2653
7.22	3637	6.52	2923	5.71	2633	8.28	3444	7.03	3000
8.16	3753	6.82	3135	6.29	2865	9.01	3734	7.67	3232
8.82	3888	7.48	3425	7.22	3020	9.37	3792	7.93	3541
9.19	3985	7.87	3599	7.87	3271	9.60	4043	8.17	3792
10.02	4081	8.19	3773	8.37	3618	9.83	4294	8.39	3908
		8.60	3888	9.03	3946	10.06	4352	8.40	4217
		9.01	4004	9.69	4081			8.41	4275
		9.42	4139	10.35	4371				
				11.01	4429				

Tabla 7: Carga – Desplazamiento Vertical de pilas de adobe patrón.



URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac – Perú.
Email: hvtingenieros@outlook.com
Cel: 958147344



ensayos fueron realizados a los 28 días de construcción de los prismas en base al RNE - E080, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 5: Resistencia a compresión axial de pilas de adobe.

N° REGIS- TRO	Dimensiones (cm)		Área de apoyo (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual f'm (kgf/cm ²)	Resistencia Característica f'm (kgf/cm ²)	Resistencia admisible fm (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho					
Pilas de adobe patrón							
P-1	32.05	16.25	520.81	4081	7.84	7.91	3.17
P-2	31.75	16.15	512.76	4139	8.07		
P-3	31.35	16.00	501.60	4429	8.83		
P-4	32.00	16.30	521.60	4352	8.34		
P-5	31.75	16.15	512.76	4275	8.34		
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm							
P-1	31.18	17.00	529.98	5124	9.67	8.85	3.54
P-2	31.40	17.35	544.79	4738	8.70		
P-3	31.25	16.30	509.38	4873	9.57		
P-4	31.20	16.50	514.80	4680	9.09		
P-5	31.85	16.70	531.90	4892	9.20		
Pilas de adobe con mallas de 8cm							
P-1	31.45	16.35	514.21	4526	8.80	8.34	3.33
P-2	30.85	16.40	505.94	4468	8.83		
P-3	31.10	16.85	524.04	4583	8.75		
P-4	31.60	16.95	535.62	4390	8.20		
P-5	31.00	17.10	530.10	4487	8.46		

5.1. RESULTADOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE PILAS.

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos a partir de la lectura realizada carga versus deformación del ensayo a compresión axial de pilas:

5.5.1. Pilas de adobe patrón

Tabla 6: Carga versus deformación de pilas de adobe patrón.

PILA- 1	PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.38	394	0.30	394	0.02	394	0.04	394	0.00
0.46	509	1.02	509	0.03	509	0.04	509	0.02
0.94	780	1.72	722	0.05	567	1.26	722	0.54
1.20	896	2.27	954	0.43	722	2.01	896	0.73
1.68	1127	2.65	1127	0.89	896	2.86	1127	0.97
2.06	1282	2.99	1282	1.44	1127	3.32	1282	1.29
3.08	1803	3.38	1513	1.86	1282	4.01	1513	1.80
								1069

URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac – Perú.
Email: hvtingenieros@outlook.com
Cel: 958147344



Figura 47 — Resultados de ensayo de módulos de elasticidad



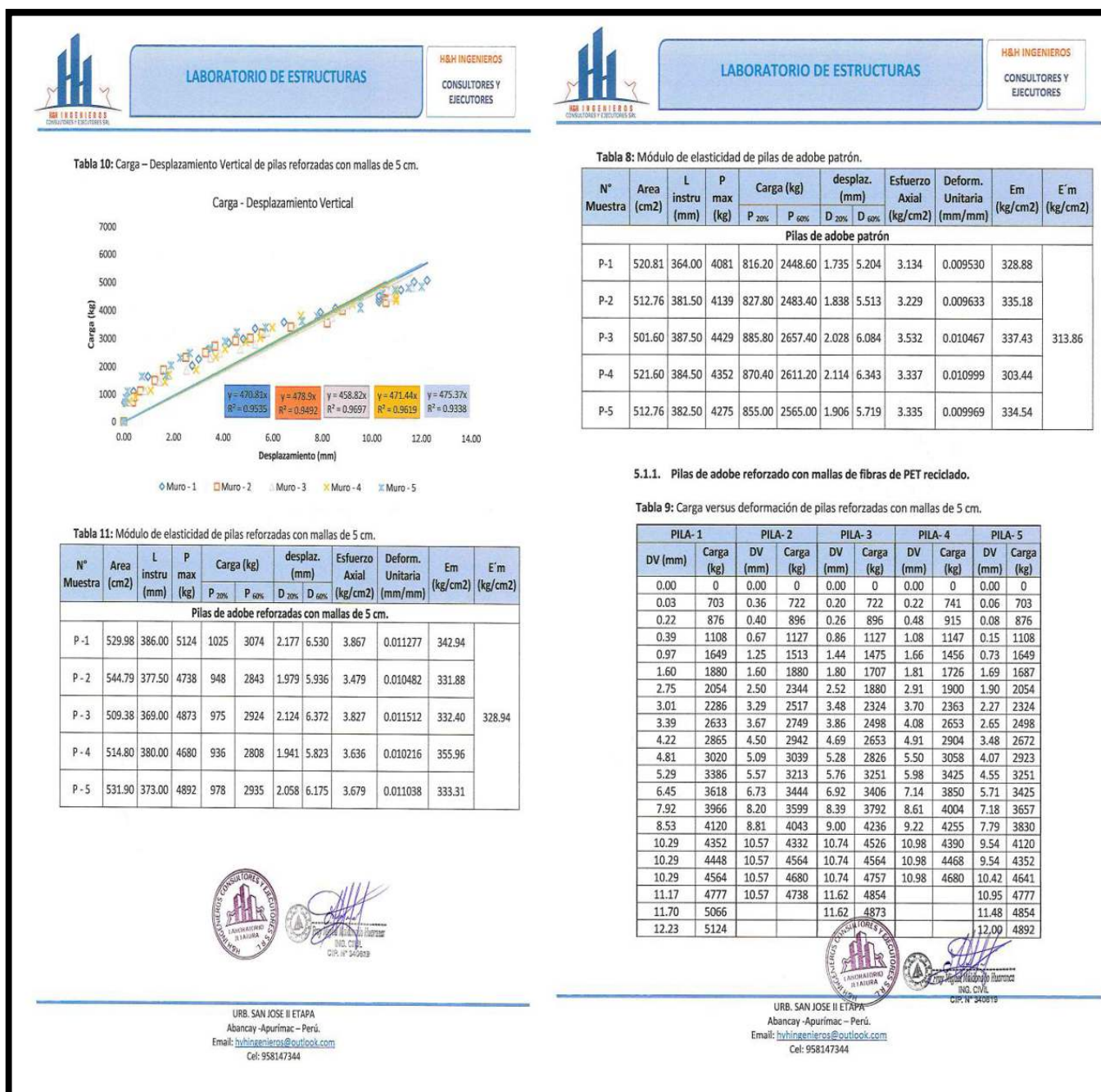


Figura 48 — Resultados de desplazamiento vertical





LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES

Tabla 13: Carga – Desplazamiento Vertical de pilas reforzadas con mallas de 8 cm.

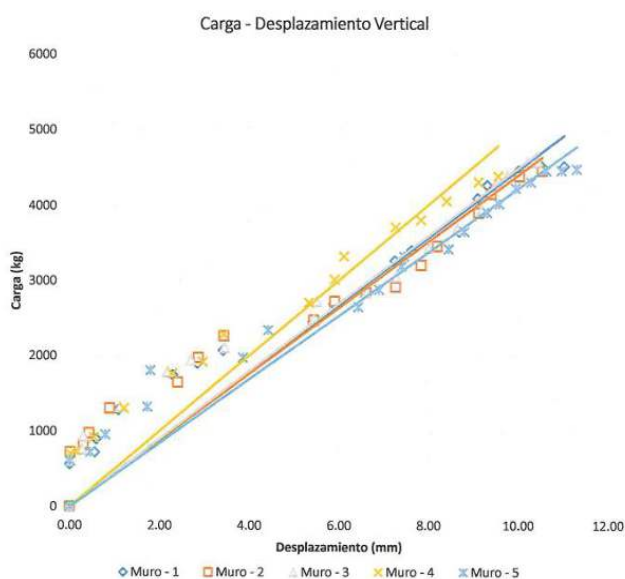


Tabla 12: Carga versus deformación de pilas reforzadas con mallas de 8 cm.

PILA-1		PILA-2		PILA-3		PILA-4		PILA-5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.01	567	0.02	722	0.03	606	0.02	703	0.01	606
0.56	722	0.31	818	0.28	760	0.15	741	0.46	722
0.60	896	0.44	973	0.31	934	0.55	915	0.80	954
1.09	1282	0.90	1301	1.13	1320	1.22	1301	1.73	1320
2.30	1745	2.41	1649	2.18	1784	2.29	1764	1.80	1803
2.85	1900	2.87	1977	2.70	1938	2.97	1919	3.86	1977
3.42	2073	3.44	2266	3.45	2112	3.44	2286	4.43	2344
5.42	2460	5.44	2479	5.45	2498	5.34	2711	6.43	2653
5.89	2691	5.91	2730	5.51	2730	5.91	3020	6.90	2884
6.59	2884	6.61	2846	6.62	2846	6.12	3328	7.40	3193
7.25	3271	7.27	2923	7.28	3058	7.27	3715	7.46	3328
7.62	3406	7.84	3213	8.01	3444	7.84	3811	8.45	3425
8.69	3657	8.20	3464	8.65	3695	8.41	4062	8.80	3657
9.10	4101	9.12	3908	9.19	3946	9.12	4313	9.31	3908
9.31	4275	9.40	4159	9.51	4294	9.56	4390	9.58	4024
10.01	4468	10.03	4390	9.76	4390			9.94	4236
10.52	4526	10.54	4468	10.21	4583			10.28	4313
11.02	4526			10.44	4583			10.62	4468
								10.96	4468
								11.30	4487

Tabla 14: Módulo de elasticidad de pilas de adobe reforzadas con mallas de 8 cm.

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E'm (kg/cm ²)
				P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 8 cm.											
P - 1	514.21	405.50	4526	905	2716	2.024	6.072	3.521	0.009983	352.68	317.03
P - 2	505.94	396.50	4468	894	2681	2.028	6.084	3.532	0.010230	345.32	
P - 3	524.04	388.50	4583	917	2750	2.036	6.107	3.498	0.010479	333.84	
P - 4	535.62	392.00	4390	878	2634	1.985	5.956	3.278	0.010130	323.63	
P - 5	530.10	390.50	4487	897	2692	2.121	6.362	3.386	0.010860	311.75	



[Signature]
ING. CIVIL
CIP. N° 349819

URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac - Perú.
Email: hvingenieros@outlook.com
Cel: 958147344



[Signature]
ING. CIVIL
CIP. N° 349819

URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac - Perú.
Email: hvingenieros@outlook.com
Cel: 958147344

Figura 49 — Resultados de carga versus deformación y desplazamiento vertical



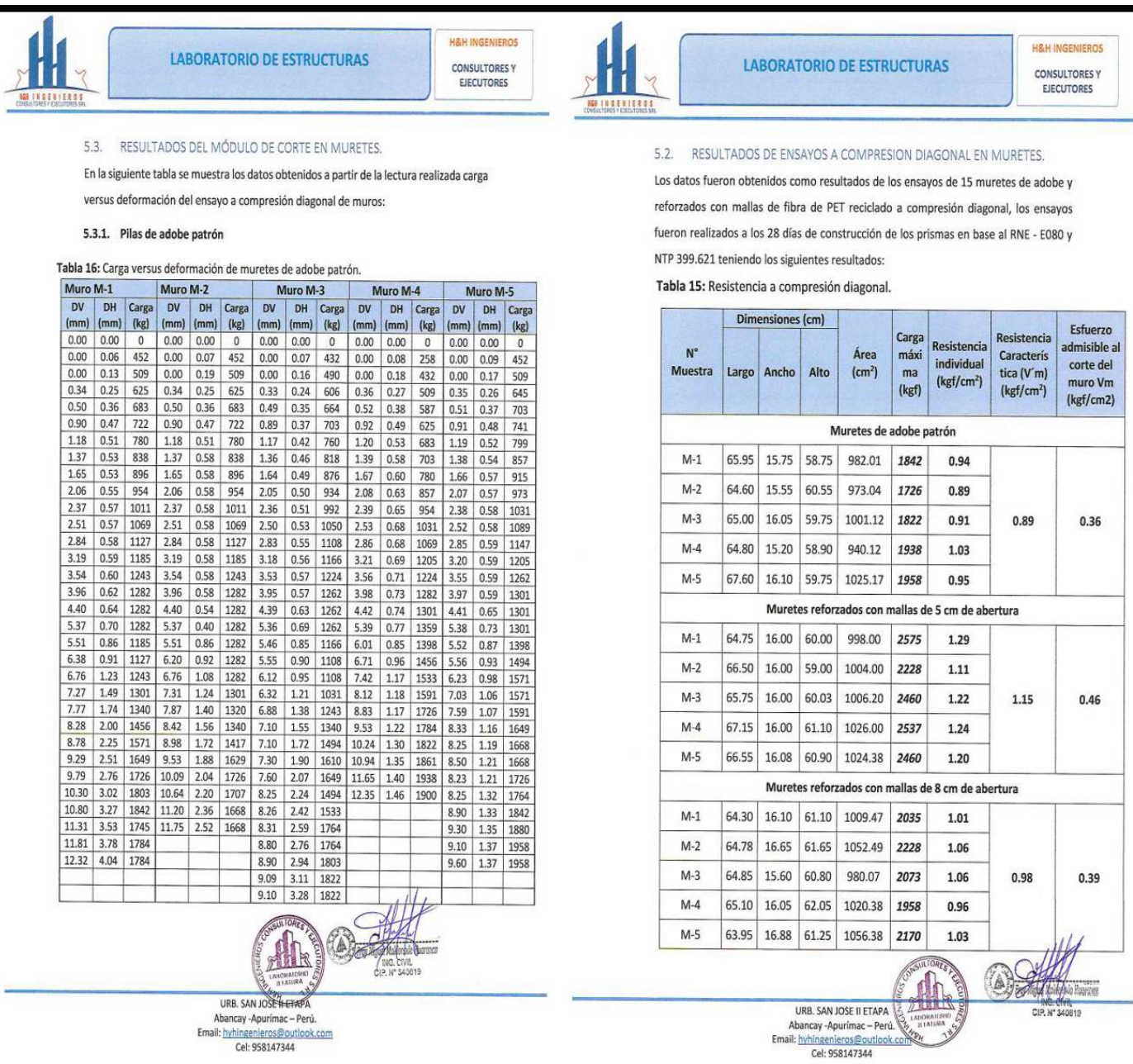


Figura 50 — Resultados de módulos de cortes y compresión diagonal en muretes

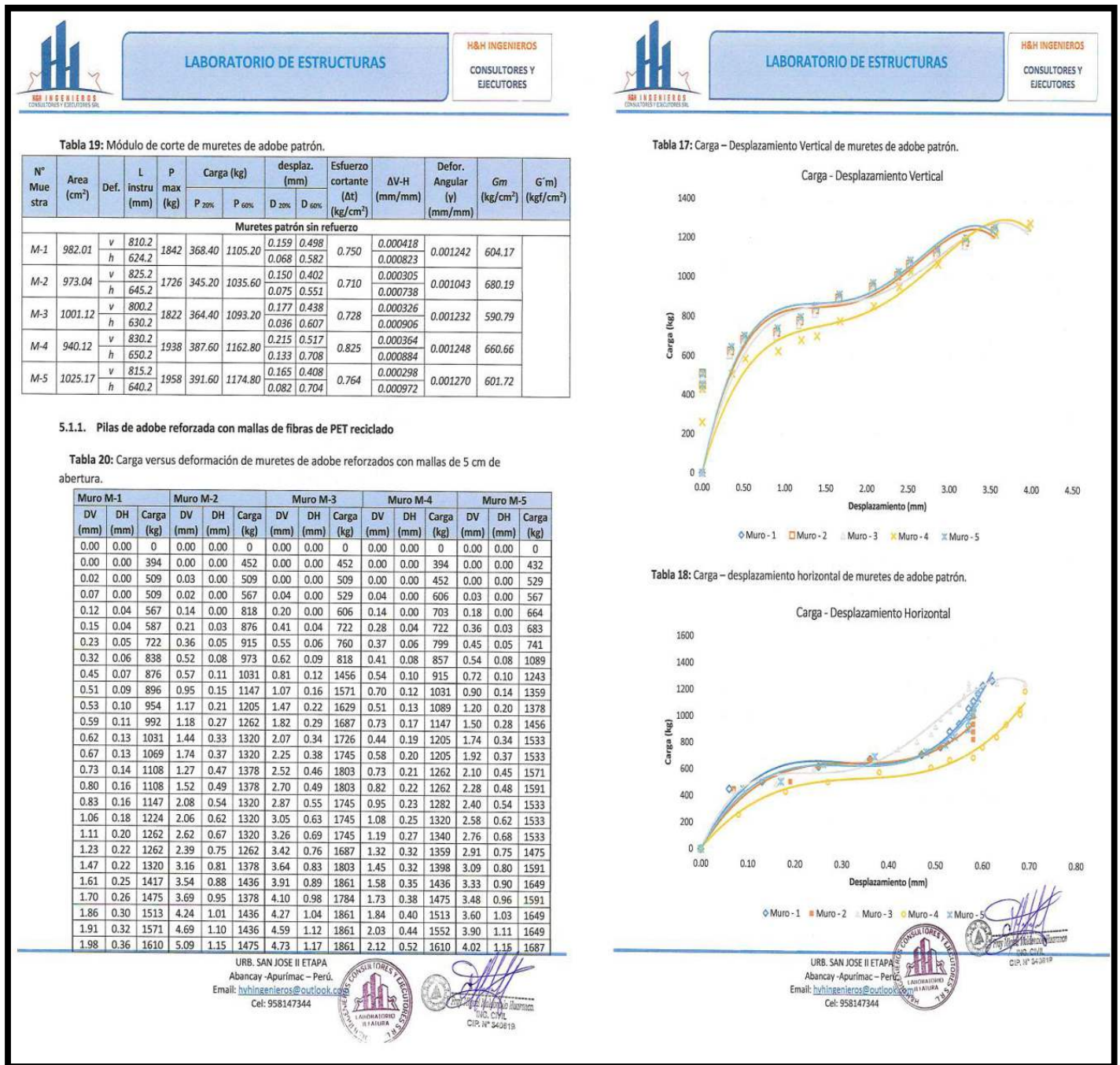


Figura 51 — Resultados de compresión diagonal en muretes y sus desplazamientos horizontal y vertical



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES

Tabla 22: Carga – desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

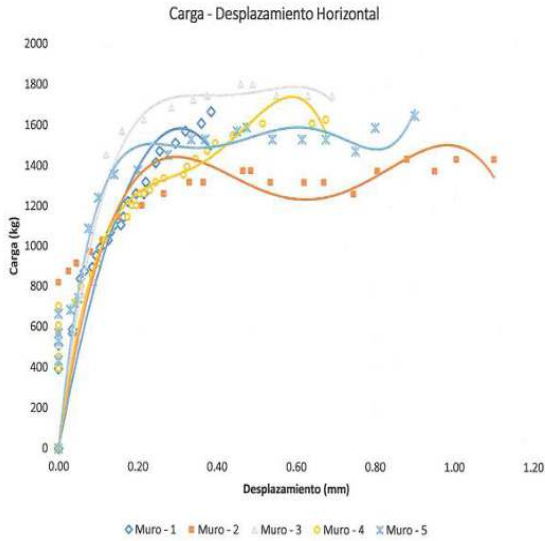


Tabla 23: Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura.

N° Muestra	Area (cm ²)	Def. instru (mm)	L max (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)	G'm (kgf/cm ²)
					P 20%	P 50%	D 20%	D 50%					
Muretes reforzados con mallas de 5 cm de abertura													
M-1	998.00	v	805.0	2575	515.00	1545.00	0.294	1.109	1.032	0.001012	0.001302	792.81	
		h	705.0				0.055	0.259					
M-2	1004.00	v	715.0	2228	445.60	1336.80	0.153	1.007	0.888	0.001194	0.001413	628.39	
		h	715.0				0.040	0.196					
M-3	1006.20	v	800.0	2460	492.00	1476.00	0.243	1.001	0.978	0.000948	0.001123	870.79	
		h	695.0				0.033	0.155					
M-4	1026.00	v	810.0	2537	507.40	1522.20	0.245	1.002	0.989	0.000935	0.001477	669.82	
		h	725.0				0.041	0.434					
M-5	1024.38	v	820.0	2460	492.00	1476.00	0.187	1.201	0.961	0.001237	0.001347	713.24	
		h	735.0				0.028	0.109					

URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac - Perú.
Email: hvingenieros@outlook.com
Cel: 958147344

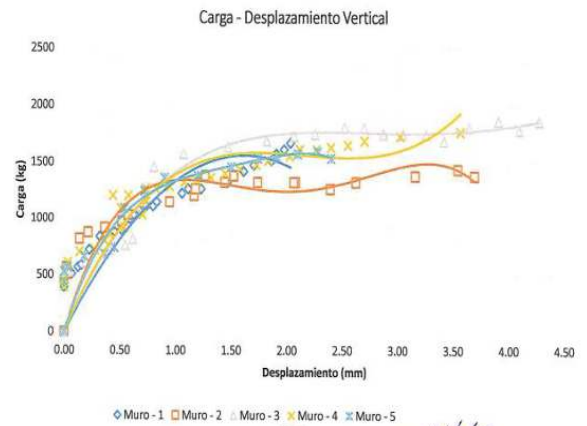


LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES

2.03	0.39	1668	5.26	1.23	1475	5.01	1.25	1919	2.27	0.64	1610	4.26	1.24	1687
2.03	0.43	1687	5.21	1.28	1533	5.22	1.33	1958	2.40	0.68	1629	4.44	1.30	1745
2.17	0.53	1784	3.80	1.36	1533	5.46	1.40	1958	2.55	0.82	1649	4.62	1.38	1745
2.28	0.56	1842	3.97	1.41	1591	5.73	1.44	2015	2.70	0.99	1687	4.89	1.43	1803
2.52	0.59	1900	4.41	1.55	1591	6.22	1.58	1958	3.02	1.06	1726	5.28	1.56	1996
2.91	0.66	1919	4.99	1.29	1533	7.11	1.82	1958	3.56	1.28	1764	6.06	1.80	1938
3.04	0.76	1958	5.23	1.33	1649	7.39	1.86	2035	3.74	1.31	1880	6.30	1.84	2054
3.33	0.80	1958	5.74	1.46	1707	7.98	1.99	2131	4.15	1.42	1996	6.78	1.98	2112
3.28	0.82	2015	6.81	1.84	1764	9.21	2.40	2189	4.86	1.75	2073	7.86	2.35	2170
0.87	2015		2.04	1822		2.59	2266		2.49	2209		2.58	2228	
0.90	2015		2.22	1958		2.78	2382		2.58	2421		2.75	2363	
0.93	2015		2.39	1938		2.93	2344		3.48	2537		2.90	2324	
0.92	2015		2.65	1996		3.19	2421					3.18	2382	
1.13	2073		2.93	2035		3.47	2460					3.45	2421	
0.88	1803		3.12	2112								3.73	2460	
1.14	2517		3.35	2170										
1.22	2517		3.58	2228										
1.21	2517		4.30	2228										
1.23	2575													
1.23	2575													

Tabla 21: Carga – Desplazamiento Vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura.



◆ Muro - 1 ■ Muro - 2 ▲ Muro - 3 ✖ Muro - 4 ✖ Muro - 5



URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac - Perú.
Email: hvingenieros@outlook.com
Cel: 958147344



Figura 52 — Resultados de módulo de cortes en muretes y sus desplazamientos horizontal y vertical





LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

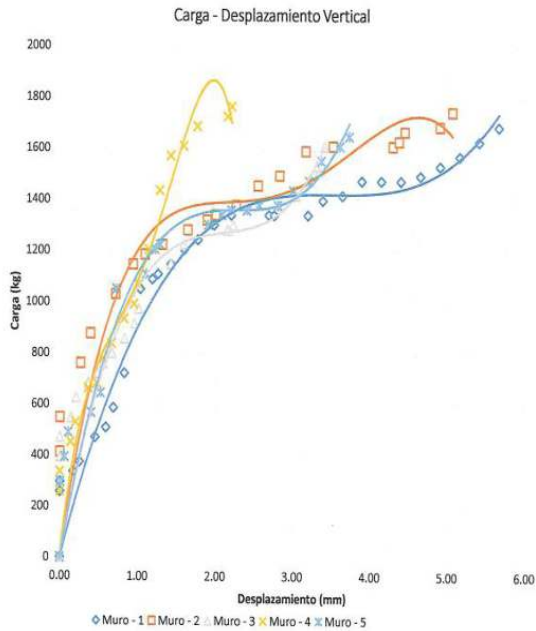
H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS
CONSULTORES Y
EJECUTORES

Tabla 25: Carga – Desplazamiento Vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 8 cm de abertura



◆ Muro - 1 □ Muro - 2 ▲ Muro - 3 ✖ Muro - 4 * Muro - 5



URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac – Perú.
Email: hvingenieros@outlook.com
Cel: 958147344

Tabla 24: Carga versus deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 8 cm de abertura.

Muro - 1			Muro - 2			Muro - 3			Muro - 4			Muro - 5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.00	0.01	258	0.00	0.01	413	0.00	0.01	394	0.00	0.01	258	0.00	0.00	297
0.00	0.03	297	0.00	0.03	548	0.00	0.02	471	0.00	0.04	336	0.06	0.00	394
0.17	0.05	336	0.26	0.05	760	0.14	0.03	548	0.14	0.05	452	0.11	0.06	490
0.25	0.07	374	0.39	0.07	876	0.20	0.04	625	0.20	0.07	529	0.40	0.00	567
0.45	0.09	471	0.71	0.07	1031	0.36	0.05	683	0.36	0.09	664	0.52	0.00	645
0.59	0.10	509	0.94	0.08	1147	0.48	0.05	722	0.47	0.10	683	0.72	0.00	1050
0.69	0.11	587	1.09	0.09	1185	0.55	0.05	760	0.55	0.12	780	1.10	0.06	1108
0.83	0.11	722	1.31	0.10	1224	0.66	0.06	799	0.66	0.12	838	1.22	0.08	1205
1.03	0.11	1050	1.64	0.10	1282	0.83	0.06	857	0.82	0.12	934	1.28	0.10	1224
1.19	0.11	1089	1.89	0.10	1320	0.95	0.06	915	0.95	0.12	992	1.90	0.15	1301
1.26	0.11	1108	2.00	0.11	1340	1.01	0.06	973	1.00	0.12	1069	2.08	0.17	1340
1.42	0.12	1147	2.26	0.11	1378	1.42	0.06	1147	1.14	0.12	1205	2.20	0.20	1359
1.60	0.12	1205	2.54	0.11	1456	1.59	0.06	1224	1.28	0.12	1436	2.40	0.23	1359
1.77	0.12	1243	2.82	0.11	1494	2.15	0.07	1282	1.42	0.12	1571	2.56	0.25	1378
1.98	0.12	1301	3.16	0.11	1591	2.22	0.09	1301	1.58	0.12	1610	2.80	0.28	1378
2.20	0.13	1340	3.51	0.13	1610	2.49	0.10	1378	1.76	0.11	1687	3.00	0.30	1436
2.69	0.14	1340	4.29	0.14	1610	2.81	0.11	1378	2.15	0.08	1726	3.20	0.34	1475
2.76	0.17	1340	4.37	0.17	1629	3.04	0.11	1417	2.20	0.17	1764	3.36	0.37	1552
3.19	0.18	1340	4.44	0.18	1668	3.33	0.12	1513	2.48	0.18	1764	3.60	0.40	1610
3.38	0.25	1398	4.90	0.19	1687	3.30	0.12	1533	2.70	0.22	1822	3.72	0.43	1649
3.63	0.30	1417	5.06	0.24	1745	3.40	0.12	1610	2.93	0.25	1687	4.08	0.50	1649
3.89	0.35	1475	5.50	0.28	1822	3.29	0.12	1687	3.15	0.28	1707	4.24	0.53	1668
4.14	0.40	1475	5.68	0.31	1880	3.30	0.13	1822	3.37	0.31	1784	4.40	0.56	1726
4.39	0.45	1475	5.68	0.34	1958	3.56	0.13	1668	3.59	0.34	1822	4.60	0.59	1784
4.64	0.50	1494	5.84	0.38	1996	3.72	0.14	1861	3.81	0.38	1822	4.76	0.62	1842
4.90	0.55	1533	6.08	0.41	2112	3.64	0.14	1919	4.04	0.41	1764	4.92	0.65	1958
5.15	0.60	1571	6.60	0.45	2189	3.84	0.14	1764	4.26	0.44	1784	5.08	0.68	2073
5.40	0.65	1629	6.61	0.48	2228	3.64	0.31	1822	4.48	0.47	1958	5.24	0.71	2170
5.65	0.71	1687				3.64	0.33	2035						
	0.76	1784				3.66	0.33	2035						
	0.81	1861				3.70	0.34	2073						
	1.13	2035				3.78	0.35	1996						
	1.20	1668												
	1.26	1764												
	1.32	1764												
	1.39	1861												



URB. SAN JOSE II ETAPA
Abancay - Apurímac – Perú.
Email: hvingenieros@outlook.com
Cel: 958147344

Figura 53 — Resultados de carga en muretes y sus desplazamientos verticales



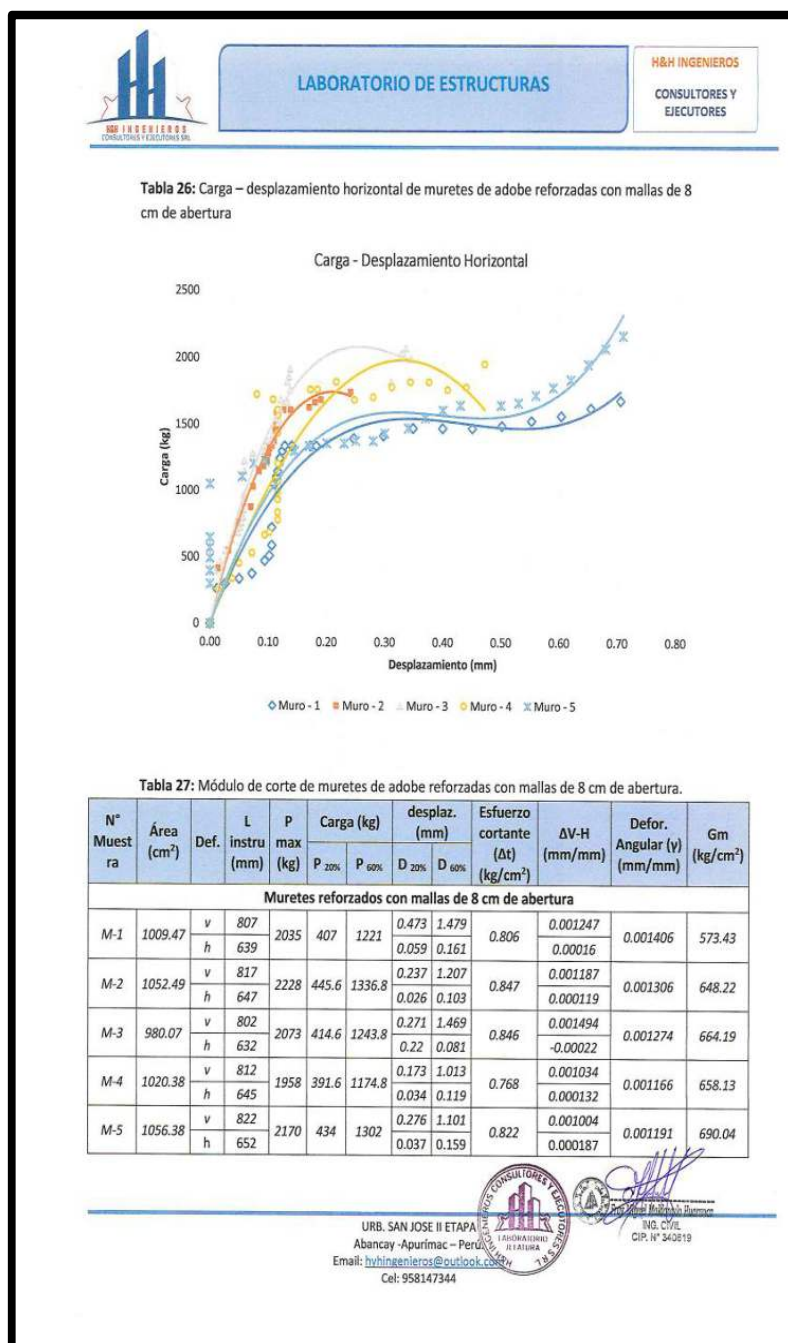


Figura 54 — Resultados de carga en muretes y sus desplazamientos horizontales



Anexo E

Certificado de calibración




Fig. 1 de 1

CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° 0025-COE-2024

PRESNA HIDRAULICA CON MANOMETRO

CLIENTE : H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

DIRECCION : MEA, A LOJE, 1 URB. SAN JOSE II ETAPA CHIRICAS DEL QUENTA SOLESTRELLA ARENA C/P APURIMAC - ABANCAY


DATOS DEL EQUIPO

Presna Marca : NO INDICA
 Modelo : NO INDICA
 Serie : 1745
 Capacidad : 80 TN
 Procedencia : PERU
 Identificación : NO INDICA
 Ubicación : LABORATORIO DE CONCRETO

Fecha de entrega:
Lima, 08 de Enero del 2024

Firmado digitalmente
por Diego Navarro Prado
Fecha: 2024-08-10 07:42:02
Corrente General

INGENIERIA Y PERFORACIONES PERUTEST S.R.L. PERUTEST S.R.L.
 Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Manabique
 Laboratorio: Jr. Luján 1252 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Tel: 627-6601
 Ventas: Av. Delencón del Moral 2425 - Chorrillos Tel: 627-6600
ventas@perutest.com.pe ingenieria@perutest.com.pe www.perutest.com.pe



Certificado de Calibración N° 0025-COE-2024
Pág. 2 de 3

VERIFICACIÓN

1. CENTRALIDADES.
A solicitud de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L. se procedió a verificar una Presna hidráulica. La calibración se realizó en las Instalaciones de Laboratorio de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

2. DEL SISTEMA A VERIFICAR.
PRESNA HIDRAULICA CON MANOMETRO

Presna Marca :	NO INDICA	Unid. Marca :	WINTERS
Modelo/Serie :	NO INDICA (1745)	Modelo :	DPV 15825S
Capacidad :	80 TN	Serie :	NO INDICA
Procedencia :	PERU	Ubicación :	LABORATORIO DE CONCRETO

3. DEL SISTEMA DE CALIBRACION.

Capacidad de Carga :	ASTM D4014	Indicador :	ASTM D4014
Modelo :	1010H	Serie :	991706614
Fecha :	201825	Alcance :	0.1 kgf
Carga Nominal :	155 TN		
Modelo/Serie :	COMPRESSION		

4. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACION.


Fecha : 2024-06-01
 Lugar : Instalaciones de Laboratorio de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

5. PROCEDIMIENTO.
El procedimiento toma como referencia el Método C de la norma ISO 7500-1 y la norma ASTM E4-16. Se aplicaron tres series de carga al Anillo mediante la misma prensa. Se realizó una verificación en los límites de la carga.

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

Temperatura Local : 23.1 °C
 Temperatura Final : 20.6 °C
 Humedad Relativa : 64 %

INGENIERIA Y PERFORACIONES PERUTEST S.R.L. PERUTEST S.R.L.
 Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Manabique
 Laboratorio: Jr. Luján 1252 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Tel: 627-6601
 Ventas: Av. Delencón del Moral 2425 - Chorrillos Tel: 627-6600
ventas@perutest.com.pe ingenieria@perutest.com.pe www.perutest.com.pe




Certificado de Calibración N° 0025-COE-2024
Pág. 1 de 1

7. TRAZABILIDAD.
Certificado de Calibración 113-24. Con trazabilidad en el Laboratorio de Estructuras Avanzadas de la Pontificia Universidad Católica

8. RESULTADOS.
En la Tabla N° 01 se muestran los resultados de las series de verificación y los errores correspondientes.
 - En el Gráfico N° 01 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.
 - Con fines de identificación se ha colocado etiquetas con el número del certificado

8.1. INSPECCION VISUAL.
- El equipo no presenta ninguna observación.

INGENIERIA Y PERFORACIONES PERUTEST S.R.L. PERUTEST S.R.L.
 Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Manabique
 Laboratorio: Jr. Luján 1252 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Tel: 627-6601
 Ventas: Av. Delencón del Moral 2425 - Chorrillos Tel: 627-6600
ventas@perutest.com.pe ingenieria@perutest.com.pe www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.
VENTA Y FABRICACION DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - HERRAJES - QUIMICA
RUC N° 20682182731

CERTIFICADO DE CALIBRACION

PT - LM - 0235 - 2023

Pág. 1 de 1

1. Expediente: 4977-0003

2. Solicitante: H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

3. Dirección: MEA, A LOJE, 1 URB. SAN JOSE II ETAPA CHIRICAS DEL QUENTA SOLESTRELLA ARENA C/P APURIMAC - ABANCAY

4. Equipo de medición: BALANZA ELECTRONICA

Capacidad Máxima :	3000 g
División de escala (g) :	1 g
Div. de verificación (g) :	1 g
Clase de exactitud :	E1
Marca :	OMHA
Modelo :	AG10300N
Número de Serie :	835830028
Capacidad máxima :	20 g
Procedencia :	CHINA
Identificación :	NO INDICA

5. Fecha de Calibración: 2023-10-03

Fecha de Emisión : 2023-10-03
 Jefe del Laboratorio de Metrología :
 JORGE ALEJANDRO FLORES BENAVIDES

INGENIERIA Y PERFORACIONES PERUTEST S.R.L. PERUTEST S.R.L.
 Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Manabique
 Laboratorio: Jr. Luján 1252 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Tel: 627-6601
 Ventas: Av. Delencón del Moral 2425 - Chorrillos Tel: 627-6600
ventas@perutest.com.pe ingenieria@perutest.com.pe www.perutest.com.pe

Figura 55 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro



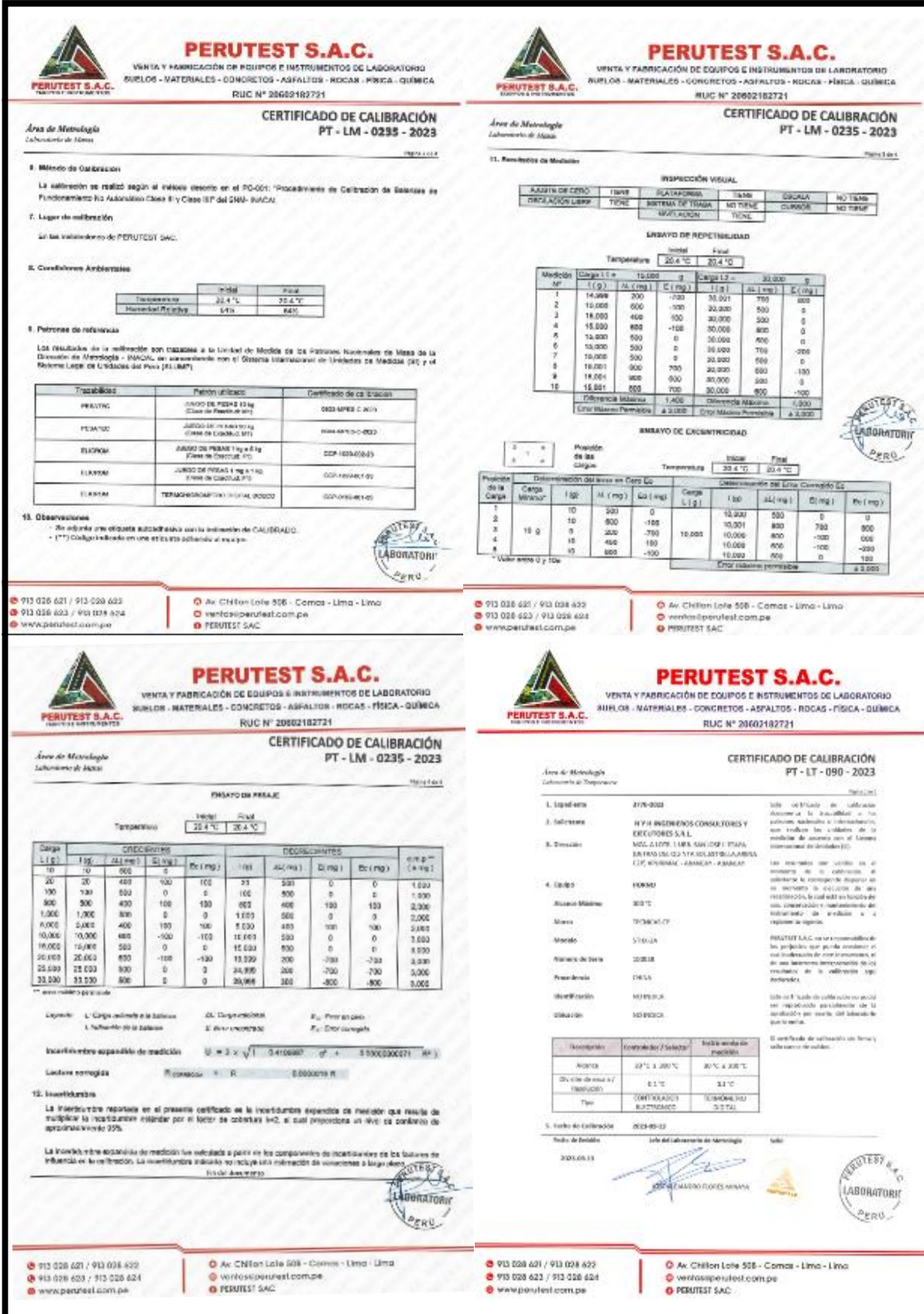


Figura 56 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro- ensayo de excentricidad



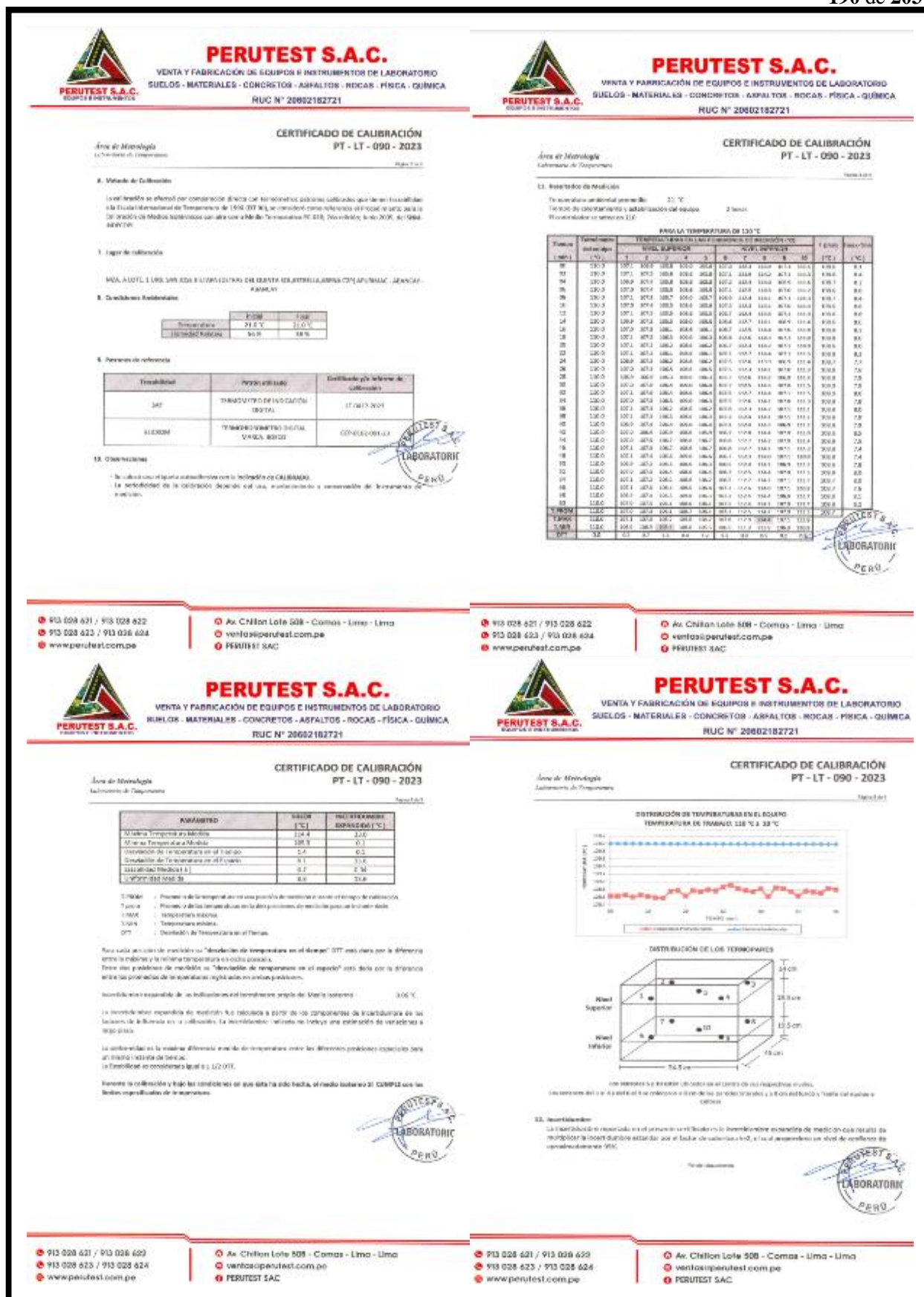


Figura 57 — Certificado de calibración de horno eléctrico



Anexo F

Declaración jurada de originalidad y no plagio

Declaración jurada de originalidad y no plagio

Tesista:

Yo, Yonatan Torres Pereira, identificado con DNI: 48554079, egresado de la Escuela Académico Profesional de ingeniería Civil UNAMBA, autor de la tesis titulada: **"Influencia de geomallas de fibras de PET reciclado en el reforzamiento de muros de adobe mediante ensayos de laboratorio - Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac - 2024"**.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

El tema y contenido de tesis es original, siendo resultado de mi esfuerzo y trabajo personal, no ha sido copiado, no se han utilizado ideas, formulaciones, citas integrales ni ilustraciones diversas sacadas de otras tesis, obras, artículos, memorias, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma exacta y clara su origen, fuente o autor, tanto en el cuerpo o texto, gráficos o figuras, cuadros, tablas u otro contenido protegido por derechos de autor o que no hayan sido debidamente citadas.

En ese sentido, soy consciente de que la falta de respeto a los derechos de autor y plagiar son acciones que serán castigadas mediante sanciones universitarias y/o legales.

Me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento en la ciudad de Tamburco, a los 10 días del mes de enero de 2025.



Tesista: Yonatan Torres Pereira
DNI: 48554079

Figura 58 — Declaración jurada de originalidad y no plagio

Anexo G

Panel fotográfico



Figura 59 — Registro fotográfico del diagnóstico de campo en el sector Huascatay, Apurímac



Figura 60 — Preparación de materia prima para la elaboración de las unidades de adobe



Figura 61 — Elaboración de pilas y proceso de pircado de muretes



Figura 62 — Elaboración de geomallas de fibras de PET reciclado



Figura 63 — Proceso de enmallado o reforzamiento de los muretes y pilas con malla de PET

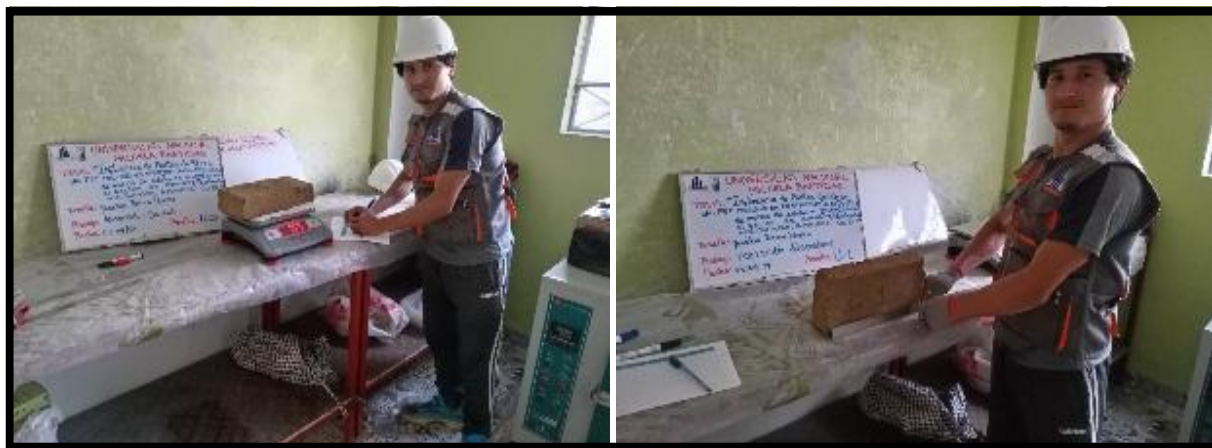


Figura 64 — Muestra el ensayo de variabilidad dimensional de adobes



Figura 65 — Muestra el ensayo de alabeo



Figura 66 — Prueba de absorción y succión



Figura 67 — Ensayo de resistencia a compresión de las unidades



Figura 68 — Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas patrón



Figura 69 — Ensayo de compresión axial de pilas con refuerzo de 8cm de abertura



Figura 70 — Ensayo de compresión diagonal de muretes patrón sin refuerzo



Figura 71 — Ensayo de compresión diagonal de muretes con refuerzo de mallas de 8 cm



Figura 72 — Ensayo de compresión diagonal de muretes con refuerzo de mallas de 5 cm

Anexo H

CERTIFICADOS DE CALIDAD



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración


LFP - C - 051 - 2021

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1042957	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	TEST & CONTROL S.A.C.	
Dirección	Condesa De Lemos N° 117 Urb. San Miguelito	
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA	Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).
Intervalo de Indicaciones	0 bar a 700 bar	
Resolución	0,05 bar	
Clase de Exactitud	0,05 % FS (*)	
Marca	AEP	
Modelo	LAB DMM 2	
Número de Serie	930948	<i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i>
Procedencia	ITALIA	
Fecha de Calibración	2021-05-26	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	 <p>Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA, Leonardo FAU 20600283015 soft Fecha: 2021-05-29 21:29:00</p>
Dirección de Metrología	 <p>Firmado digitalmente por SANCHEZ AVILES Ricardo Alfonso FAU 20600283015 soft Fecha: 2021-05-28 15:41:33</p>
	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacel.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



Figura 73 — Certificado de calibración - Medición de presión relativa





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-03464-2022

PROFORMA : 8972A

Fecha de emisión: 2022-03-03

SOLICITANTE : EDDISON VILLARROEL HUILLCA

DIRECCIÓN :

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MANÓMETRO ANALÓGICO

Marca : WEIZZ

Modelo : No Indica

N° de Serie : No Indica

Intervalo de Indicación : 0 psi a 5 000 psi

Resolución : 100 psi

N° de Parte : No Indica

Identificación : No Indica

Clase de Exactitud : 1,6

Ubicación : No Indica

Fecha de Calibración : 2022-03-02

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

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

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración de instrumentos de medición de presión relativa se basa en el método de comparación directa; el cual consiste en comparar la indicación del instrumento bajo calibración contra la indicación de presión de un patrón, ambos conectados en línea a una fuente de generación de presión según procedimiento PC-004 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05 %F.S.". Tercera Edición - Agosto 2019. DM-INACAL.

CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20,9 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	69,2 %	68,9 %
Presión Atmosférica	1 002,9 hPa	1 002,7 hPa

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r01/Febrero 2021/Rev.05

Página : 1 de 2



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

Figura 74 — Certificado de calibración - Manómetro analógico

