

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Respuesta Experimental y Numérica de Muros de Albañilería  
Reforzados con Fibras Textiles Recicladas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Edy Elmer Churqui Accha

Edison Brayan Pocco Sulla

**Asesor:**

Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia

**Juliaca, febrero de 2026**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“RESPUESTA EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA DE MUROS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON FIBRAS TEXTILES RECICLADAS”** de los autores **Edy Elmer Churqui Accha** y **Edison Brayan Pocco Sulla** tiene un índice de similitud de 9% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 07 días del mes de abril del año 2026.



Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunqui, a 23 día(s) del mes de febrero del año 2025, las 19:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la presidencia de:

(de la presidente(a)) Msc. Eder Mamani Chambi el (la) secretario(a): Mtro Leonel Chahuaroc Paucar y los demás miembros: Mg. Heron Duberly Pari Gusi y el (la) asesor(a) Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquinia

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Requerita Experimental y Numérica de Muros de Albariñeria Reforzados con Fibras Textiles Recicladas

del(los) bachiller(es): a) Edison Brayan Pocco Sullta  
 b) Edy Elmer Churqui Acha  
 c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Edison Brayan Pocco Sullta

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b): Edy Elmer Churqui Acha



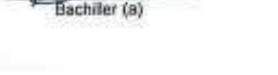


CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

  
 Presidente/a  
  
 Asesor/a  
  
 Bachiller (a)  
  
 Bachiller (b)  
  
 Secretario/a  
 \_\_\_\_\_  
 Miembro  
 \_\_\_\_\_  
 Bachiller (c)

## ÍNDICE

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción .....	7
1.1. Técnicas de reforzamiento estructural alternativa en albañilería.....	8
Métodos y Materiales.....	9
2.1. Materiales empleados.....	10
2.2. Equipos e instrumentos utilizados.....	11
2.3. Elaboración de las muestras y configuración del ensayo.....	12
2.4. Ensayos Experimentales.....	17
2.5. Evaluación del factor de integridad.....	17
2.6. Modelo numérico en Abaqus/CAE.....	19
Resultados .....	21
3.1. Ensayo de carga diagonal y medición de deformación .....	24
3.2. Análisis integrado del factor de integridad estructural de deformaciones medidas por LVDT.....	26
3.3. Análisis estadístico de la resistencia al Corte Diagonal .....	30
3.3.1. Estadística Descriptivas y variabilidad.....	30
3.4. Análisis no lineal con micromodelo detallado.....	33
Discusión .....	39
Interpretación de los Resultados por Fase Experimental .....	39
Mecanismos de Falla y Relación FIE-LVDT .....	40
Implicancias Prácticas y Contribuciones .....	41
Limitaciones y Trabajo Futuro .....	41
Conclusión .....	42
Referencia Bibliográfica.....	44
Anexos .....	46

# **Respuesta Experimental y Numérica de Muros de Albañilería Reforzados con Fibras Textiles Recicladas**

## **Experimental and Numerical Response of Masonry Walls Reinforced with Recycled Textile Fibers**

### **Resumen**

En regiones donde los ladrillos pandereta se utilizan principalmente como divisores no estructurales, surge el problema de su limitada resistencia al corte diagonal en muros de mampostería. Este estudio evaluó 21 muestras de muros de 690 × 690 × 170 mm, reforzadas con eslinga (una fibra textil reciclada), sometidas a ensayos de corte diagonal tras un curado de 28 días. Se empleó un sistema de anclaje con platinas metálicas y se aplicó tensión a la eslinga para optimizar el refuerzo. Las deformaciones fueron registradas mediante sensores LVDT durante los ensayos. Los resultados indicaron una mejora mínima en la resistencia al corte diagonal (del 2 % al 5 %) en comparación con investigaciones previas. Sin embargo, se observó una mejora en la deformación máxima, pasando de 0.37 mm a 0.49 mm en diferentes configuraciones de muestras. Además, se introdujo un nuevo parámetro denominado Factor de Integridad Estructural (FIE), que evalúa el porcentaje de integridad del muro post-falla. Por la incorporación del refuerzo con eslinga, el muro no falla de manera explosiva, sino controlada, evitando la separación total y logrando una mejora del 60 % en la integridad estructural. Estos resultados destacan que, considerando la mejora en la resistencia al corte diagonal es mínima, el refuerzo con eslinga reciclada implica un beneficio significativo en la integridad del muro, que se mantiene completo y no falla en su totalidad, promoviendo fallas más seguras y controladas. Esto tiene implicaciones clave para la construcción sostenible en zonas sísmicas.

**Palabras clave:** *Muros de Mampostería, Fibras Textiles, Eslinga Reciclada, Factor de Integridad Estructura (FIE), Deformación*

## Abstract

In regions where, hollow clay bricks (pandereta) are mainly used as non- structural partitions, the problem of their limited diagonal shear strength in masonry walls arises. This study evaluated 21 wall specimens measuring 690 × 690 × 170 mm, reinforced with a sling (a recycled textile fiber), subjected to diagonal shear tests after a curing period of 28 days. An anchorage system using metal plates was employed, and tension was applied to the sling to optimize the reinforcement. Deformations were recorded using LVDT sensors during the tests. The results indicated a minimal improvement in diagonal shear strength (from 2% to 5%) compared to previous studies. However, an improvement in maximum deformation was observed, increasing from 0.37 mm to 0.49 mm in different specimen configurations. Additionally, a new parameter called the Structural Integrity Factor (SIF) was introduced, which evaluates the percentage of post- failure wall integrity. Due to the incorporation of sling reinforcement, the wall does not fail in an explosive manner but rather in a controlled way, preventing total separation and achieving a 60% improvement in structural integrity. These results highlight that, although the improvement in diagonal shear strength is minimal, reinforcement with recycled sling provides a significant benefit in wall integrity, as it remains intact and does not completely fail, promoting safer and more controlled failure modes. This has key implications for sustainable construction in seismic areas.

**Keywords:** *Masonry Walls, Textile Fibers, Recycled Sling, Structural Integrity Factor (SIF), Deformation*

## Introducción

En gran parte del territorio peruano, la mampostería confinada o no confinada con ladrillo pandereta constituye el sistema de constructivo más utilizado en viviendas de bajo costo, este sistema es ampliamente reportado en la costa y sierra peruanas desde el sismo de pisco (2007), donde se documentó su uso extendido y el desempeño desigual según la calidad del material y los detalles de confinamiento. (Tarque & Quiun, 2021) Sin embargo, los ladrillos pandereta presentan baja resistencia a compresión y limitada disipación de energía, lo que incrementa la vulnerabilidad sísmica; estudios experimentales en Perú demostraron que los muros construidos con este tipo de unidad tienden a fallar por cortante diagonal y desprendimiento de juntas, mostrando un comportamiento frágil y una rápida pérdida de rigidez ante cargas laterales cíclicas. (Sutcliffe, Yu, & Page, 2001) Estos hallazgos evidencian el riesgo estructural asociado al uso de ladrillo pandereta como muros portantes en zonas de alta sismicidad.

Este fenómeno no es exclusivo del Perú, edificaciones de mampostería no reforzada (URM) y de baja calidad material son comunes en América latina, Asia y África, con vulnerabilidades similares frente a carga lateral sísmica. Revisiones y estudios recientes describen su amplia distribución y desempeño frágil ante sismos, y motivan el uso de técnicas de refuerzo accesibles. (Morsali, Babamohammadi, & Elyasi, 2023) En paralelo, organismos internacionales han subrayado que gran parte de la vivienda en países en desarrollo se produce fuera de estándares formales, dentro de contexto de autoconstrucción e informalidad urbana, lo que agrava la exposición al riesgo. (Bautista Salinas, 2023)

Diversos estudios sobre unidades cerámicas utilizadas en la edificación de vivienda en el Perú evidencian una gran variabilidad en su resistencia a la compresión, especialmente entre los ladrillos artesanales tipo pandereta y los industriales de 18 huecos. La resistencia promedio a 5.884 MPa, mientras que los ladrillos industriales superan los 9.807 MPa, generando una diferencia de aproximadamente de 40% en capacidad resistente. (Sáenz Tenorio, 2016) Esta brecha se asocia principalmente al proceso de fabricación artesanal, en el cual el control de

temperatura, compactación y homogeneidad del material es limitado. (Yacila, Salsavilca, Tarque, Casadei, & Camata, 2018) La menor resistencia de la unidad pandereta, combinada con mortero de baja dosificación y ausencia de confinamiento estructural, incrementa la probabilidad de falla frágil ante cargas laterales o movimientos sísmicos, condiciones ampliamente documentadas en edificaciones autoconstruidas del sur del Perú.

$\tau$	: Resistencia al Corte	B-MCRT2-02	: Reforzamiento de dos bandas de 75 mm
$K_0$	: Rigidez Inicial	C-MCRT3-02	: Reforzamiento de dos bandas de 100 mm
$\mu$	: Ductilidad	MCRD-01	: Reforzamiento en diagonal
		MCRDH-01	: Reforzamiento en diagonal y horizontal
<b>Configuración de Muestra</b>			
FRP	: Polímeros Reforzados con fibras	MSR-01	: Murete piloto sin mortero
FRCM	: Morteros reforzados con tejidos	MCRM-01	: Murete piloto con mortero de 15 mm
NTP	: Norma Técnica Peruana	A-MCRT1-01	: Reforzamiento de una banda de 50 mm
ASTM	: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales	B-MCRT2-01	: Reforzamiento de una banda de 75 mm
LVDT	: Transformador diferencial de variación lineal	C-MCRT3-01	: Reforzamiento de una banda de 100 mm
RNE	: Reglamento nacional de establecimientos	A-MCRT1-02	: Reforzamiento de dos bandas de 50 mm

### 1.1. Técnicas de reforzamiento estructural alternativa en albañilería

El reforzamiento de muros de albañilería ha evolucionado en las últimas décadas hacia la aplicación de técnicas no convencionales, orientadas a incrementar la resistencia, rigidez y ductilidad de las edificaciones sin modificar significativamente su configuración original. Estas alternativas buscan reducir los costos de rehabilitación y adaptarse a las condiciones económicas de la vivienda autoconstruida, particularmente en países latinoamericanos y Asia. (D'Altri A. M., Miranda, Castellazzi, & Vasilis, 2018)

Entre los métodos más estudiados se encuentra los refuerzos mediante mallas metálicas, fibras naturales como el fique o la cabuya, y los polímeros reforzados con fibras (FRP) o morteros reforzados con tejidos (FRCM), aplicados superficialmente sobre el parámetro de mampostería. (Zhang, Yang, Sheng, Garrity, & Xu, 2017) Estas técnicas permiten redistribuir los esfuerzos cortantes y controlar la fisuración diagonal, lo que resulta en mejoras en la resistencia a la

compresión y al corte, así como en un incremento de la ductilidad. De esta forma, se eleva la capacidad portante del muro ante cargas laterales, con incremento reportados de hasta un 30-50% en ductilidad según estudios previos.

En los últimos años, diversos investigadores han explorado el uso de materiales textiles reciclados como refuerzos alternativos de bajo costo. Las eslingas de poliéster o poliamida originalmente diseñadas para izaje industrial presentan alta resistencia a la tracción, bajo peso y adherencia con el mortero, inclusive bajo un escenario posterior a su servicio, presentando resistencia residual significativa. (International, 2020) lo que las convierte en una opción sostenible y eficiente para intervenciones en viviendas autoconstruidas. (Yacila, Salsavilca, Tarque, Casadei, & Camata, 2018) El aprovechamiento de este tipo de material reciclado no solo contribuye a mejorar el comportamiento estructural, sino que también promueve la economía circular y la reducción del impacto ambiental en el sector construcción. (Sáenz Tenorio, 2016)

### **Métodos y Materiales**

Los materiales empleados fueron seleccionados por representar las prácticas constructivas más comunes del sector de la vivienda autoconstruida en regiones sísmicas del Perú, con el fin de evaluar su resistencia inherente y su potencial de reforzamiento. Se emplearon ladrillos tipo pandereta, mortero cemento-arena y eslingas textiles recicladas de poliéster. La caracterización siguió las normas NTP/ASTM para garantizar trazabilidad y replicabilidad. A continuación, en la tabla 1 se presenta un resumen comparativo de propiedades geométricas y mecánicas, seguido de la descripción específica y tabla técnica de cada material, usadas posteriormente para el diseño experimental y la calibración de un modelo numérico.

**Tabla 1***Propiedades mecánicas de materiales*

Material	Propiedad	Unidad	Valor típico/ensayado*	Norma de referencia
Ladrillo pandereta	Dimensiones	mm	218x137x90	NTP 331.017
	Densidad aparente	kg/m <sup>3</sup>	1900–2100	NTP 399.606
Mortero 1:4	Resistencia compresión (28 días)	MPa	≈12	NTP 334.051
	Espesor de junta	mm	15	E.070 (criterio constructivo)
Eslinga PES	Ancho (tres series)	mm	50 / 75 / 100	ASTM D6775
	Espesor	mm	≈2	ASTM D6775
	Carga de rotura (Fu)	kN	45–52	ASTM D6775

**2.1. Materiales empleados**

La unidad de albañilería empleadas corresponde de forma representativa a productores locales de unidades industrializadas. Este tipo de unidad es empleado en la construcción de viviendas de albañilería confinada y no confinada, debido a su bajo costo y buena disponibilidad facilitando su uso. Las dimensiones de la unidad de ladrillo es 230 x 140 x 90 mm, con una resistencia a la compresión que varía entre 2.942 y 5.884 MPa para los ladrillos cerámicos artesanales; en contraste, las unidades industriales superan los 9.807 MPa. (Díaz Esquevel, 2022) Estas características justifican su selección, ya que representan un material de baja resistencia de alta variabilidad típico de la mampostería autoconstruida en zonas sísmicas del país. (Sáenz Tenorio, 2016)

El mortero con proporción 1:4 (cemento: arena). Se uso tanto en las juntas como en el recubrimiento superficial de los muros reforzados, incorporando una malla metálica para mejorar la adherencia entre el mortero y la mampostería. (Miglietta, Bentz, & Grasselli, 2017)

El refuerzo se realizó con eslinga de poliéster de alta tenacidad PES reutilizadas de aplicaciones industriales. Se seleccionaron tres anchos diferentes: 50 mm, 75 mm y 100 mm, todas con espesores de 2 mm. Fijadas mediante tornillos pasante galvanizados de 6 mm y platinas

metálicas como anclaje de ambas caras, asegurando una tensión uniforme antes de recubrimiento final. Su estructura tejida unidireccional permite una alta capacidad de tracción, mientras que su bajo peso y flexibilidad facilitan su anclaje superficial. Los ensayos de tracción se realizaron conforme a la ASTM D6775-20.

## 2.2. Equipos e instrumentos utilizados

Los instrumentos se seleccionaron de acuerdo con los requerimientos de las normas ASTM y NTP, permitiendo controlar la aplicación de carga, registrar deformaciones y monitorear el comportamiento estructural de los muros durante los ensayos. En la tabla 2 se detallan los principales equipos empleados, sus especificaciones técnicas y la función que cumplieron en la investigación. En la tabla 3 se resumen las principales normas empleadas en la presente investigación, indicando su alcance y aplicación específica.

**Tabla 2**

*Equipos e instrumentos utilizados para la evaluación experimental*

Equipo / Instrumento	Modelo o capacidad nominal	Precisión / rango de trabajo	Función principal en el ensayo
Prensa hidráulica universal	300 kN, control de desplazamiento	$\pm 1$ % de la carga aplicada; velocidad 0.5 mm/min	Aplicación de carga controlada en ensayos de compresión y corte diagonal.
Sensores de desplazamiento lineal (LVDT)	Rango 0–100 mm	Resolución 0.01 mm	Medición de deformaciones diagonales y desplazamientos durante la aplicación de carga.
Sistema de adquisición de datos multicanal	Interfaz digital multicanal	Frecuencia de muestreo 10 Hz	Registro continuo de carga, desplazamiento y tiempo; generación de curvas carga–deformación.
Platinas y pernos de anclaje metálicos	Acero galvanizado $\varnothing 6$ mm	—	Anclaje de las eslingas a los muros reforzados para asegurar la tensión uniforme del refuerzo.
Malla metálica galvanizada	Cuadrícula 10x10 mm, $\varnothing 1.5$ mm	—	Refuerzo superficial del recubrimiento de mortero para mejorar la adherencia al muro.
Herramientas de medición geométrica	Plomada, regla, nivel, cinta métrica	$\pm 1$ mm	Control dimensional y verificación de alineamiento durante la construcción de los muros.
Software Abaqus/CAE	Versión 2022	—	Modelado numérico tridimensional de los muros y simulación del comportamiento no lineal.

**Tabla 3***Normas que se utilizó para la propuesta experimental*

<b>Código / Norma</b>	<b>Organismo emisor</b>	<b>Año</b>	<b>Aplicación dentro de la investigación</b>
<b>NTP 399.613</b>	INACAL (Perú)	2015	Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería (ladrillo tipo Diamante).
<b>NTP 334.051</b>	INACAL (Perú)	2015	Determinación de resistencia a la compresión en morteros de cemento.
<b>NTP 399.605</b>	INACAL (Perú)	2013	Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería
<b>NTP 399.621</b>	INACAL (Perú)	2004	Método de ensayo de compresión diagonal en murete de albañilería,
<b>ASTM E519/E519M</b>	ASTM International (EE. UU.)	2015	Ensayo de corte diagonal en muros de mampostería para determinar resistencia al cortante.
<b>ASTM D6775-20</b>	ASTM International (EE. UU.)	2020	Ensayo de tracción en materiales textiles reforzantes (eslingas recicladas).
<b>RNE E.070 “Albañilería”</b>	MVCS (Perú)	2021	Diseño y comportamiento estructural de muros de albañilería confinada y no confinada.
<b>RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”</b>	MVCS (Perú)	2021	Criterios de diseño y evaluación sísmica aplicados al análisis numérico.

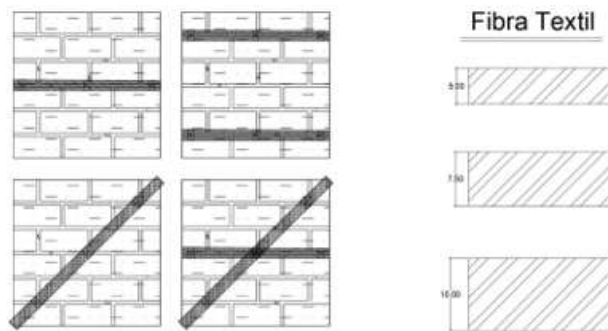
### **2.3. Elaboración de las muestras y configuración del ensayo.**

Los especímenes de mampostería se elaboraron con el propósito de representar muros confinados de vivienda autoconstruida comunes en la zona altiplánica del Perú. Se construyeron 21 muros de dimensiones nominales 690 mm x 690 mm x 220 mm, utilizando ladrillos tipo pandereta asentados con mortero en proporción 1:4 (cemento: arena), manteniendo un espesor promedio de junta de 15 mm. El proceso de fabricación se realizó sobre una superficie nivelada, utilizando plomada y reglas metálicas para garantizar la alineación vertical y horizontal de las hiladas.

En la Fase 1, centrada en la elaboración de muestras de control sin reforzamiento, se construyeron los muros base manteniendo condiciones uniformes en todos los especímenes, con dimensiones nominales de 690 x 690 x 220 mm, ladrillos pandereta asentados con mortero 1:4 y juntas de 15 mm de espesor. Esto permitió establecer un grupo de control para comparar el comportamiento estructural inherente en la figura 1 se representa los 4 tipos de reforzamiento que se realizó.

### Figura 1

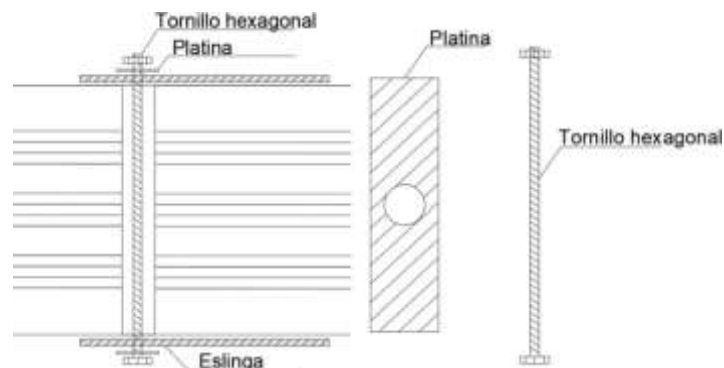
*Configuración del tipo de refuerzo con eslinga textil Reciclada*



En la Figura 2 muestra el sistema de anclaje que consistió en el uso de tornillos pasante a través del muro, acompañados de platinas de acero en ambas caras, con el objetivo de generar presión. Este anclaje se utilizó en 3 puntos del muro con una separación de 30 cm obtenidos 3 anclajes por eslinga.

### Figura 2

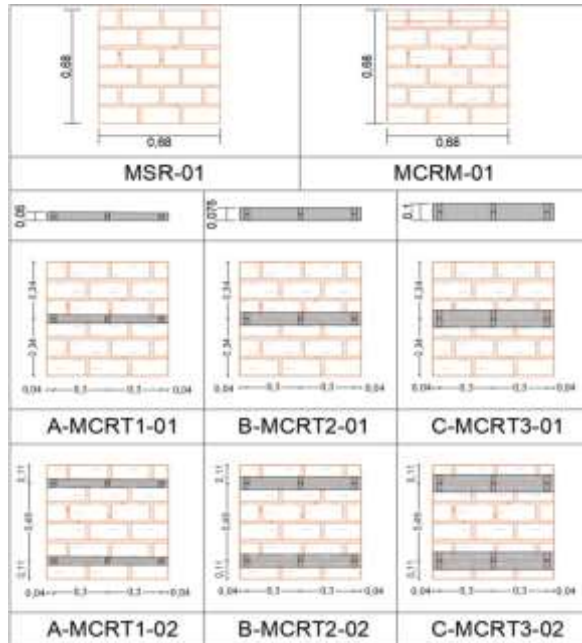
*Detalles de la instalación de eslinga con anclaje*



La fase 2, denominada de refuerzo inicial y Ensayos de Compresión Controlada, involucró la aplicación del refuerzo con una o dos bandas horizontales de eslinga textil reciclada en anchos de 50, 75 y 100 mm, fijadas mediante tornillos pasantes de 6 mm y platinas metálicas en ambas caras para asegurar una tensión uniforme antes del recubrimiento final con mortero. En esta fase, se realizó el curado de 28 días en condiciones ambientales, seguido con ensayos de compresión en el primer bloque de muestras reforzadas, evaluando la mejora inicial en rigidez y capacidad portante bajo cargas controladas.

**Figura 3**

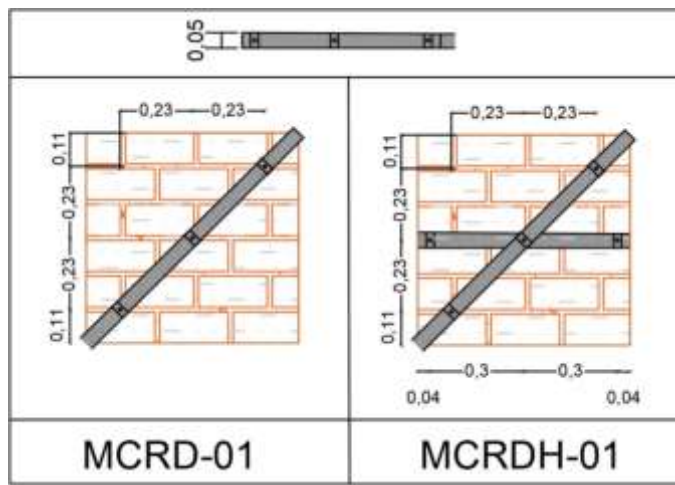
*Tipos de muretes y configuración de refuerzo aplicadas*



Finalmente, la Fase 3 de configuraciones avanzadas u ensayos de rotura, se basó en los resultados de mejor desempeño de las fases previas e involucró la rotura del segundo bloque de muros con configuraciones adicionales, incluyendo refuerzos diagonales y combinados (horizontal + diagonal) en cinco muestras seleccionadas. Los ensayos de corte diagonal conforme a ASTM E519 se enfocaron en analizar modos de Falla, Ductilidad y estabilidad Post-fisuración, destacando el potencial de integridad estructural en escenarios sísmicos.

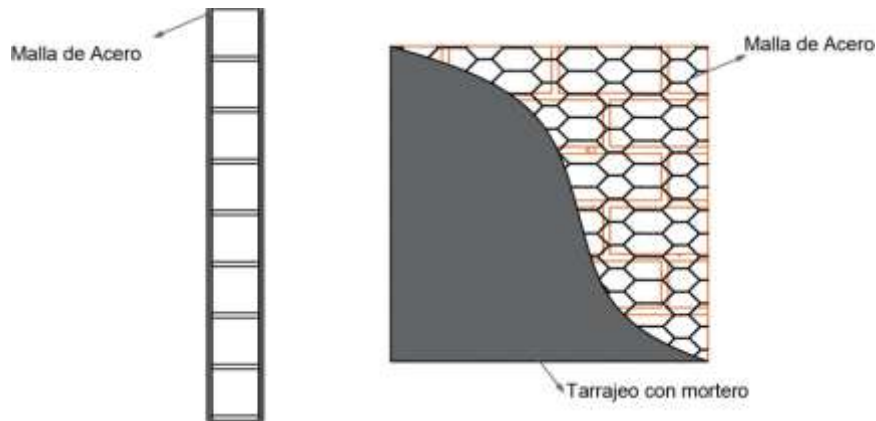
## Figura 4

Configuración adicional con eslinga de 50 mm



## Figura 5

Instalación de Malla de Acero para adherencia de mortero



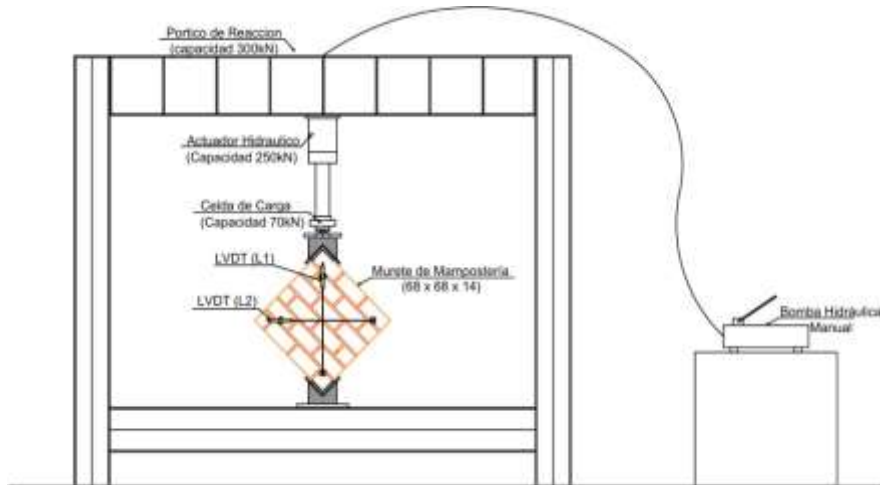
Conforme a la figura 5, se incorporó una malla metálica en todas las muestras para mejorar la adherencia del mortero al muro, previniendo fallas por desprendimiento en las zonas de reforzamiento.

El ensayo de carga diagonal se efectuó conforme a la norma ASTM E519/E519M-15, mediante una prensa hidráulica de 250 kN. Los muros fueron dispuestos con un ángulo de 45° respecto a la base de apoyo utilizando capa de regularización (Capping) de yeso para uniformizar el contacto entre el espécimen y las placas de carga minimizando concentraciones de esfuerzos.

La carga se aplicó de forma monotónica y controlada hasta la falla del muro, registrando la carga máxima (Pmax), el modo de falla, y los desplazamientos diagonales mediante cuatro sensores LVDT instalados en posiciones estratégicas, registro fotográfico y video.

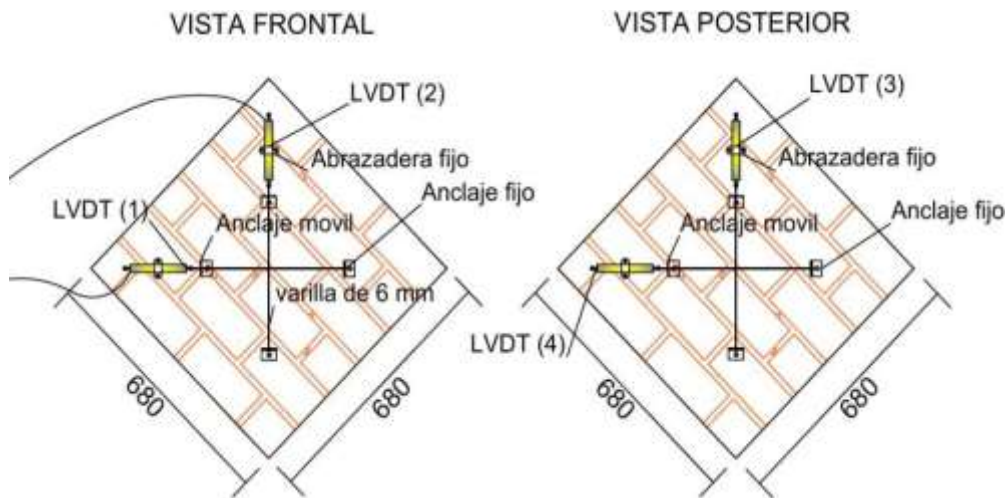
**Figura 6**

*Modelo de la prensa hidráulica*



**Figura 7**

*Instalación de sensores LVDT*



## **2.4. Ensayos Experimentales**

Los ensayos experimentales tuvieron como propósito caracterizar los materiales constitutivos (ladrillo, mortero y eslinga textil) y evaluar el comportamiento estructural global de los muros de albañilería reforzados bajo cargas diagonales. Se evaluaron las unidades de ladrillo pandereta mediante ensayos de compresión axial conforme a la NTP 399.613, determinando su resistencia a promedio y comportamiento frágil bajo carga monotónica.

Los ensayos incluyeron 5 unidades para la compresión en unidad de ladrillos, para determinar la resistencia máxima y determinar un promedio confiable, mientras que para la compresión de mortero se empezaron 9 probetas de 50 x 50 mm en diferentes edades de 7, 14 y 28 días, con el fin de evaluar la evolución de la resistencia con un número mínimo que asegure representatividad; en la tracción en eslingas se evaluaron 9 muestras para verificar consistencia en propiedades mecánicas de materiales reciclados, priorizando el bajo costo y replicabilidad básica, y para la carga diagonal en muros se elaboraron 21 muestras para determinar la mejor configuración del reforzamiento que se puede obtener.

Las deformaciones diagonales se llegaron a instalar sensores LVDT conectados a un sistema de adquisición de datos en tiempo real llegando a determinar la deformación de muros junto con el tipo de falla y el comportamiento Post-Falla.

A partir de estos registros se obtuvieron los parámetros de resistencia al corte ( $\tau$ ) y rigidez inicial ( $K_0$ ) empleados en la comparación entre muros reforzados y no reforzados.

## **2.5. Evaluación del factor de integridad**

La evaluación de fisuras consiste en identificar el modo estructural que representan (flexión, cortante, deslizamiento, empalmes), medir su ancho máximo y extensión, comprobar si son pasantes y recientes, y registrar daños asociados como desprendimientos o derivas; con esa evidencia se clasifica la severidad del daño (de insignificante a extremo) y se la traduce en reducciones de rigidez, resistencia y límites de deformación del elemento, lo que permite estimar

su desempeño futuro y definir las reparaciones necesarias. ((FEMA), 1998)

El Factor de Integridad Estructural (FIE) se evaluó a partir del daño observado tras el ensayo de corte diagonal y de la estabilidad residual del panel después del pico de carga. Para cada muestra se determinó cuán íntegro permaneció el muro y la eficacia del reforzamiento con eslinga, combinado: i) la verificación visual del patrón de fisuración (continuidad de la fisura diagonal, desprendimiento del recubrimiento, y condición de anclajes). En la tabla 4 se reportan los porcentajes de FIE por muestra, y en la Figura Y se ejemplifica el criterio mediante el mapeo de fisuras y la correspondencia con las mediciones LVDT.

**Tabla 4**

*Evaluación del Factor de Integridad*

Tipo de Daño	Factor de Integridad	
	(%)	
Baja ductilidad, colapso frágil	0%	5%
Frágil, baja correlación	5%	10%
Integridad mínima	10%	25%
Buena disipación de energía	25%	45%
Estabilidad post-pico	45%	55%
Mejora moderada en deformación	55%	65%
Buena estabilidad residual	65%	75%
Alta integridad	75%	85%
Muy alta integridad	85%	95%
Integridad óptima	95%	100%

## Figura 8

Tableta de colores en determinación del tipo de fisuras

Tableta de colores según el daño de fisuras		
Baja ductilidad, colapso frágil	0%	5%
Frágil, baja correlación	5%	10%
Integridad mínima	10%	25%
Buena disipación de energía	25%	45%
Estabilidad post-pico	45%	55%
Mejora moderada en deformación	55%	65%
Buena estabilidad residual	65%	75%
Alta integridad	75%	85%
Muy alta integridad	85%	95%
Integridad óptima	95%	100%

### 2.6. Modelo numérico en Abaqus/CAE

El análisis numérico se desarrolló en el software Abaqus/CAE versión 2022, con el propósito de simular el comportamiento no lineal de los muros de mampostería reforzados con eslingas textiles recicladas, replicando las condiciones de carga y frontera aplicadas en los ensayos experimentales de corte diagonal. Para este fin, se empleó un micromodelo detallado tridimensional, que representa la interacción entre los componentes principales de la mampostería (ladrillo, mortero y refuerzo textil) (Montilla Barrios, Guía práctica de Uso: Abaqus CAE, 2022).

El modelo geométrico correspondió a un muro de 690 × 690 × 170 mm, discretizado con elementos sólidos tipo C3D8R para los ladrillos y el mortero, con un tamaño promedio de malla de 20 mm. Esta discretización se definió tras un análisis preliminar de convergencia de malla, buscando estabilidad numérica y tiempos de cómputo razonables (D'Altri A. M., Miranda, Catellazi, & Sarhosis, 2018). Las eslingas textiles se representaron mediante elementos de membrana tipo M3D4, aplicados superficialmente sobre los paramentos del muro en la misma posición utilizada durante los ensayos físicos, de acuerdo con enfoques previos de modelado de

refuerzos superficiales. (Zhang, Dongmin, Sheng, Garrity, & Xu, 2016) El contacto entre los materiales se modeló mediante interacciones cohesivas tridimensionales (COH3D8), capaces de simular la pérdida progresiva de adherencia entre el ladrillo y el mortero, así como entre el mortero y el refuerzo. (Montilla Barrios, Guía Práctica de Uso: Abaqus CAE, 2022)

Las propiedades mecánicas asignadas a cada material se obtuvieron de los ensayos experimentales y de referencias bibliográficas especializadas en mampostería de baja resistencia en la (Abdulla, Cunningham, & Gillie, 2017, pág. 11). Tanto el ladrillo como el mortero se definieron mediante el modelo constitutivo de daño plástico (Concrete Damage Plasticity – CDP), ampliamente empleado para la simulación de materiales frágiles (Lubliner, Oliver, Oller, & Oñate, 1989). Este modelo se calibró para reproducir el comportamiento elasto- plástico, la fisuración y la degradación de rigidez posterior a la falla, manteniendo los parámetros de dilatancia, fricción y viscosidad dentro de los rangos sugeridos para muros de mampostería no confinada. Las eslingas de poliéster reciclado fueron modeladas como un material elástico lineal con comportamiento uniaxial hasta la rotura, caracterizado por una alta rigidez inicial y resistencia a tracción determinada experimentalmente (Debnath, Dutta, & Mandal, 2023)

Las condiciones de frontera se definieron restringiendo los desplazamientos verticales y horizontales en los vértices inferiores del muro, mientras que la carga se aplicó en el vértice superior mediante desplazamiento controlado, reproduciendo la velocidad experimental de 0.5 mm/min. Se activaron los efectos geométricos no lineales (NLGEOM = ON) para capturar la pérdida de rigidez y la evolución del daño durante el proceso de carga (Rotunno, Fagone, Grande, & Milani, 2023). El cálculo se ejecutó mediante un análisis cuasi-estático incremental, con control automático de incremento de paso (Adaptive Time Sleeping) para garantizar la convergencia numérica durante la etapa de post- fisuración.

La calibración del modelo se efectuó ajustando los parámetros del CDP (coeficientes de endurecimiento, relación de dilatancia y ángulo de fricción) y las propiedades de las interfaces cohesivas, hasta lograr una correlación satisfactoria entre las curvas carga–deformaciones

simuladas y las obtenidas experimentalmente.

**Tabla 5**

*Propiedades a incorporar al software Abaqus CAE*

Material	E (MPa)	$\rho$	Coefficiente Poisson
Ladrillo Diamante	0.650	1.51 x E-08	0.16
Mortero 1:4	0.155	1.51 x E-08	0.22
Eslinga textil reciclada	0.377	1.51 x E-08	0.35

### Resultados

Las unidades individuales presentaron comportamiento frágil caracterizado por fisuras verticales centrales y desprendimiento parcial en las caras laterales. En la tabla 6 se muestra la resistencia por unidad albañilería teniendo un promedio de resistencia 2.86 MPa, mostrando la fragilidad del ladrillo.

**Tabla 6**

*Ensayo de unidad albañilería*

ESPÉCIMEN	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	CARGA MÁXIMA (KN)	ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	fb (MPa)	Desviación estándar $\rho$	f'b (MPa)
M-08	219.52	138.22	90.14	303.42	2.969		
M-09	217.34	136.20	82.67	296.02	2.791		
M-04	219.23	136.62	102.09	299.51	3.406	0.57	2.29
M-01	219.04	136.92	57.94	299.91	1.931		
M-02	218.58	136.43	95.33	298.21	3.195		

Los resultados con el propósito de analizar la influencia del espesor del recubrimiento de mortero en la resistencia y el modo de falla del conjunto. Se evaluaron nueve especímenes divididos en tres configuraciones: sin recubrimiento, con recubrimiento de 15 mm y con recubrimiento de 20 mm de mortero, empleando en los dos últimos casos una malla metálica galvanizada para mejorar la adherencia entre el mortero y la superficie de los ladrillos. Los resultados mostraron que las pilas con recubrimiento de 15 mm presentaron el mejor desempeño estructural con una resistencia máxima a la compresión de 122.257.

**Tabla 7**

*Rotura de pilas sin recubrimiento*

ESPECIMEN Nº	ALTO PILA "h" (mm)	ANCHO PILA (mm)	ESPELOR "b" (mm)	ESBELTEZ (mm)	Pmax (kN)	AREA (cm <sup>2</sup> )	fm (MPa)	Fc	fm - fc (MPa)	Desviaci ón estándar P	f'm (MPa)
P-1	56.12	229.8	139.8	40.1	60.739	307.28	1.977	0.9506	1.879		
P-2	56.42	219.6	139.8	40.4	28.57	307.00	0.931	0.9524	0.887	0.5	0.847
P-3	56.28	220.4	140.1	40.2	41.359	308.78	1.34	0.9512	1.274		

**Tabla 8**

*Rotura de pilas con recubrimiento de 15 mm y malla metálica de adherencia*

ESPECIMEN Nº	ALTO PILA "h" (mm)	ANCHO PILA (mm)	ESPELOR "b" (mm)	ESBELTEZ (mm)	Pmax (kN)	AREA (cm <sup>2</sup> )	fm (MPa)	Fc	fm - c (MPa)	Desviación estándar P	f'm (MPa)
PR-4	56.12	219.8	179.8	31.2	106.848	395.20	2.704	0.91	2.473		
PR-5	56.42	219.6	180.4	31.3	119.248	396.16	3.01	0.92	2.755	0.27	2.48
PR-6	56.28	220.4	181.1	31.1	131.188	399.14	3.287	0.91	3.006		

**Tabla 9**

*Rotura de pilas con recubrimiento de 20 mm y malla metálica de adherencia*

ESPECIMEN Nº	ALTO PILA "h" (mm)	ANCHO PILA (mm)	ESPELOR "b" (mm)	ESBELTEZ (mm)	Pmax (kN)	AREA (cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (MPa)	F <sub>c</sub>	f <sub>m</sub> -c (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar P	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
PR-1	56.12	219.8	190.9	29.4	120.108	419.60	2.863	0.8968	2.567		
PR-2	56.42	219.6	191.2	29.5	138.518	419.88	3.299	0.899	2.966	0.29	2.36
PR-3	56.28	220.4	190.2	29.6	112.098	419.20	2.674	0.9012	2.409		

**Figura 9**

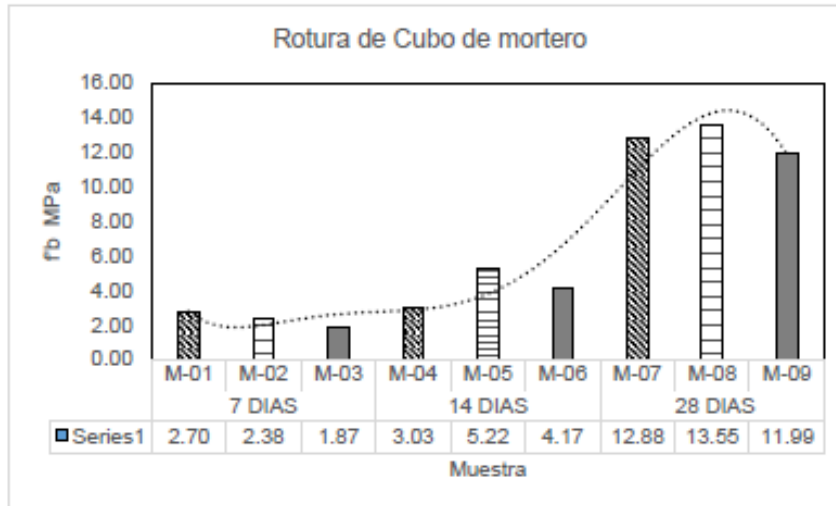
*Rotura de Pilas de 20 mm y 15 mm*



Los resultados de la rotura de cubos de motero presentan un incremento progresivo de la resistencia a compresión conforme al tiempo de curado, alcanzándose valores promedio de 2.321 MPa a los 7 días, 4.141 MPa a los 14 días y 12.814 MPa a los 28 días. Este comportamiento refleja el proceso normal de ganancia de resistencia por hidratación del cemento y se encuentra en concordancia con investigaciones previas sobre morteros de resistencia media empleados en mampostería.

**Figura 10**

*Resultados de roturas de mortero*



### 3.1. Ensayo de carga diagonal y medición de deformación

En los muros reforzados con una sola banda horizontal de eslinga, se observaron incrementos adicionales en la resistencia, alcanzando un valor máximo promedio de 160.757 kN cuando se empleó una eslinga de 50 mm de ancho, lo que demuestra que este ancho proporciona una adecuada distribución de esfuerzos y control de fisuración. En el caso del reforzamiento con dos bandas horizontales, el valor máximo obtenido fue de 159.002 kN, mostrando un comportamiento similar al refuerzo con una banda, aunque con una menor eficiencia relativa en función del material utilizado.

Por su parte, los muros reforzados con una banda diagonal alcanzaron una resistencia promedio de 114.703 kN, mientras que los muros con configuración combinada (una banda diagonal y una horizontal) lograron un promedio de 158.098 kN, mostrando un patrón de fisuración más distribuido y una mejora notable en la ductilidad. En conjunto, los resultados indican que la configuración óptima de refuerzo corresponde al uso de eslingas de 50 mm de ancho, tanto en una como en dos bandas horizontales, al proporcionar el mejor equilibrio entre

resistencia, rigidez y control del daño, con incrementos superiores al 30 % respecto a los muros sin refuerzo.

**Tabla 10**

*Rotura de compresión diagonal en muretes sin tarrajeo y con tarrajeo de 15 mm*

	Muestra	P <sub>MAX</sub> (kN)	t (cm)	Lc(cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V <sub>m</sub> (MPa)	Tipo de Falla
sin tarrajeo	MSR-01-1	116.25	14.02	96.16	1,348.16	0.845	Diagonal
	MSR-01-2	129.50	13.98	95.98	1,341.80	0.946	Diagonal
Tarrajeo de 15 mm	MCRM-01-1	181.50	14.01	96.00	1,344.96	1.323	Diagonal
	MCRM-01-2	177.95	13.97	95.96	1,340.56	1.301	Diagonal

**Tabla 11**

*Rotura de Compresión diagonal de muretes con reforzamiento con eslinga de 50, 75 y 100 mm*

	Muestra	P <sub>MAX</sub> (kN)	t (cm)	Lc(cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V <sub>m</sub> (MPa)	Tipo de Falla
Refuerzo de 1 banda	A-MCRT1-01-1	168.78	18.14	96.12	1,743.62	0.949	Diagonal
	A-MCRT1-01-2	159.07	18.09	95.89	1,734.65	0.899	Diagonal
	B-MCRT2-01-1	164.13	18.17	96.16	1,747.23	0.921	Diagonal
	B-MCRT2-01-2	147.46	18.08	95.96	1,734.96	0.834	Diagonal
	C-MCRT3-01-1	152.96	18.11	96.08	1,740.01	0.862	Diagonal
	C-MCRT3-01-2	142.76	18.17	95.99	1,744.14	0.803	Diagonal
Refuerzo de 2 banda	A-MCRT1-02-1	162.10	18.19	96.16	1,749.15	0.909	Diagonal
	A-MCRT1-02-2	162.17	18.23	95.98	1,749.72	0.909	Diagonal
	B-MCRT2-02-1	145.25	18.18	96.16	1,748.19	0.815	Diagonal
	B-MCRT2-02-2	119.02	18.13	96.87	1,756.25	0.665	Diagonal
	C-MCRT3-02-1	128.48	18.14	96.16	1,744.34	0.723	Diagonal
	C-MCRT3-02-2	164.22	18.12	96.16	1,742.42	0.924	Diagonal
Refuerzo de 1 banda diagonal	MCRD-01-1	131.78	14.08	96.02	1,351.96	0.956	Diagonal
	MCRD-01-1	102.15	14.00	95.95	1,343.30	0.745	Diagonal
Refuerzo de 1 banda diagonal y horizontal	MCRDH-01	173.56	14.00	96.05	1,344.70	1.266	Diagonal
	MCRDH-02	143.32	13.94	95.99	1,338.10	1.05	Diagonal
	MCRDH-03	166.76	14.05	96.03	1,349.22	1.212	Diagonal

### 3.2. Análisis integrado del factor de integridad estructural de deformaciones medidas por LVDT

El Factor de Integridad Estructural (FIE) se define como el porcentaje de energía post-pico respecto al total de la curva carga–deformación indicando la estabilidad residual tras la fisuración. Con base en tu tabla: los muros sin refuerzo, con y sin tarrajeo, registraron FIE = 0% en todas las caras (comportamiento frágil). Los refuerzos con 1 banda alcanzaron un FIE promedio  $\approx 35\%$  (rango por muestra: 15–60%; mejor desempeño en B-MCRT2-01-2 con 45–60%). Con 2 bandas el promedio fue  $\approx 36.7\%$  (10–75%; máximo 75% en A-MCRT1-02-1). El refuerzo diagonal obtuvo  $\approx 40\%$  en promedio (37.5–42.5%), y la configuración combinada diagonal + horizontal  $\approx 40.8\%$  (37.5–47.5%). En suma, todas las configuraciones reforzadas incrementan sustancialmente la integridad respecto al control, con picos de desempeño en arreglos tipo A/B y variabilidad mayor en los tipos C. Las deformaciones diagonales máximas medidas por LVDT se mantuvieron en rangos bajos–moderados: sin refuerzo 0.26–0.63 mm; tarrajeo 0.33–0.37 mm; 1 banda 0.12–0.70mm (casos asimétricos como 0.12/0.70mm en C-MCRT3-01-1); 2 bandas 0.14–0.48 mm; diagonal 0.13–0.35 mm; diagonal + horizontal 0.12–0.50 mm. En general, los casos con FIE más altos coincidieron con mayores deformaciones controladas (p. ej., B-MCRT2-01-2: LVDT posterior 0.60 mm y FIE 45–60%; A-MCRT1-02-1: FIE hasta 75%), mientras que los valores cercanos a 0% mostraron deformaciones reducidas y caída abrupta de carga. Esta tendencia confirma que el aumento del FIE refleja mayor ductilidad y mejor control de la fisuración, aunque se observan asimetrías de cara asociadas a diferencias de adherencia y anclaje del refuerzo.

**Tabla 12***Deformación diagonal e interpretación del factor de integridad*

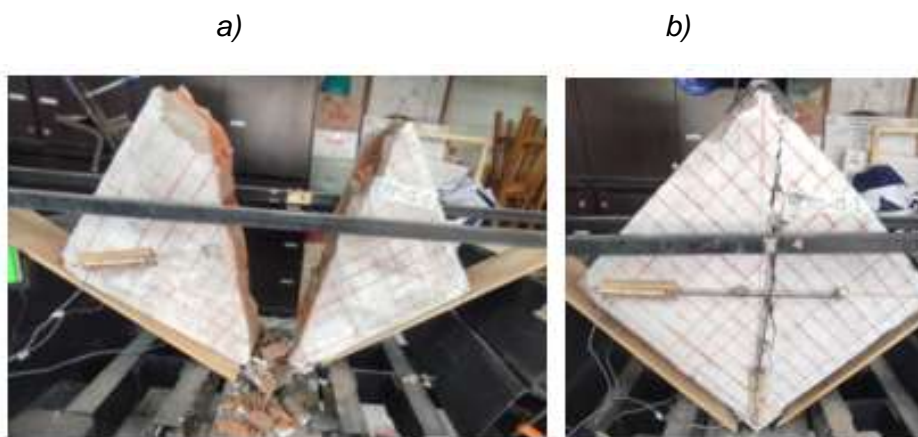
	Muestra	Deformación Diagonal Máxima (mm)		Factor de Integridad Estructural (%)		Observación Principal
		Vista frontal	Vista Posterior	Inferior	Superior	
Sin tarrajeo	MSR-01-1	0.45	0.26	0%	0%	Baja ductilidad, colapso frágil
	MSR-01-2	0.47	0.47	0%	0%	Frágil, baja correlación
Tarrajeo de 15 mm	MCRM-01-1	0.33	0.37	0%	0%	Falla rápida post-fisuración
	MCRM-01-2	0.34	0.33	0%	0%	Frágil, baja correlación
	A-MCRT1-01-1	0.49	0.32	40%	35%	Buena disipación de energía
	A-MCRT1-01-2	0.34	0.43	45%	25%	Buena disipación de energía
Refuerzo de 1 banda	B-MCRT2-01-1	0.22	0.36	35%	55%	Estabilidad post-pico
	B-MCRT2-01-2	0.53	0.6	45%	60%	Mejora moderada en deformación
	C-MCRT3-01-1	0.12	0.7	35%	15%	Integridad mínima
	C-MCRT3-01-2	0.38	0.39	15%	15%	Integridad mínima
	A-MCRT1-02-1	0.39	0.27	45%	75%	Alta integridad
Refuerzo de 2 banda	A-MCRT1-02-2	0.14	0.19	45%	20%	Buena disipación de energía
	B-MCRT2-02-1	0.38	0.43	30%	45%	Buena disipación de energía
	B-MCRT2-02-2	0.2	0.45	45%	60%	Mejora moderada en deformación
	C-MCRT3-02-1	0.32	0.48	10%	15%	Integridad mínima
Refuerzo de 1 banda diagonal	C-MCRT3-02-2	0.45	0.29	15%	35%	Integridad mínima
	MCRD-01-1	0.35	0.35	35%	40%	Buena disipación de energía
Refuerzo de 1 banda diagonal y horizontal	MCRD-01-2	0.14	0.13	30%	55%	Estabilidad post-pico
	MCRDH-01	0.42	0.3	35%	40%	Buena disipación de energía
	MCRDH-02	0.38	0.12	55%	40%	Mejora moderada en deformación
	MCRDH-03	0.5	0.4	30%	45%	Buena disipación de energía

El análisis de fisuración de los muros evaluados permitió identificar diferencias en el modo de falla entre los muros sin refuerzo y los muros con eslingas. En los muros no reforzados la falla se caracterizó por la aparición repentina de grietas diagonales que progresaron rápidamente hasta el colapso del elemento como se visualiza en la (figura 7 - a) con la figura 10 se evaluó las grietas ocasionadas dando un porcentaje adecuado del tipo de daño que se tubo. Estas grietas suelen formarse debido a la limitada capacidad de la mampostería para resistir esfuerzos cortantes lo que provoca un comportamiento frágil y una pérdida abrupta de resistencia estructural.

En contraste los muros reforzados mostraron un comportamiento más controlado donde las grietas se distribuyeron de manera más uniforme y progresiva. Evito la pérdida de la integridad del muro en un estado geométrico uniforme del área. La presencia de las eslingas permitió una mejor redistribución de los esfuerzos y una reducción en la concentración de tensiones en puntos específicos del muro que se puede determinar en la (figura 7 - b) lo que resultó en un incremento en la ductilidad del sistema estructural.

### Figura 11

a). *Falla frágil de muretes sin Reforzamiento*, b). *Falla de murete con reforzamiento*



Los resultados muestran que los muros sin refuerzo experimentaron mayores deformaciones antes de la falla (lo que indica una menor rigidez estructural) y una mayor susceptibilidad a la deformación bajo esfuerzos cortantes. En cambio (los muros reforzados con eslingas) presentaron menores desplazamientos (lo que evidencia una mejora en la rigidez del sistema) y una mayor capacidad para resistir deformaciones sin comprometer su estabilidad estructural.

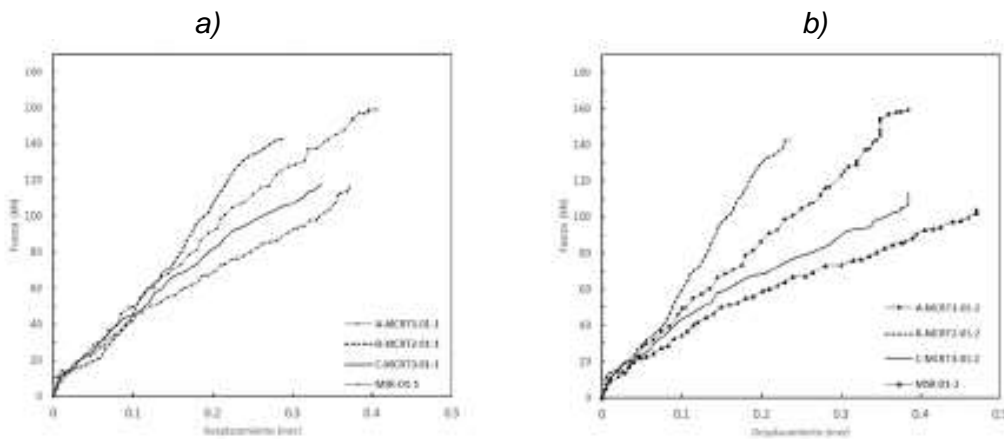
Entre las distintas configuraciones de eslingas (se observó que los muros con eslingas de 100 mm) presentaron las mayores deformaciones (seguidos por los de 75 mm) y finalmente los de 50 mm. Esto sugiere que el ancho del refuerzo influye en la capacidad del muro para resistir deformaciones. Los datos detallados de los desplazamientos (medidos con los sensores

LVDT. Se presentan en la figura 12 y figura 13.

Los datos recolectados (representados en la tabla 12) muestran que la deformación es menor con la incorporación del reforzamiento (dando a conocer el desplazamiento preciso de ambas caras del muro).

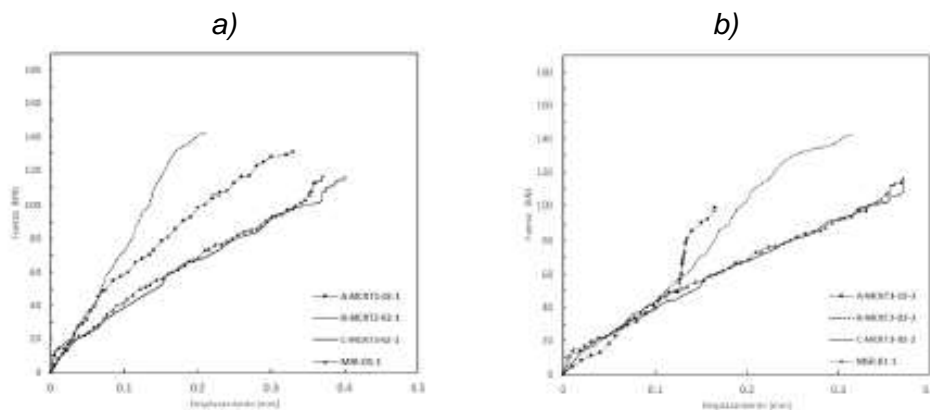
### Figura 12

Se visualiza la deformación de una configuración reforzada con una eslinga por el centro de la mampostería de los tres tipos de eslingas (a). Mostrando el desplazamiento de la primera muestra (b) Se muestra el desplazamiento de las segundas muestras



### Figura 13

Se visualiza la deformación de con la segunda configuración (a). Mostrando el desplazamiento de la primera muestras con la segunda configuración llevados al corte diagonal. (b) Se puesta las segundas muestras llevadas a la prueba de corte diagonal.



La muestra B-MCRT2-01-2 presentó fisura principal continua en la diagonal de tracción, con aplastamiento en el vértice inferior y desprendimientos localizados del recubrimiento. Se registró una deformación diagonal máxima de 0.60 mm en la cara posterior; la cara frontal no conto con lectura. EL FIE fue 45% en zonas inferiores y 60% en la superior.

### 3.3. Análisis estadístico de la resistencia al Corte Diagonal

#### 3.3.1. Estadística Descriptivas y variabilidad

Las estadísticas descriptivas de la Resistencia máxima al corte (P<sub>MAX</sub> (kN)) por grupo de configuración Muestras se presentan en la tabla 10, incluyendo medias, desviaciones estándar y coeficiente de variación. En la fase 1 exhibió la mayor consistencia, con baja variabilidad atribuible a condiciones controladas. En contraste, configuraciones reforzadas mostraron mayor dispersión, estándar reflejando heterogeneidad en materiales autoconstruidos. La figura 11 ilustra estas diferencias mediante diagramas de caja destacando medianas y outliers para una comparación visual intuitiva.

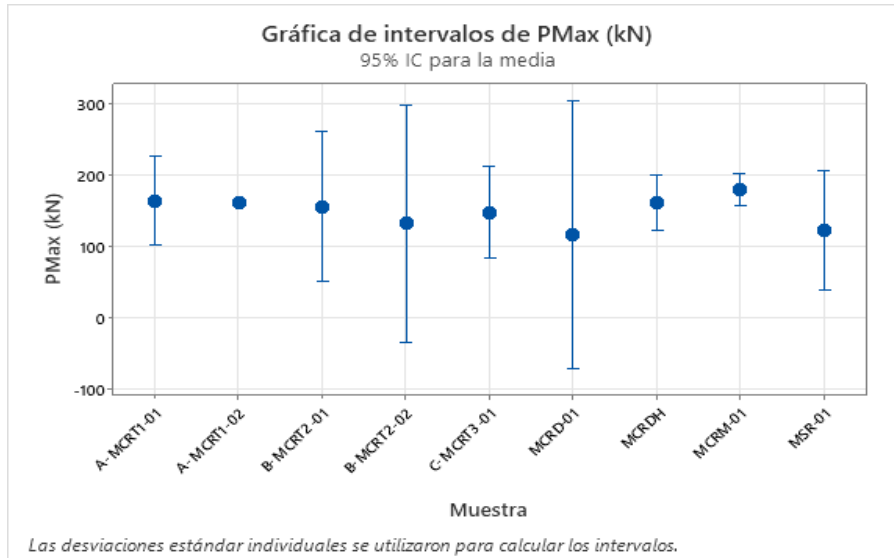
**Tabla 13**

*Resistencia mínima y máxima*

Variable	Muestras	N	N*	Media	Mínimo	Máximo
	MSR-01 (Control)	2	0	122.875	116.25	129.5
R	A-MCRT1-01	2	0	163.925	159.07	168.78
	A-MCRT1-02	2	0	162.135	162.1	162.17
	B-MCRT2-01	2	0	155.795	147.46	164.13
	B-MCRT2-02	2	0	132.135	119.02	145.25
	C-MCRT3-01	2	0	147.86	142.76	152.96
	MCRD-01	2	0		102.15	131.78
	MCRDH	3	0		143.32	173.56
	MCRM-01	2	0		177.95	181.5

**Figura 14**

*Desviación estándar individuales*



La Tabla 14 resume los estadísticos descriptivos de las deformaciones diagonales máximas (LVDT\_Max\_mm) por muestra, incluyendo N, media, mínimo y máximo, derivados de los ensayos de corte diagonal conforme a ASTM E519. Las muestras de control (MSR-01 y MCRM-01) presentan medias de 0.46 mm y 0.355 mm con rangos estrechos (0.45-0.47 mm y 0.34-0.37 mm), indicando deformaciones limitadas. En contraste, las configuraciones reforzadas muestran variabilidad mayor, con medias entre 0.245 mm (MCRD-01) y 0.545 mm (C-MCRT3-01), y máximos de 0.70 mm en C-MCRT3-01. Esta tabla cuantifica la dispersión en deformaciones registradas por sensores LVDT (resolución 0.01 mm), como se observa en la muestra B-MERT2-01-2 (Figura Y), donde el valor de 0.60 mm se asocia a fisura diagonal continua y aplastamiento inferior en una configuración de 1 banda horizontal.

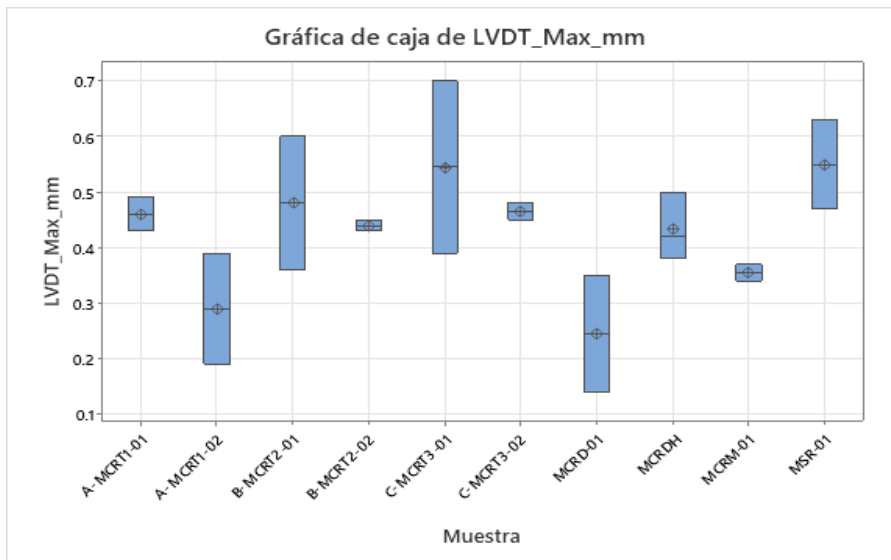
**Tabla 14**

*Estadísticos Descriptivos de las Deformaciones Diagonales Máximas Registradas por LVDT (mm)*

Variable	Muestra	N	N*	Media	Mínimo	Máximo
LVDT_Max_mm	MSR-01	2	0	0.46	0.45	0.47
	(Control)					
	A-MCRT1-01	2	0	0.49	0.43	0.55
	A-MCRT1-02	2	0	0.29	0.19	0.39
	B-MCRT2-01	2	0	0.48	0.36	0.6
	B-MCRT2-02	2	0	0.44	0.43	0.45
	C-MCRT3-01	2	0	0.545	0.39	0.7
	C-MCRT3-02	2	0	0.465	0.45	0.48
	MCRD-01	2	0	0.245	0.14	0.35
	MCRDH	3	0	0.433333	0.38	0.5
	MCRM-01	2	0	0.355	0.34	0.37

**Figura 15**

*Gráfico de cajas de interpretación de la deformación de LVDT (mm)*



La Tabla 15 resume los estadísticos descriptivos del Factor de Integridad Estructural promedio (FIE\_Prom\_pct, %), cuantificando la media y rango (Mínimo - Máximo) por muestra en los ensayos de corte diagonal. Los grupos de control (MSR y MCRM) presentan valores nulos

(media 0.0%, Q1-Q3 = 0.0), indicando ausencia de estabilidad residual. En contraste, las configuraciones reforzadas muestran medias entre 18.75% (C-MCRT3-02) y 48.75% (B-MCRT2-01), con rangos más amplios en muestras como A-MCRT1-02 (Q1 = 32.5%, Q3 = 60.0%). Esta tabla destaca la variabilidad en integridad post-fisuración, como se observa en la muestra B-MERT2-01-2 (Figura Z), donde el FIE medio-alto se asocia a fisura diagonal continua y aplastamiento inferior en una configuración de 1 banda horizontal.

**Tabla 15**

*Estadística descriptiva del Factor de Integridad Estructural Promedio.*

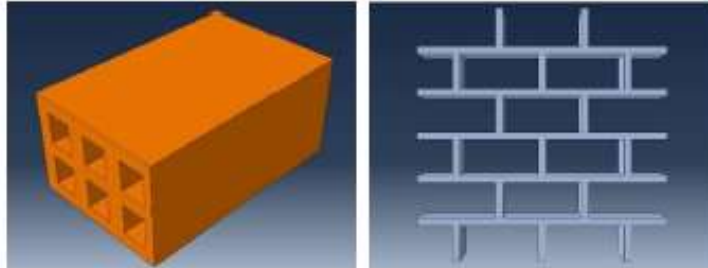
<b>Variable</b>	<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>N*</b>	<b>Media</b>	<b>Q1</b>	<b>Q3</b>
	MSR (control)	2	0	0	0	0
FIE_Prom_pct	A-MCRT1-01	2	0	36.25	35	37.5
	A-MCRT1-02	2	0	46.25	32.5	60
	B-MCRT2-01	2	0	48.75	45	52.5
	B-MCRT2-02	2	0	45	37.5	52.5
	C-MCRT3-01	2	0	20	15	25
	C-MCRT3-02	2	0	18.75	12.5	25
	MCRM	2	0	0	0	0
	MCRD	2	0	40	37.5	42.5
	MCRDH	3	0	40.8333	37.5	47.5

### **3.4. Análisis no lineal con micromodelo detallado**

El análisis numérico del murete se desarrolló en Abaqus/CAE (v.2022) siguiendo una secuencia metodológica que abarcó desde la definición geométrica hasta la obtención e interpretación de los resultados de deformación y daño. La geometría se modeló considerando la configuración real de los especímenes experimentales (690 × 690 × 170 mm), diferenciando los componentes principales: ladrillos cerámicos, juntas de mortero y apoyos rígidos para la aplicación de carga y restricción inferior.

## Figura 16

*Sólidos que se incorporaron en el modelo numérico a) Sólido del ladrillo que se incorporó b) Sólido Mortero.*



Los ladrillos fueron representados mediante elementos sólidos tridimensionales C3D8R, mientras que las juntas de mortero se modelaron empleando elementos cohesivos COH3D8, capaces de reproducir el comportamiento tracción– separación y el deterioro progresivo de adherencia. Esta estrategia permitió capturar el mecanismo de fisuración diagonal característico de la mampostería. El comportamiento constitutivo del ladrillo y del mortero se definió según el modelo Concrete Damage Plasticity (CDP) (Lubliner et al., 1989; Lee & Fenves, 1998), calibrado con los valores experimentales de resistencia a compresión y módulo elástico obtenidos en laboratorio.

Las propiedades mecánicas de las juntas se describieron mediante un modelo cohesivo bilineal, con rigideces normales y tangenciales ajustadas a los resultados experimentales, así como energías de fractura para modo I y II que permitieron simular la degradación gradual de la interfaz. Las eslingas textiles utilizadas como refuerzo superficial se representaron mediante elementos de membrana M3D4, asignando un comportamiento lineal elástico con módulo de elasticidad de 16 GPa y resistencia última en tracción de 42 MPa, conforme a los ensayos de tracción.

Durante la fase de ensamblaje, se posicionaron los componentes en coordenadas reales mediante instancias dependientes, garantizando la continuidad nodal entre ladrillo y junta. Los puntos de referencia (RP) en la base y el extremo superior controlaron las condiciones de frontera

y la aplicación de la carga, respectivamente. La base del modelo se restringió completamente, mientras que la carga se aplicó en el punto de referencia superior mediante un desplazamiento impuesto controlado, reproduciendo la velocidad experimental de 0.5 mm/min.

### Figura 17

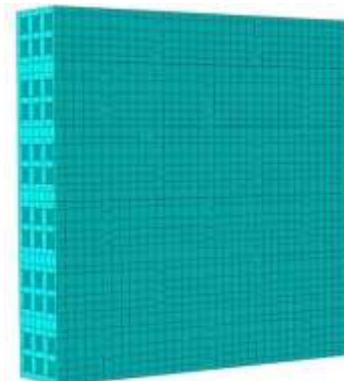
*Modelos ensamblados con los tipos de reforzamiento.*



El paso de análisis se definió como Static, General, activando la no linealidad geométrica (NLGEOM = ON) para capturar los efectos de gran deformación. En casos con alta apertura de fisuras se validó la estabilidad numérica mediante Dynamic, Explicit, asegurando la convergencia del modelo. La malla se refinó localmente en zonas críticas con un tamaño de elemento promedio de 20 mm, verificado mediante estudio de convergencia de malla.

### Figura 18

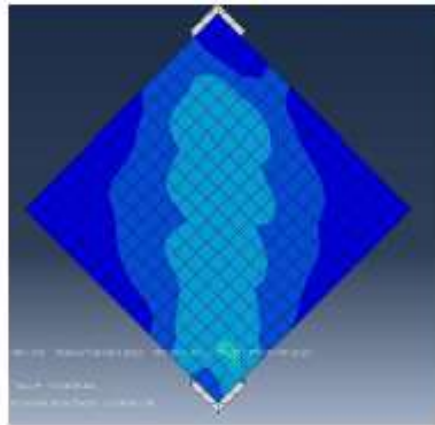
*Incorporación de malla en el sólido a experimentar.*



Una vez completado el mallado y la configuración de las condiciones de frontera, se ejecutó el análisis y se obtuvieron los campos de esfuerzos principales, deformaciones equivalentes ( $\epsilon_{eq}$ ) y índices de daño en cada componente. Los resultados permitieron identificar el proceso de fisuración diagonal y la degradación progresiva de rigidez en el conjunto ladrillo–mortero, reproduciendo el comportamiento observado en los ensayos físicos.

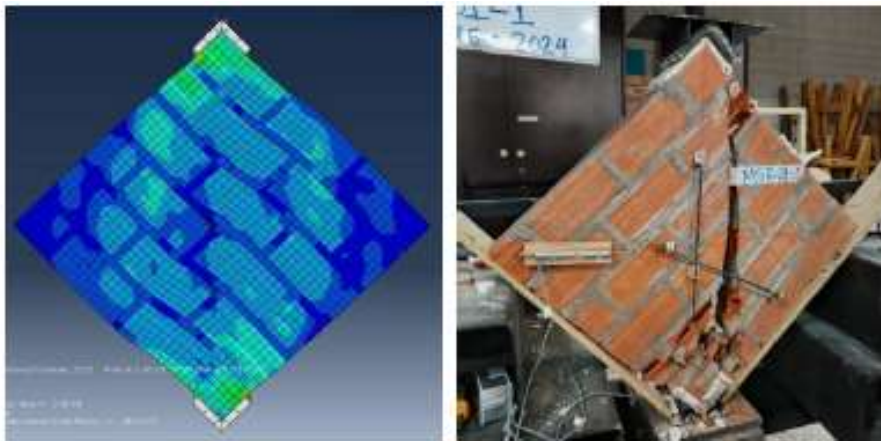
### Figura 19

a) *Comportamiento de estrés, murete con reforzamiento en mortero.*



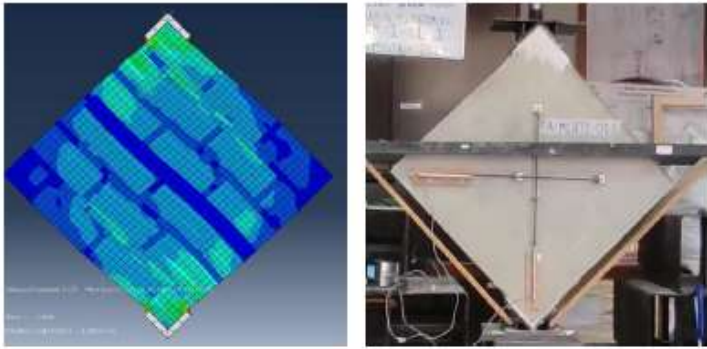
### Figura 20

*Comportamiento de Estrés de muro.*



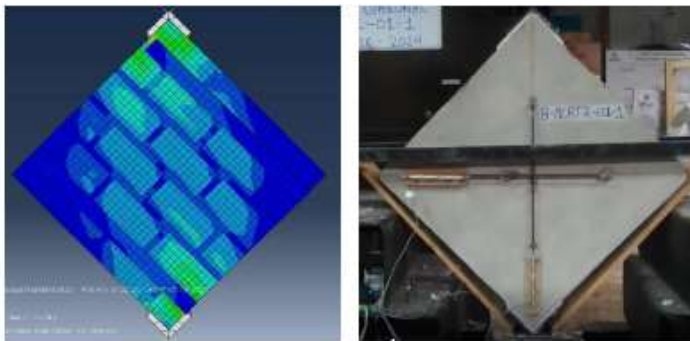
**Figura 21**

*Comportamiento de estrés con reforzamiento con una banda.*



**Figura 22**

*Comportamiento con reforzamiento de dos bandas.*

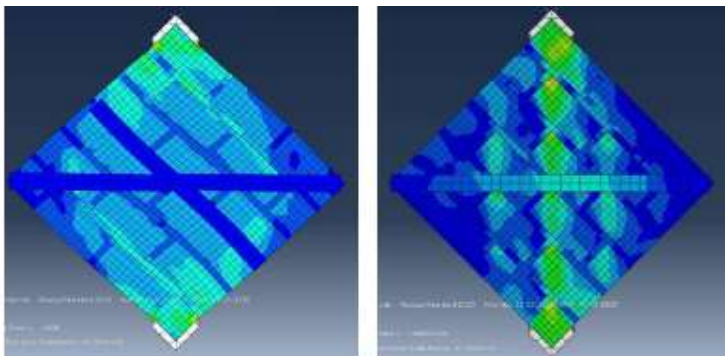


**Figura 23**

*a) comportamiento de con una banda diagonal b) comportamiento con 1 banda diagonal y 1 horizontal.*

a)

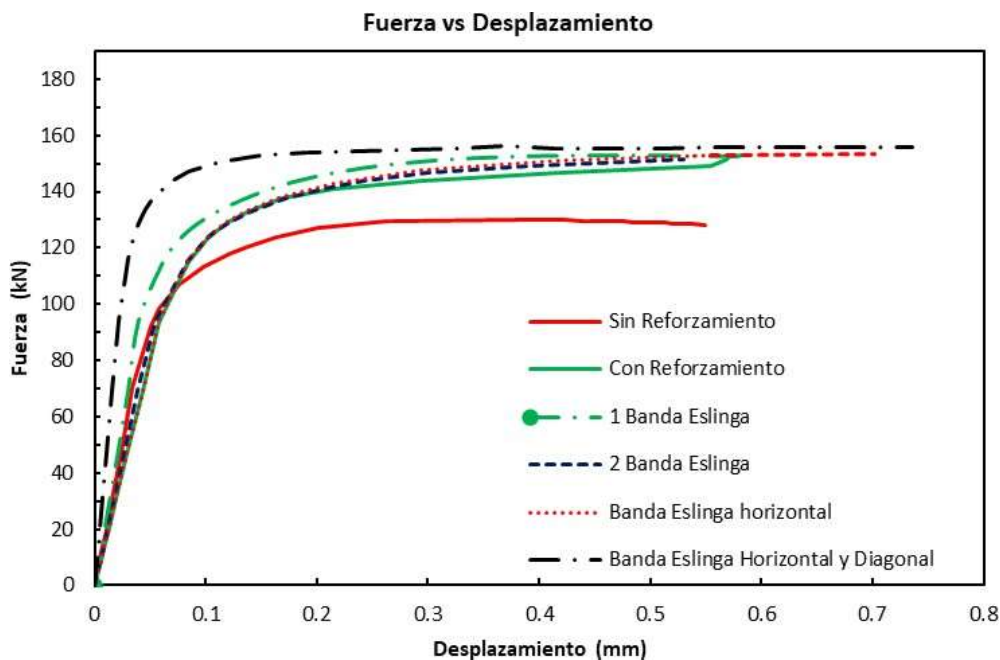
b)



La Figura 18 muestra la geometría tridimensional del modelo numérico implementado, mientras que la Figura [20, 21 y 22] presenta los resultados finales de daño para cada configuración analizada (sin refuerzo, una banda, dos bandas y combinación diagonal-horizontal), evidenciando la influencia del refuerzo textil en la reducción de concentración de tensiones diagonales. [Determinar dentro de su fase realizada]

### Figura 24

*Resultados de desplazamiento del modelo numérico Abaqus CAE*



Finalmente, la curva carga–deformación numérica obtenida a partir de la reacción en el punto de referencia superior se comparó con los resultados experimentales (Figura 3.9), observándose una correlación satisfactoria con discrepancias menores al 10 % en la carga última y en la rigidez inicial. Este resultado valida la capacidad del modelo cohesivo–plástico implementado para reproducir el comportamiento no lineal de la mampostería reforzada con eslingas textiles recicladas.

## Discusión

Como resultados, se obtuvieron mejoras óptimas en la resistencia máxima con las siguientes configuraciones: el refuerzo de una banda en la muestra A- MCRT1-01 alcanzó 168.78 kN; el de dos bandas en C-MCRT3-02 registró 164.22 kN; y la configuración adicional en MCRDH-01 presentó la resistencia más alta de todas las muestras, con 173.56 kN. En comparación con otras investigaciones bajo condiciones similares, estos valores superan los reportados, como la resistencia máxima de 159.60 kN en (Díaz Esquevel, 2022) y 148.39 kN en (Díaz Ezquicel, 2020), lo que representa una mejora general del 2-5 %.

## Interpretación de los Resultados por Fase Experimental

Los ensayos de corte diagonal revelaron mejoras sustanciales en el comportamiento de los muros reforzados con eslingas textiles recicladas comparados con los controles, aunque con variabilidad atribuible a configuraciones y condiciones de montaje. En la Fase 1, los muros sin tarrajeo (MSR) y con tarrajeo de 15 mm (MCRM) exhibieron un Factor de Integridad Estructural (FIE) nulo (0%) en ambas caras, con deformaciones diagonales máximas medidas por LVDT de 0.47-0.45 mm para MSR y 0.33-0.37 mm para MCRM (medias 0.55 mm y 0.355 mm, respectivamente). Esto confirma una respuesta frágil caracterizada por caída abrupta post-pico y ausencia de reserva residual, alineándose con vulnerabilidades típicas de mampostería no reforzada en regiones sísmicas [5, 9].

El refuerzo horizontal con 1 banda (A/B/C-MCRT1-01) y 2 bandas (A/B/C- MCRT2-02) incrementó el FIE medio a 35.0% (IC95%: 20.8-49.2%) y 36.7% (IC95%: 18.3-55.1%), respectivamente, con deformaciones LVDT máximas de 0.12-0.70 mm (medias 0.495 mm y 0.398 mm). El mejor desempeño se observó en tipos B (FIE hasta 52.5%), donde la curva fuerza-desplazamiento mostró una cola post-pico extensa, mientras que los tipos C registraron bajos FIE (12.5-25%) debido a asimetrías en adherencia y anclajes. En la Fase 3, con cambio de cabezal por limitaciones de laboratorio, los refuerzos diagonales (MCRD) y combinado diagonal +

horizontal (MCRDH) alcanzaron FIE medios de 40.0% (IC95%: 8.2-71.8%) y 40.8% (IC95%: 26.5-55.2%), con deformaciones LVDT más contenidas (medias 0.245 mm y 0.433 mm). Aunque las fuerzas absolutas no son estrictamente comparables entre fases, el FIE y LVDT mantuvieron consistencia, confirmando que estos refuerzos estabilizan la respuesta post- fisuración sin incrementar significativamente la deformación máxima.

### **Mecanismos de Falla y Relación FIE-LVDT**

Los patrones de falla observados, dominados por tracción diagonal con aplastamiento en vértices y desprendimientos localizados del recubrimiento, se correlacionan positivamente con el FIE en configuraciones reforzadas. Por ejemplo, en la muestra B-MCRT2-01-2 (Figura Y: post-rotura con fisura continua y aplastamiento inferior), el FIE de 52.5% (media) y LVDT máxima de 0.60 mm indican una buena retención de integridad, donde la eslinga puentea la grieta y limita la disgregación. En general, los grupos reforzados presentaron FIE medios superiores al 35%, con picos de 60% en 2 bandas, destacando su capacidad para disipar energía post-pico (área bajo la curva post-pico/área total  $\times$  100), en contraste con los controles (0%).

La correlación entre FIE y deformaciones LVDT máximas fue débil ( $r \approx -0.15$ ,  $p \approx 0.51$ ), sugiriendo que el FIE depende más de la forma de la curva post-pico que de la magnitud puntual de la deformación. Esto se corrobora en casos como C-MCRT3-01-1 (LVDT 0.70 mm pero FIE bajo de 25%), donde deformaciones altas indican fallo incontrolado, versus MCRDH-02 (LVDT 0.38 mm con FIE 47.5%), donde el refuerzo combinado mantiene estabilidad a deformaciones moderadas. Estos hallazgos concuerdan con literatura sobre refuerzos textiles [8, 20], donde la integridad residual mejora 200-300% en mampostería vulnerable, aunque nuestra variabilidad (de 17.5% en 2 bandas) resalta la sensibilidad a detalles constructivos como pretensado y adherencia.

## **Implicancias Prácticas y Contribuciones**

El uso de eslingas textiles recicladas eleva el FIE de 0% en controles a 35-41% en promedio para reforzados, promoviendo la economía circular en rehabilitación sísmica de bajo costo en regiones como Perú. Configuraciones con 2 bandas o combinadas ofrecen picos altos de integridad (hasta 60%), ideales para muros expuestos a cargas laterales, mientras que el refuerzo diagonal proporciona consistencia (baja de 3.5-5.8%). Las asimetrías observadas entre caras subrayan la necesidad de estandarizar anclajes y recubrimiento, alineándose con normativas peruanas (RNE E.070 y E.030) para limita de fisuración  $<0.5$  mm en muros reparables.

Comparado con FRM tradicionales [22, 23], nuestro enfoque con materiales reciclados alcanza FIE similares (40-60%) con menor costo, validando numéricamente discrepancias  $<10\%$  en curvas fuerza-desplazamiento. Esto contribuye una métrica novedosa (FIE) para cuantificar estabilidad post-falla, superando enfoques cualitativos.

## **Limitaciones y Trabajo Futuro**

Limitaciones incluyen: N pequeño ( $n=2-6$  por grupo), lo que amplía IC95% y limita potencia estadística; cambio de cabezal en Fase 3, afectando comparabilidad de fuerzas absolutas (aunque no de FIE/LVDT); y ensayos monotónicos, que no capturan comportamiento cíclico sísmico. Además, la correlación débil FIE-LVDT sugiere refinar el parámetro incorporando rigidez residual.

Trabajo futuro: ensayos cíclicos con N mayor; optimización de anclajes mediante análisis paramétrico en Abaqus; validación en muros a escala real y comparación con FRM comerciales para estandarizar el uso de eslingas recicladas en normativas peruanas.

## Conclusión

En la presente investigación, se determinó que el reforzamiento de la eslinga con un anclaje adecuado permite mejorar su rendimiento, ya que la eslinga, fabricada con fibra textil de poliéster, incrementa su resistencia. El muro MSR, utilizado como control (sin tarrajeo). Los resultados más destacados se obtuvieron con la muestra A-MCRT1-01, que alcanzó una resistencia máxima de 168.78 kN con un reforzamiento de una banda, y con el reforzamiento de dos bandas, que registró una resistencia a la rotura de 162.17 kN. Mostró una mejora del 2-5 % en comparación con otras investigaciones que se realizaron. Todas estas pruebas se realizaron con eslingas de 50 mm en el primer bloque de rotura.

Al evaluar diferentes configuraciones de reforzamiento, se identificó que las mejores opciones corresponden al grupo de eslingas de 50 mm en configuraciones de una y dos bandas. La muestra A-MCRT1-01 presentó una resistencia máxima de 168.78 kN, mientras que A-MCRT1-02 alcanzó 162.17 kN, posicionándose entre las más resistentes. Además, las configuraciones adicionales, como la muestra diagonal con banda horizontal, obtuvieron un máximo de 173.56 kN, lo que representa la resistencia más alta entre todas las configuraciones analizadas.

Utilizando estos datos experimentales, se aplicó un modelo numérico en Abaqus CAE, calibrando las muestras para evaluar posibles mejoras numéricas. Los resultados indicaron que todos los modelos numéricos lograron una mejora óptima del 5 -10 % respecto al muro de calibración. Como se muestra en la Figura 24, se obtuvo una buena correlación con discrepancias inferiores al 10 % en la carga última y en la rigidez inicial. Esto se validó mediante la capacidad del modelo cohesivo-plástico para simular el comportamiento no lineal de la mampostería reforzada con eslingas textiles recicladas.

Por otro lado, se observó una mejora en la deformación, medida mediante LVDT junto con la rotura. Las muestras sin reforzamiento presentaron deformaciones de MSR con 0.47 mm y

0.37 mm en MCRM. En contraste, el reforzamiento con una banda de 50 mm alcanzó una deformación máxima de 0.49 mm, y con dos bandas de 100 mm, de 0.48 mm, lo que representa las mejoras en deformación total.

Finalmente, esta investigación reveló una mejora en el comportamiento general del muro. Las muestras sin reforzamiento exhibieron fallas explosivas, mientras que las reforzadas con eslingas mantuvieron su integridad estructural hasta el fallo, sin separarse inmediatamente. A este fenómeno lo denominamos "Factor de Integridad Estructural". Mediante la Figura 8, se determinaron porcentajes de daño, mostrando mejoras drásticas: por ejemplo, B-MCRT3-01 con 60 %, A- MCRT1-02 con 75 % y B-MCRT3-02 con 60 %. Todas estas muestras se conservaron en una condición superior.

Como recomendaciones para investigaciones futuras, se sugiere explorar el uso de la eslinga como fibras delgadas para mejorar las propiedades de briquetas. Esto se lograría descosiendo y cortando la eslinga en fibras pequeñas, similares en tamaño a las de vidrio o carbono, lo que permitiría evaluar su resistencia mecánica. Además de ser una opción más accesible y económica, esta aproximación ofrece múltiples aplicaciones, como su incorporación en el tarrajeo o en las juntas de mortero, potenciando así su versatilidad en materiales de construcción.

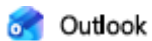
### Referencia Bibliográfica

- (FEMA), F. E. (1998). Evaluation of Earthquake-Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Basic Procedures Manual (FEMA 306).
- Abdulla, K. F., Cunningham, L. S., & Gillie, M. (2017, august 10). Simulating masonry wall behaviour using a simplified micro-model.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.08.021>
- Bautista Salinas, M. E. (2023). Análisis comparativo de las propiedades físicas del ladrillo pandereta con relación al ladrillo dieciocho huecos en huacho. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.14067/10023>
- D'Altri, A. M., Miranda, S. d., Catellazi, G., & Sarhosis, V. (2018, august 15). A 3d detailed micro-model for the in-plane and out-of-plane numerical analysis of masonry panels. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2018.06.007>
- D'Altri, A. M., Miranda, S., Castellazzi, G., & Vasilis, S. (2018, June 11). A 3D detailed Micro-model for the in-plane and out-of-plane numerical analysis of masonry panels. p. 13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2018.06.007>
- Debnath, P., Dutta, S. C., & Mandal, P. (2023, March). Literal behaviour of masonry walls with different types of brick bonds, aspect ratio and strengthening measures by polypropylene bands and wire mesh.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.01.155>
- Díaz Esquevel, C. M. (2022). Comportamiento mecánico de muros de ladrillo pandereta de espesor de junta de 25 mm sometidos a cargas laterales y gravitacionales. p. 114.
- Díaz Ezquicel, C. M. (2020, diciembre). MODELO ELASTOPLÁSTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD POR CORTE DE MUROS DE LADRILLO PANDERETA. p. 130.
- International, A. (2020). Standar Test Method For Breaking Strength and Elongation of Textile Webbing, Tape and Braided Material. (A. International, Ed.)  
doi:<https://doi.org/10.1520/D6775-13R20>

- Lublinter, J., Oliver, J., Oller, S., & Oñate, E. (1989). A plastic-damage model for concrete. doi:[https://doi.org/10.1016/0020-7683\(89\)90050-4](https://doi.org/10.1016/0020-7683(89)90050-4)
- Miglietta, P. C., Bentz, E. C., & Grasselli, G. (2017, May 1). Finite/Discrete element modelling of reversed cyclic tests on unreinforced masonry structure. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.02.019>
- Montilla Barrios, S. K. (2022). Guia práctica de Uso: Abaqus CAE. p. 16. doi:<https://doi.org/10.5377/nexo.v36i06.17443>
- Morsali, V., Babamohammadi, S., & Elyasi, J. (2023, Diciembre). The seismic performance of Infill and Retrofitted Structural Walls under Earthquakes.
- Rotunno, T., Fagone, M., Grande, E., & Milani, G. (2023, june 1). FRCM-to- masonry bonding behaviour in the case of curved surfaces: Experimental investigation. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.116913>
- Sáenz Tenorio, L. E. (2016, Abril). COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE TABIQUES CONSTRUIDOS CON LADRILLOS PANDERETA. p. 88.
- Sutcliffe, D. J., Yu, H. S., & Page, A. W. (2001). Lower bound limit analysis of unreinforced masonry shear walls. doi:[https://doi.org/10.1016/S0045-7949\(01\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S0045-7949(01)00024-4)
- Tarque, N., & Quiun, D. (2021, Mayo 20). Experimental tests of strengthened small masonry walls made of horizontally-hollow bricks ("pandereta") in seismic zones.
- Yacila, J., Salsavilca, J., Tarque, N., Casadei, P., & Camata, G. (2018, Octubre). The use of SRG to improve the lateral displacement ductility of confined masonry walls. p. 17. Numerical modelling of FRP.reinforced masonry walls under in-plane seismic loading.
- Zhang, s., Dongmin, Y., Sheng, Y., Garrity, S., & Xu, L. (2016, 12 08).
- Zhang, S., Yang, D., Sheng, Y., Garrity, S. W., & Xu, L. (2017, Diciembre). Numerical modelling of FRP-reinforced masonry walls under in-plane seismic loading. p. 15.

## Anexos

### Anexo 1. Evidencia de Sumisión



---

[Infrastructures] Manuscript ID: infrastructures-4055748 - Declined for Publication

---

Desde sharon.fan@mdpi.com <sharon.fan@mdpi.com>

en nombre de

Infrastructures Editorial Office <infrastructures@mdpi.com>

Fecha Mar 09/12/2025 21:25

Para Henry Antonio Aguilar Chuquimia <henry.ac@upeu.edu.pe>; Edison Brayan Pocco Sulla <edison.pocco@upeu.edu.pe>

CC edy.churqui <edy.churqui@upeu.edu.pe>; Infrastructures Editorial Office <infrastructures@mdpi.com>; Emma Fang <emma.fang@mdpi.com>

Dear Dr. Aguilar,

Thank you for submitting the following manuscript to Infrastructures:

Manuscript ID: infrastructures-4055748

Type of manuscript: Article

Title: Experimental and Numerical Response of Masonry Walls Reinforced with Recycled Textile Fibers

Authors: Henry Aguilar \*, Edison Brayan Pocco, Edy Churqui

Received: 5 Dec 2025

E-mails: henry.ac@upeu.edu.pe, edison.pocco@upeu.edu.pe, edy.churqui@upeu.edu.pe

[https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review\\_info/d448aaa7cb1464eddd61959e69624fb1](https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review_info/d448aaa7cb1464eddd61959e69624fb1)

Although the paper seems interesting, we are sorry to reject this submission as it is not up to our standard of publication. Papers sent for peer-review are selected on the basis of discipline, novelty and general significance, in addition to the usual criteria for publication in scholarly journals.

Therefore, our decision is not necessarily a reflection of the quality of your research. For details, please check our specific Instructions to Authors at <https://www.mdpi.com/journal/infrastructures/instructions>

We wish you every success if you choose to submit the paper elsewhere.

Kind regards,

Infrastructures Editorial Office

infrastructures@mdpi.com

Disclaimer: The information and files contained in this message are confidential and intended solely for the use of the individual or entity to whom they are addressed. If you have received this message in error, please notify me and delete this message from your system. You may not copy this

## Anexo 2. Copia de resolución de Sustentación



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

RESOLUCIÓN N° 0571-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 10 de octubre de 2023

### VISTO:

El expediente de **Edison Brayan Pocco Sulla**, identificado(a) con Código Universitario N° 201810488 y **Edy Elmer Churqui Accha**, identificado(a) con Código Universitario N° 202013822, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

### CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Edison Brayan Pocco Sulla** y **Edy Elmer Churqui Accha**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Respuesta experimental y numérica de muros de albañilería reforzados con fibras textiles recicladas" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 10 de octubre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

### SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Respuesta experimental y numérica de muros de albañilería reforzados con fibras textiles recicladas**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Herson Duberly Pari Cusi** y **Ing. Jorge Llanos Ticona**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Mg. Ketty Magaly Arellano Lino  
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:  
-Interesado  
-Asesor  
-Dirección General de Investigación  
-Archivo