



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON
MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA
INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON
FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA
VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS
AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE
YARINACOCHA-PUCALLPA,2023”**

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Alejandro Asdrubal Ling Quevedo

Asesor:

Mg. Carlos Alberto Avellaneda Cruz

<https://orcid.org/0000-0003-2291-6901>

Lima – Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ALEJANDRO VILDOSO FLORES	10712728
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	WILDER CALIXTRO CALIXTRO	06803344
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	JULIO QUESADA LLANTO	42831273
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis Alejandro Ling Quevedo

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	blog.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a todos los jóvenes que tienen ganas de progresar en la vida, que se motiven en realizar sus sueños que con trabajo duro y esfuerzo todo se puede. También se lo dedico a mis padres, que me ayudaron a convertirme en la persona que soy hoy. Ellos son los responsables de muchos de mis logros y experiencias, incluida ésta. Me crié con restricciones y libertades, pero, al fin y al cabo, siempre me impulsaron a cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

El amor que me dieron, el compromiso y la paciencia que mostraron mis padres cada día al preocuparse por mi progreso y el desarrollo de mi tesis son sencillamente únicos y se manifiestan en la vida de un hijo.

Gracias a mis padres por ser los principales defensores de mis aspiraciones, por tener siempre fe en mí y en mis capacidades, y por estar siempre dispuestos a pasar conmigo las largas y arduas noches de estudio.

Estoy agradecido con mis padres por querer siempre lo mejor para mi vida y por todos sus consejos y palabras que me han ayudado en el camino.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática	17
1.2. Bases teóricas	28
1.3. Formulación del problema	49
1.4. Objetivos	49
1.5. Hipótesis	50
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	52
2.1. Tipo de Investigación	52
2.1.1. Nivel de investigación	52
2.1.2. Diseño de investigación	53
2.2. Población y Muestra	54
2.3. Técnica e Instrumentos de Recopilación y Análisis de Datos	56

2.3.1. Procedimiento de Recolección de Datos	57
2.5. Consideraciones Éticas de la Investigación	92
CAPÍTULO III: RESULTADOS	93
3.1. Agrietamiento diagonal	93
3.2. Resistencia a fuerza cortante	99
3.3. Desplazamientos máximos de entresijos (derivadas)	103
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	118
4.1. Limitaciones	118
4.2. Discusiones e Implicancias	119
4.3. Conclusiones	123
REFERENCIAS	126
ANEXOS	132

Índice de Tablas

Tabla 1 Resistencias de la albañilería en unidad, pilas y muretes	36
Tabla 2 Características mecánicas de las fibras de carbono.	45
Tabla 3 Muestra de estudio	54
Tabla 4 Muestreo de estudio	54
Tabla 5 Domicilios autoconstruidos de la Provincia Peruana de Coronel Portillo renovadas para 2021.....	57
Tabla 6 Recopilación de información sobre variabilidad dimensional en unidad de pandereta.	61
Tabla 7 Recopilación de información sobre variabilidad dimensional en unidad de King Kong.....	61
Tabla 8 <i>Resumen de variación dimensional ladrillo King Kong 18h y Pandereta utilizada.</i> 61	
Tabla 9 <i>Recopilación de información sobre alabeo de ladrillos de pandereta.</i>	63
Tabla 10 <i>Recopilación de información sobre alabeo de ladrillos King Kong.</i>	63
Tabla 11 <i>Síntesis de alabeo ladrillo King Kong 18h y Pandereta utilizada.</i>	64
Tabla 12 <i>Recopilación de información sobre compresión de ladrillos de pandereta.</i>	65
Tabla 13 <i>Recopilación de información sobre compresión de ladrillos King Kong.</i>	65
Tabla 14 <i>Síntesis de prueba a compresión sobre unidades de ladrillo King Kong utilizada.</i> 66	
Tabla 15 <i>Síntesis de prueba a compresión sobre unidades de ladrillo pandereta utilizada.</i> .66	
Tabla 16 <i>Síntesis de prueba a compresión axial sobre prismas de pandereta utilizada.</i>	67
Tabla 17 <i>Prueba a compresión axial sobre prismas de King Kong de la norma E.070 utilizada.</i>	67

Tabla 18	<i>Síntesis de prueba a compresión diagonal sobre muretes de pandereta utilizada..</i>	69
Tabla 19	<i>Prueba a compresión diagonal sobre muretes de King Kong de la norma E.070 utilizada.....</i>	69
Tabla 20	<i>Propiedades mecánicas de malla electrosoldada de otra investigación.</i>	71
Tabla 21	<i>Síntesis de propiedades mecánicas de malla electrosoldada utilizada.</i>	71
Tabla 22	<i>Pruebas a compresión axial y diagonal con y sin refuerzo de mallas electrosoldadas</i>	72
Tabla 23	<i>Síntesis de propiedades mecánicas del CFRP que se utilizo</i>	74
Tabla 24	<i>Pruebas a compresión axial y diagonal con y sin refuerzo de CFRP</i>	77
Tabla 25	<i>Pruebas a compresión axial y diagonal de ambos refuerzos.</i>	78
Tabla 26	<i>Resistencias de agrietamiento diagonal en los muros con y sin refuerzo de ME....</i>	93
Tabla 27	<i>Resistencias de agrietamiento diagonal de los muros de albañilería + CFRP</i>	95
Tabla 28	<i>Resistencias de agrietamiento diagonal y fuerza cortante de ambos refuerzos.</i>	97
Tabla 29	<i>Resistencias a fuerza cortante en los muros con y sin refuerzo de ME</i>	99
Tabla 30	<i>Resistencia a fuerza cortante en los muros de albañilería + CFRP.....</i>	101
Tabla 31	<i>Comparación de las derivas máximas de la estructura con y sin refuerzos.</i>	103
Tabla 32	<i>Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (X)</i>	108
Tabla 33	<i>Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (X)</i>	108
Tabla 34	<i>Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (y)</i>	109
Tabla 35	<i>Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (Y)</i>	109
Tabla 36	<i>Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (X)</i>	110
Tabla 37	<i>Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (X)</i>	110

Tabla 38 Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (y)	111
Tabla 39 Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (Y)	111
Tabla 40 Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (X).112	
Tabla 41 Prueba Anova a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (X)	112
Tabla 42 Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (y) .113	
Tabla 43 Prueba Anova a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (Y)	113
Tabla 44 Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) Pandereta (X)...114	
Tabla 45 Prueba Anova a la resistencia a fuerzas cortantes Vm (ton) Pandereta (X)	114
Tabla 46 Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) Pandereta (y)....115	
Tabla 47 Prueba Anova a la resistencia a fuerzas cortantes Vm (ton) Pandereta (Y)	115
Tabla 48 Prueba Shapiro Wilk a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (X).....	116
Tabla 49 Prueba Anova a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (X)	116
Tabla 50 Prueba Shapiro Wilk a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (Y).....	117
Tabla 51 Prueba Anova a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (Y)	117

Índice de Figuras

Figura 1 Tabique de albañilería de arcilla, conformado por ladrillo, interfaz y juntas.	30
Figura 2 Albañilería reforzada.	31
Figura 3 Variación dimensional de la unidad de ladrillo.	33
Figura 4 Cuña para medición de alabeo.	34
Figura 5 Ensayo a la compresión del concreto.	37
Figura 6 Refuerzo de muros con malla electrosoldada.	40
Figura 7 Refuerzo de muros con malla electrosoldada.	41
Figura 8 Fibras de carbono.	43
Figura 9 Fallas en muros de albañilería	48
Figura 10 Mapa de la región de Ucayali.	58
Figura 11 Muestra de 10 unidades de King Kong.	59
Figura 12 Pruebas de variabilidad dimensional en unidades de King Kong	59
Figura 13 Pruebas de variabilidad dimensional en unidades de pandereta.	60
Figura 14 Pruebas de alabeo sobre unidades de King Kong.	64
Figura 15 Prueba a compresión sobre ladrillos de pandereta.	66
Figura 16 Prueba de compresión axial sobre pilas	68
Figura 17 Prueba a compresión diagonal sobre muretes	69
Figura 18 Malla electrosoldada marca Prodac.	71
Figura 19 Gráfico de mejora de resistencia a compresión axial y diagonal del grupo de control	73
Figura 20 Gráfico de mejora de módulo de elasticidad y corte del del grupo de control.	74

Figura 21 Gráfico de mejora de resistencia a compresión axial y diagonal de ambos refuerzos..... 79

Figura 22 Gráfico de mejora de módulo de elasticidad y corte de ambos refuerzos 80

Figura 23 Vivienda autoconstruida de 4 pisos y Zonificación 81

Figura 24 Diseño de cargas verticales del 1° Piso de muros con ladrillos King Kong de Edificación sin Refuerzo 82

Figura 25 Diseño de cargas verticales del 4° Piso de muros con ladrillos pandereta de Edificación sin refuerzo 83

Figura 26 Datos de albañilería KK sin Refuerzo en Etabs 83

Figura 27 Datos de albañilería pandereta sin Refuerzo en Etabs 84

Figura 28 Control de fisuración en cada piso de muros con ladrillos King Kong o Pandereta de Edificación sin Refuerzo 86

Figura 29 Diseño por resistencia en cada piso de muros con ladrillos King Kong o pandereta de Edificación sin Refuerzo 87

Figura 30 Datos de albañilería KK con refuerzo de fibra de carbono en Etabs 88

Figura 31 Datos de albañilería pandereta con refuerzo de fibra de carbono en Etabs..... 89

Figura 32 Derivas de la edificación con reforzamiento de fibra de carbono 89

Figura 33 Datos de albañilería KK con refuerzo de malla electrosoldada en Etabs..... 90

Figura 34 Datos de albañilería pandereta con refuerzo de malla electrosoldada en Etabs 91

Figura 35 Derivas de la edificación con reforzamiento de malla electrosoldada 91

Figura 36 Mejora del agrietamiento diagonal del grupo de control. 94

Figura 37 Mejora del agrietamiento diagonal del refuerzo de CFRP respecto a un muro convencional.	96
Figura 38 Análisis gráfico del agrietamiento diagonal del refuerzo de CFRP respecto a la ME.....	98
Figura 39 Mejora de la fuerza cortante del refuerzo de ME respecto a un muro convencional.	100
Figura 40 Análisis gráfico de la fuerza cortante del refuerzo de ME respecto al CFRP	102
Figura 41 Gráfico comparativo de derivas	104
Figura 42 Gráfico comparativo en % de derivas en cada piso con el grupo de control	105
Figura 43 Gráfico comparativo en % de derivas en cada piso con CFRP	106
Figura 44 Gráfico comparativo en % de derivas con refuerzo	107

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de la absorción.	35
Ecuación 2. Cálculo de la resistencia a compresión.	35
Ecuación 3. Fuerza cortante en la base	37
Ecuacion 4. Aceleración espectral	38
Ecuacion 5. Fuerza cortante dinámica	38
Ecuacion 6. Cálculo de variabilidad dimensional.	60
Ecuacion 7. Cálculo de compresión sobre unidades	65
Ecuacion 8. Cálculo de compresión sobre pilas.....	67
Ecuacion 9. Cálculo de compresión diagonal.	68
Ecuacion 10. Cálculo de compresión diagonal característica	68

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es determinar si la incorporación de polímero reforzado con fibra de carbono logra mejorar en un mayor porcentaje las propiedades de los muros de albañilería confinada con mallas electrosoldadas para disminuir la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa, mediante el software Etabs. La metodología empleada en esta investigación fue de enfoque cuantitativo, y del tipo aplicada con un nivel aplicativo y un diseño experimental. Se obtuvo como resultados que la incorporación de polímeros reforzados en los muros de albañilería confinada influyó positivamente en el comportamiento sísmico de la edificación tomada como caso de estudio, ya que en relación a muros convencionales se obtuvieron mejoras considerables, sin embargo al compararlo con el grupo control se pudo concluir que la adición del polímero reforzado con fibra de carbono presentó un mejor comportamiento ante la resistencia por agrietamiento diagonal pero la resistencia ante fuerza cortante y desplazamientos fue menor que el grupo de control(muros con mallas electrosoldadas).

PALABRAS CLAVES: Mampostería, muros de mampostería, mallas electrosoldadas, polímeros con fibra de carbono, CFRP.

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine if the incorporation of carbon fiber reinforced polymer improves in a higher percentage the properties of masonry walls confined with electrowelded mesh to reduce the seismic vulnerability of self-built houses in the district of Yarinacocha - Pucallpa, using Etabs software. The methodology used in this research was of quantitative approach, applied type with an applicative level and an experimental design. The results showed that the incorporation of reinforced polymers in the confined masonry walls had a positive influence on the seismic behavior of the building taken as a case study, since in relation to conventional walls considerable improvements were obtained; however, when compared with the control group, it was concluded that the addition of the carbon fiber reinforced polymer showed a better behavior in terms of diagonal cracking resistance, but the resistance to shear force and displacements was lower than the control group (walls with electrowelded mesh).

KEY WORDS: Masonry, masonry walls, electrowelded mesh, carbon fiber polymers, CFRP.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel internacional, Teixeira et al. (2022) menciona que, investigadores tienen mayor interés en innovar nuevas técnicas para reemplazar aquellas tradicionales en el negocio de la construcción, desarrollando así tecnologías, procedimientos, materiales para fabricar y obtener un producto final de mejor calidad a menor costo.

En los últimos años, Fonseca (2018) afirma que, se encuentra en constante búsqueda de sistemas y técnicas constructivas que contribuyan con la evolución de procesos constructivos de estructuras mediante la reducción de tiempos y costos, así como el incremento de su calidad.

La tercera parte de toda la población mundial viven en estructuras de mampostería no reforzada, sin embargo, siendo las estructuras más vulnerables ante un evento sísmico, esto conlleva a problemas no solo técnicos, sino también sociales, al no garantizar la seguridad necesaria a los habitantes. Ante dicha problemática surge la necesidad de realizar estudios con una óptima solución para mejorar este tipo de estructuras (Shermi & Dubey, 2018).

Lamentablemente, la informalidad se considera una realidad mundial, al ser una práctica económica que actúa sin permisos, infringiendo leyes y reglamentos vigentes. De esta problemática nace la iniciativa en la evaluación de la seguridad sísmica estructural de edificaciones, al ser necesario contar con estudios que logren obtener las condiciones o características de la susceptibilidad de éstas al sufrir un daño ante un evento natural de tipo sísmico (Ferrera et al., 2017).

Castillo et al. (2022) afirma que una de las naciones que conforman el Cinturón de Fuego del Pacífico es Ecuador, por lo que, se considera una zona altamente sísmica, siendo

vulnerable ante sacudidas frecuentes durante el año, dejando así diversas pérdidas estructurales e incluso humanas. Por ello, nace la iniciativa de evaluar e investigar las condiciones de viviendas para mejorar sus diseños y procesos constructivos de estas que garanticen mayor seguridad.

Asimismo, Perú es uno de los países donde mayormente ocurren sismos y erupciones volcánicas, considerándose lo más preocupante, debido que, nuestra nación también participa del Cinturón del Fuego del Pacífico (Instituto Geofísico del Perú, 2020). En los últimos tiempos, los temblores que se han sentido han sido de mayor intensidad y duración, por lo que, se considera que esta región registra casi el 90% de la acción sísmica de la tierra, debido a sus 40,000 kilómetros de largo.

En la región de Amazonas, así como en el resto del Perú, Arteaga et al. (2018) afirma que, la autoconstrucción de viviendas de albañilería confinada es una de las prácticas más preocupantes e influyentes en la calidad estructural, por lo que, se busca alternativas para mejorar la calidad de estas mismas y también contribuir a la satisfacción personal de los clientes mejorando su habitabilidad.

Asimismo, en los distritos de Lima y su región, presentan otra problemática paralela, que es la informalidad y la autoconstrucción, caracterizándose por ser de gran preocupación para la sociedad. Se evidencian en su mayoría viviendas que son construidas sin diseño ni asesoramiento de profesionales especialistas que garanticen el comportamiento adecuado de una vivienda ante un evento sísmico (Peña, 2019).

A nivel local, el surgimiento de viviendas informales alrededor de la ciudad de Pucallpa enfrenta la necesidad de actuar para evitarlo (Dreifuss, 2018). Asimismo, mencionan que la informalidad en la construcción de viviendas incrementa de manera acelerada cada año.

En solo la ciudad de Pucallpa, la informalidad se considera un elemento que ha enraizado en todos los sectores de nuestra sociedad, influyendo de manera negativa al desarrollo y crecimiento del país, solo en el año 2018, aproximadamente el 70% de las viviendas son informales (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

Con la finalidad de mejorar las edificaciones, muchas viviendas informales optan por incorporar mallas electrosoldadas a los muros de albañilería, ya que se considera una de las técnicas más adecuadas por ser de bajo costo y facilidad en la implementación, de esta manera consiguen incrementar la resistencia en los muros portantes (Díaz, 2021).

Por otro lado, el polímero reforzado con fibra de carbono es usado en sistemas de fortalecimiento estructural, siendo implementado con mayor frecuencia en estructuras como vigas, techos, columnas, proporcionando una adecuada durabilidad y un plazo de servicio largo (Sika Perú, 2023).

Por toda la problemática anteriormente mencionada la tesis busca mejorar la resistencia de los muros de mampostería que ya se encuentran reforzados con mallas electrosoldadas a partir de la implementación de otras técnicas (polímero reforzado con fibra de carbono) en una vivienda de regular estado y autoconstruida en Pucallpa, plasmando así todas las realidades mencionadas, con el fin de brindar una propuesta óptima y viable de solución, y así evitar daños que perjudiquen a la estructura y a los usuarios.

1.1.1. Antecedentes internacionales

La presente investigación cuenta con antecedentes a nivel internacional, en Colombia Acuña Caro (2022) en su tesis titulada “Análisis comparativo de resistencias a compresión en muros de mampostería, por medio del uso de fibras de carbono y basalto para procesos de restauración y conservación”, tuvo como objetivo realizar un análisis del comportamiento de muros en mampostería, reforzados con fibras de carbono y basalto, bajo la acción de esfuerzos de compresión, mediante una metodología de tipo mixta y experimental. Las resistencias a la compresión de los muretes reforzados ensayados mediante ensayos destructivos, oscilan en valores desde 4.90 kg/cm² hasta 5.11 kg/cm² con un valor promedio de 4.98 kg/cm², para CFRP; y en valores desde 5.24 kg/cm² hasta 5.33 kg/cm² con un valor promedio de 5.29 kg/cm², para BFRP. Se concluye que el aumento de la resistencia mediante la implementación de refuerzo, en comparación con los muretes ensayados en su estado natural mediante ensayos destructivos, arrojó porcentajes 25.95% para CFRP y 30.25% para BFRP. Corroborando que las mallas de basalto son mejores por poco que las fibras de carbono

En Uruguay, Toledo (2009) en su artículo titulado “Mampostería reforzada con materiales compuestos”, tuvo como objetivo comportamiento de pequeños muros de mampostería reforzados con láminas de material compuesto y sometidos a compresión diagonal, mediante una metodología experimental – cuantitativa. Las resistencias a la compresión de los muretes reforzados ensayados mediante ensayos destructivos con una capa, es de 3.15 kg/cm² y con dos capas de 5.15 kg/cm², para CFRP; y para muros no reforzados de 1.35 kg/cm². Se concluye que el refuerzo con materiales de matriz polimérica reforzada con fibras, mejora el comportamiento de la mampostería bajo esfuerzos de corte, aumentando la

resistencia última y la rigidez. El tipo de rotura continúa siendo frágil, pero los especímenes conservan el monolitismo aún después de alcanzarse la carga de rotura.

En Santiago de Chile, Diaz et al (2017) en su artículo titulado “Experimental study of non-engineered confined masonry walls retrofitted with wire mesh and cement-sand mortar” tuvo como objetivo mejorar la capacidad sísmica de muros de mampostería confinada rehabilitados con el reforzamiento de mallas electrosoldadas, mediante una metodología experimental de carga cíclica. En esta investigación se tuvo dos tipos de ladrillo, el ladrillo sólido artesanal y el ladrillo pandereta industrial. Se construyeron 4 muros a escala natural, 2.5 metros de alto con 2.4 metros de ancho. Dos eran de ladrillos pandereta (MTUB y MTUB-R) y los otros dos de unidades artesanales de albañilería (MART y MART-R, uno sin reforzar y el otro reforzado de cada tipo. Se obtuvo una resistencia esfuerzo cortante máximo debido al reforzamiento es de 54% y 83% para los muros de unidades macizas artesanales y de unidades tubulares industriales respectivamente. Por otro lado, la deriva aumentó un 88% y un 136% para los mismos muros respectivamente. Se concluye que los resultados demostraron que la resistencia y la ductilidad se pueden aumentar significativamente mediante el refuerzo de malla propuesta.

En Colombia Torres y vega (2021) en su maestría titulada “Reforzamiento externo de muros de mampostería no reforzada mediante polímeros reforzados con fibra de carbono” tuvo como objetivo evaluar el comportamiento ante cargas laterales en muros de mampostería no estructural, reforzados mediante polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP) mediante una metodología cuantitativa – experimental. Se realizaron ensayos en 8 muros de dimensiones reales y someterlas a cargas de fallo por corte, 4 muros como (muestra control) y 4 muros

(muestra experimental reforzados con CFRP), resultando la mejora de su desplazamiento con muros reforzados con fibra de carbono siendo este inferior a 0.5% que establece la norma E070. Se concluye por tanto que el refuerzo de bandas de CFRP evita fisuras de gran impacto y disminuye los desplazamientos laterales (derivadas) respecto a un muro no reforzado

Seguidamente en Costa Rica, Arias y López (2018) en su tesis “Estudio comparativo entre muros de mampostería reforzados con fibra de carbono y sin ella.”, establece como objetivo el comportamiento de unidades de albañilería de ladrillo empleando la una combinación de técnicas experimentales y analíticas fortificadas con láminas de fibra de carbono de la cual se definió los desplazamientos máximos y la resistencia sísmica de la estructura respecto a Etabs. Los resultados abordaron que nuestro muro de albañilería reforzada con fibras de carbono demostró un aumento de la resistencia de un 55%, y su desplazamiento se redujo de aproximadamente un 39% a tan sólo un 34%. Basándose en los resultados de este estudio, los investigadores han llegado a la conclusión de que la mejora de las cualidades mecánicas de los muros de albañilería puede lograrse mediante la aplicación del refuerzo FRP (Fiber Supported Polymer) que es asombrosa.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

Mientras que, a nivel nacional, se cuenta con antecedentes en la región Lima Estrada y Rada (2022) en su tesis titulada “Propuesta de reforzamiento de viviendas autoconstruidas con ladrillo artesanal de 1, 2 y 3 pisos ubicadas en suelo S3 usando malla de fibra de vidrio”, tuvo como objetivo proponer un reforzamiento con malla de fibra de vidrio para disminuir la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas, mediante una metodología de tipo exploratorio y experimental. Luego de haber modelado las tres viviendas en el programa Etabs

se hallaron valores de derivas menores al 0.005 lo que establece la norma E070, también se obtuvo que la malla electrosoldada ocasiona un incremento en la resistencia a fuerzas cortantes de 47.08%. Asimismo, la implementación de fibra de vidrio en la misma dirección ocasiona que la resistencia a fuerzas cortantes incremente en 94.62% y su deformación lateral en 0.86%. Se concluye que la aplicación de la malla de fibra de vidrio AR presenta mayores beneficios al alcanzar un mejor nivel de desempeño en ambas viviendas y por un costo menor al de la implementación de la malla electrosoldada.

En Lima Espinoza y Balazar (2021) en su tesis titulado “Estudio y comparación del comportamiento mecánico de prismas de albañilería tubular reforzada” tuvo como objetivo buscar discutir si el uso de malla electrosoldada o morteros reforzados con fibras de basalto y acero galvanizado mejorará el comportamiento sísmico en muros de albañilería confinada de unidades tubulares, mediante una metodología experimental y cuantitativa. Las resistencias a la compresión axial de las pilas reforzadas ensayados mediante ensayos destructivos es de 17.1 kg/cm² para malla electrosoldada y 33.5 kg/cm² para fibra de basalto y para la resistencia a compresión diagonal se tuvo un 8.5 kg/cm² para malla electrosoldada y 13.7 kg/cm² para fibra de basalto y 13.5 kg/cm² para fibra de acero. Se concluye que el uso del sistema de reforzamiento con TRM de fibra de basalto aumentó en un 82% la resistencia característica a compresión axial, mientras que para la malla electrosoldada los valores de la resistencia característica permanecen similares y la resistencia característica a corte aumentó un 53% y 51% en los ensayos de basalto y acero respectivamente mientras que en la malla electrosoldada se registró un valor similar a los especímenes sin reforzar.

En Lima Araoz y Velezmore (2012) en su tesis titulada “Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillo pandereta – segunda etapa” tuvo como objetivo comparar el comportamiento sísmico experimental de un muro confinado hecho con ladrillos pandereta con otro similar, pero reforzado externamente con malla electrosoldada recubierta con mortero mediante una metodología experimental. En esta investigación se ensayó un muro a escala natural con el refuerzo mencionado y se mostró un aumento de 48% en la resistencia ante cargas laterales del muro. La malla electrosoldada recubierta de mortero adicionada en el muro M2, modificó el tipo de falla de una falla por corte en M1 (sin refuerzo) a una falla por flexión en M2 (reforzada), derivada en la separación entre la albañilería y las columnas, y en deslizamiento de la albañilería sobre la cimentación. Esto se debió al incremento en el espesor del muro (de 11cm a 16cm), que causó un incremento de la resistencia a fuerza cortante. De este modo se concluye que la rigidez lateral, la carga de fisuración en tracción por flexión, la carga de agrietamiento diagonal y la resistencia máxima en M2 (reforzada) fueron 41%, 13%, 30% y 42%, respectivamente, mayores que los valores obtenidos para el muro M1 (sin refuerzo).

En Lima Diaz y Ceballos (2018) en su tesis titulada “Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada” tuvo como objetivo comparar la resistencia, comportamiento mecánico y costo asociado de muros sin reforzamiento (sólo tarrajados) con muros reforzados con malla para tarrajeo y malla electrosoldada, mediante una metodología cuantitativa – experimental. Para este proyecto se construyó nueve muretes a escala reducida con ladrillos pandereta, tres de ellos construidos de manera tradicional, otros tres reforzados con mallas para tarrajeo y finalmente tres muretes reforzados con mallas

electrosoldadas para ser sometidos a compresión diagonal. Se obtuvo como resultado una resistencia promedio al agrietamiento diagonal (V_m) de 10.02 kg/cm² para un murete sin refuerzo, 9.56 kg/cm² para uno con malla electrosoldada y 9.18 kg/cm² para malla para tarrajeo, lo cual presenta una mejora (%) de -4.59 % para malla electrosoldada y -8.38 % para malla para tarrajeo respecto al sin refuerzo. Se concluye usar una mejor dosificación de mezcla para el tarrajeo (1:6) o el uso de un aditivo que mejore la adherencia, así como mejorar la forma en que se sujeta la malla y obtener mejores resultados de compresión diagonal respecto al sin refuerzo.

Salazar Calcina (2021) en su tesis titulada “Evaluación de vulnerabilidad sísmica para las viviendas autoconstruidas y propuesta de reforzamiento con fibra de carbono, Nuevo Ilo, Moquegua, 2021” tuvo como objetivo evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica para las viviendas autoconstruidas de ladrillo artesanal de concreto y proponer el reforzamiento con fibra de carbono, mediante una metodología aplicada – no experimental. Se procedió al análisis estructural en el programa ETABS donde los resultados como la deriva de entrepiso se obtuvo 0.014 en dirección X del muro de albañilería de la vivienda número dos estando fuera de los límites permisibles del RNE-E.030 y la insuficiente resistencia cortante generó fisuramiento. Se obtiene como conclusión una vulnerabilidad media y baja en las viviendas analizadas según la zona de estudio por lo cual se procedió al reforzamiento con fibra de carbono bajo la guía ACI 440.7r-10, aportando 25% de su rigidez lateral (derivas) y 50% de su resistencia al agrietamiento diagonal en los muros de albañilería confinada.

En Ate Inga y Ortiz (2019) en su tesis titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento en viviendas de albañilería confinada de tres niveles en la

asociación 13 de noviembre en Ate, 2019” tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica y proponer el reforzamiento estructural en las viviendas de albañilería confinada de tres niveles mediante una metodología aplicada - enfoque cuantitativo y experimental. Se basa en utilizar la investigación a través de experimentos y el análisis numérico para comprobar la información, para la determinación de la vulnerabilidad por este método se realizó ensayos de compresión diagonal a los muretes del sistema de albañilería de ladrillo pandereta reforzado con fibra de vidrio (GFRP) para obtener datos exactos de la vivienda, y verificar el aumento de la rigidez lateral en los muros de albañilería mediante un análisis sísmico en ETABS. Se concluye que la propuesta de reforzamiento con fibra de vidrio es la óptima ya que la implementación del refuerzo con varillas de fibra de vidrio en el modelo numérico de las viviendas N°01 y N°02 de albañilería confinada incremento de las fuerzas cortantes en un 46%.

En Lima San Bartolomé y Seminario (2008) en su artículo titulado “Reparación y reforzamiento con fibra de vidrio en un muro de albañilería confinada” tuvo como objetivo analizar la efectividad de una técnica de reparación y reforzamiento, consistente en resanar y adicionar de fibra de vidrio GFRP a un muro de albañilería confinada mediante una metodología cuantitativa – experimental. Se realizaron ensayos de los materiales utilizados en la construcción del “muro original”. También se ensayaron los materiales empleados en la reparación y reforzamiento del muro dañado (“muro reparado”): varillas de fibra de vidrio, mortero para el sellado de fisuras. Se concluye que la rigidez lateral inicial y la resistencia al agrietamiento diagonal recuperada en el muro reparado fue del orden del 70% de la correspondiente al muro original (sin refuerzo) lo que determina que la fibra de vidrio (GFRP)

tuvo una mejora del 30% en los desplazamientos laterales (derivadas) y en la resistencia al agrietamiento diagonal o resistencia al corte (V_m) respecto al muro sin refuerzo.

En Lima San Bartolomé y Coronel (2011) en su artículo titulado “Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada mediante fibra de carbono” tuvo como objetivo analizar la efectividad de una técnica de reparación y reforzamiento, consistente en resanar y adicionar exteriormente fibras de carbono (Mbrace CF130) a un muro de albañilería confinada mediante una metodología cuantitativa – experimental. Se realizaron ensayos de los materiales utilizados en la construcción del “muro original”. También se ensayaron los materiales empleados en la reparación y reforzamiento del muro dañado (“muro reparado”): fibra de carbono. En el ensayo del muro rehabilitado empezaron a romperse y a despegarse parcialmente las bandas de carbono, esto originó que la resistencia a corte del muro se mantuviese constante hasta alcanzar una deriva de 0.01, equivalente al doble del valor máximo especificado por (0.005), donde se produjo la ruptura de 5 bandas, con el consecuente incremento del grosor de las grietas diagonales y el deterioro de la albañilería. Se concluye que la banda de carbono resultó efectiva al incrementar la resistencia a corte en la etapa de grandes desplazamientos laterales, asociados a sismos severos debido a que tuvo una mejora del 50% de desplazamientos laterales de la correspondiente al muro original (sin reforzar).

Asimismo, es importante recalcar que, no se han encontrado investigaciones similares a la presente propuesta de tesis, que hayan realizado la comparativa del comportamiento estructural de muros de albañilería reforzado con mallas electrosoldadas y polímeros con fibras de carbono, por lo que, se considera que esta investigación es una alternativa innovadora, que busca brindar una opción viable para la construcción. Al no contar con antecedentes

específicamente del tema elegido, se ha considerado mencionar aquellas investigaciones relacionadas con algunas de las variables de estudio.

1.2. Bases teóricas

A continuación, se detalla como bases teóricas a toda información relacionada a la presente investigación, como la vulnerabilidad sísmica que se considera una magnitud que posibilita evaluar la clase de daño sistemático, la capacidad resistente y el modo de falla de una edificación en situaciones de un posible sismo (Morales, 2021). Asimismo, se considera que calcula el peligro basándose solamente en las propiedades mecánicas de la edificación, considerándose estos parámetros como la medida que cuantifica el riesgo de acuerdo de la zona geográfica en la que se localiza la estructura. Tanto el peligro sísmico como la vulnerabilidad sísmica de una estructura respecto con su localización, así como el probable daño sísmico, cooperan con la cuantificación del riesgo sísmico vinculado a una dificultad.

1.2.1. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica de una construcción es una magnitud que posibilita evaluar la clase de daño sistemático, la capacidad resistente y el modo de falla de una edificación en situaciones de un posible sismo

La vulnerabilidad sísmica calcula el peligro basándose solamente en las propiedades mecánicas de la edificación. El peligro sísmico es la medida que cuantifica el riesgo de acuerdo de la zona geográfica en la que se localiza la estructura. Tanto el peligro sísmico como la vulnerabilidad sísmica de una estructura respecto con su localización, así como el probable daño sísmico, cooperan con la cuantificación del riesgo sísmico vinculado a una dificultad. Por

consiguiente, dos edificios iguales en sus propiedades físicas remitirán una vulnerabilidad sísmica equivalente, sin embargo, un peligro sísmico está sujeto al lugar del emplazamiento.

La vulnerabilidad sísmica es la zona de trabajo de la ingeniería sísmica encaminado a minimizar el riesgo sísmico considerando los principios y los costos de la ingeniería estructural

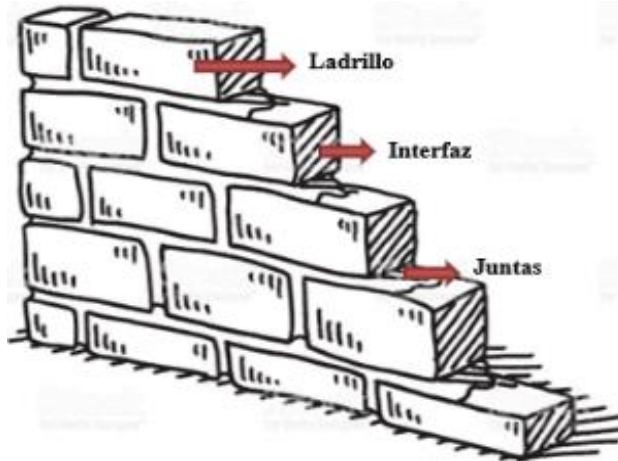
1.2.2. Albañilería

La albañilería es aquel material de construcción que se considera como “frágil” debido a que ha sido utilizado alrededor del mundo hace mucho tiempo, y sigue siendo utilizado. Este sistema es utilizado como elementos portadores de carga vertical, debido a que se caracteriza por presentar un buen desempeño a compresión (Mehendale et al., 2017).

La mampostería de arcilla es un material mixto (compuesto) por una combinación de propiedades anisotrópicas, o sea, cambian conforme el rumbo de estudio. Está compuesto de una amalgama de cemento, agua y arena, o mediante la utilización de una combinación de aglomerante y ladrillos a base de arcilla. De acuerdo con la Asociación Estadounidense de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO), el material de arcilla presenta una superficie con una medida de grano inferior de dos milímetros y alcanza la plasticidad en el momento que se combina con una proporción específica de agua. En el contexto de la albañilería, puede clasificarse en dos categorías distintas: albañilería simple y albañilería reforzada. Los tabiques de albañilería lisa no están compuestos con refuerzo estructural, o si lo tuvieran, no se califica como muros reforzados debido a que no cumple con los requisitos mínimos legales.

Figura 1

Tabique de albañilería de arcilla, conformado por ladrillo, interfaz y juntas.



Nota. Composición de Muro de Albañilería

Según Pulatsu et al. (2020), la albañilería o mampostería ha sido utilizada como una opción fácil y económica para la construcción de edificios mediante una simple colocación de capas de mortero y ladrillo, este tipo de construcción es un ejercicio más complejo debido a la necesidad de garantizar la seguridad estructural y sustentabilidad.

La mampostería o albañilería no reforzada es aquella que se ha difundido en gran medida como aquella construcción sostenible o eco amigable con nuestro medio ambiente pero específicamente en países de baja sismicidad como Brasil, Alemania y Reino Unido. Sin embargo, en áreas que se consideran alta sismicidad o propensa a terremotos, necesita un sistema con mejores características, por lo que se requiere una adecuada prestación estructural, teniendo como solución el refuerzo (Marques & Lourenco, 2019).

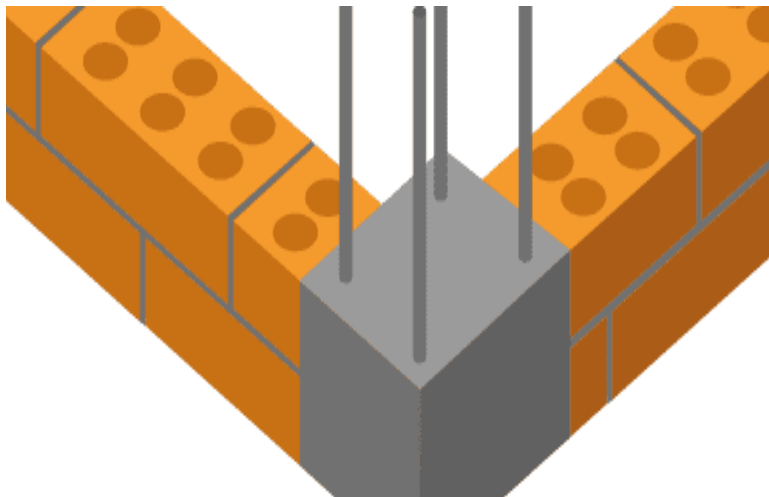
La albañilería o mampostería es aquella técnica o sistema que permite construir de estructuras y edificios utilizando piedras, ladrillos, arena u otros materiales similares (Dong et al., 2021). Por lo que, muros de albañilería o mampostería se construyan ensamblando ladrillos

macizos o perforados empastado con mortero, estos ladrillos al contar con una función estructural deberán situarse en alguna plataforma que garantice su adecuado acoplamiento de estos, lo más entrecruzados posible para así aplicar el proceso de emplazamiento de muros en las juntas, impidiendo así que las juntas verticales coincidan con fin de buen comportamiento estructural.

Según Asad et al. (2020), la albañilería o mampostería reforzada es aquel sistema o técnica de construcción con resistencias relativamente más altas en comparación a la mampostería sin refuerzo, debido a su material de enlucido que debe poseer características de alta absorción de energía o altas resistencias sin embargo, es reforzado con algún material que le brinda la resistencia faltante para garantizar una seguridad estructural o permite la mitigación de daños sísmicos o por impacto.

Figura 2

Albañilería reforzada.



Nota. Muro Reforzado para Varillas Ortogonales

1.2.3. Ladrillo

El ladrillo es una unidad que desempeña un papel integral en todos tipos de proyectos de construcción civil de mampostería, es aquella unidad como bloque o ladrillo que puede ser de hormigón, arcilla o de sílice-cal, siendo sólida, alveolar, huecas o tubulares. Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020) afirma que el ladrillo es aquella unidad con peso y dimensión permite ser manipulada por cualquier persona con una sola mano, considerando también que es aquella que puede ser elaborada por sílice- cal, concreto o arcilla como materia prima en su fabricación.

El MVCS (2020) afirma que existen diversos tipos de unidades de mampostería, por lo que, serán mencionados a continuación:

- Unidad de Albañilería Alveolar.

Esta una unidad que puede ser hueca o sólida con la presencia de cavidades o celdas con tamaño adecuado para contar con refuerzo vertical.

- Unidad de Albañilería Apilable

Esta unidad alveolar se caracteriza por que puede asentarse sin la aplicación de mortero.

- Unidad de Albañilería Hueca

Es aquella con sección transversal de cualquier plano paralelo a la superficie de asiento con área menor que el 70% del área bruta.

- Unidad de Albañilería Sólida o Maciza

Esta unidad es aquella con sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento con mayor o igual área que el 70% del área bruta.

- Unidad de Albañilería Tubular o Pandereta

Esta unidad presenta una sección con huecos paralelos a la superficie de asiento.

1.2.4. Propiedades Físicas y Mecánicas de las Unidades

El MVCS (2020) indica que, las unidades de ladrillo pueden ser evaluadas mediante pruebas específicas para determinar sus propiedades físicas como mecánicas. A continuación, se detallan las propiedades físicas:

- **Variación Dimensional.**

Esta propiedad permite determinar las medidas, variación de estas mismas de la unidad de albañilería, se debe realizar bajo lo especificado por la Norma NTP 399.613 y NTP 399.604.

Para efectuar la variación dimensional, se debe realizar mediciones de las unidades de manera individual con regla de acero graduada, con divisiones en milímetro y con cabezales paralelo, en la que, se reportar el promedio de largo, ancho y alto de cada espécimen ensayado (NTP 399.613, 2005).

Figura

3

Variación dimensional de la unidad de ladrillo.



Nota. Ensayo para determinar medidas con regla de acero graduada.

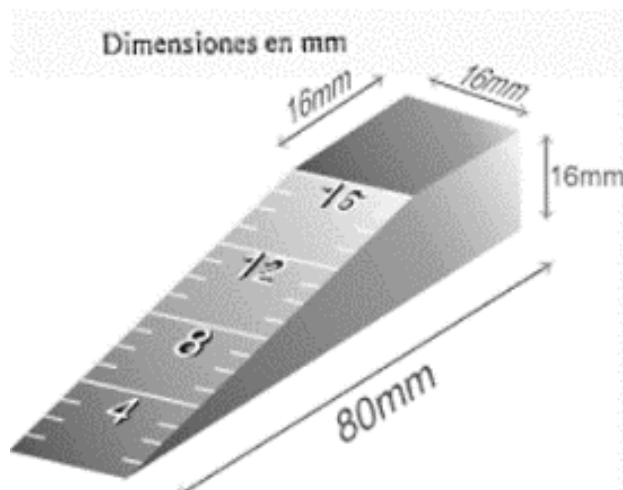
- **Alabeo**

Esta propiedad permite determinar la forma combada o curva de una unidad de albañilería o ladrillo, que como superficie presenta al abearse, se debe realizar bajo lo especificado de la Norma NTP 399.613.

Dentro de la determinación del alabeo de una unidad de albañilería, se puede identificar superficies cóncavas y superficies convexas (NTP 399.613, 2005).

Figura 4

Cuña para medición de alabeo.



Nota. Cuña de medición

- **Absorción**

Este ensayo permite la obtención del porcentaje de absorción que se caracteriza la unidad de albañilería, se debe realizar bajo lo especificado de la Norma NTP 399.604 y NTP 399.613.

Según González et al. (2019), la absorción se refiere a la cantidad de agua que un ladrillo es capaz de absorber o retener, este ensayo se calcula y se expresa en porcentaje.

La absorción se determina calculando la relación entre el peso del agua absorbida por la muestra hasta alcanzar la saturación y su peso en seco. Por lo que, a continuación, se muestra la ecuación respectiva para su cálculo.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{100(W_s - W_d)}{W_d}$$

Ecuación 1. Cálculo de la absorción.

Donde:

Ws= Peso del espécimen seco.

Wd= Peso del espécimen saturado

Asimismo, se cuenta con propiedades mecánicas, dentro de las cuales, encontramos a la resistencia a la compresión y flexión.

- **Resistencia a la compresión**

Este ensayo permite la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería que será efectuado por los ensayos de laboratorio bajo la norma NTP 399.613 y NTP 339.604 (NTP 399.613, 2005).

El ensayo de resistencia a compresión es aquel que consistió en llevar la pieza, pila o murete de ladrillo a la falla con la finalidad de registrar la carga de rotura máxima en el área de contacto para así determinar dicha propiedad mecánica (Afanador et al., 2012).

A continuación, se visualiza la ecuación que debe ser aplicada para obtener la resistencia a la compresión.

$$C = \frac{W}{A}$$

Ecuación 2. Cálculo de la resistencia a compresión.

Donde:

C= Resistencia a compresión (MPa)

W= Máxima carga aplicada (N)

A= Área bruta promedio (mm²)

Este ensayo, no solo se realiza a las unidades de albañilería, sino también a pilas y muretes, por lo que, se muestra en la siguiente tabla, las resistencias características de la albañilería según la Norma E.070 Albañilería.

Tabla 1

Resistencias de la albañilería en unidad, pilas y muretes

Materia prima	Denominación	Unidad (f'b)	Pilas (f'm)	Muretes (V'm)
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílica- cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecánico *	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Nota. Resistencia de unidad, pilas y muretes de albañilería.

Figura 5

Ensayo a la compresión del concreto.



Nota. Rotura Provocada por Carga Máxima

1.2.5. Análisis Sísmico Estático

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS (2018) sostiene que el análisis sísmico estático constituye un método simplificado para determinar si una estructura cumple con los criterios establecidos de la norma E.030. Para las estructuras de muros portantes de concreto armado y mampostería armada o confinada con altura no mayor a 15 m, se podrá aplicar el método así sea una estructura irregular.

$$V_{x,estático} = \frac{ZUCS P}{R}, V_{y,estático} = \frac{ZUCS P}{R}$$

Ecuación 3. Fuerza cortante en la base

Donde:

$V_{x/y}$ = Cortante basal.

C = Factor de ampliación sísmica.

U = Factor de uso.

Z = Factor de zona.

S = Factor de suelo.

R = Coeficiente básico de reducción.

P = Peso de la edificación.

1.2.6. Análisis Sísmico Dinámico

Según el MVCS (2018), el análisis sísmico dinámico es aquella aplicación de un análisis espectral y modal. Este último, análisis modal detalla la vibración libre e interacción entre rigidez y masa, para presentar variedad de desplazamientos tomando en cuenta aquel más desfavorable.

$$S_a = \frac{Z_{UCS}}{R} \cdot g$$

Ecuación 4. Aceleración espectral

Donde:

S_a = Aceleración espectral en cada dirección.

C = Factor de ampliación sísmica.

U = Factor de uso.

Z = Factor de zona.

R = Coeficiente básico de reducción.

S = Factor de suelo.

g = Gravedad.

Para una estructura regular: $V_{din} \geq 0.8 V_{est}$

Para una estructura irregular: $V_{din} \geq 0.9 V_{est}$

Ecuación 5. Fuerza cortante dinámica

Donde:

V_{din} = Fuerza cortante dinámica.

V_{est} = Fuerza cortante estática.

1.2.7. Mallas Electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas están conformadas por barras corrugadas o lisas, laminadas en frío, las cuales se caracterizan por presentar cruce ortogonal, las cuales se encuentran soldadas adecuadamente en todas sus intersecciones, el cual permite brindar una resistencia a la corte necesaria (NTC 5806, 2010). Asimismo, estas mallas son colocadas tanto longitudinalmente como transversalmente, esta resistencia mayor permite la reducción de cantidad de acero, a diferencia de las construcciones tradicionales, este es aquel material que llega listo para ser instalada.

Es un material que está compuesto por alambre de acero que es trabajado en frío mediante laminado o trefilado a partir de rollos laminados en caliente utilizado en diversas construcciones, en el caso de las mallas deben tener en consideración de ser soldadas para brindar la resistencia al corte con un buen agarre (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, 2015).

Figura 6

Refuerzo de muros con malla electrosoldada.



Nota. Mallas de acero colocadas con cruce ortogonal

1.2.7.1. Tipos de Mallas Electrosoldadas

Según la Resolución N° 0277, en la Norma NTC 5806 (2015) afirman que las mallas electrosoldadas pueden encontrarse de dos tipos:

- **Malla electrosoldada con grafil.**

Se designa al material compuesto por grafil y fabricado en rollos o también denominados paneles, en la que su procedimiento de soldadura es por resistencia eléctrica. Esta malla debe contar con una serie de grafileras transversales y longitudinales que formen ángulos entre sí y cuenten con una buena soldadura en sus intersecciones.

- **Malla electrosoldada estándar con grafil.**

Este es aquella malla de fabricación común, por lo que se le denominada el término “estándar”, que corresponden a los espaciamientos entre sus grafileras, diámetros, dimensiones y cantidad de refuerzo que especifica la normativa NTC 5806.

Figura 7

Refuerzo de muros con malla electrosoldada.



Nota. Mallas de acero corrugado entrelazadas ortogonalmente

1.2.7.2. Propiedades Mecánicas de las Mallas Electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas son aquellas que presentan diversas características como mayor rapidez en la ejecución de obras de construcción civil, una máxima calidad en obra, usados en todo tipo de estructura no plana y plana debido a su facilidad de doblez en máquinas.

Dentro de las especificaciones técnicas, estas mallas electrosoldadas al estar conformadas por fierros tradicionales cuentan con un límite de fluencia de 4,200 kg/cm² cada varilla, y bajo la consideración de la separación de varillas de fierro tradicional y cantidad de estas, se obtiene el límite de fluencia de la malla electrosoldada, con un valor de 5,000 kg/cm² (American Society for Testing and Materials, 1995).

Asimismo, las varillas que conforman la malla electrosoldada son aquellos aceros trefilados en frío que presentan una resistencia a la rotura mínima de 5,600 kg/cm² y que son

fabricados bajo la Norma ASTM A82-94 para alambres lisos y para alambres corrugados, se considera la Norma ASTM A496-94.

En cuanto a su soldadura, estas mallas electrosoldadas deben ser fabricadas bajo el cumplimiento de normativa vigente, como se especifica a continuación:

- ASTM A185-94: Para mallas electrosoldadas con alambre liso
- ASTM 497-86: Para mallas electrosoldadas con alambre corrugado.

Asimismo, el proceso de estirado en frío de la malla electrosoldada es un proceso de metalurgia del acero en el que se estira una varilla o alambre hasta que alcanza un diámetro específico o requerido, estos alambres o varillas son deformadas generando nervaduras sobre ella, hasta obtener el alambre de acero. El proceso de trefilado hace que el alambre sufra una deformación plástica inicial que puede ser mayor que la tensión de fluencia del alambón más grueso (Carrillo et al., 2019).

Según el ASTM (1995), estas mallas electrosoldadas son planchas que deberán ser cortadas con una cizalla respetando ángulos definidos y que son recomendados para el cumplimiento de su resistencia requerida, por lo que, se considera a 24° a 36°.

Dentro de las aplicaciones y usos de estas mallas electrosoldadas, se debe considerar que son consideradas como refuerzo estructural, por lo que, se puede utilizar en lo siguiente:

- Losas de cimentación, pavimentos rígidos, entrepisos.
- Muros divisorios de carga y contención.
- Revestimiento de túneles, canales, cisternas, etc.
- Prefabricados como vigas pretensadas, tubos de concreto, etc.

1.2.8. Polímeros Reforzados con Fibras

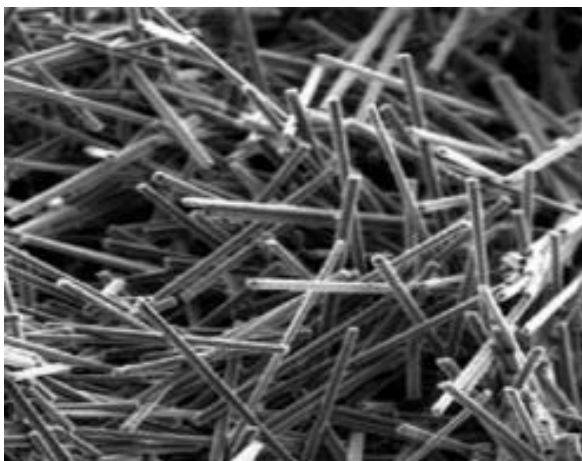
Los polímeros reforzados con fibras se consideran aquel material que está compuesto por fibras, adhesivos y una matriz (Castillo, (2010)). Las fibras son responsables de brindar las propiedades estructurales al material que cuente con resistencia y rigidez mucho mayor al de su matriz, estas fibras son utilizadas como refuerzo con una direccionalidad dada.

Para ello, se puede indicar que, existen tres tipos de fibras con mayor resistencia, dentro de las cuales son la fibra de vidrio, fibra de aramida y fibra de carbono (CFRP), por lo que, a continuación, se detalla sobre esta última fibra.

La fibra de carbono, según Moncayo et al. (2016), es aquel que contiene hilos compuestos por mini filamentos de carbono con diámetros aproximados de 5 y 10 μm . Este se considera un elemento que puede aportar refuerzo a tensión necesaria para brindar una alta resistencia y mayor capacidad inclusive más que el mismo acero para esfuerzos tensionantes.

Figura 8

Fibras de carbono.



Nota. Filamentos de Fibra

Estos materiales han llegado a convertirse como una técnica de reforzamiento innovadora, en la que se incorporan a una estructura o material, fibras de alta resistencia con la finalidad de conservar su integridad física sin alteración, pero con fines de refuerzo.

1.2.8.1. Tipos de Fibras de Carbono

Según Castillo (2010), las fibras de carbono son conocidas como aquellas que brinda mejores propiedades mecánicas, en comparación a otras fibras, debido a que son fabricadas con polímeros de tipo PAN y tipo PITCH, por lo que, se pueden clasificar en estos dos tipos de fibras de carbono.

- Las fibras de carbono elaboradas a base de polímeros PAN

Se fabrican con poliacrilonitrilo, permitiendo obtener un material de alta resistencia con un alto módulo de elasticidad.

- Las fibras de carbono elaboradas a base de polímeros PITCH

Se fabrican de brea o petróleo refinado, ofreciendo una resistencia alta y con un alto módulo de elasticidad.

1.2.8.2. Propiedades Mecánicas de los Polímeros reforzados de Fibra de carbono

Según Moncayo et al. (2016), los polímeros reforzados de fibra de carbono unidireccional (CFRP) se considera un material que presente las siguientes características:

- Una resistencia a la tracción máxima de 3430 Mpa con un espesor de 0.165 m.
- Muy liviano con una densidad de 1.750 kg/m
- Sus microfilamentos se aplican de manera densa y desordenada, brindando así mayor resistencia al material.

Las fibras de carbono (CFRP) presentan las siguientes características mecánicas, como se visualiza en la siguiente tabla.

Tabla 2

Características mecánicas de las fibras de carbono.

Material	Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia a la tensión (Mpa)	Deformación última a la tensión (%)
Alta resistencia	215 – 235	3500 – 4800	1,4 – 2,0
Ultra alta resistencia	215 – 235	3500 – 6000	1,5 – 2,3
Alto módulo	350 - 500	2500 – 3100	0,5 – 0,9
Ultra alto módulo	500 - 700	2100 - 2400	0,2 – 0,4

Nota. En la tabla se puede visualizar las características mecánicas que presentan las fibras de carbono.

1.2.9. Matriz de Resina

La matriz, según Castillo (2010), es un material que se encarga de proteger las fibras contra la corrosión ambiental y la abrasión, manteniendo así unidas las fibras para la distribución adecuada de estas mismas.

1.2.9.1. Tipos de Matriz

Esta matriz influye significativamente en las propiedades mecánicas del material y pueden ser del tipo termoplástico o termo endurecible.

- **Matriz termo endurecible**

Estos materiales son aquellos que son suaves originalmente, sin embargo, al recibir calor se llegan a obtener sólidos insolubles, lo que no es reversible.

- **Matriz termoplástica.**

Estos materiales son aquellos que se comportan como si fueran un líquido ante la acción del calor. Las matrices más comunes son el poliéster vinil éster y resinas epóxicas, siendo estos polímeros de tipo termo endurecible con gran resistencia química con facilidad en procesamiento.

Las resinas epóxicas son aquellas que presentan mejores propiedades en comparación al resto de matrices, presentando también una durabilidad excepcional, sin embargo, de un costo más elevado.

1.2.10. Agrietamiento

Gallegos (2005), afirma que la prevención del agrietamiento, que es el factor más frecuente que conduce a errores de desempeño en las estructuras de mampostería, sigue siendo una preocupación persistente. Este problema surge debido a las deformaciones que inducen esfuerzos de tracción que superan la resistencia a la tracción. Debido a la reducida resistencia a la tracción de la mampostería, ésta se vuelve muy vulnerable a la aparición de grietas. Además, los muros muestran fragilidad cuando se someten a fuerzas de tracción, e incluso pequeñas deformaciones lineales de 1/4000 o angulares de 1/3000 son suficientes para causar daños graves. Las deformaciones pueden ser inducidas por la aplicación de cargas o restricciones a los cambios volumétricos, como las resultantes de las fluctuaciones de temperatura o humedad, la presencia temporal de agua, la cristalización de sales y la corrosión. Estas cargas pueden ser impuestas por diversos factores, entre ellos los asentamientos diferenciales en el suelo de cimentación, las fuerzas gravitacionales, el viento, las acciones sísmicas, así como la contracción de los elementos estructurales o el secado de los forjados

intermedios y las losas de cubierta. Cabe señalar que las grietas también pueden ser provocadas por explosiones, vibraciones e incendios.

Se cree que para que se forme una grieta visible en una superficie, ésta debe separarse a lo largo de una traza preexistente. Esto sugiere que, independientemente de si la carga dominante es la compresión, la tensión o el cizallamiento, es la tensión la que induce la fisuración. En consecuencia, se entiende comúnmente que la compresión pura conduce al desarrollo de grietas transversales, mientras que el cizallamiento puro da lugar a grietas diagonales.

1.2.11. Tipos de Fallas de Muros

Existen cuatro tipos diferentes de patrones de agrietamiento que se han identificado en muros de mampostería que tienen un confinamiento inadecuado, un refuerzo insuficiente, un detallado insuficiente o ningún refuerzo.

- **Falla de corte por deslizamiento**

El fallo de la unión por cizallamiento en la junta, provocado por una adhesión inadecuada entre las unidades y el mortero, da lugar a grietas por deslizamiento a lo largo de la junta horizontal de mortero

- **Falla de corte**

Como resultado de las cargas diagonales de tracción o cizallamiento que existen en el muro, puede desarrollarse una fisuración por cizallamiento en forma de escalera que sigue la junta de mortero y se distingue por su forma diagonal a lo largo del muro.

- **Falla de flexión**

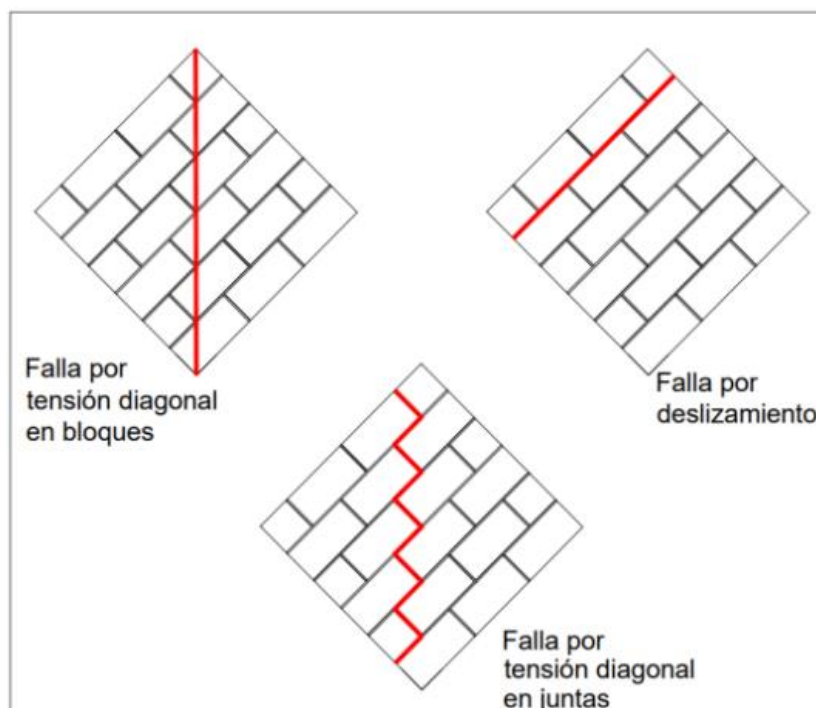
Los muros esbeltos pueden sufrir grietas verticales en las esquinas y en el centro, lo que provoca un fallo por compresión en el talón comprimido del muro.

- **Falla de aplastamiento por compresión diagonal**

Este fallo es consecuencia del fenómeno conocido como efecto puntal, el cual ocurre cuando el cuerpo del muro se desprende de sus elementos de contención. Tal circunstancia genera tensiones significativas de compresión en las esquinas del muro, lo cual puede llevar al colapso de la zona por aplastamiento si la calidad de la mampostería es deficiente o si se emplean unidades tipo rejilla para las paredes.

Figura 9

Fallas en muros de albañilería



Nota. Descripción Grafica de Fallas en Muros

1.3. Formulación del problema

Ante la situación anteriormente descrita, se plantea el problema general: ¿De qué modo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa, 2022?, y como problemas específicos a las siguientes preguntas de la investigación.

P.E1: ¿Cómo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en el agrietamiento diagonal producido por la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa?

P.E2: ¿Cómo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en las fuerzas cortantes producidas por la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa?

P.E3: ¿Cómo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en las derivas de entrepiso, para la disminución de la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha - Pucallpa?

1.4. Objetivos

Así mismo se planteó como objetivo general: Realizar la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra

de carbono para disminuir la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha-Pucallpa,2023, y como objetivos específicos se mencionan los siguientes:

O.E1: Realizar estimaciones del agrietamiento diagonal en la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs para disminuir la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha - Pucallpa.

O.E2: Realizar estimaciones de fuerzas cortantes en la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs para disminuir la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha - Pucallpa.

O.E3: Comparar las derivas de entrepiso de la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs, para el mejoramiento del comportamiento estructural de muros de albañilería de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa.

1.5. Hipótesis

De esta manera, se plantea la siguiente hipótesis general en la investigación: La fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono influye positivamente en el comportamiento estructural al permitir mitigar la vulnerabilidad sísmica en un domicilio autoconstruido del distrito de Yarinacocha - Pucallpa, 2022. Y como hipótesis específica a las siguientes:

H.E1: El refuerzo estructural con polímeros reforzados con fibra de influye positivamente en el agrietamiento diagonal mitigando la vulnerabilidad sísmica en los muros

de albañilería con mallas electrosoldadas de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha - Pucallpa.

H.E2: El refuerzo estructural con polímeros reforzados con fibra de carbono influye positivamente en las fuerzas cortantes mitigando la vulnerabilidad sísmica en los muros de mampostería con mallas electrosoldadas de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha - Pucallpa.

H.E3: Las derivas de entrepiso con fortificación con polímeros reforzados con fibra de carbono se disminuyen en el comportamiento estructural de los muros de albañilería con mallas electrosoldadas de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

Una investigación es considerada de tipo aplicada cuando se encarga de plantear alternativas de solución ante problemas prácticos (Arias, 2020). Esta investigación se considera de este tipo de estudio, ya que, tiene como fin ofrecer una alternativa de solución óptima para un adecuado comportamiento sísmico de domicilios autoconstruidos mediante la fortificación de muros de albañilería con polímeros reforzados con fibra de carbono o mallas electrosoldadas.

Por otro lado, una tesis se considera de enfoque cuantitativo cuando utiliza la recopilación de datos para probar una hipótesis basándose en la estimación numérica para establecer un patrón específico de comportamiento (Cabezas et al., 2018). En el caso de esta propuesta, es de enfoque cuantitativo, debido a que se realizará la obtención de información cuantificable o numérica que permitirá obtener las características del objeto o muestra de estudio para su respectiva aplicación en un modelado para determinar las condiciones de esta.

2.1.1. Nivel de investigación

El nivel de investigación nos permite ordenar los diversos datos obtenidos como características, comportamientos de la estructura, procesos y otras variables. Este nivel de investigación es aplicativo, ya que se supervisa, controlar, calibrar y mejora los datos más importantes para el modelamiento del reforzamiento estructural. Así mismo el comportamiento estructural de la edificación a través del programa Etabs.

2.1.2. Diseño de investigación

Finalmente, esta investigación presenta un diseño experimental, debido que, tiene como finalidad determinar la relación entre sus variables basándose en administrar a un grupo de estudio (Arias, 2020). En este caso, se considera de tipo experimental, debido a que se ha manipulado la variable independiente que corresponde a la fortificación de muros de albañilería con fibra de carbono, para ver sus efectos en la variable dependiente que está referida a la vulnerabilidad sísmica de una vivienda autoconstruida en Pucallpa.

Tal como lo indica Hernández Sampieri (2018), el diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control es aquel que incluye dos grupos, uno de ellos presenta un tratamiento experimental, denominándose grupo experimental, mientras que el otro grupo no, por lo que se le denomina grupo control.

Asimismo, Hernández Sampieri (2004) afirman que se considera una investigación transversal, ya que las mediciones solo se realizaran una sola vez en un periodo de tiempo determinado.

$$RG1 = O_{x1} \text{ ----- } X_1 \text{ ----- } O_{y1}$$

$$RG2 = O_{x2} \text{ ----- } X_2 \text{ ----- } O_{y2}$$

$$RG3 = O_{x3} \text{ ----- } X_3 \text{ ----- } O_{y3}$$

Donde:

RG1, RG2, RG3= Muros de mampostería.

X_1 = Patrón.

X_2 = Mallas electrosoldadas.

X_3 = Polímeros reforzados con fibra de carbono.

O_{x1}, O_{x2}, O_{x3} = Comportamiento estructural antes de la adición.

O_{y1}, O_{y2}, O_{y3} = Comportamiento estructural después.

2.2. Población y Muestra

La población es generalizar los resultados de muestra o grupo pequeño a uno mayor (Hernández Sampieri, 2004).

Como población, se considera a un total de 44 especímenes de los cuales se diferencian 20 unidades de ladrillo, 12 pilas de ladrillo y 12 muretes de ladrillo, sobre los cuales se realizarán los ensayos para comprobar los objetivos planteados anteriormente.

La muestra es un grupo pequeño generalizado de una población (Hernández Sampieri, 2004). Por lo que la muestra en este estudio se considera muestra censal ya que es igual a la población, por lo tanto, se comprendió de 20 unidades, 12 pilas y 12 muretes de ladrillo.

Tabla 3

Muestra de estudio

Ensayo	Cantidad de muestras
Variaciones en la unidad de albañilería - alabeo	10 unidades de ladrillo King Kong
	10 unidades de ladrillo pandereta
Resistencia a compresión axial	3 pilas de ladrillo King Kong + ME
	3 pilas de ladrillo pandereta +ME
	3 pilas de ladrillo King Kong + PRFC
	3 pilas de ladrillo pandereta +PRFC
Resistencia a compresión diagonal	3 muretes de ladrillo King Kong +ME
	3 muretes de ladrillo pandereta + ME
	3 muretes de ladrillo King Kong +PRFC
	3 muretes de ladrillo pandereta + PRFC

Nota. Las pruebas a compresión en pilas y muretes reforzados con ME y CFRP de pandereta de 11x23x45 cm y de King Kong de 13x24x41 cm sometidos a una rapidez de aplastamiento de 5 ton/min, la falla fue lenta y progresiva por tracción diagonal. La falla atraviesa la diagonal principal del murete hasta el extremo opuesto del punto de aplicación de la carga. y en algunos casos explosiva en ladrillo pandereta en los puntos de aplicación de la carga, que demuestra que no es recomendable emplearlos como muros portantes.

El muestreo empleado en este informe investigativo es no probabilístico por cuotas, este se define de esa manera debido a que la muestra involucra a individuos que representa a toda la población y que se eligen de acuerdo a sus rasgos o cualidades (Niño, 2021).

Tabla 4

Muestreo por cuotas

Muestreo					
Estratos	Refuerzo de espécimen	Sr	Malla	Fibra	Total
Tipo de espécimen	Porcentajes	45.5 %	27.3 %	27.3 %	100 %
Ladrillo	45.5 %	20	-	-	20
Pila de ladrillo	27.3 %	-	6	6	12
Murete de ladrillo	27.3 %	-	6	6	12
Total	100 %	20	12	12	44

Nota. Fracciones de la muestra con características relevantes.

Para la presente investigación se consideró como unidad muestral el ladrillo convencional.

El objetivo de estudio fue elegido por criterio propio del mismo investigador, así mismo la vivienda informal de albañilería fue escogida por ser típica en comparación a las demás viviendas del Distrito de Yarinacocha – Pucallpa.

Para elegir el objetivo de la investigación, es necesario considerar criterios específicos que ha sido considerados para la inclusión o exclusión de esta. A continuación, se detallan los criterios necesarios para la selección.

- Viviendas informales construidas en el distrito de Yarinacocha – Pucallpa.
- Comportamiento sísmico mediante modelado en Etabs 2016.

Se realiza la exclusión de toda condición o característica que presenten y que no aporte en la investigación, con el fin de no modificar ni alterar los resultados ya especificados anteriormente, que serán los necesarios para brindar sustento a la presente propuesta.

2.3. Técnica e Instrumentos de Recopilación y Análisis de Datos

Dentro de las técnicas empleadas para la recopilación de datos, se considera a la observación, dado que se realiza el registro de toda la información obtenida, que puede ser percibido en laboratorio sobre el muro de mampostería reforzado; y otra técnica es el análisis documental, que consiste en la obtención de los parámetros establecidos por normativa internacional y nacional que se cuentan tanto como libros, artículos, informes entre otros relacionados a la metodología para el buen procedimiento de los ensayos, tanto como el modelamiento estructural.

Dentro de los instrumentos de investigación utilizados para la recopilación de información se considera a la ficha de observación y formatos de análisis documental. Por lo que, este último instrumento permitirá la elaboración de sistemas organizativos que permitan clasificar toda aquella información obtenida de los ensayos de laboratorio. Mientras que el primer instrumento se relaciona con los formatos de laboratorio que serán aplicados en el registro de datos durante los ensayos de laboratorio, basándonos en el acatamiento de la norma

vigente, se hizo uso de los formatos de ficha de observación del laboratorio, los cuales se muestran en el Anexo 2.

En esta propuesta de tesis en ingeniería, se realizó un análisis estadístico inferencial de los resultados obtenidos respecto a las estimaciones del agrietamiento diagonal, estimaciones de fuerzas cortantes y derivas de entrepiso. Así mismo cabe mencionar que se usó el software SPSS, para dicho análisis.

2.3.1. Procedimiento de Recolección de Datos

Para el desarrollo de la tesis como punto inicial se localizaron los domicilios autoconstruidos de la provincia de CORONEL PORTILLO, en la Tabla 5 se detallan los datos correspondientes a los domicilios autoconstruidos según INEI.

Tabla 5

Domicilios autoconstruidos de la Provincia Peruana de Coronel Portillo renovadas para 2021.

Distrito	Total		Favelas		Zonas Suburbanas		Zonas Urbanas	
	Nº1	%	Nº1	%	Nº1	%	Nº1	%
Total	89958	100	5599.65	6.2	24205.18	26.9	60153.18	66.9
Callería	35704	100	1999.42	5.6	11159.29	31.3	22545.29	63.1
Campoverde	4358	100	52.30	1.2	743.85	17.1	3561.85	81.7
Iparia	2324	100	60.42	2.6	719.79	31.0	1543.79	66.4
Masisea	2612	100	125.38	4.8	684.31	26.2	1802.31	69.0
Yarinacocha	24535	100	1521.17	6.2	8410.42	34.3	14603.42	59.5

Nueva Requena	1285	100	137.50	10.7	320.25	24.9	827.25	64.4
Manantay	19140	100	1703.46	8.9	2167.27	11.3	15269.27	79.8

Nota. Datos extraídos del INEI.

Figura 10

Mapa de la región de Ucayali.



Nota. Provincias de la región de Ucayali.

Con el conocimiento de los domicilios se procedió a elegir una vivienda típica sobre la cual se evaluaron los objetivos planteados en la investigación.

Sin embargo, antes de evaluar el agrietamiento diagonal, resistencia a fuerza cortante y desplazamientos máximos de entrepisos se desarrollaron los siguientes pasos:

Fase 1: Características de las unidades de albañilería

Como primer paso se evaluaron las variaciones en las dimensiones de las unidades de King Kong. De todo el número de ladrillos que deben medirse y compararse con las fichas técnicas, se seleccionaron 10 muestras de ladrillos.

Figura 11

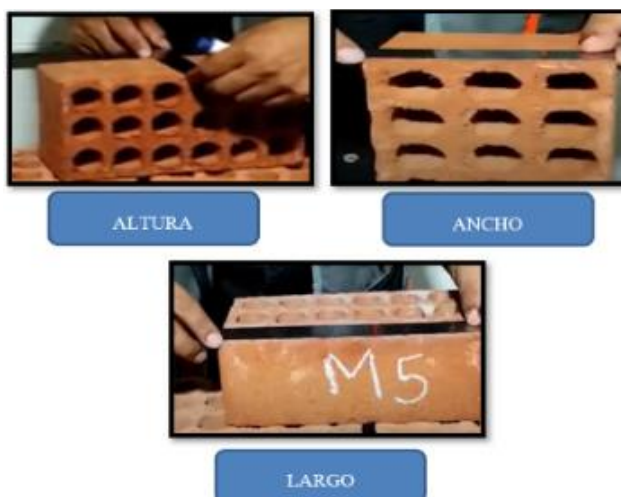
Muestra de 10 unidades de King Kong.



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Pruebas de variabilidad dimensional en unidades de King Kong



Nota. Elaboración Propia

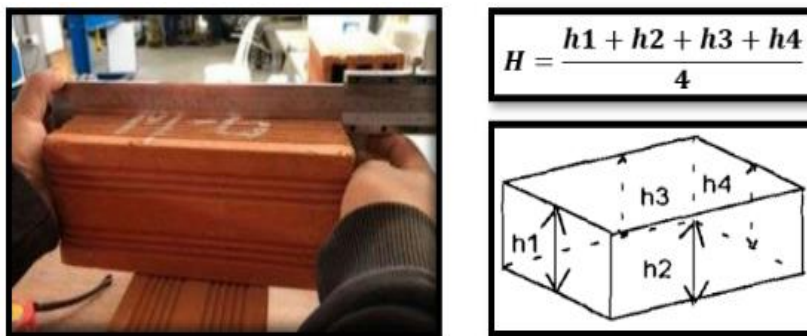
Del mismo modo se evaluó las variaciones en las dimensiones de las unidades pandereta. Se utilizaron 10 unidades como tamaño de muestra para las pruebas de variación dimensional. Sin embargo, según San Bartolomé (1994) en su libro "Construcciones de albañilería", " La anchura en las juntas de mampostería debe determinarse mediante la prueba de variación dimensional. Debe tenerse en cuenta que la resistencia a la compresión de la

mampostería mitiga en un 15% por cada 3 mm adicionales que se añadan al mínimo exigido de 10 milímetros del ancho de las juntas horizontales. También se reduce la resistencia al corte de la mampostería”.

La figura 13 muestra la prueba del ensayo en el ladrillo pandereta, que consiste en medir la altura (H), la anchura (B) y la longitud (L) de las unidades de mampostería, así como cuatro dimensiones de cada borde. A continuación, se determina la media a partir de estas mediciones y se calcula la media de toda la muestra.

Figura 13

Pruebas de variabilidad dimensional en unidades de pandereta.



Nota. Elaboración Propia

A partir de las dimensiones facilitadas por el fabricante y de las dimensiones promedio descubiertas mediante ensayos, la variabilidad de las dimensiones se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$V\% = \frac{(De - Dp) * 100}{De}$$

Ecuación 6. Cálculo de variabilidad dimensional.

V% = Variabilidad dimensional

D = Dimensiones de L, A y H de la unidad

D_p = Dimensiones promedió de L, A y H de la unidad

D_e = Dimensiones de fábrica de L, A y H de la unidad

Tabla 6

Recopilación de información sobre variabilidad dimensional en unidad de pandereta.

Ítem	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
D_p	228.7	111.4	93.2
D_e	230.0	110.0	94.0
V%	0.53	-1.33	0.8

Nota. Se muestra los promedios de las dimensiones del ladrillo pandereta (Díaz y Cevallos, 2018).

Tabla 7

Recopilación de información sobre variabilidad dimensional en unidad de King Kong

Ítem	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
D_p	238.1	139.5	90.0
D_e	240.0	140.0	90.1
V%	-0.80	-0.34	0.01

Nota. Se muestra los promedios de las dimensiones del ladrillo King Kong 18h (Flores y Pérez, 2021)

Tabla 8

Resumen de variación dimensional ladrillo King Kong 18h y Pandereta utilizada.

Ítem	King Kong (24x13x10)			Pandereta (23x11x9)		
	L	A	H	L	A	H
Dimensiones						
V%	-0.8	2.15	0.8	4.65	-1.24	0.6

Nota. Elaboración Propia.

Fase 2: Elaboración de los muretes de albañilería

A continuación, se mencionan las características de los materiales empleados en los muretes de albañilería:

- *Ladrillo*

Industriales de arcilla tipo King Kong 18 de 24x13x9 cm y Pandereta de 23x12x10 cm, se rego 30 minutos durante 10 horas para posteriormente realizar el asentado.

- *Mortero*

Dosificado en medida volumétrica cemento- arena gruesa 1:4, la anchura de las juntas verticales y horizontales en la mampostería fue de 1,5 cm.

- *Cemento*

Bolsa de cemento Porlant tipo I

- *Acero de Refuerzo*

ASTM A615, límite de fluencia 4200 kg/cm²

Una vez elaborados estos especímenes, se procedió a realizar el proceso de curado y espera del tiempo específico para someterlas a los ensayos de laboratorio. Seguidamente se realizaron los ensayos de laboratorio para obtener la resistencia a la compresión y compresión diagonal en muretes tanto de los muros de mampostería tradicional y los muros con mallas electrosoldadas, los cuales serán considerados como el grupo de control.

Fase 3: Evaluación de las propiedades de los muretes de albañilería

Como tercer paso se evaluaron las propiedades de las unidades de albañilería.

- *Alabeo*

Un mayor alabeo de la unidad de mampostería da lugar a juntas más gruesas y a una unión más débil con el mortero junta, así como una disminución de la adherencia con el mortero, ya que se forman huecos en lugares más alabeados, lo que puede provocar que el ladrillo se rompa bajo cargas de tracción debido a la flexión, según San Bartolomé. A. (1994) en su libro “Construcciones de Albañilería”.

Se determinó el alabeo en las unidades de albañilería de tipo King Kong y ladrillos de pandereta.

Tabla 9

Recopilación de información sobre alabeo de ladrillos de pandereta.

Ítem	Cóncavo	Convexo
Promedio	0.255	0.287
Promedio Final	0.271	

Nota. Se muestra el promedio final de cóncavo y convexo (Días y Cevallos, 2018).

Tabla 10

Recopilación de información sobre alabeo de ladrillos King Kong.

Ítem	Cóncavo	Convexo
Promedio	0.328	0.00
Promedio Final	0.164	

Nota. Se muestra el promedio final de cóncavo y convexo (Flores y Pérez, 2021).

Tabla 11

Síntesis de alabeo ladrillo King Kong 18h y Pandereta utilizada.

Ítem	King Kong (24x13x10)	Pandereta (23x11x9)
Promedio final	0.172	0.315

Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Pruebas de alabeo sobre unidades de King Kong.



Nota. Extraído de (Flores y Pérez, 2021)

- ***Prueba a compresión sobre ladrillos***

En su obra “Mampostería Estructural” indica que la característica básica de unidad de albañilería tiene que ver con la resistencia a la compresión. Tanto por razones estructurales como de exposición, los valores de resistencia a la compresión superiores a un determinado límite indican una gran calidad. Por otra parte, las estimaciones bajas es un indicativo de unidades que darán lugar a mamposterías insuficientemente robustas y duraderas, según Gallegos (2005).

Debido a la amplia gama de formas, tamaños y alturas de las unidades de mampostería, que impide una estimación real del ensayo de compresión, esta cualidad es lamentablemente

complicada de medir con gran precisión. Esto dificulta la correlación entre la estimación de la prueba de compresión y masa real ensayada.

$$fb = \frac{P}{A} \rightarrow f'b = fb - \sigma$$

Ecuación 7. Cálculo de compresión sobre unidades

De igual forma se determinó la resistencia a compresión en las unidades de albañilería King Kong y pandereta.

Tabla 4

Recopilación de información sobre compresión de ladrillos de pandereta.

Ítem	Pandereta
<i>fb promedio (Mpa)</i>	6.45
<i>σ(Mpa)</i>	0.41
<i>f'b (Mpa)</i>	6.04

Nota. Se muestra el promedio final de resistencia a compresión del ladrillo (Díaz y Cevallos, 2018)

Tabla 5

Recopilación de información sobre compresión de ladrillos King Kong.

Ítem	King Kong
<i>fb promedio (Mpa)</i>	10.60
<i>σ(Mpa)</i>	0.47
<i>f'b (Mpa)</i>	10.13

Nota. Se muestra el promedio final de resistencia a compresión del ladrillo (Flores y Pérez, 2021).

Tabla 6

Síntesis de prueba a compresión sobre unidades de ladrillo King Kong utilizada.

Ítem	King Kong
<i>fb promedio (Mpa)</i>	12.36 (126.20 kg/cm ²)

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7

Síntesis de prueba a compresión sobre unidades de ladrillo pandereta utilizada.

Ítem	Pandereta
<i>f'b (Mpa)</i>	3.44 (35.10 kg/cm ²)

Nota. Elaboración propia

Figura 15

Prueba a compresión sobre ladrillos de pandereta.



Nota. Elaboración Propia

- *Prueba a compresión axial sobre pilas.*

Fraccionando la carga de rotura sobre el área bruta, representa la resistencia de una pila de mampostería y se calcula deduciendo una desviación estándar de la estimación media respecto a múltiples pruebas.

$$f_m = \frac{P}{A} \rightarrow f'm = fb - \sigma$$

Ecuación 8. Cálculo de compresión sobre pilas.

A continuación, se mencionan los resultados obtenidos respecto a la compresión axial sobre prismas de pandereta y de King Kong.

Tabla 8

Síntesis de prueba a compresión axial sobre prismas de pandereta utilizada.

Ítem	Arias Ramos	Araoz Velezmoro
$f'm$ (kg/cm ²)	21.40	23.85
Promedio (kg/cm ²)	22.60	

Nota. Resumen de los ensayos a compresión axial

Tabla 9

Prueba a compresión axial sobre prismas de King Kong de la norma E.070 utilizada.

Ítem	Ladrillo King Kong
$f'm$ (kg/cm ²)	65

Nota. Elaboración propia.

Figura 16

Prueba de compresión axial sobre pilas



Nota. Extraído de Espinoza y Balazar

- *Prueba a compresión diagonal sobre prismas.*

Fraccionando la carga máxima que puede soportar el muro y su área diagonal arroja la una estimación sobre la resistencia de compresión diagonal del muro, o $v'm$. La ecuación se utilizó para calcular la resistencia a compresión diagonal.

$$Vm = \frac{P}{Ad}$$

Ecuación 9. Cálculo de compresión diagonal.

La resistencia única o característica al cizallamiento puro respecto a la mampostería $v'm$ se calcula deduciendo una desviación estándar del valor medio de múltiples ensayos.

$$V'm = Vm - \sigma$$

Ecuación 10. Cálculo de compresión diagonal característica

Así mismo en las tablas que se muestran a continuación se muestran los resultados de la compresión diagonal sobre muretes de pandereta y muretes de King Kong.

Tabla 10

Síntesis de prueba a compresión diagonal sobre muretes de pandereta utilizada

Ítem	Díaz y Cevallos	Araoz Velezmoro
$f'm$ (kg/cm ²)	9.65	9.28
Promedio (kg/cm ²)	9.47	

Nota. Resumen de los ensayos a compresión axial.

Tabla 11

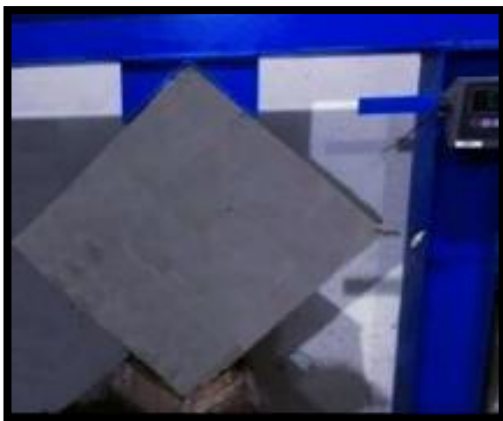
Prueba a compresión diagonal sobre muretes de King Kong de la norma E.070 utilizada.

Ítem	Ladrillo King Kong
$V'm$ (kg/cm ²)	8.1

Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Prueba a compresión diagonal sobre muretes



Nota. Elaboración propia

Identificando las propiedades de los muros de albañilería se procedió a determinar las propiedades de los muros de albañilería con mallas electrosoldadas, el cual será considerado en adelante como el Grupo de Control

Fase 4: Propiedades en los muretes de albañilería con adición de mallas electrosoldadas (Grupo Control)

Posterior a la evaluación de las propiedades de los muretes de albañilería se procedió a incorporar las mallas electrosoldadas con el fin de definir las propiedades del grupo de control.

La malla electrosoldada que se incorporó en los muros de albañilería fue de la marca aceros Arequipa, conformada con barras de acero estriado de diámetro de 5,5 mm, divididos a 15cm, conforme a las normas ASTM A497 - 94 y ASTM A496 - 94 (grafil trefilados), límite de fluencia 5000 kg/cm² y resistencia a fuerza de tracción 5600 kg/cm² y para unir la malla y la albañilería se utilizó alambre N° 8. El procedimiento de incorporación de las mallas electrosoldadas en los muretes de albañilería tanto en unidades King Kong y ladrillos de pandereta fue el siguiente:

- La malla se colocó en el murete y pila y se ató utilizando los alambres con el objetivo de que la malla quede unida al murete y pila.
- Se procedió a tarrajear los prismas hasta que cubra la malla electrosoldada de espesor de 2 cm aproximadamente.
- Se esperó 28 días para empezar las pruebas de compresión diagonal y axial.

Las mallas electrosoldadas se encuentran laminadas en frío cruzadas ortogonalmente, lisas y corrugadas que han sido electrosoldadas en cada una de sus intersecciones. En algunos elementos, como losas, canales, losas ligeras, muros de ductilidad restringida, depósitos de almacenamiento, etc., estas mallas sustituyen a las armaduras convencionales. Actualmente se utilizan porque tardan menos en instalarse de lo que lo haría un montaje manual, lo que se

traduce en una reducción de la jornada laboral. A continuación, se detalla las propiedades mecánicas de las mallas electrosoldadas empleadas en el desarrollo de la presente tesis:

Tabla 12

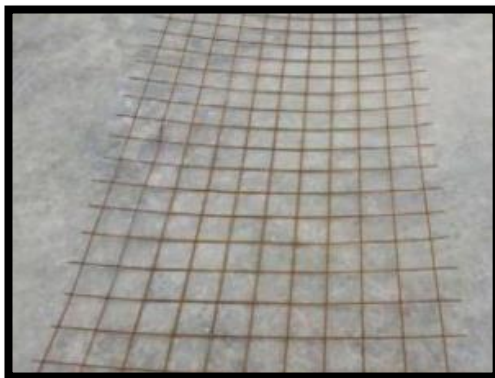
Propiedades mecánicas de malla electrosoldada de otra investigación.

Malla	Límite de fluencia (fy) Kg/cm2	Resistencia a tracción (fr) Kg/cm2	Medidas (m)	Cocada (m)	Diam(m) m)	Peso (kg/m2)
Q139	5000	5600	2.40 x 60.00	0.10 x 0.10	4.2	2.96

Nota. Se muestra las propiedades de la malla utilizada por (Diaz V, Cevallos O).

Figura 18

Malla electrosoldada marca Prodac



Nota. Diaz V, Cevallos O

Tabla 13

Síntesis de propiedades mecánicas de malla electrosoldada utilizada.

Malla	Límite de fluencia (fy) Kg/cm2	Resistencia a tracción (fr) Kg/cm2	Medidas (m)	Cocada (m)	Diam (mm)	Peso (kg/m2)
Q158	5000	5600	2.40 x 60.00	0.15 x 0.15	5.5	2.49

Nota. Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 22, antes de aplicar la malla electrosoldada, las características de los muros mostraban una resistencia a la compresión axial ($f'm$) de 65 kg/cm² y 22.6 kg/cm², una resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) de 8.1 kg/cm² y 9.47 kg/cm², un módulo de elasticidad de 32500 kg/cm² y 11300 kg/cm² y un módulo de corte de 13000 kg/cm² y 4520 kg/cm² para ladrillo King Kong y pandereta respectivamente. Una vez ejecutada la aplicación de mallas electrosoldadas para la mejora del comportamiento ante un sismo, se evidenció una mejora de los parámetros indicados, una resistencia a la compresión axial ($f'm$) de 72.10 kg/cm² y 30.10 kg/cm², una resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) de 8.94 kg/cm² y 9.72 kg/cm², un módulo de elasticidad de 36050 kg/cm² y 15050 kg/cm² y un módulo de corte de 14420 kg/cm² y 6020 kg/cm² para ladrillo King Kong y pandereta respectivamente.

Tabla 14

Pruebas a compresión axial y diagonal con y sin refuerzo de mallas electrosoldadas

Estado	Resistencia a compresión axial ($f'm$)		Resistencia a compresión diagonal ($v'm$)		Módulo de elasticidad		Módulo de corte	
	KK	PAN	KK	PAN	KK	PAN	KK	PAN
	Sin reforzamiento	65	22.6	8.1	9.47	32500	11300	13000
Malla electrosoldada	72.10	30.10	8.94	9.72	36050	15050	14420	6020

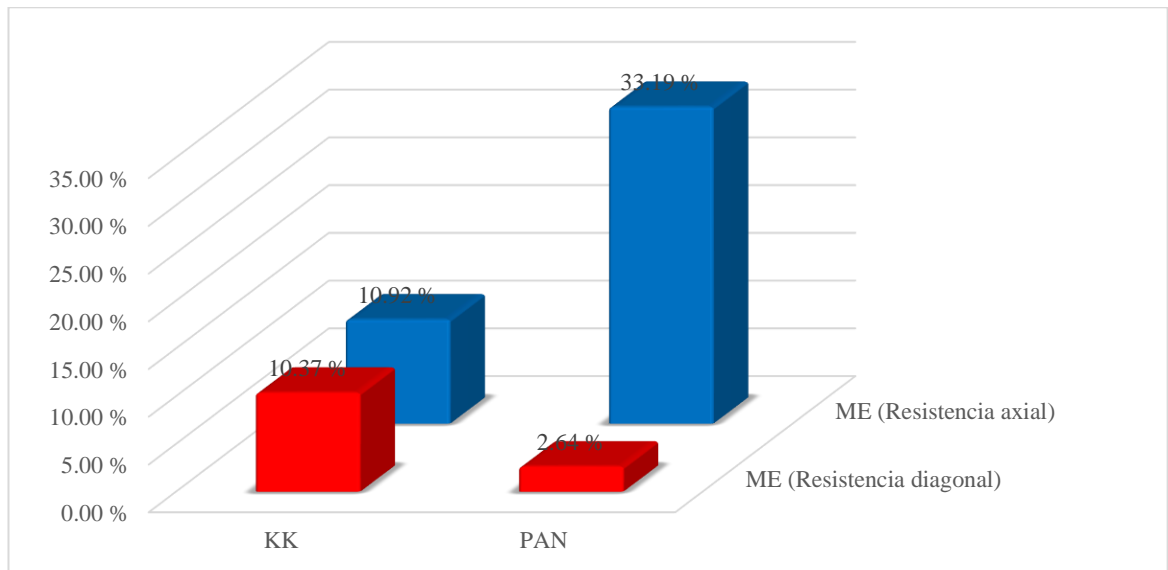
Nota. La tabla muestra la comparación de las resistencias a compresión axial y diagonal.

La figura 19 muestra el incremento en las resistencias a compresión axial y diagonal de pilas y muretes de King Kong y pandereta con la adición de las ME, para pilas de King Kong y pandereta se obtuvieron mejoras de 10.92% y 33.19% respectivamente de resistencia a

compresión axial, para muretes de King Kong y pandereta se obtuvieron mejoras de 10.37% y 2.64% respectivamente de resistencia a compresión diagonal.

Figura 19

Gráfico de mejora de resistencia a compresión axial y diagonal del grupo de control

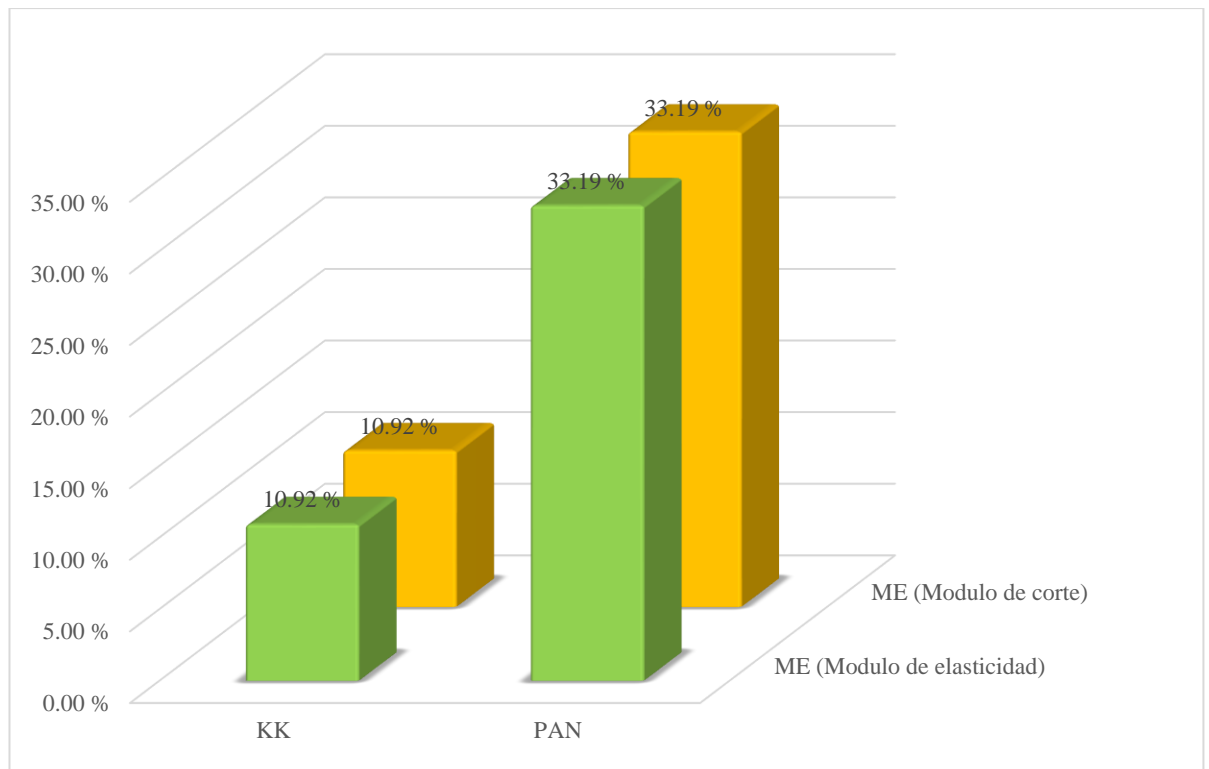


Nota. La figura muestra el % de mejora de la resistencia a compresión axial y diagonal del refuerzo de ME respecto al sin refuerzo.

Así mismo en la figura 20 se muestra el incremento del módulo de elasticidad y módulo de corte del grupo de control, tanto para el módulo de elasticidad y módulo de corte en pilas de King Kong y pandereta se obtuvieron mejoras de 10.92% y 33.19% respectivamente.

Figura 20

Gráfico de mejora de módulo de elasticidad y corte del del grupo de control.



Nota. La figura muestra el % de mejora del módulo de elasticidad y corte del refuerzo de ME respecto al sin refuerzo.

Seguido de ello se evaluaron las propiedades en los muros de albañilería con polímero reforzado de fibra de carbono, el cuál será considerado en adelante como grupo experimental

Fase 5: Propiedades en los muretes de albañilería con adición de polímero reforzado (Grupo Experimental)

Posterior a ello se realizó la incorporación de polímero reforzado con fibra de carbono en los muretes de albañilería, con el fin de evaluar si la incorporación de este refuerzo resulta ser más favorable para los muros de albañilería en comparación con las mallas electrosoldadas.

Para la adición del polímero reforzado en muros de albañilería con unidades de tipo King Kong y ladrillos de pandereta se realizó el siguiente procedimiento:

- Realizar un tratamiento superficial a la zona donde se va a pegar la textura de fibra de carbono, lo cual trata en desbastar la capa exterior del bloque lijándola y posteriormente limpiándola para eliminar cualquier resto de papel de lija, lo cual es necesario para conseguir un gran agarre de la fibra y la albañilería
- Pegar la textura de fibra de carbono, utilizando el epoxi como unión de 2 partes a la capa exterior de la pila o murete, apretando delicadamente para fijar su posición, después se aprieta la textura con un rodillo sólido, luego se aplica una segunda capa de epoxi a la textura para garantizar que la textura está completamente adherida, por último, se procede a tarrajear con un espesor de 1.5 cm.
- Situar a la pila o murete, enfocando las cabezas superior e inferior para que este en una correcta posición.
- Aplique la carga a una velocidad uniforme y sin parar, sin llegar a la rotura, de modo que la prueba tarde entre 3 min y 4 min en llegar a la carga máxima.
- Se espero 28 días para empezar las pruebas compresión diagonal y axial.

El comportamiento de las estructuras de albañilería tras su refuerzo y/o rehabilitación puede verse considerablemente alterado por la utilización polímeros fortificados con fibras (FRP), es una forma de material compuesto avanzado.

Debido a su ligereza, no influyen en la masa de la construcción y no modifican las fuerzas de inercia provocadas por la excitación sísmica. Pueden aumentar significativamente

la respuesta carga-deformación bajo cargas en el plano y fuera del plano debido a su gran resistencia. La mayoría de la utilización de FRP en muros de mampostería se centran en la restauración y refuerzo de edificios preexistentes.

Las tiras de polímero fortalecido con fibra de carbono (CFRP) pueden añadirse a este sistema para aumentar la resistencia al corte sobre el plano de los muros de albañilería no reforzada (URM).

Para reforzar los especímenes utilizó tejido de fibra de carbono unidireccional SIKAWRAP-300C de modulo alto y alta resistencia, y el sistema epoxi SIKADUR-330

Tabla 23

Síntesis de propiedades mecánicas del CFRP que se utilizó.

Resistencia fuerza de tensión	Módulo de elasticidad	Alargamiento de la rotura	Espesor
3,500 N/mm ²	220000 N/mm ²	1.59%	0.17 mm

Nota. Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 24, antes de aplicar el CFRP, las características de los muros mostraban una resistencia a la compresión axial (f'm) de 65 kg/cm² y 22.6 kg/cm², una resistencia a la compresión diagonal (v'm) de 8.1 kg/cm² y 9.47 kg/cm², un módulo de elasticidad de 32500 kg/cm² y 11300 kg/cm² y un módulo de corte de 13000 kg/cm² y 4520 kg/cm² para ladrillo King Kong y pandereta respectivamente. Una vez ejecutada la aplicación de polímero reforzado con fibra de carbono para la mejora del comportamiento ante un sismo, se evidenció una mejora de los parámetros indicados, una resistencia a la compresión axial (f'm) de 67.43 kg/cm² 27.70 kg/cm², una resistencia a la compresión diagonal (v'm) de 10.2 kg/cm² y 10.92 kg/cm², un módulo de elasticidad de 33715 kg/cm² y 13850 kg/cm² y un

módulo de corte de 13486 kg/cm^2 y 5540 kg/cm^2 para ladrillo King Kong y pandereta respectivamente.

Tabla 15

Pruebas a compresión axial y diagonal con y sin refuerzo de CFRP

Estado	Resistencia a compresión axial (f'm)		Resistencia a compresión diagonal (v'm)		Módulo de elasticidad		Módulo de corte	
	KK	PAN	KK	PAN	KK	PAN	KK	PAN
	Sin reforzamiento	65	22.6	8.1	9.47	32500	11300	13000
Polímero con fibra de carbono	67.43	27.70	10.2	10.92	33715	13850	13486	5540

Nota. La tabla muestra la comparación de las resistencias a compresión axial y diagonal.

El grupo de control (Muros de albañilerías con mallas electrosoldadas) presenta una resistencia a la compresión axial (f'm) de 72.10 kg/cm^2 y 30.10 kg/cm^2 y una resistencia a la compresión diagonal (v'm) de $8.94.1 \text{ kg/cm}^2$ y 9.72 kg/cm^2 para ladrillo King Kong y pandereta respectivamente. Una vez ejecutada la aplicación de polímero reforzado con fibra de carbono para la mejora del comportamiento ante un sismo, se evidenció una mejora de los parámetros indicados, una resistencia a la compresión axial (f'm) de 67.43 kg/cm^2 y 27.70 kg/cm^2 y una resistencia a la compresión diagonal (v'm) de 10.2 kg/cm^2 y 10.92 kg/cm^2 para ladrillo King Kong y pandereta respectivamente.

Tabla 16

Pruebas a compresión axial y diagonal de ambos refuerzos.

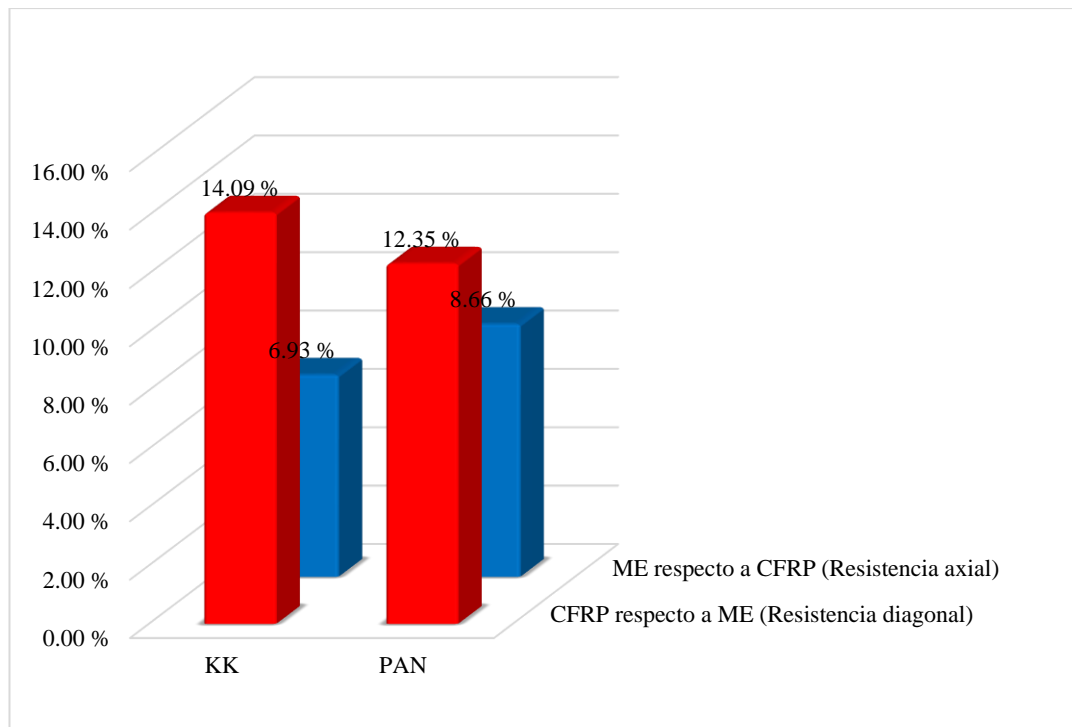
Estado	Resistencia a compresión axial (f'm)		Resistencia a compresión diagonal (v'm)		Módulo de elasticidad		Módulo de corte	
	KK	PAN	KK	PAN	KK	PAN	KK	PAN
Malla electrosoldada	72.10	30.10	8.94	9.72	36050	15050	14420	6020
Polímero reforzado con fibra de carbono	67.43	27.70	10.2	10.92	33715	13850	13486	5540

Nota. La tabla muestra la comparación de las resistencias a compresión axial y diagonal.

El grupo de control conformado por muretes de albañilería con reforzamiento de malla electrosoldada en pilas de King Kong y pandereta presentan una resistencia a compresión axial de 72.10 kg/cm² y 30.10 kg/cm² respectivamente, mientras que el grupo experimental (muros de albañilería con polímeros reforzados con fibra de carbono) presentaron una resistencia a compresión axial de 67.43 kg/cm² y 27.70 kg/cm² respectivamente, lo que permite demostrar que no hay diferencia significativa entre ambos reforzamientos respecto a este parámetro. Respecto a la resistencia a compresión diagonal, el reforzamiento de malla electrosoldada en muretes de King Kong y pandereta presenta un valor de 8.94 kg/cm² y 9.72 kg/cm² respectivamente, mientras que con polímeros reforzados con fibra de carbono se tiene una resistencia a compresión diagonal de 10.2 kg/cm² y 10.92 kg/cm² respectivamente, lo que permite demostrar que la adición de polímero reforzado incremento la resistencia a compresión diagonal en comparación a los muros con mallas electrosoldadas.

Figura 21

Gráfico de mejora de resistencia a compresión axial y diagonal de ambos refuerzos.

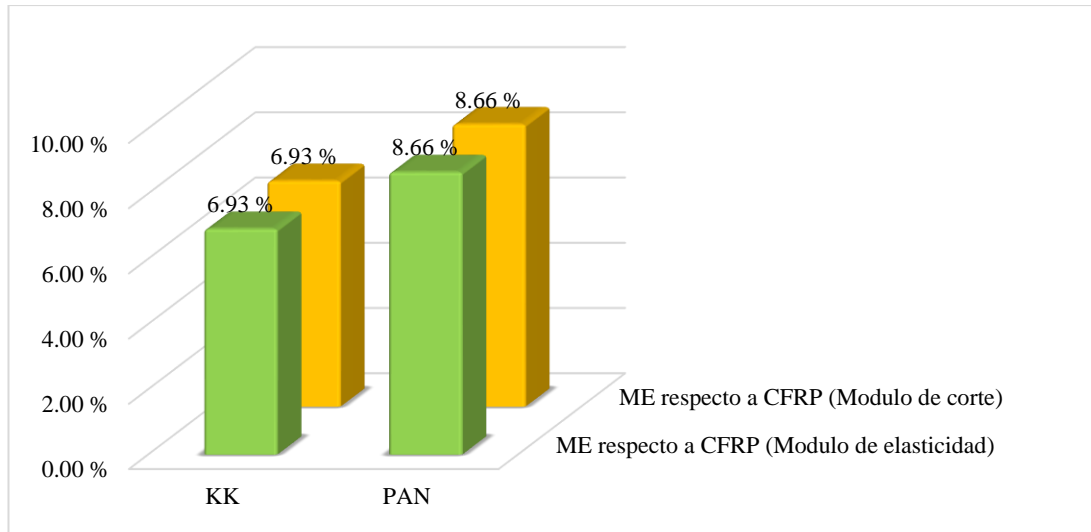


Nota. La figura muestra los % de mejora de la resistencia a compresión axial del refuerzo ME respecto al refuerzo de CFRP y diagonal de CFRP respecto a ME.

Los muros con mallas electrosoldadas en pilas de King Kong y pandereta presentaron módulos de elasticidad de 36050 kg/cm^2 y 15050 kg/cm^2 respectivamente, mientras que los muros con polímeros reforzados con fibra de carbono presentaron módulos de elasticidad de 33715 kg/cm^2 y 13850 kg/cm^2 respectivamente. Respecto a los módulos de corte, después de la mejora se reportó que con reforzamiento de malla electrosoldada en muretes de King Kong y pandereta se tuvo un módulo de corte de 14420 kg/cm^2 y 6020 kg/cm^2 y con polímeros reforzados con fibra de carbono se tuvo módulos de corte de 13486 kg/cm^2 y 5540 kg/cm^2 .

Figura 22

Gráfico de mejora de módulo de elasticidad y corte de ambos refuerzos



Nota. Comparación del % de mejora del módulo de elasticidad y corte del refuerzo de malla electrosoldada respecto al refuerzo de CFRP.

Fase 6: Concepto estructural

Posterior a la evaluación de las propiedades de los muros de albañilería pertenecientes al grupo de control y grupo experimental se procede a determinar de qué manera influye la fortificación en la vulnerabilidad sísmica de una vivienda autoconstruida.

La estructura utilizada para esta investigación es un domicilio de cuatro niveles localizado en la zona 2 (0.25), C (0.25), U (1) y S (1.2), sobre el cual se realizó el análisis de los muros con mallas electrosoldadas y los muros reforzados con polímero fortificados con fibra de carbono.

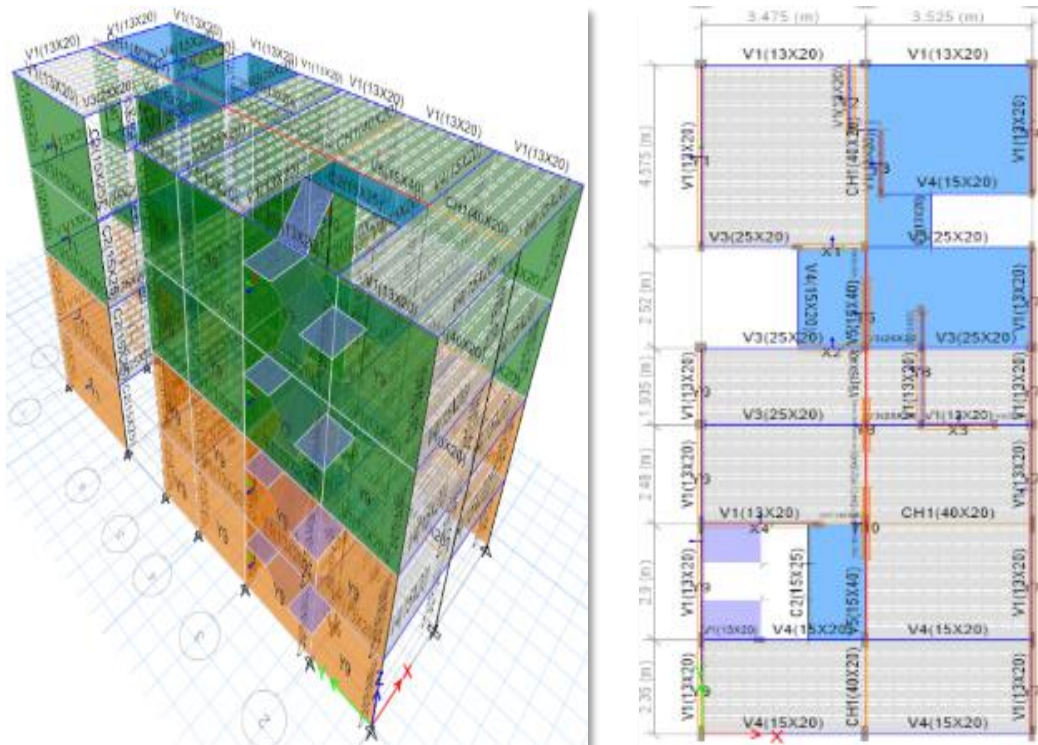
Así mismo para el modelamiento se consideró que el primer y segundo nivel estaría conformado con muros de ladrillos King Kong y el tercer y cuarto piso consta de ladrillos de pandereta.

Así mismo para el modelamiento se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Número de Pisos, N :4
- Factor de Zona, Z :0.25
- Factor de Uso, U :1.00
- Factor de Suelo, S :1.2
- Área típica del piso, A_p :108 m²
- Albañilería Artesanal :65 kg/cm²
- Resistencia al esfuerzo por corte :8.1 kg/cm²
- Concreto f'_c :210 kg/cm²

Figura 23

Vivienda autoconstruida de 4 pisos y Zonificación



Nota. Vivienda de ubicada en Pucallpa y factor de zona del RNE E.030

Después, se procedió a realizar el estudio del comportamiento estructural mediante el software Etabs 2016 de la vivienda de estudio con muretes de mampostería con mallas electrosoldadas y muretes con fibra de carbono, con el fin de realizar las mediciones de agrietamiento diagonal y fuerzas cortantes en el reforzamiento de muros. Después de la evaluación y comparación técnica en laboratorio y en gabinete mediante el modelado para determinar el comportamiento y vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa, se realiza una comparación de derivas entre las dos variables con el fin de determinar la más viable en función a su aspecto técnico.

A continuación, se muestra el proceso del análisis estructural de la edificación

- Diseño de Cargas Verticales

Figura 24

Diseño de cargas verticales del 1° Piso de muros con ladrillos King Kong de Edificación sin Refuerzo

Diseño por Cargas Verticales							
Muro	L (m)	t (m)	P _m (Kg)	σ_m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación	
1X	1.5000	0.13	6980	3.58	8.66	Muro Correcto	
2X	1.5000	0.13	7470	3.83	8.66	Muro Correcto	
3X	1.5700	0.13	5460	2.68	8.66	Muro Correcto	
4X	2.3350	0.13	8740	2.88	8.66	Muro Correcto	
1Y	4.6500	0.13	10190	1.69	8.66	Muro Correcto	
2Y	1.5700	0.13	4070	1.99	8.66	Muro Correcto	
3Y	1.7200	0.13	8630	3.86	8.66	Muro Correcto	
4Y	3.1500	0.13	7740	1.89	8.66	Muro Correcto	
5Y	1.8200	0.13	8680	3.67	8.66	Muro Correcto	
6Y	2.8000	0.13	11940	3.28	8.66	Muro Correcto	
7Y	11.6000	0.13	37430	2.48	8.66	Muro Correcto	
8Y	1.3000	0.13	7350	4.35	8.66	Muro Correcto	
9Y	9.9600	0.13	29670	2.29	8.66	Muro Correcto	
10Y	1.8300	0.13	11120	4.67	8.66	Muro Correcto	
$f'_m = 65 \text{ Kg/cm}^2$			Resistencia al corte en Dirección X del Edificio, $\Sigma V_{mi} =$			40680.031 Kg	
$0.15f'_m = 9.75 \text{ Kg/cm}^2$			Resistencia al Corte en Dirección Y del Edificio, $\Sigma V_{mi} =$			239777.43 Kg	
$0.05f'_m = 3.25 \text{ Kg/cm}^2$			Cortante por Sismo Severo en Dirección X, $V_{ei}(SDXX \text{ MAX}) =$			40033.4 Kg	
$h = 2.63 \text{ m}$			Cortante por Sismo Severo en Dirección Y, $V_{ei}(SDYY \text{ MAX}) =$			58630 Kg	
$v'_m = 8.1 \text{ Kg/cm}^2$			$\Sigma V_{miX} \geq V_{ei}(SDXX \text{ MAX}) =$			CUMPLE	
			$\Sigma V_{miY} \geq V_{ei}(SDYY \text{ MAY}) =$			CUMPLE	

Nota. Elaboración propia.

Figura 25

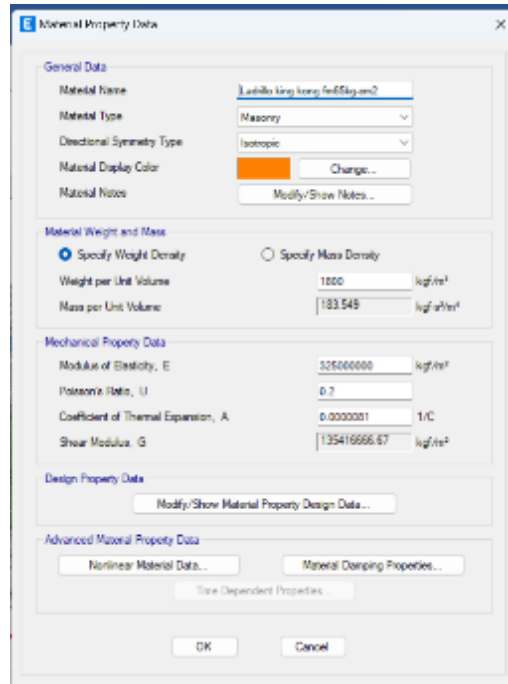
Diseño de cargas verticales del 4º Piso de muros con ladrillos pandereta de Edificación sin refuerzo

Diseño por Cargas Verticales							
Muro	L (m)	t (m)	Pm (Kg)	σ_m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 + \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación	
1X	1.5000	0.13	1050	0.54	3.01	Muro Corrento	
2X	1.5000	0.13	1290	0.66	3.01	Muro Corrento	
3X	1.5700	0.13	860	0.42	3.01	Muro Corrento	
4X	2.3350	0.13	1650	0.54	3.01	Muro Corrento	
1Y	4.6500	0.13	1980	0.33	3.01	Muro Corrento	
2Y	1.5700	0.13	860	0.42	3.01	Muro Corrento	
3Y	1.7200	0.13	1180	0.53	3.01	Muro Corrento	
4Y	3.1500	0.13	1460	0.36	3.01	Muro Corrento	
5Y	1.8200	0.13	1360	0.57	3.01	Muro Corrento	
6Y	2.8000	0.13	1920	0.53	3.01	Muro Corrento	
7Y	11.6000	0.13	6290	0.42	3.01	Muro Corrento	
8Y	1.3000	0.13	1050	0.62	3.01	Muro Corrento	
9Y	0.9600	0.13	5340	0.41	3.01	Muro Corrento	
10Y	1.8300	0.13	1610	0.68	3.01	Muro Corrento	
$f'_m = 22.6 \text{ Kg/cm}^2$ $0.15f'_m = 3.39 \text{ Kg/cm}^2$ $0.05f'_m = 1.13 \text{ Kg/cm}^2$ $h = 2.63 \text{ m}$ $\nu'_m = 9.47 \text{ Kg/cm}^2$			Resistencia al corte en Dirección X del Edificio, $1V_m = 43495.028 \text{ Kg}$ Resistencia al Corte en Dirección Y del Edificio, $2V_m = 253186.83 \text{ Kg}$ Constante por Sismo Severo en Dirección X, $V_{s-1000x \text{ MAX}} = 22715.2 \text{ Kg}$ Constante por Sismo Severo en Dirección Y, $V_{s-1000y \text{ MAX}} = 21253.1 \text{ Kg}$				
				$1V_{mIX} >= Vel(SDXX \text{ MAX}) =$ $2V_{mIY} >= Vel(SDYY \text{ MAX}) =$		CUMPLE CUMPLE	

Nota. Elaboración propia.

Figura 26

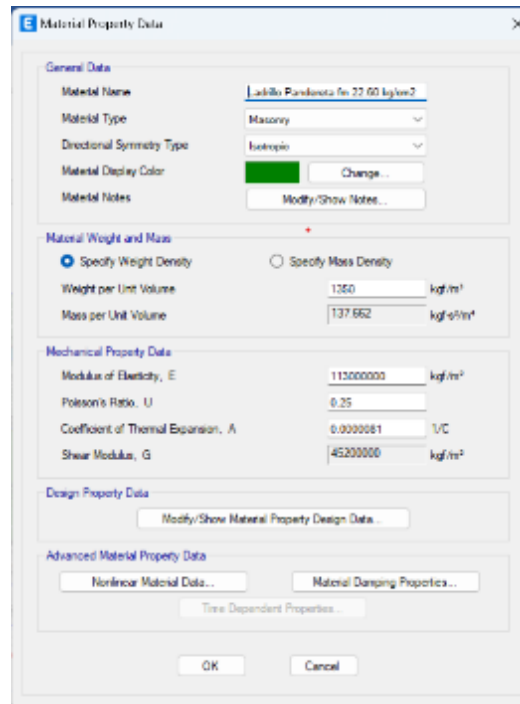
Datos de albañilería KK sin Refuerzo en Etabs



Nota. Elaboración propia.

Figura 27

Datos de albañilería pandereta sin Refuerzo en Etabs



Nota. Elaboración propia.

- Control de Fisuración

Se debe realizar el control de fisuración para la vivienda en análisis, ya que esta vivienda es de albañilería mixta se considera como tal ya que posee las características típicas de la vivienda en el Perú. Por lo tanto, se realizará un análisis para verificar la fisuración de estructura analizada ya tiene un diseño inicial pero también es posible diseño del cual también se puede verificar mediante inspección de fisuras. La norma de albañilería E-0.70 nos dice que se debe diseñar sin no antes efectuar un control de fisuración en los muros que estarán sometidos principalmente a cortantes y flexión en el momento del sismo. La norma nos muestra distintas fórmulas a emplear para llevar a cabo este control.

Para efectuar el control de fisuración se tiene las siguientes variables

- Resistencia al corte de la albañilería: $V'm=8.1 \text{ kg/cm}^2$ (kk) & $V'm=9.47 \text{ kg/cm}^2$ (pandereta) Espesor del muro: t (m)
- Longitud del muro: L (m)
- Cortante del muro sismo moderado: V_e (kg)
- Altura del muro: h (m)
- Momento flector sismo moderado: M_e (kg-m)
- Factor de reducción por de la resistencia al corte por esbeltez: α
- Carga axial de gravedad: P_g
- Resistencia a la fuerza cortante: V_m
- Factor de amplificación para pasar a sismo severo: V_{m1}/V_{e1}
- Fuerza cortante última ante sismo severo: V_u (kg)
- Momento flector último ante sismo severo: M_u (kg-m)

Las fórmulas usadas para utilizar para el control de fisuración son las siguientes según la norma E-070:

- $V_e \leq 0.55 * V_m =$ Fuerza cortante admisible
- $V_m = 0,5 V'm * \alpha * t * L + 0,23 * P_g =$ Resistencia al corte
- $1/3 \leq \alpha = V_e * 1 / M_e \leq 1$
- $\sum V_{mi} \geq V_{ei} \quad 2 \leq V_{m1} / V_{e1} \leq 3$

El V_e viene a ser las cortantes extraídas del Etabs 2016 mediante simulación sísmica, el V_m viene a ser la resistencia al corte de los muros de albañilería que tiene la vivienda calculados de forma manual. Como se observa en las anteriores ecuaciones el V_e debe ser menor igual a 0.55 multiplicado por V_m .

“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACocha-PUCALLPA,2023”

El α viene ser igual a la longitud del muro multiplicado por V_e dividido entre el momento M_e , este último se puede hallar al multiplicar la cortante V_e con la altura.

Una vez hallado el V_m para cada muro se suman los resultados, esta sumatoria deberá ser mayor a las cortantes en dirección X e Y extraídas del Etabs mediante simulación.

Por último, se tiene razón de V_m con V_e para cada muro esta razón debe ser mayor igual a 2, pero menor igual que 3.

Figura 28

Control de fisuración en cada piso de muros con ladrillos King Kong o Pandereta de Edificación sin Refuerzo

Diseño por Fisuración (sismo moderado) SDXX MODERADO . SDDYY MODERADO										
Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vm (Kg)	$V_e \leq 0.55V_m$
6040	623.82	977.92	1.18	1.15	623.82	977.92	0.96	0.957	8945.981408	No Fisurado
6470	582.3	1008	1.9	1.76	582.3	1008	0.87	0.867	8331.424777	No Fisurado
4770	1134.02	1745.23	1.82	2.24	1134	1745.23	1.02	1.000	9363.15	No Fisurado
7590	7225.73	7118.35	5.1	0.52	7225.7	7118.35	2.37	1.000	14039.475	No Fisurado
9070	4.88	3.06	2311.81	4892.18	2311.8	4892.18	2.20	1.000	26568.35	No Fisurado
3570	2	2.42	848.86	1209.04	848.86	1209.04	1.10	1.000	9087.15	No Fisurado
7470	0.95	0.14	826.94	1209.61	826.94	1209.61	1.18	1.000	10773.9	No Fisurado
7040	3.08	2.59	2259.5	3296.99	2259.5	3296.99	2.16	1.000	18203.95	No Fisurado
7550	1.81	2.5	916.5	1307.15	916.5	1307.15	1.28	1.000	11318.8	No Fisurado
10420	6.4	5.69	1579.01	2591.27	1579	2591.27	1.71	1.000	17138.6	No Fisurado
33070	8.34	2.98	8426.13	28691.06	8426.1	28691.06	3.41	1.000	68680.1	No Fisurado
6160	2.07	2.05	661.47	922.47	661.47	922.47	0.93	0.932	7797.127642	No Fisurado
26130	263.43	13.32	20781.67	20658.26	20782	20658.26	10.02	1.000	58449.3	No Fisurado
9240	2.76	2.98	877.2	1331.02	877.2	1331.02	1.21	1.000	11760.15	No Fisurado

Nota. Elaboración propia.

Figura 29

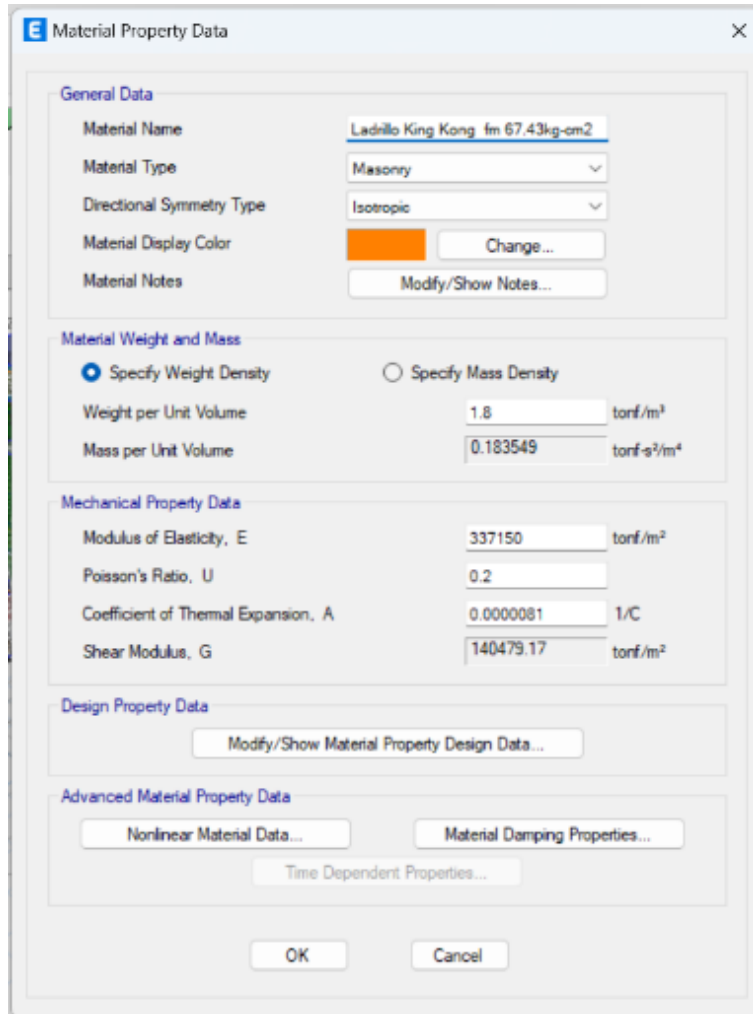
Diseño por resistencia en cada piso de muros con ladrillos King Kong o pandereta de Edificación sin Refuerzo

Diseño por Resistencia (sismo raro) SDXX MAX , SDYY MAX			
$V_{Ei - X}$ (Kg)	$V_{Ei - Y}$ (Kg)	V_{Ei} (Kg)	$V_m \geq V_{Ei}$
826.91	1.51	826.91	Resistente
771.88	2.42	771.88	Resistente
1503.2	2.31	1503.20	Resistente
9578.12	6.49	9578.12	Resistente
6.46	2943.86	2943.86	Resistente
2.66	1080.94	1080.94	Resistente
1.25	1053.03	1053.03	Resistente
4.08	2877.25	2877.25	Resistente
2.41	1167.07	1167.07	Resistente
8.49	2010.7	2010.70	Resistente
11.05	10729.83	10729.83	Resistente
2.74	842.31	842.31	Resistente
349.2	26463.36	26463.36	Resistente
3.65	1117.02	1117.02	Resistente

Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Datos de albañilería KK con refuerzo de fibra de carbono en Etabs

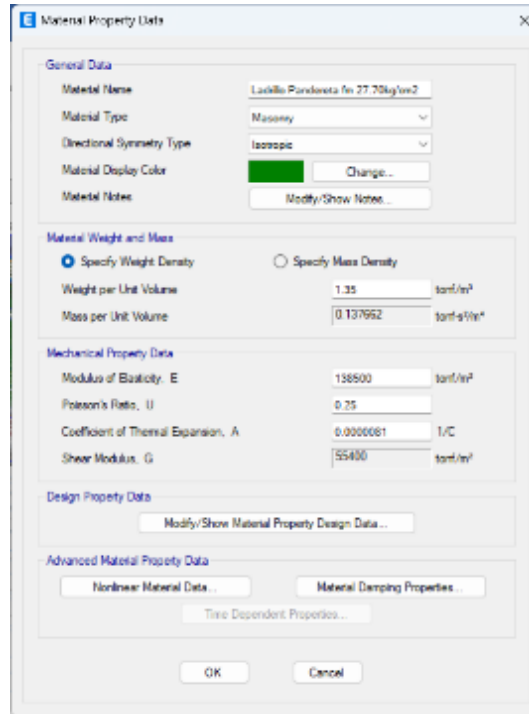


Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	Ladrillo King Kong fm 67.43kg-cm2	
	Material Type	Masonry	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	Orange	
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	1.8	tonf/m³
	Mass per Unit Volume	0.183549	tonf-s²/m⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	337150	tonf/m²
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000081	1/C
	Shear Modulus, G	140479.17	tonf/m²

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

Datos de albañilería pandereta con refuerzo de fibra de carbono en Etabs



Nota. Elaboración propia.

- Control de Fisuración

Se debe realizar el control de fisuración en cada piso tal cual como en el sin refuerzo y obtendremos tablas de diseño por fisuración y diseño por resistencia que son parte de los objetivos específicos.

Figura 32

Derivas de la edificación con reforzamiento de fibra de carbono

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
▶	PISO 4	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001367	32	3.155	16.76	10.87
	PISO 3	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001976	32	3.155	16.76	8.12
	PISO 2	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001433	32	3.155	16.76	5.37
	PISO 1	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001342	32	3.155	16.76	2.62

Nota. Elaboración propia.

Figura 33

Datos de albañilería KK con refuerzo de malla electrosoldada en Etabs

Material Property Data

General Data

Material Name: Ladrillo King Kong 72.10kg-cm2

Material Type: Masonry

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1.8 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.183549 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 360500 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000081 1/C

Shear Modulus, G: 150208.33 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

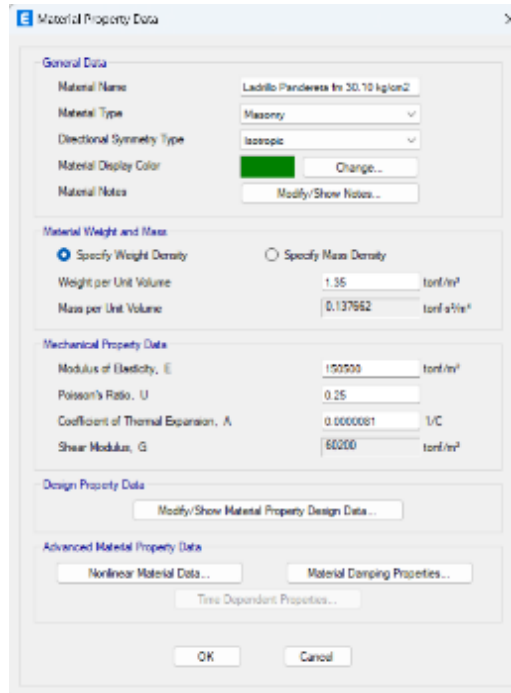
Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Datos de albañilería pandereta con refuerzo de malla electrosoldada en Etabs



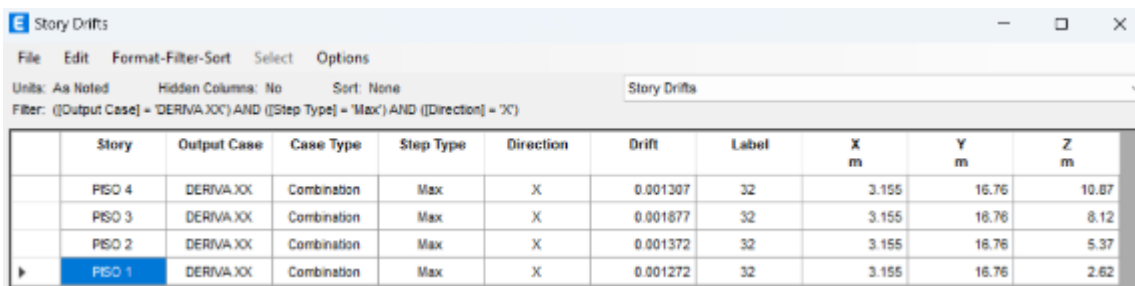
Nota. Elaboración propia.

- Control de Fisuración

Se debe realizar el control de fisuración en cada piso tal cual como en el sin refuerzo y obtendremos tablas de diseño por fisuración y diseño por resistencia que son parte de los objetivos específicos.

Figura 35

Derivas de la edificación con reforzamiento de malla electrosoldada



Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
PISO 4	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001307	32	3.155	16.76	10.87
PISO 3	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001877	32	3.155	16.76	8.12
PISO 2	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001372	32	3.155	16.76	5.37
PISO 1	DERIVA.XX	Combination	Max	X	0.001272	32	3.155	16.76	2.62

Nota. Elaboración propia.

2.5. Consideraciones Éticas de la Investigación

Como consideraciones éticas, se considera de suma importancia durante el desarrollo de la investigación, por lo que, se garantiza el respeto de opiniones de terceros mediante una adecuado citado con normativa APA séptima edición, mediante la referencia de autores de toda aquella información requerida, la cual puede ser verificada por el software Turnitin, para corroborar la autonomía del documento elaborado. Asimismo, se garantiza que no existirá modificación ni alteración alguna de los resultados obtenidos como el cumplimiento de normativas vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones tanto para la evaluación de las propiedades de los especímenes de muros de mampostería con refuerzo como para la evaluación del comportamiento estructural de la vivienda modelo que será de estudio. Finalmente, el investigador de la escuela de Ingeniería Civil se rige al Código de Ética del Colegio de Ingenieros, cumpliendo con los principios detallados en la misma.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Agrietamiento diagonal

Con el fin de definir la vulnerabilidad que presenta el grupo de control (muros de albañilería con mallas electrosoldadas) se evaluó el agrietamiento diagonal, resistencia por fuerzas cortantes y el desplazamiento que presentan los muros. En la tabla 24 se detalla la resistencia al agrietamiento diagonal de los muros de albañilería y los muros con mallas electrosoldadas tanto en el primer y segundo piso que cuentan con ladrillos King Kong y el tercer y cuarto piso que tienen ladrillos de pandereta.

Tabla 17

Resistencias de agrietamiento diagonal en los muros con y sin refuerzo de ME

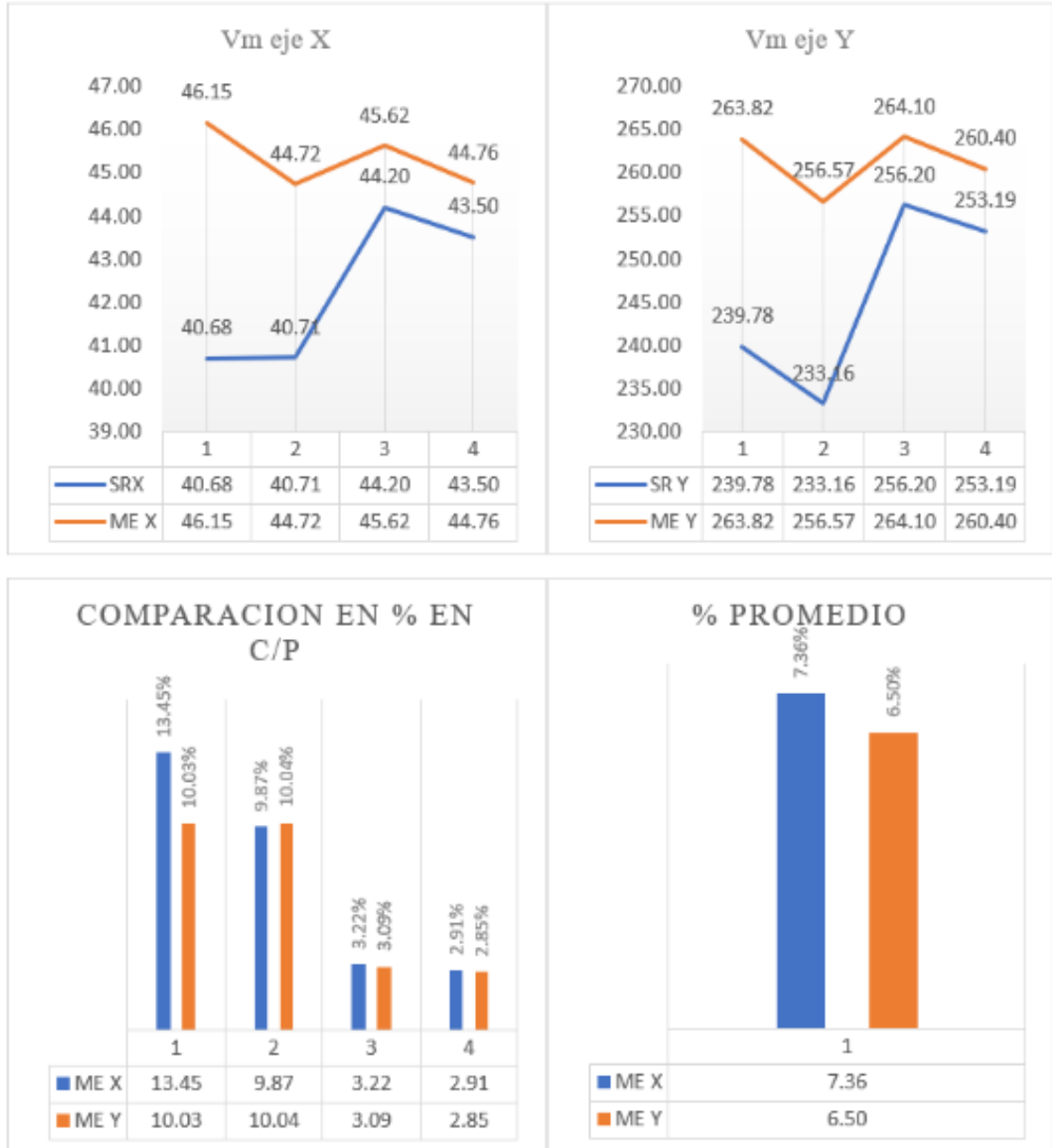
DISEÑO POR FISURACIÓN					
Estado		Resistencia al agrietamiento diagonal Vm (ton)			
		P1 KK	P2 KK	P3 PAN	P4 PAN
Sin Reforzamiento	X	40.68	40.71	44.20	43.50
	Y	239.7	233.1	256.2	253.2
Malla electrosoldada	X	46.15	44.72	45.62	44.76
	Y	263.8	256.6	264.1	260.4

Nota. La tabla muestra la comparación de resistencia en cada piso extraída de Etabs con y sin refuerzo de ME.

En la figura 36 se muestra el incremento que ha sufrido grupo de control respecto a la resistencia al agrietamiento diagonal, en el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron mejoras para el eje X de 13.45%, 9.87%, 3.22% y 2.91% y para el eje Y de 10.03%, 10.04%, 3.09% y 2.85% respectivamente. y como mejora promedio se obtuvo para eje X de 7.36% y para Y de 6.50%

Figura 36

Mejora del agrietamiento diagonal del grupo de control.



Nota. La figura muestra el % de mejora en ambas direcciones de cada piso del agrietamiento diagonal de los muros con mallas electrosoldadas respecto a los muros convencionales.

Por otro lado, en la tabla 27 se detallan los resultados respecto al agrietamiento diagonal que tendría el grupo experimental (muros de albañilería con polímero reforzado con fibra de carbono)

Tabla 18

Resistencias de agrietamiento diagonal de los muros de albañilería + CFRP

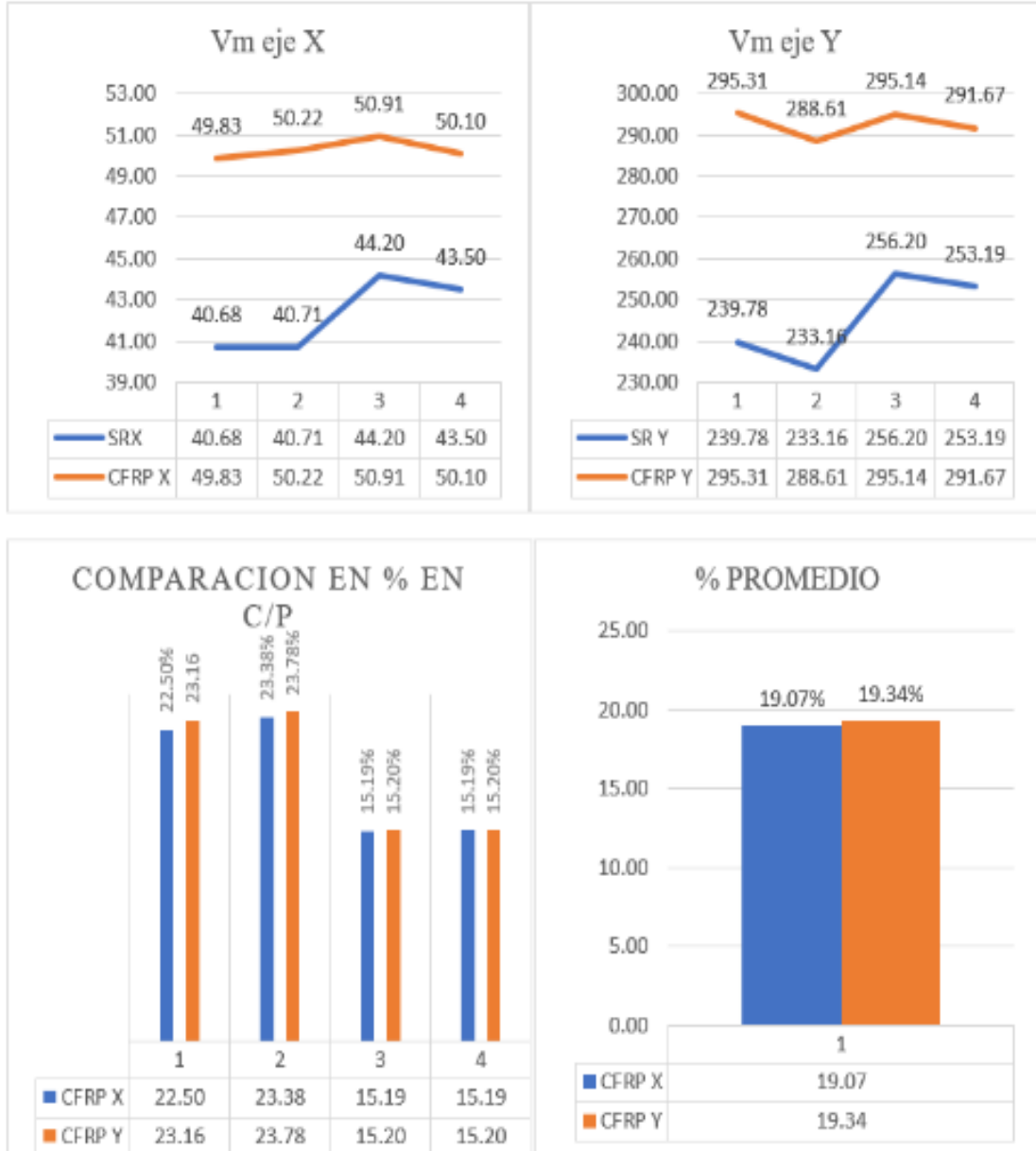
		DISEÑO POR FISURACIÓN			
Estado		Resistencia al agrietamiento diagonal Vm (ton)			
		P1 KK	P2 KK	P3 PAN	P4 PAN
Polímero Fibra de carbono	X	49.83	50.22	50.91	50.10
	Y	295.3	288.6	295.1	291.7

Nota. La tabla muestra la resistencia al agrietamiento diagonal en cada piso extraída de Etabs.

La figura 37 muestra el comportamiento de la estructura en cada piso con y sin reforzamiento de CFRP respecto a la resistencia al agrietamiento diagonal, en el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron mejoras para el eje X de 22.49%, 23.38%, 15.19% y 15.19% y para el eje Y de 23.16%, 23.78%, 15.20% y 15.20% respectivamente y como mejora promedio se obtuvo para eje X de 19.06% y para Y de 19.33%.

Figura 37

Mejora del agrietamiento diagonal del refuerzo de CFRP respecto a un muro convencional.



Nota. La figura muestra el % de mejora en ambas direcciones de cada piso del agrietamiento diagonal del refuerzo de CFRP respecto al sin refuerzo

Respecto a las mejoras en base al grupo de control, en la tabla 28 se presenta un análisis comparativo entre el grupo de control y el grupo experimental.

Tabla 19

Resistencias de agrietamiento diagonal y fuerza cortante de ambos refuerzos.

		DISEÑO POR FISURACIÓN			
Estado		Resistencia al agrietamiento diagonal Vm (ton)			
		P1 KK	P2 KK	P3 PAN	P4 PAN
Malla electrosoldada	X	46.15	44.72	45.62	44.76
	Y	263.8	256.6	264.1	260.4
Polímero Fibra de carbono	X	49.83	50.22	50.91	50.10
	Y	295.3	288.6	295.1	291.7

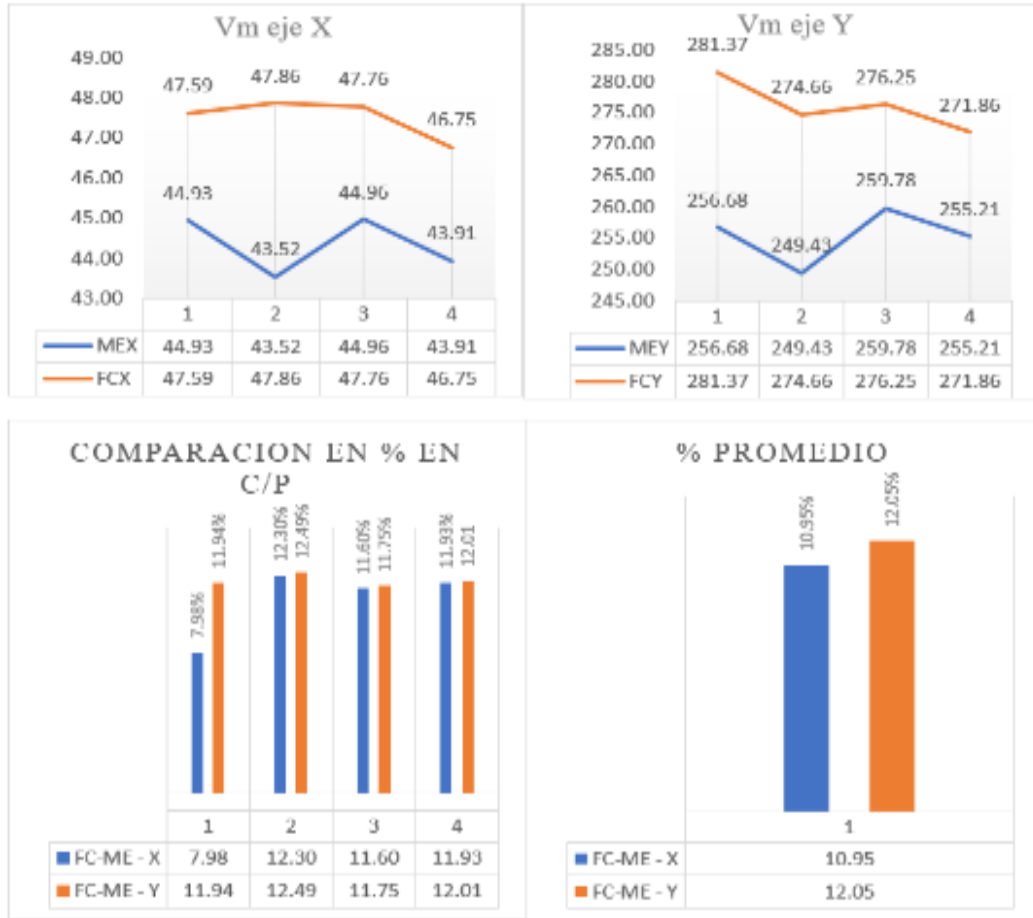
Nota. La tabla muestra comparación de resistencia en cada piso extraída de Etabs de ambos grupos.

La figura 38 muestra el comportamiento de la estructura en cada piso con reforzamiento de malla electrosoldada y polímero reforzado con fibra de carbono respecto a la resistencia al agrietamiento diagonal, para los muros reforzados con polímero de fibra de carbono en el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron resistencias para el eje X de 49.83 tn, 50.22 tn, 50.91 tn y 50.10 tn y para el eje Y de 295.3 tn, 288.6 tn, 295.1 tn y 291.7 tn respectivamente, y con la malla electrosoldada en el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron mejoras para el eje X de 46.15 tn, 44.72 tn, 45.62 tn y 44.76 tn y para el eje Y de 263.8 tn, 256.6 tn, 264.10 tn y 260.4 tn respectivamente, estos resultados permiten mostrar que si existe una diferencia significativa entre la mejora que ofrece el grupo experimental y la mejora del grupo de control, ya que el parámetro establecido por el investigador entre un refuerzo y otro es que sea igual o superior al 12%, en este sentido el refuerzo de polímero con fibra de carbono reportó una mejora

promedio en el eje X de 10.95% y en el eje Y de 12.05% respecto al refuerzo de malla electrosoldada en los muros de albañilería.

Figura 38

Análisis gráfico del agrietamiento diagonal del refuerzo de CFRP respecto a la ME.



Nota. La figura muestra el % de mejora en ambas direcciones de cada piso del agrietamiento diagonal del refuerzo de CFRP respecto al refuerzo de malla electrosoldada.

3.2. Resistencia a fuerza cortante

En la tabla 29 se detalla la resistencia a fuerza cortante de los muros de albañilería y los muros con mallas electrosoldadas tanto en el primer y segundo piso que cuentan con ladrillos King Kong y el tercer y cuarto piso que tienen ladrillos de pandereta.

Tabla 20

Resistencias a fuerza cortante en los muros con y sin refuerzo de ME

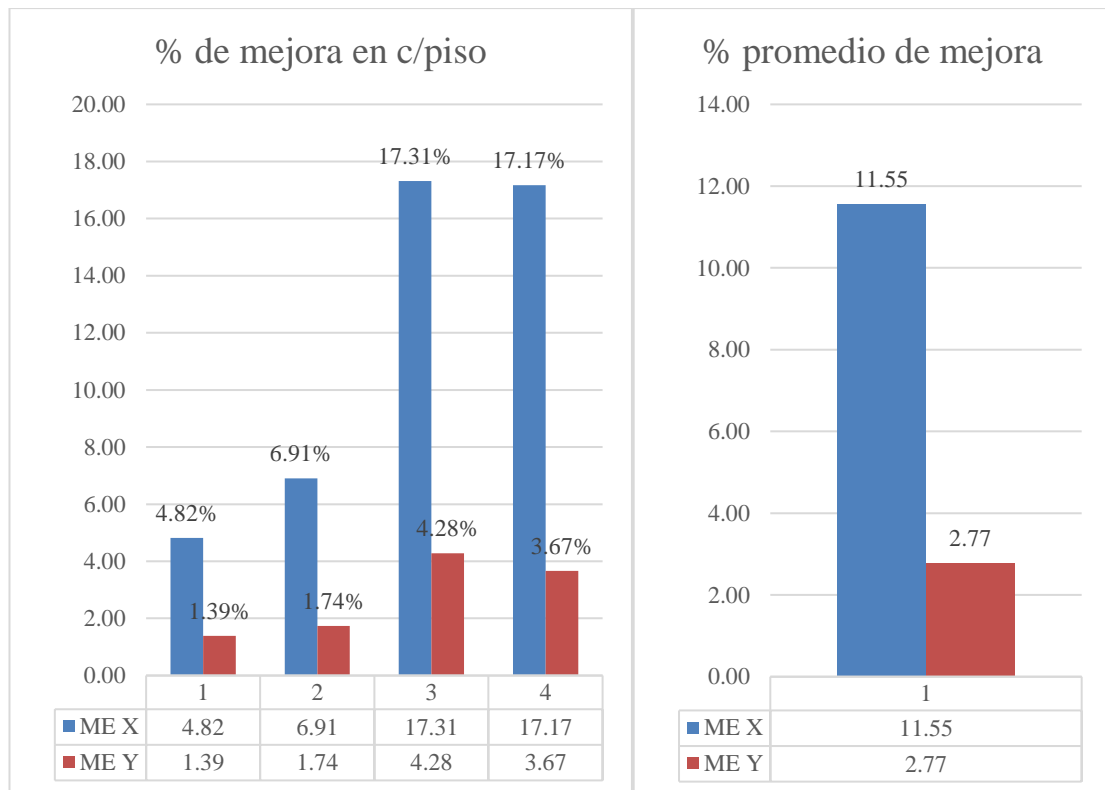
DISEÑO POR RESISTENCIA					
Estado		Resistencia a fuerza cortante VE i (ton)			
		P1 KK	P2 KK	P3 PAN	P4 PAN
Sin Reforzamiento	X	13.21	20.28	11.35	6.00
	Y	51.19	54.98	36.76	20.80
Malla electrosoldada	X	13.85	21.68	13.31	7.03
	Y	51.90	55.94	38.33	21.56

Nota. La tabla muestra comparación de resistencia en cada piso extraída de Etabs con y sin refuerzo de ME.

La figura 39 muestra el incremento en la resistencia a fuerza cortante que presentó la estructura usando mallas electrosoldadas en los muros de albañilería (grupo de control). En el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron mejoras para el eje X de 4.82%, 6.91%, 17.31% y 17.17% y para el eje Y de 1.39%, 1.73%, 4.28 y 3.66% respectivamente, así mismo la mejora promedio que se obtuvo para el eje X fue de 11.55% y para Y de 2.77%.

Figura 39

Mejora de la fuerza cortante del refuerzo de ME respecto a un muro convencional.



Nota. La figura muestra el % de mejora en ambas direcciones de cada piso de la fuerza cortante del refuerzo de ME respecto al muro convencional.

Por otro lado, en la tabla 30 se detallan los resultados respecto a la resistencia a fuerza cortante que tendría el grupo experimental (muros de albañilería con polímero reforzado con fibra de carbono).

Tabla 21

Resistencia a fuerza cortante en los muros de albañilería + CFRP

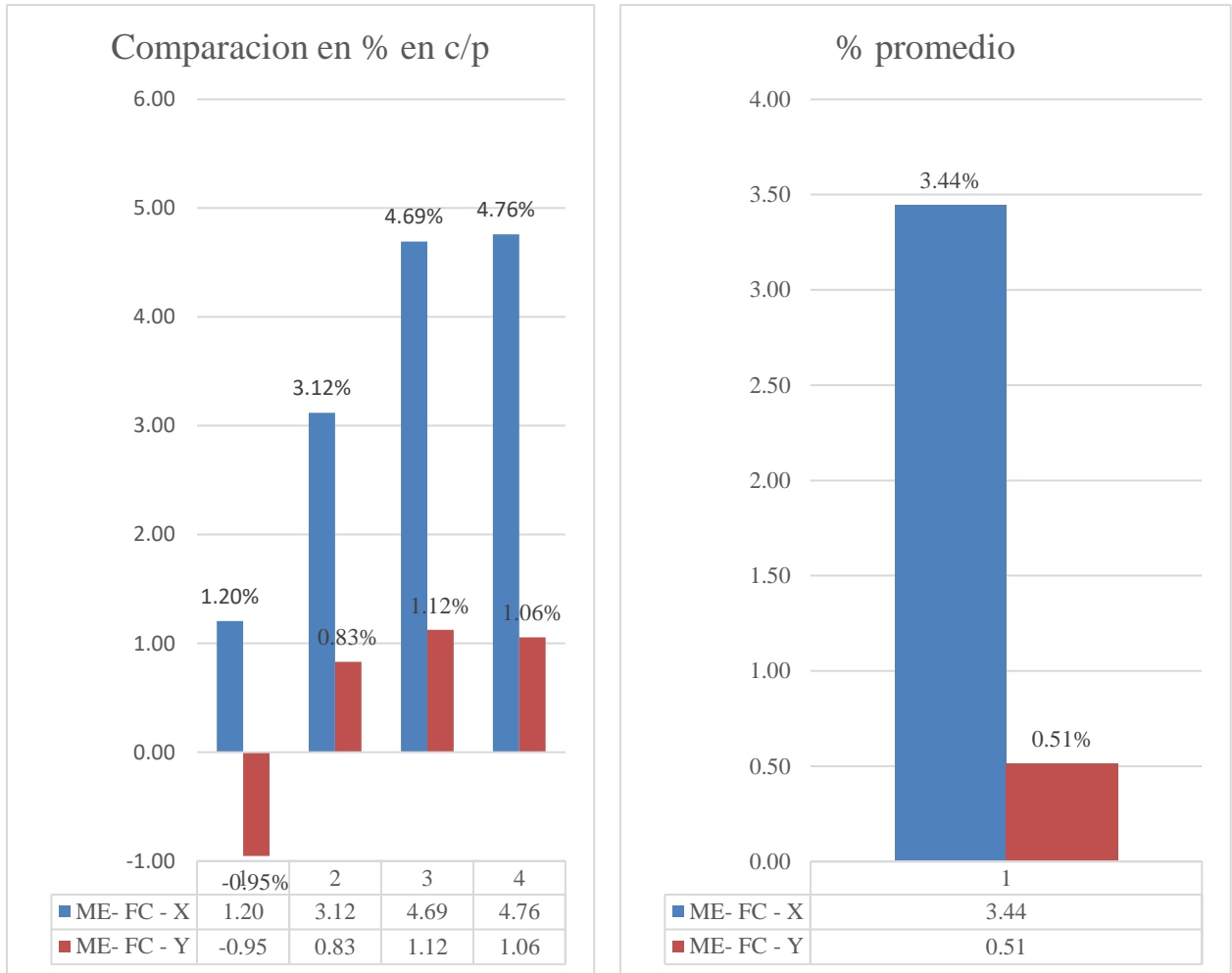
DISEÑO POR RESISTENCIA					
Estado		Resistencia a fuerza cortante VEi (ton)			
		P1 KK	P2 KK	P3 PAN	P4 PAN
Polímero Fibra de carbono	X	13.68	21.03	12.71	6.71
	Y	52.40	55.48	37.91	21.33

Nota. La tabla muestra comparación de resistencia en cada piso extraída de Etabs.

La figura 40 muestra la resistencia a fuerza cortante de la estructura en cada piso con reforzamiento de malla electrosoldada y de polímero reforzado con fibra de carbono, para los muros reforzados con polímero de fibra de carbono en el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron resistencias para el eje X de 13.85 tn, 21.68 tn, 13.31 tn y 7.03 tn y para el eje Y de 51.90 tn, 55.94 tn, 38.33 tn y 21.56 tn respectivamente, y para la malla electrosoldada en el 1er, 2do, 3er y 4to piso se obtuvieron mejoras para el eje X de 13.68 tn, 21.03 tn, 12.71 tn y 6.71 tn y para el eje Y de 52.40 tn, 55.48 tn, 37.91 tn y 21.33 tn respectivamente, estos resultados permiten mostrar que no existe una diferencia significativa entre ambos refuerzos, ya que el parámetro establecido por el investigador entre un refuerzo y otro es que sea igual o superior al 12%, en este sentido el refuerzo de malla electrosoldada reporto una mejora promedio en el eje X de 3.44% y en el eje Y de 0.51% respecto al refuerzo polímero con fibra de carbono.

Figura 40

Análisis gráfico de la fuerza cortante del refuerzo de ME respecto al CFRP



Nota. La figura muestra el % de mejora en ambas direcciones de cada piso de la resistencia a fuerza cortante del grupo de control respecto al grupo experimental.

3.3. Desplazamientos máximos de entrepisos (derivadas)

En este apartado, examinaremos las restricciones que establece el Reglamento Nacional de Edificación a la distorsión o derivadas en domicilios, conforme a lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Las derivadas deberán ser inferiores al valor adimensional de 0.005 en edificaciones construidas con albañilería.

Tabla 22

Comparación de las derivadas máximas de la estructura con y sin refuerzos.

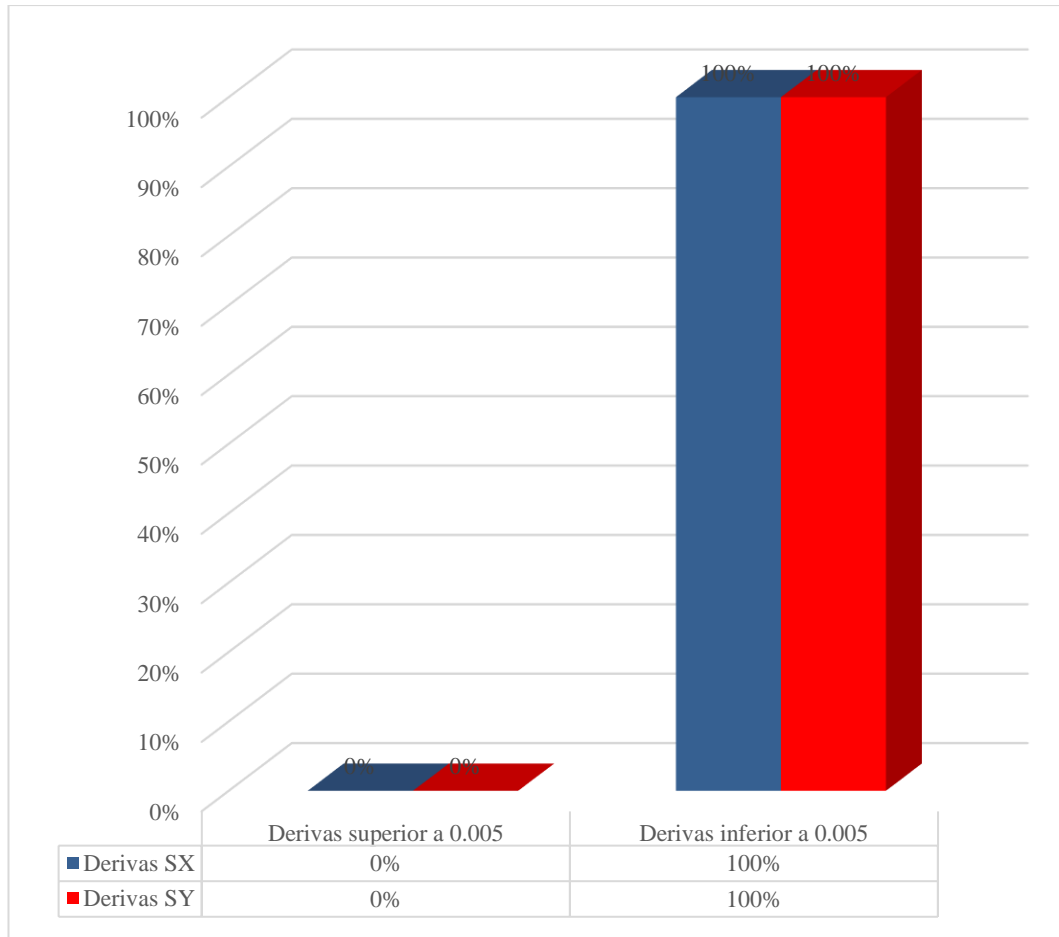
Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas)				
Vivienda	Nivel	Drift (Etabs)		Distorsión Max. Entrepiso
		X	Y	
Muro convencional	PISO 1	0.001388	0.000173	0.005
	PISO 2	0.00146	0.000214	0.005
	PISO 3	0.002212	0.000349	0.005
	PISO 4	0.001517	0.000243	0.005
Grupo de control	PISO 1	0.001272	0.000161	0.005
	PISO 2	0.001372	0.0002	0.005
	PISO 3	0.001877	0.000296	0.005
	PISO 4	0.001307	0.000208	0.005
Grupo experimental	PISO 1	0.001342	0.00017	0.005
	PISO 2	0.001433	0.00021	0.005
	PISO 3	0.001976	0.000311	0.005
	PISO 4	0.001367	0.000218	0.005

Nota. Elaboración propia a partir del modelado en Etabs.

En la ilustración adjunta muestra que los desplazamientos permitidos de suelo a techo por cada piso examinado son inferiores a 0.005 para la albañilería que es un valor adimensional.

Figura 41

Gráfico comparativo de derivas

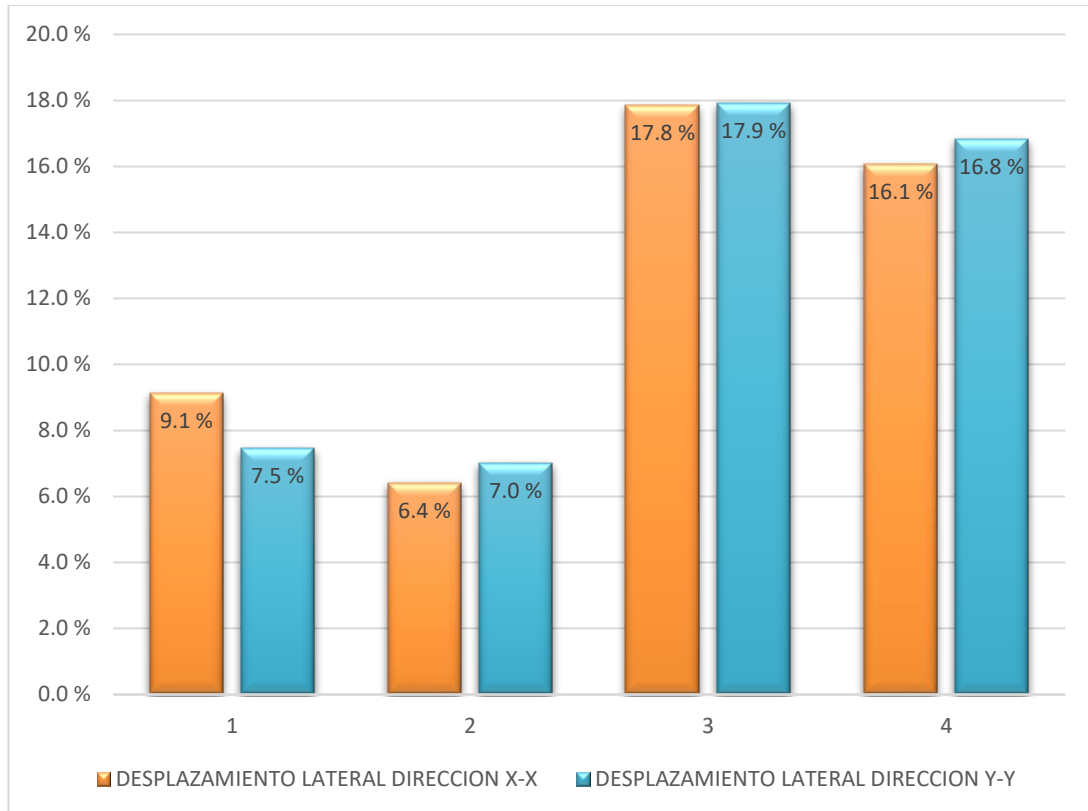


Nota. Elaboración propia

En la siguiente figura se aprecia las mejoras de los desplazamientos de entrepiso en cada dirección que sufrió el grupo de control. Se observa que en los niveles 1 y 2 de mampostería de King Kong en la dirección X presenta una mejora de 9.1% y 6.4% y para la dirección Y el 7.5% y 7.0% respectivamente. De igual manera, se observa que en los niveles 3 y 4 de mampostería de pandereta en la dirección X presenta una mejora de 17.8% y 16.1% y para la dirección Y el 17.9% y 16.8% respectivamente.

Figura 42

Gráfico comparativo en % de derivas en cada piso con el grupo de control

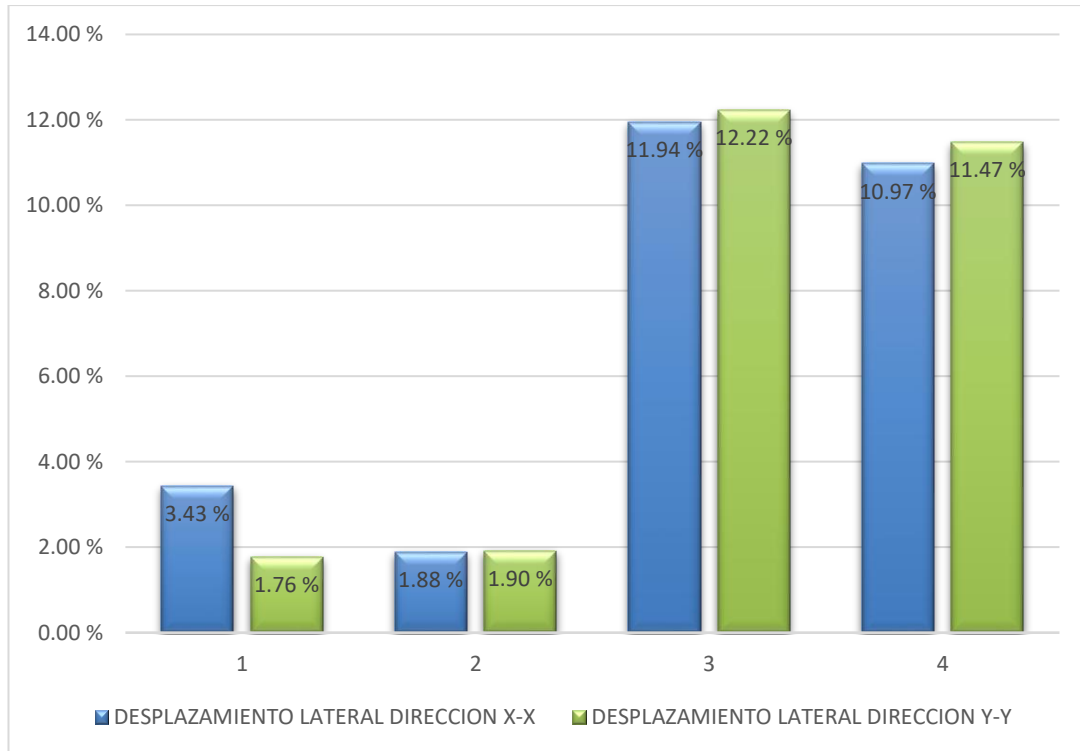


Nota. En la figura se aprecia que en los niveles 3 y 4 es donde se obtuvo más mejoras

De la misma manera en la figura 43 se aprecia las mejoras de los desplazamientos de entrepiso en cada dirección con los muros con adición de polímero reforzado con fibra de carbono. Se observa que en los niveles 1 y 2 de mampostería de King Kong en la dirección X presenta una mejora de 3.43% y 1.88% y para la dirección Y el 1.76% y 1.90% respectivamente. De igual manera, se observa que en los niveles 3 y 4 de mampostería de pandereta en la dirección X presenta una mejora de 11.94% y 10.97% y para la dirección Y el 12.22% y 11.47% respectivamente.

Figura 43

Gráfico comparativo en % de derivas en cada piso con CFRP

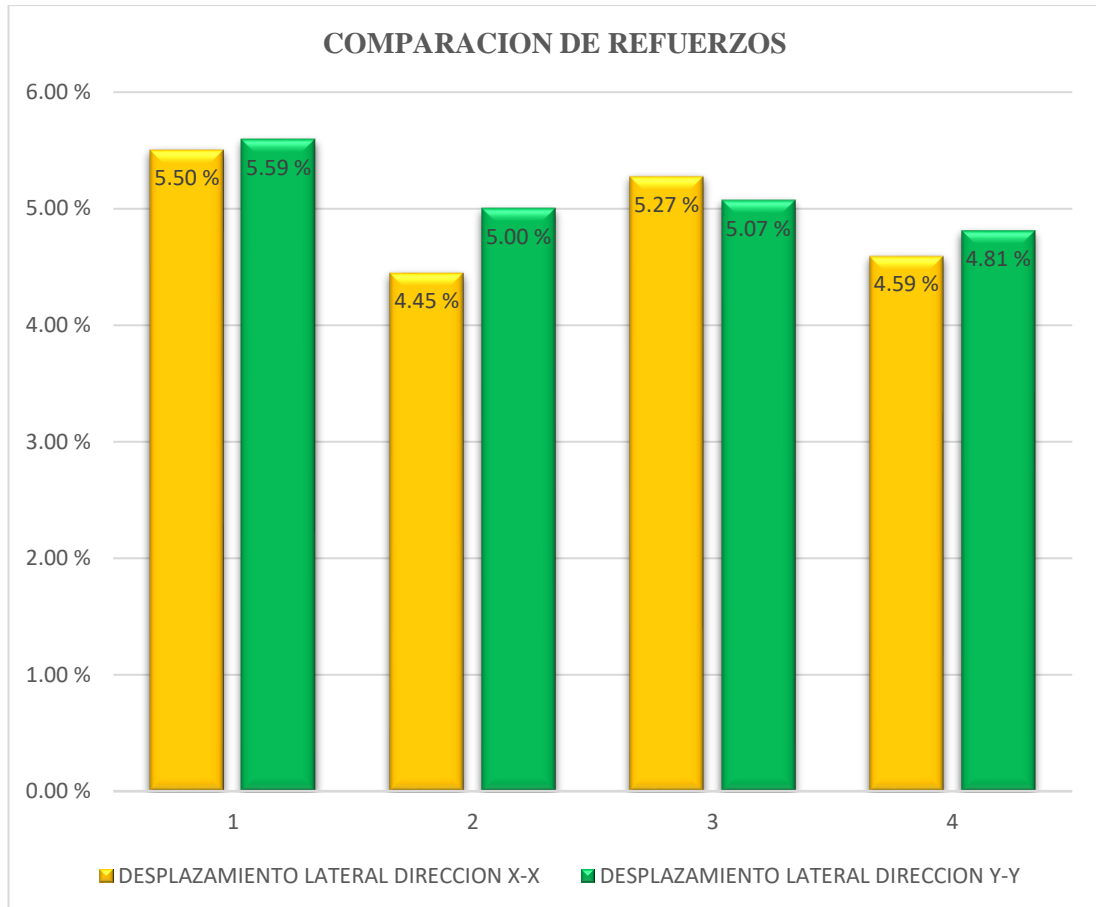


Nota. En la figura se aprecia que en los niveles 3 y 4 es donde se obtuvo más mejoras

Los muros pertenecientes al grupo de control presentan una mayor mejora en los desplazamientos de entrepiso en cada dirección. En la Figura 32 se observa que en los niveles 1 y 2 los muros con mallas electrosoldadas en los ladrillos King Kong en la dirección X presentaron una mejora mayor en 5.50% y 4.45% y para la dirección Y en 5.59% y 5.00% respectivamente en relación a los muros con adición de polímero reforzado con fibra de carbono. De igual manera, se observa que en los niveles 3 y 4 de mampostería de pandereta en la dirección X presenta una mejora de 5.27% y 4.59% y para la dirección Y el 5.07% y 4.81% respectivamente, respecto al refuerzo de polímero de fibra de carbono.

Figura 44

Gráfico comparativo en % de derivas con refuerzo



Nota. Elaboración propia.

3.4. Análisis inferencial

Para determinar si es que existe alguna influencia significativa por parte del grupo experimental se realizó un análisis inferencial en el software SPSS. A continuación, se mencionan los resultados:

3.4.1. Análisis inferencial en los resultados de agrietamiento diagonal

Se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de agrietamiento diagonal producidos por los muros de ladrillos King Kong en el sentido x.

Tabla 23

Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (X)

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (X)	,993	3	,843
	1,000	3	1,000
	,803	3	,122

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 24

Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (X)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	132,166	2	66,083	349,424	,000
Dentro de grupos	1,135	6	,189		
Total	133,301	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.00 por lo que se acepta la hipótesis, ya que si existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en el agrietamiento diagonal de los domicilios autoconstruidos.

Del mismo modo se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de agrietamiento diagonal producidos por los muros de ladrillos King Kong en el sentido y.

Tabla 25

Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (y)

		Shapiro-Wilk		
Tratamientos		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (Y)	Sin Reforzamiento	1,000	3	,992
	Malla electrosoldada	1,000	3	,985
	Polímero Fibra de carbono	1,000	3	,996

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 26

Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) King Kong (Y)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4665,827	2	2332,914	49,262	,000
Dentro de grupos	284,145	6	47,357		
Total	4949,972	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.00 por lo que se acepta la hipótesis, ya que si existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en el agrietamiento diagonal de los domicilios autoconstruidos.

Por otro lado, se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de agrietamiento diagonal producidos por los muros de ladrillos de pandereta en el sentido x.

Tabla 27

Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (X)

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia al agrietamiento diagonal	1,000	3	,959
Vm (ton) Pandereta (X)	,972	3	,681
	,966	3	,644

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 28

Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (X)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	69,226	2	34,613	29,913	,001
Dentro de grupos	6,943	6	1,157		
Total	76,169	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.00 por lo que se acepta la hipótesis, ya que si existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en el agrietamiento diagonal de los domicilios autoconstruidos.

Del mismo modo se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de agrietamiento diagonal producidos por los muros de ladrillos de pandereta en el sentido y.

Tabla 29

Prueba Shapiro Wilk al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (y)

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (Y) Sin Reforzamiento	,964	3	,637
Malla electrosoldada	,980	3	,728
Polímero Fibra de carbono	,995	3	,871

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 30

Prueba Anova al agrietamiento diagonal Vm (ton) Pandereta (Y)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2468,204	2	1234,102	82,464	,000
Dentro de grupos	89,792	6	14,965		
Total	2557,996	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.00 por lo que se acepta la hipótesis, ya que si existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en el agrietamiento diagonal de los domicilios autoconstruidos.

3.4.2. Análisis inferencial en los resultados de fuerza cortante

Se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de resistencia ante fuerzas cortantes producidos por los muros de ladrillos King Kong en el sentido x.

Tabla 31

Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (X)

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (X)	1,000	3	,970
	,995	3	,862
	,998	3	,917

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 32

Prueba Anova a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (X)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,716	2	,358	,007	,993
Dentro de grupos	296,658	6	49,443		
Total	297,374	8			

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.993 por lo que se rechaza la hipótesis, ya que no existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en la resistencia a fuerzas cortantes de los domicilios autoconstruidos.

Del mismo modo se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de resistencia a fuerzas cortantes producidas por los muros de ladrillos King Kong en el sentido y.

Tabla 33

Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (y)

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a fuerza cortante Vm Sin Reforzamiento (ton) King Kong (Y)	,973	3	,688
Malla electrosoldada	1,000	3	,992
Polímero Fibra de carbono	,999	3	,936

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 34

Prueba Anova a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) King Kong (Y)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,765	2	1,883	,158	,857
Dentro de grupos	71,419	6	11,903		
Total	75,185	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.857 por lo que se rechaza la hipótesis, ya que no existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en la resistencia a fuerza cortante de los domicilios autoconstruidos.

Por otro lado, se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de resistencia a fuerzas cortantes producidas por los muros de ladrillos de pandereta en el sentido x.

Tabla 35

Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) Pandereta (X)

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a fuerzas cortantes Vm (ton) Pandereta (X)	,982	3	,744
	,995	3	,860
	,987	3	,780

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 36

Prueba Anova a la resistencia a fuerzas cortantes Vm (ton) Pandereta (X)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,195	2	,597	,024	,977
Dentro de grupos	151,364	6	25,227		
Total	152,558	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.977 por lo que se rechaza la hipótesis, ya que no existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en la resistencia a fuerza cortante de los domicilios autoconstruidos.

Del mismo modo se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de la resistencia a fuerzas cortantes producidas por los muros de ladrillos de pandereta en el sentido y.

Tabla 37

Prueba Shapiro Wilk a la resistencia a fuerza cortante Vm (ton) Pandereta (y)

	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a las fuerzas cortantes Vm (ton) Pandereta (Y)	Sin Reforzamiento	,833	3	,196
	Malla electrosoldada	,815	3	,152
	Polímero Fibra de carbono	,819	3	,162

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 38

Prueba Anova a la resistencia a fuerzas cortantes Vm (ton) Pandereta (Y)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,168	2	1,084	,011	,989
Dentro de grupos	605,425	6	100,904		
Total	607,594	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.989 por lo que se rechaza la hipótesis, ya que no existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en la resistencia a fuerza cortante de los domicilios autoconstruidos.

3.4.3. Análisis inferencial en los resultados desplazamientos máximos

Se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de desplazamientos máximos producidos por los muros de ladrillos de pandereta en el sentido x.

Tabla 39

Prueba Shapiro Wilk a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (X)

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (X)	1,000	3	,965
	,992	3	,827
	,999	3	,927

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 40

Prueba Anova a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (X)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	,090	,915
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	,000	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.915 por lo que se rechaza la hipótesis, ya que no existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en los desplazamientos máximos de entrepiso de los domicilios autoconstruidos.

Del mismo modo se realizaron pruebas de normalidad a los resultados de desplazamientos máximos producidos por los muros de ladrillos de pandereta en el sentido y.

Tabla 41

Prueba Shapiro Wilk a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (Y)

Tratamientos	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (Y)	Sin Reforzamiento	,193	3	.
	Malla electrosoldada	,225	3	.
	Polímero Fibra de carbono	,193	3	.

Nota. Elaboración propia.

Debido a que la significancia fue mayor a 0.05 se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 42

Prueba Anova a Desplazamiento Máximos de Entrepiso (Derivas) Pandereta (Y)

Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	,145	,868
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	,000	8			

Nota. Elaboración propia.

En la prueba Anova se obtuvo una significancia de 0.868 por lo que se rechaza la hipótesis, ya que no existe influencia significativa por parte de la adición del polímero reforzado con fibra de carbono en los desplazamientos máximos de entrepiso de los domicilios autoconstruidos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En esta sección se examinaron los resultados logrados respecto de las pruebas en laboratorio para el análisis sobre vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos. Tendremos una confrontación de resultados con estas referencias.

4.1.Limitaciones

- Inicialmente como primer limite se tiene los porcentajes de domicilios autoconstruidos en coronel Portillo, puesto que se tiene credulidad sobre el INEI como fuente de datos, debido a que estos porcentajes abarcan las viviendas que podrían ser afectadas por un sismo.
- Los resultados de las pruebas en laboratorio de ninguna manera confirman que el estudio sea igual a los domicilios autoconstruidos ya existentes, ya que en el análisis sísmico intervienen otros factores tales como la calidad de construcción, mano de obra, tiempo de vida de la edificación y factores externos.
- Las conclusiones están limitadas a los pocos ensayos realizados en esta investigación respecto a pilas y muretes de ladrillos King Kong y pandereta, lo cual no se estima el daño concebible a los componentes estructurales que afectan en la forma de comportarse sísmicamente en los muros.
- Las resistencias a compresión diagonal y axial serán tomadas por la normal E070 para los ensayos en las pilas y muretes convencionales, con adición de malla electrosoldada (grupo de control) y con adición de polímeros fortificado

con fibra de carbono (grupo experimental) los cuales fueron ensayados con un mínimo 3 unidades de ladrillo King Kong y pandereta.

4.2.Discusiones e Implicancias

En base a los resultados del estudio se puede reconocer que validan la hipótesis general que confirman que la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono influye positivamente en el comportamiento estructural al permitir mitigar la vulnerabilidad sísmica en un domicilio autoconstruido del distrito de Yarinacocha - Pucallpa, 2022

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Torres y Vega (2021) y Araoz y Velezmoro (2012) , quienes mediante su estudio obtuvieron que la fibra de carbono o malla electrosoldada incrementa la capacidad sísmica estructural ya que permite soportar desplazamientos mayores y presenta un desempeño superior en los esfuerzos debido a que se ha demostrado el polímero fortalecido con fibra de carbono o mallas electro-soldadas reduce eficazmente las fuerzas cortantes e incrementa la resistencia, mitigando así la rotura de los muros durante sismos moderados y graves. Por lo tanto, el estudio de los autores referidos concuerda del presente debido a que se obtuvieron resultados de mejora con los refuerzos de fibra de carbono y malla electrosoldada de incrementos en los desplazamientos laterales y resistencia al agrietamiento diagonal.

En cuanto a la correlación entre los muros reforzados con polímero fortalecido con fibra de carbono referente a la resistencia del agrietamiento diagonal en este estudio difiere con lo que argumenta Caro (2020), en su estudio comparativo de resistencias a compresión diagonal por medio de fibras de carbono (CFRP) y fibra de basalto (BFRP), menciona que la CFRP

obtuvo una mejora de 25.95% con un valor de 4.98 kg/cm² y la BFRP una mejora de 30.25% un valor de 5.29 kg/cm², corroborando que BFRP son mejores por poco que las CFRP. En Lima Espinoza y Balazar (2021) en su estudio comparativo de prismas de albañilería tubular (pandereta) reforzada por medio de fibra de basalto (BFRP), malla electrosoldada (ME) y fibra de acero galvanizado (FAG), menciona que la ME obtuvo una resistencia a compresión diagonal de 8.5 kg/cm² y la BFRP un valor de 13.7 kg/cm² y la FAG un valor de 13.5 kg/cm², comprobando que la BFRP es mejor que la ME y FAG en la resistencia de agrietamiento diagonal. Sin embargo, en nuestro estudio difiere de los autores mencionado debido a que solo con la CFRP obtuvimos una mejora 19.30 % con un valor de 10 kg/cm² y con ME una mejora de 7.60% con un valor de 9 kg/cm².

En lo que respecta a la resistencia a fuerza cortante en muros de albañilería Estrada y Rada (2022), en su estudio de su investigación de reforzamiento de viviendas informales usando fibra de vidrio, quien menciona que a través de un análisis de modelado en Etabs se obtuvo que con la fibra de vidrio (GFRP) hubo mejoras de fuerzas cortantes de 94.62 % y con la malla electrosoldada (ME) que es su muestra control obtuvo mejoras de 47.08 %, corroborando que GFRP son mejores por mucho que la ME. En Ate Inga y Ortiz (2019) en su estudio evaluación de la vulnerabilidad sísmica con reforzamientos de fibra de vidrio (GFRP) en viviendas de albañilería confinada, quien menciona que a través de ensayos de compresión diagonal en muretes de ladrillo pandereta reforzados y posteriormente a un modelado en Etabs confirmo que el refuerzo de GFRP obtuvo una mejora de 46% en las fuerzas cortantes, corroborando que la propuesta de reforzamiento de GFRP es óptima. Sin embargo, en nuestro estudio con la CFRP obtuvimos una mejora 15.70 % y con ME una mejora de 17.60%. Lo cual

se puede mencionar que los autores mencionados obtuvieron mejorías superiores a la nuestra tanto de fibras y de malla electrosoldada.

Por último, respecto a los resultados obtenidos en la evaluación de las derivas de entrepiso de los muros con adición de mallas electrosoldadas y muros con reforzamiento del polímero reforzado con fibra de carbono se concuerda con los autores mencionados anteriormente por y quienes concluyeron que obtuvieron derivas menores a lo que establece la norma E030 de 0.005. San Bartolomé y Seminario (2008) en su artículo de reforzamiento de muro de albañilería confinada con fibra de vidrio GFRP obtuvo una mejora de 30% en los desplazamientos laterales. San Bartolomé y Coronel (2011) en su artículo de reforzamiento de muro de albañilería confinada con fibra de carbono CFRP obtuvo una mejora de 50% en los desplazamientos laterales, lo cual se puede comparar que la fibra de carbono puede ser superior a la fibra de vidrio y malla electrosoldada y se puede concluir en que en ambos refuerzos si existe mejora y presenta un comportamiento apropiado y un aumento en la capacidad sísmico estructural ya que permite al diseño soportar desplazamientos mayores de acuerdo a su comportamiento dúctil dada por las fibras o malla electrosoldada

Rougier C. (2007) “Refuerzo de muros de mampostería con materiales compuestos” menciona que la configuración más eficaz para apuntalar muros de dimensiones reales es la de bandas diagonales, ya que aumenta la resistencia al corte y, al mismo tiempo, utiliza mucho menos material. Esto permite una mayor capacidad de carga final. Se puede determinar un ancho de banda óptimo en lo que hacer relación costo/beneficio y este debe cubrir por lo menos, el ancho de la junta y parte del ladrillo inferior y superior. De todas las configuraciones posibles para reforzar muros de mampostería de dimensiones reales, el refuerzo con bandas diagonales

destaca como la más eficiente en términos de mejora de la resistencia a cortante. Este método en particular ofrece una ventaja sustancial en cuanto al ahorro de material, al tiempo que permite alcanzar una capacidad de carga última significativamente mayor, lo que representa un aumento del 57% en comparación con la mampostería no reforzada. En el diseño de la malla electrosoldada o de polímero reforzado con fibra de carbono, se tuvo muy en cuenta que este refuerzo pudiera absorber eficazmente la carga generada por la fisuración diagonal en la mampostería (representada como V_m). Para determinar el valor de V_m se tuvo en cuenta un aumento del espesor del muro de 4 cm, que es proporcional al espesor original del muro (2 cm en cada cara).

La ubicación de los grafites de malla electrosoldada dentro del muro afecta directamente al aumento del esfuerzo cortante en comparación con los muros no reforzados; cuanto más cerca esté el refuerzo de malla del centro del muro, más resistencia ofrecerá a los esfuerzos cortantes aplicados. Las afirmaciones teóricas afirman que la sección central es el lugar inicial del fallo por cortante en los muros de mampostería y se direccionan hasta sus extremos de la diagonal cargada del muro, estas afirmaciones se comprueban mediante pruebas a compresión diagonal y panicular del trayecto de falla mostradas en los muros. Los esfuerzos de corte observados en los muros de mampostería son el resultado de acumulación de esfuerzos de compresión en toda la diagonal vertical y de esfuerzos de tracción en la diagonal horizontal, la interacción entre estas fuerzas de tensión verticales y diagonales, en combinación con las fuerzas horizontales, genera los esfuerzos de corte. El fallo suele originarse en la sección media de los muros, aunque no precisamente en el punto central, ya que esta zona contiene una pieza. En cambio, lo más probable es que el fallo se produzca en el centro de la pieza y en una de las

juntas adyacentes, cerca del punto central, según las conclusiones del estudio de Moreno D; Rojas S; Gutiérrez A. (2017). Structural Alternative of Horizontal Reinforcement in Masonry Walls.

4.3.Conclusiones

La incorporación de polímeros reforzados en los muros de albañilería confinada influyó positivamente en el comportamiento sísmico de la edificación tomada como caso de estudio, ya que en relación a muros convencionales se obtuvieron mejoras considerables, sin embargo al compararlo con el grupo control se pudo concluir que la adición del polímero reforzado con fibra de carbono presentó un mejor comportamiento ante la resistencia por agrietamiento diagonal pero la resistencia ante fuerza cortante y desplazamientos fue menor que el grupo de control(muros con mallas electrosoldadas).

En relación al objetivo específico 1 se efectuó mediciones del agrietamiento diagonal en los muros que conforman el grupo control(muros con adición de mallas electrosoldadas y los muros que conforman el grupo experimental(muros con polímeros reforzados con fibra de carbono) mediante el software Etabs, obteniéndose que el grupo de control presentó en el primer nivel un aumento de 13.45% en X y 10.03% en Y, mientras que en el tercer nivel donde se genera la transición de rigidez de muros reforzados con malla electrosoldada de King Kong a pandereta se obtiene un aumento de 3.22% en X y 3.09% en Y. Así mismo en relación con los muros reforzados de King Kong con polímero reforzado con fibra de carbono se obtuvo en el primer nivel un aumento de 22.49% en X y 23.16% en Y, mientras que en el tercer nivel donde se genera la transición de rigidez de muros reforzados con fibra de carbono en las unidades de King Kong a pandereta se obtiene un aumento de 15.19% en X y 15.20% en Y.

Por último, comparando ambos refuerzos se concluyó que el modelo de muros de albañilería con polímero reforzado con fibra de carbono es mejor en la resistencia al agrietamiento que el grupo de control en 10.95% en X y 12.05% en Y, por lo cual el polímero reforzado con fibra de carbono en muros reduce en mayor porcentaje la vulnerabilidad sísmica.

En relación al objetivo específico 2 se efectuó mediciones de las fuerzas cortantes en los muros que conforman el grupo control(muros con adición de mallas electrosoldadas) y los muros que conforman el grupo experimental(muros con polímeros reforzados con fibra de carbono) mediante el software Etabs, por lo que se logró identificar que los muros reforzados de King Kong con malla electrosoldada(grupo control) del primer nivel tuvieron un aumento de 4.82% en X y 1.39% en Y, mientras que en el tercer nivel donde se genera la transición de rigidez de muros reforzados con malla electrosoldada de King Kong a pandereta se obtiene un aumento de 17.31% en X y 4.28% en Y. Por otro lado los muros reforzados de King Kong con polímero reforzado con fibra de carbono (grupo experimental) del primer nivel obtuvieron un aumento de 3.57% en X y 2.37% en Y, mientras que en el tercer nivel donde se genera la transición de rigidez de muros reforzados con fibra de carbono de King Kong a pandereta se obtuvo un aumento de 12.05% en X y 11.84% en Y. Comparando ambos grupos se concluyó que el modelo de muros reforzados con malla electrosoldada presentó una mayor resistencia a fuerza cortante que el muro con polímero reforzado con fibra de carbono en 3.44% en “X” y 0.51% en “Y”, por lo que el grupo de control logró una mayor reducción en este factor.

En relación con el objetivo específico 3 se comparó las derivas de entrepiso de la fortificación con mallas electrosoldadas frente a la fortificación con polímeros reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs y en ninguno de los modelos de la estructura

reforzada se sobrepasó la distorsión máxima de 0.005, concluyéndose que el modelo de muros reforzados con malla electrosoldada es mejor en la disminución de los desplazamientos de entrepiso (derivadas) que en el modelo de muros reforzados con polímero reforzado con fibra de carbono. Los porcentajes de mejora en el nivel 1 y 2 de mampostería de King Kong en la dirección X fue de 5.50% y 5.59% y para la dirección Y de 4.45% y 5.00% respectivamente. De igual manera, se observó que en los niveles 3 y 4 de mampostería de pandereta en la dirección X se presentó una mejora de 5.27% y 5.07% y para la dirección Y se mejoró en 4.59% y 4.81% respectivamente, respecto al refuerzo de polímero de fibra de carbono.

REFERENCIAS

- Afanador, C (2022). *Análisis comparativo de resistencias a compresión en muros de mampostería, por medio del uso de fibras de carbono y basalto para procesos de restauración y conservación*. Colombia: Universidad de Cartagena de Indias.
- Afanador, N., Guerrero, G., & Monroy, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 43-58.
- Alcántara, Y. (2019). *Evaluación del Reforzamiento Estructural con Malla de Acero Corrugado para Reducir el Riesgo Sísmico de una Vivienda de Albañilería Confinada, Ate-2019*. Universidad César Vallejo.
- American Society for Testing and Materials. (1995). *Standard Specification For Steel Wire, Plain, For Concrete Reinforcement*. ASTM.
- Arias, J. (2020). *Proyecto de tesis. Guía para la elaboración*. Canadá: Universidad de Columbia Británica.
- Araoz, T. & Velezmoro, J. (2012). *Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillo pandereta*. Repositorio PUCP. Peru - Lima : Pontificia Universidad Católica del Peru. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1203>
- Arteaga, R., Cruz, L., & Milla, M. (2018). Calidad estructural de las viviendas de albañilería confinada en el barrio Higos Urco, Chachapoyas, 2018. *Revista Unibagua*.
- Asad, M., Dhanasekar, M., Zahra, T., & Thambiratnam, D. (2020). Impact mitigation of masonry walls with carbon fibre and Auxetic fibre composite renders – A numerical study. *Structures*, 28, 2733-2751. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.09.047>
- Avilés, C. (2022). *Características del comportamiento sísmico de muros de albañilería confinada con unidades huecas en el Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Cabezas, E., Andrade, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Sangolquí, Ecuador: Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Carrillo, J., Diaz, C., & Carlos, A. (2019). Tensile mechanical properties of the electro-welded wire meshes. *Construction and Building Materials*, 352-362.
- Castillo, C., Castillo, J., Placencia, P., Hernández, L., Herrera, M., & Gómez, C. (2022). Reforzamiento estructural en viviendas adosadas mediante recubrimiento de mampostería con malla electrosoldada y mortero. *Revista Gt*, 23(2), 53-69.
- Castillo, R. (2010). Uso de polímeros reforzados con fibras (FRP) como refuerzo externo de elementos de concreto de puentes en Costa Rica. *Revista Programa de Ingeniería en Infraestructura del Transporte*, 1(6). <https://bit.ly/3SJrBns>
- Delgado, K., & Lopéz, E. (2020). *Análisis de muros de albañilería autoconstruidas para mejorar la resistencia sísmica aplicando malla electrosoldada en Ate -Lima 2020*. Lima: Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60962>
- Diaz, V. & Cevallos, O (2018). *Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada*. Repositorio PUCP, Peru - Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12907>
- Diaz, M. (2021). *Servicio de elaboración de propuesta técnica de reforzamiento sísmico de muros de albañilería confinada informal a los que se tienen acceso por una sola cara*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2785388/Informe%20final.pdf>
- Diaz, M., Zavala, C., Gallardo, J., Lavado, L. (2017). *Experimental study of non-engineered confined masonry walls retrofitted with wire mesh and cement-sand mortar*. Artículo Santiago de Chile: World Conference on Earthquake <https://www.wcee.nicee.org/wcee/article/16WCEE/WCEE2017-2950.pdf>
- Dong, Z., Deng, M., & Zhang, Y. (2021). Strengthening of unreinforced masonry walls against out-of-plane loads using carbon textile reinforced mortar optimized by short PVA

- fibers. *Engineering Structures*, 227, 111-433. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111433>
- Dreifuss, C. (2018). El huachafo como clave de lectura para la vivienda autoconstruida: estudio sobre los aspectos formales y sociales en la arquitectura informal de Lima Metropolitana (Perù). *Arquitectura Revista*.
- Estrada F. & Rada, A (2022). *Propuesta de reforzamiento de viviendas autoconstruidas con ladrillo artesanal de 1, 2 y 3 pisos ubicadas en suelo S3 usando malla de fibra de vidrio -Repositorio UPC*, Lima:. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas . <http://hdl.handle.net/10757/661317>
- Espinoza C. & Balazar, J (2021). *Estudio y comparación del comportamiento mecánico de prismas de albañilería tubular reforzada -Repositorio PUCP*, Lima:. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20088>
- Fernández, J. (2019). *Análisis de respuesta sísmico-estructural de muros de albañilería, reforzadas con fibra de Carbono - Instituto Nacional de Salud del Niño Breña -2019*. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53230>
- Ferrera, H., Candebat, D., & González, L. (2017). Comportamiento estructural ante acciones sísmicas de una nave industrial de acero en Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*.
- Fonseca, E. (2018). Accident and innovation in construction industry: Learning by doing to prevent accidents and improve the production. *Safety Science*, 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105389>
- Gamba, C. (2019). *Reforzamiento por una cara de muros de mampostería de arcilla con unidades de perforación horizontal*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- García, A. (2021). In-plane behavior of clay blocks externally reinforced. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2046/1/012074>
- González, K., Sánchez, R., Pita, D., & Pérez, L. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>

- Inga, M. & Ortiz, E (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento en viviendas de albañilería confinada de tres niveles en la asociación 13 de noviembre en Ate, 2019. Repositorio UCV, Lima - Ate: Universidad Cesar Vallejo <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44699>
- Instituto Geofísico del Perú. (2020). *Cinturón de Fuego del Pacífico: ¿activación en cadena?* Lima: Unidad Funcional de Comunicaciones.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *VI. La informalidad y los hogares.* Lima: INEI.
- Maravi, R., & Carlos, P. (2021). *Rehabilitación y reparación sísmica de viviendas de albañilería confinada usando malla electrosoldada en el distrito de ventanilla.* Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655219>
- Marques, R., & Lourenco, P. (2019). Structural behaviour and design rules of confined masonry walls: Review. *Construction and Building Materials*, 137-155.
- Mehendale, S., Bambole, A., & Raghunath, S. (2017). Desarrollo de un pseudo-elemento de interfaz para el modelado de mampostería de ladrillo reforzado. *Revista Alconpat*, 7(1). <https://doi.org/10.21041/ra.v7i1.147>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. (2015). *Norma NTC 5806- Resolución 0277.* Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Norma E.070 Albañilería.* Lima: SENCICO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, MVCS. (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.* Lima: RNE.
- Moncayo, M., Rodríguez, J., Lopez, A., & Villacis, S. (2016). Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras. *Revista Ingeniería*, 20(1), 57-62.

- Morales, J. (2021). *Evaluación del comportamiento estructural de una edificación de 04 niveles configurada con un sistema dual construida con unidades de albañilería liviana en el distrito de Huancayo, año 2019*. Huancayo: Universidad Continental.
- NTC 5806. (2010). *Norma Técnica de Colombia NTC 5806*. Bogotá: NTC.
- NTP 399.613. (2005). *Norma Técnica Peruana NTP 399.613. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima: INDECOPI.
- Peña, G. (2019). Simulation of house consolidation process in Lima using an epidemic. *Computers, Environment and Urban Systems*, 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101347>
- Pulatsu, B., Erdogmus, E., Lourenco, P., Lemos, J., & Tuncay, K. (2020). Simulation of the in-plane structural behavior of unreinforced masonry. *Structures*, 27, 2274-2287.
- René, C., & Esteban, M. (2018). *Análisis comparativo del sistema muros portantes de hormigón frente al sistema convencional de mampostería confinada en una vivienda de tipo social*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- San Bartolome , A. & Coronel, C (2011). *Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada mediante fibra de carbono*. Artículo de PUCP, Peru - Lima : Pontificia Universidad Católica del Peru <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2011/08/Reparacion-fibra-de-carbono.pdf>
- San Bartolome , A. & Seminario, J (2008). *Reparación y reforzamiento con fibra de vidrio en un muro de albañilería confinada*. Artículo de PUCP, Peru - Lima : Pontificia Universidad Católica del Peru [https:// http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/05/Reparacion-GFRP-de-muro-confinado.pdf](https://http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/05/Reparacion-GFRP-de-muro-confinado.pdf)
- Salazar , A. (2021). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica para las viviendas autoconstruidas y propuesta de reforzamiento con fibra de carbono, Nuevo Ilo, Moquegua, 2021*. Repositorio UCV, Peru - Lima : Universidad Cesar Vallejo <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65544>

- Shermi , C., & Dubey, R. (2018). In-plane behaviour of unreinforced masonry panel strengthened with welded wire mesh and mortar. *Construction and Building Materials*, 195-203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.081>
- Sika Perú. (2023). *Grupo Sika* . Placas de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP): <https://per.sika.com/es/sistemas-constructivos/sistema-de-reparacion-de-estructuras/placas-de-polimero-reforzado-con-fibra-de-carbono--cfrp-.html>
- Teixeira, F., Lima, V., & Moutinho, D. (Marzo de 2022). Mechanical properties and fractography of cement-based composites reinforced by natural piassava and jute fibers. *Revista Ceràmica*, 68(385). <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/0366-69132022683853174>
- Toledo, E., Ceballos, A., & Serapio, L. (2009). *Mampostería reforzada con materiales compuestos*. *Revista Tecnología y Ciencia*, Uruguay: Universidad tecnologica nacional. <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/view/1007>
- Torres, N., & Vega, C. (2021). Reforzamiento externo de muros de mampostería no reforzada mediante polímeros reforzados con fibra de carbono. *Articulo ingenieria e investigacion*, Colombia : Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v38n3.73151>
- Wei, F.-F., Zhu, Y.-H., Yu, J., & Wang, Y. Q. (Septiembre de 2020). Experimental study of seismic behaviour of renovated masonry structures after removing walls and seismic retrofitting. *Journal of Building Engineering*, 31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101360>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Metodología
¿De qué modo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha – Pucallpa, 2022?	Realizar la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono para disminuir la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacocha-Pucallpa,2023	La fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono influye positivamente en el comportamiento estructural al permitir mitigar la vulnerabilidad sísmica en un domicilio autoconstruido del distrito de Yarinacocha - Pucallpa, 2022	Independiente Fortificación de muros de albañilería con polímeros con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímero reforzado con fibra de carbono.	Polímeros de fibra de carbono	Ancho de capa FRP	mm	1. Enfoque de Investigación: Cuantitativo 2. Tipo de Investigación: Aplicativo 3. Nivel de Investigación: Explicativo 4. Diseño de Investigación: Cuasi Experimental 5. Población: Muros de mampostería de viviendas informales reforzadas o no reforzadas en el distrito de Yarinacocha - Pucallpa. 6. Muestra: Muros de mampostería reforzados con mallas electrosoldadas y polímeros con fibra de carbono en viviendas informales del distrito de Yarinacocha – Pucallpa.
					Espesor de FRP	mm	
				Propiedades mecánicas del muro reforzado	Resistencia a la compresión	Kg/cm2	
					Resistencia a la compresión en muretes	Kg/cm2	
					Resistencia de corte	Kg/cm2	
					Dimensión	m	
				Mallas electrosoldadas estándar	Separación longitudinal y transversal	mm	
					Separación	mm	
					Diámetro de alambres longitudinal y transversal		
					Parámetros de diseño		
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Dependiente: Vulnerabilidad sísmica de un domicilio		Número de niveles	Adimensional	
¿Cómo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con	Realizar estimaciones del agrietamiento diagonal en la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros	El refuerzo estructural con polímeros reforzados con fibra de carbono influye positivamente en el agrietamiento diagonal mitigando la vulnerabilidad			Zona sísmica	Adimensional	
					Tipo de Suelo	Adimensional	

“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACOAHA-PUCALLPA,2023”

<p>fibra de carbono en el agrietamiento diagonal producido por la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha – Pucallpa?</p>	<p>reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs para disminuir la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha - Pucallpa.</p>	<p>sísmica en los muros de albañilería con mallas electrosoldadas de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha - Pucallpa.</p>		<p>Adimensional</p>
<p>¿Cómo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en las fuerzas cortantes producidas por la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha – Pucallpa?</p>	<p>Realizar estimaciones de fuerzas cortantes en la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs para disminuir la vulnerabilidad sísmica en domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha - Pucallpa.</p>	<p>El refuerzo estructural con polímeros reforzados con fibra de carbono influye positivamente en las fuerzas cortantes mitigando la vulnerabilidad sísmica en los muros de mampostería con mallas electrosoldadas de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha - Pucallpa.</p>	<p>Dimensiones de elementos estructurales</p>	<p>cm, m</p>
<p>¿Cómo influye la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono en las derivas de entrepiso, para la disminución de la vulnerabilidad sísmica de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha - Pucallpa?</p>	<p>Comparar las derivas de entrepiso de la fortificación de muros de albañilería con mallas electrosoldadas bajo la incorporación de polímeros reforzados con fibra de carbono mediante el software Etabs, para el mejoramiento del comportamiento estructural de muros de albañilería de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha – Pucallpa</p>	<p>Las derivas de entrepiso con fortificación con polímeros reforzados con fibra de carbono se disminuyen en el comportamiento estructural de los muros de albañilería con mallas electrosoldadas de domicilios autoconstruidos del distrito de Yarinacoaha – Pucallpa.</p>	<p>Comportamiento estructural en ETABS 2016</p>	<p>Agrietamiento diagonal Tonf/m2 Fuerzas cortantes Tonf/m2</p>

ANEXO N° 2. Fichas de observación

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO:
SOLICITANTE:
UBICACIÓN:
FECHA:
MATERIAL DE ENSAYO:

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS
(NTP 399.605/E.070-RNE)

MUESTRA	DÍAS	DIMENSIONES EN PILAS (CM)			AREA BRUTA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	F'm (kg/cm ²)	FACTOR CORRECCIÓN	F'm CORREGIDO (kg/cm ²)
		LARGO	ANCHO	ESPESOR					

Σ=
Promedio=

Desviación Estándar (kg/cm²) =
Coeficiente de Varación =
Resistencia a la compresión F' =

Nota:

Jefe de Laboratorio

"FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACocha-PUCALLPA,2023"

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO:

SOLICITANTE:

UBICACIÓN:

FECHA:

MATERIAL DE ENSAYO:

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES

(NTP 399.621/E.070-RNE)

MUESTRA	DÍAS	DIMENSIONES EN PILAS (CM)			AREA BRUTA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	F _m (kg/cm ²)	FACTOR CORRECCIÓN	F _m CORREGIDO(kg/cm ²)
		LARGO	ANCHO	ESPESOR					

Σ=

Promedio=

Desviación Estándar (kg/cm²) =

Coefficiente de Variación =

Resistencia a la compresión =

Nota:

Jefe de Laboratorio

MALLAS ELECTROSOLDADAS

ASTM A497

DENOMINACIÓN:
MALLA ELECTROSOLDADA CORRUGADA ASTM A497
(Denominación corta: MALLA ESOLD A497)

DESCRIPCIÓN:
Malla electrosoldada fabricada con alambres corrugados de diámetros entre 2.87 y 12.00 mm en aceros de bajo carbono.

USOS:
En el sector construcción, las mallas pueden reemplazar las armaduras de hierro tradicional en cualquier elemento, como losas, plateas, muros, canales, cisternas, entre otros.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:
- ASTM A496 / A496M - 07 Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement.
- ASTM A497 / A497M - 07 Standard Specification for Steel Welded Wire Reinforcement, Deformed, for Concrete.
- ASTM A1064/A1064M-18a Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete.

PRESENTACIÓN:
Despacho por unidad.

DIMENSIONES NOMINALES:
Las mallas pueden ser producidas en diferentes medidas y calibres, sus dimensiones estándar son de 2.40m x 6.00m, pero estas pueden variar de acuerdo con los requerimientos de los clientes. Así mismo, las cocadas pueden variar cada 50mm (entre 100mm y 400mm) y los diámetros pueden variar cada 0.1mm (entre 4mm a 12mm).

Ejemplo de algunas configuraciones:

Malla	Medida (m)	Cocada (mm)	Diámetro (mm)	Peso Malla (kg)	Peso Malla (kg/m²)
Q-84	2.40 x 6.00	150 x 150	4.00	18.94	1.33
Q-139	2.40 x 6.00	100 x 100	4.20	33.32	2.18
Q-158	2.40 x 6.00	150 x 150	5.50	35.81	2.49
Q-188	2.40 x 6.00	150 x 150	6.00	42.62	2.96
Q-195	2.40 x 6.00	150 x 150	6.10	44.05	3.06
Q-221	2.40 x 6.00	150 x 150	6.50	50.01	3.47

Malla	Medida (m)	Cocada (mm)	Diámetro (mm)	Peso Malla (kg)	Peso Malla (kg/m²)
Q-235	2.40 x 6.00	150 x 150	6.70	53.14	3.69
Q-257	2.40 x 6.00	150 x 150	7.00	58.00	4.03
Q-295	2.40 x 6.00	150 x 150	7.50	66.59	4.62
Q-335	2.40 x 6.00	150 x 150	8.00	75.76	5.26
R-80	2.40 x 6.00	150 x 200	3.9/4.5	18.00	1.25

PROPIEDADES MECÁNICAS:
Para el alambre:

Norma	Límite de Fluencia (kg/mm²)	Resistencia a la Tracción (kg/mm²)	Alargamiento (%)	Doblarlo a 180° (n° 12)	Tolerancia en peso
ASTM A496	58.8 mín. (490 MPa)	56.8 mín. (500 MPa)	8 mín.*	Sin fisura	+/- 0%

d = diámetro nominal del alambre. * JIS G3532:2011 SWM-R.

Para la malla:

Norma	Resistencia al corte de la soldadura (kg/mm²)	Tolerancias dimensionales			Espaciamiento de alambres individuales
		Ancho (de malla)	Largo (de malla)	Sobrelargo (de alambres transversales)	
ASTM A497	241.9 mín.	+/- 13mm	25mm ± 1% (si que sea mayor)	+/- 13mm	+/- 6.25mm

A = sección nominal del alambre más grueso.

IDENTIFICACIÓN:
Las mallas se identificarán con una tarjeta metálica consignando: fabricante, código de la malla, dimensiones nominales, cantidad y norma de fabricación.

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD:
Si el cliente lo requiere, se emite Certificado de Calidad, consignándose: Designación de la Norma, Dimensiones y sus tolerancias, Propiedades Mecánicas.

QC0401-F167/01/IUN 22

ISO 9001
ISO 14001
ISO 45001

CERTIFICATE N° 57219
CERTIFICATE N° 57229
CERTIFICATE N° 57221

PERÚ
LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N.º 425, piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.
PISCO: Panamericana Sur, Km. 241, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.
AREQUIPA: Variante de Uchumayo Km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

BOLIVIA
LA PAZ: Calle E - Lote 14, manzano A-08, Urbanización Cervecera Boliviana Nacional - Bellavista Viacha. Tel. (591) 75555819/77641658.
SANTA CRUZ: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 08, Mz. 1, lote 4 - Warnes. Tel. (591) 75555819/77641656.
COCHABAMBA: Calle Tta. Monasterios S/N Zona la Maica - Cochabamba. Tel. (591) 75555819/69417963. E-mail: contactobolvia@caa.com.bo

COLOMBIA
CALI: Cra. 25, N.º 13-117, Yumbo, Parcelación Industrial la Y, Valle del Cauca-Colombia. Tel. (57) 324 4214893. E-mail: contactocolombia@acerosamerica.com

CHILE
ANTOFAGASTA: Ruta A-26 KM 2.4, El Salar. Tel.: (56) 939249279. E-mail: contacto@acerosamerica.com

Encuétranos en: | www.acerosarequipa.com



CONSTRUYENDO CONFIANZA

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaWrap®-300 C

TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL, DISEÑADO PARA APLICACIONES DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaWrap®-300 C es un tejido unidireccional de fibra de carbono, para refuerzo estructural. El material es saturado en obra usando Sikadur®-330, adhesivo epoxi, para conformar el polímero reforzado con fibras (CFRP).

USOS

SikaWrap®-300 C puede ser usado sólo por profesionales experimentados. Reforzamiento a flexión, cortante y confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas y muros, por las siguientes causas:

- Incremento de cargas.
- Cambios en el uso de edificios.
- Daño de partes estructurales.
- Cambio en el sistema estructural.
- Defectos de diseño o construcción.
- Refuerzo insuficiente.
- Altura insuficiente de los elementos.
- Mejora estructural para cumplir con los estándares actuales

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Refuerzo multifuncional, tanto a flexión como a cortante.
- Adaptable a la forma geométrica de la pieza a reforzar, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja.
- Alta resistencia a tracción.
- No sufre corrosión.
- Bajo espesor y peso sin incremento de carga en la estructura.
- Bajo impacto estético y económico.
- La fibra unidireccional permite la orientación de la misma según el caso.
- La trama (fibras blancas termoplásticas) mantiene estable el tejido.

CERTIFICADOS / NORMAS


- Polonia: Aprobación técnica ITB AT-15-5604/2011: Zestaw wyrobów Sika CarboDur do wzmacniania i napraw konstrukcji betonowych
- Polonia: Aprobación técnica IBDiM Nr AT/2008-03-0336/1 „Płaskowniki, pręty, kształtki i maty kompozytowe do wzmacniania betonu o nazwie handlowej: Zestaw materiałów Sika CarboDur® do wzmacniania konstrukcji obiektów mostowych
- USA: ACI 440.2R-08, Guide for the Design and construction of Externally Bonded FRP Systems for strengthening concrete structures, July 2008
- UK: Reporte Técnico de Concrete Society No. 55, Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite material, 2012.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Construcción	Orientación de las fibras	0° (unidireccional)
	Urdimbre: 99 %	Fibras de carbono de color negro
	Trama: 1 %	Fibras termo-fijadas de color blanco
Tipo de Fibra	Fibras de carbono seleccionadas	

Hoja De Datos Del Producto
 SikaWrap®-300 C
 Octubre 2009, Versión 01.03
 02020602001 0000011

"FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACocha-PUCALLPA, 2023"

Presentación	Tejido SikaWrap®-300 C: rollos de 50,0 m ² (50 cm x 100 m)		
Conservación	24 meses a partir de la fecha de fabricación, almacenado en los envases originales bien cerrados, sin daño y cumpliendo con lo señalado en Condiciones de almacenamiento.		
Condiciones de Almacenamiento	SikaWrap®-300 C debe ser almacenado bajo techo, en lugar seco, protegido de la luz directa del sol y a temperaturas entre +5 °C y +25 °C.		
Densidad de fibra seca	1,82 g/cm ³		
Espesor de fibra seca	0,167 mm (basado en el contenido de fibras)		
Densidad Area	304 g/m ² ±10 g/m ² (solo la fibra de carbono)		
Tension de traccion de fibre seca	4.000 N/mm ²		(ISO 10618)
Modulo de Elasticidad en tension de fibra seca	230.000 N/mm ²		(ISO 10618)
Elongacion de rotura de fibre seca	1,7 %		(ISO 10618)
INFORMACION TECNICA			
Espesor de Laminado Nominal	0,167 mm		
Laminado Nominal de Seccion Transversal	167 mm ² por m de ancho		
Resistencia a Traccion Laminar	Promedio 3.500 N/mm ²	Características 3.200 kN/mm ²	(EN 2561*) (ASTM D 3039*)
Módulo de Elasticidad a Tracción del Laminado	Promedio 225 kN/mm ² 220 kN/mm ²	Características 220 kN/mm ² 210 kN/mm ²	(EN 2561*) (ASTM D 3039*)
* modificación: muestra de 50 mm Valores en la dirección longitudinal de las fibras Una sola capa, mínimo 27 muestras por serie de prueba			
Elongación a Rotura del Laminado	1,56 % 1,59 %		(basado en EN 2561) (basado en ASTM D 3039)
Resistencia a la Traccion	Promedio 585 N/mm	Características 534 N/mm	(basado en EN 2561) (basado en ASTM D 3039)
Rigidez a la Traccion	Porcentaje 37,6 MN/m 37,6 kN/m por % elongación 36,7 MN/m 36,7 kN/m por % de elongación	Características 36,7 MN/m 36,7 kN/m por % elongación 35,1 MN/m 35,1 kN/m por % de elongación	(basado en EN 2561) (basado en ASTM D 3039)
<p>Hoja De Datos Del Producto SikaWrap®-300 C Octubre 2009, Versión 01.03 020206020010000011</p> 			

ANEXO N°5. Proceso de elaboración de muretes con 1.5 cm de junta



“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACOCHA-PUCALLPA,2023”

ANEXO N°6. Reforzamiento con fibra de carbono en muretes de pandereta y King Kong



“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACUCHA-PUCALLPA,2023”



“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACUCHA-PUCALLPA,2023”



ANEXO N°6. Reforzamiento con malla electrosoldada en muretes de pandereta y King Kong



“FORTIFICACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON MALLAS ELECTROSOLDADAS BAJO LA INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE DOMICILIOS AUTOCONSTRUIDOS DEL DISTRITO DE YARINACOCHA-PUCALLPA,2023”

