

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE MUROS DE LADRILLO
PANDERETA CON MALLAS PARA TARRAJEO Y
ELECTROSOLDADA**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil, que presentan los bachilleres:

Oscar Manuel Cevallos Pezo

Víctor Joel Díaz Cóndor

ASESOR: M. Ing. Daniel Quiun Wong

Lima, Setiembre del 2018

RESUMEN

En el Perú existen numerosas viviendas construidas con ladrillos pandereta, el más económico del mercado, éstos son utilizados para la construcción de muros portantes. El uso del ladrillo pandereta está prohibido para muros estructurales, excepto en la zona 1 según la Norma Técnica de Albañilería E.070. Esta tendencia de uso masivo de ladrillos pandereta, se evidencia especialmente en distritos emergentes en donde, en su mayoría de casos, son viviendas típicas autoconstruidas sin asesoría técnica.

Evidentemente ante el problema señalado, se debe tomar medidas preventivas para tener un nivel de desempeño óptimo en las estructuras, en el supuesto que ocurra un sismo de magnitudes considerables. Por tanto, a través de esta investigación, se busca comparar la resistencia, comportamiento mecánico y costo asociado de muros sin reforzamiento (sólo tarrajados) con muros reforzados con malla para tarrajeo y malla electrosoldada.

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.

Estos muretes fueron construidos y sometidos a ensayos de compresión diagonal en el laboratorio de estructuras de la PUCP determinando su resistencia al corte, comportamiento y propiedades mecánicas de los muretes reforzados.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE MUROS DE LADRILLO PANDERETA CON MALLAS PARA TARRAJEO y ELECTROSOLDADA

Área : ESTRUCTURAS - ALBAÑILERÍA

Asesor : DANIEL QUIUN WONG

Alumno : OSCAR MANUEL CEVALLOS PEZO

Código : 20070204

Alumno : VICTOR JOEL DIAZ CONDOR

Código : 20074580

Tema N° : 3 5 7

Fecha : Lima, 02 de marzo del 2015




1. RESUMEN

En las construcciones populares de albañilería, un defecto frecuente es el uso de ladrillos pandereta para muros portantes. En esta investigación se busca evaluar el efecto de refuerzos de diversas mallas de alambre en la mejora de resistencia al corte de la albañilería, mediante ensayos de corte en muretes existentes. Los alumnos evaluarán la efectividad en términos de la resistencia y del costo del refuerzo incorporado.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Muchas construcciones populares de albañilería, incluidas las autoconstrucciones, presentan un defecto estructural frecuente que es el uso de ladrillos pandereta (tubulares) para muros portantes (Salinas y Lazares, 2007), lo cual está prohibido en la Norma E.070 por su falla frágil ante cargas sísmicas (Sencico 2006). El desconocimiento técnico del peligro estructural que representa el uso de muros de albañilería con este tipo de unidades, sumado al factor económico, son aducidos para justificar el uso indebido de estas unidades de albañilería en muros portantes.

Por lo tanto, a través de esta investigación se busca evaluar el efecto de diversas formas de refuerzo a muretes existentes y comparar la resistencia y el costo del refuerzo en este tipo de albañilería. En el mercado de la construcción, es usual el uso de tarrajes en los muros de albañilería, por lo que la incorporación de mallas de alambre cubiertas con tarrajeo sobre estos muros existentes no altera los usos y costumbres populares, además que podría aumentarse la resistencia de los muros a bajo costo relativo.



3. OBJETIVOS

- Evaluar experimentalmente el comportamiento estructural de muretes de albañilería con unidades tubulares (pandereta) con diversos tipos de refuerzo y tarrajeo.
- Comparar en términos técnicos de resistencia y términos económicos de costos, la efectividad de los refuerzos de mallas.

4. MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

Cuando los edificios de albañilería de muros portantes se ven sometidos a acciones sísmicas, las fallas observadas en muros de ladrillos tubulares pandereta han sido frágiles, con colapsos estructurales a continuación, como ha ocurrido en los terremotos del 2001 en Tacna, del 2007 en Ica (San Bartolomé y otros 2011, y San Bartolomé y Quiun 2008). Los ensayos de carga lateral cíclica de estos muros sin refuerzo y con refuerzo de mallas de alambres, han corroborado el mal comportamiento estructural de muros sin refuerzo y las importantes mejoras en los muros reforzados (Tesis de Araoz y Velezmoro, 2012).

En pilas y muretes de albañilería pandereta hay pocos ensayos realizados para estudiar su resistencia y mejoras introducidas. El ensayo de muretes permite medir la resistencia al corte de la albañilería de forma fehaciente (INDECOPINTEP 399.621).

5. METODOLOGÍA

Primero se realizará las pruebas de control a cada uno de los materiales usados en los ensayos para saber el comportamiento y las propiedades de éstos. Las pruebas de control a realizarse son:

Ladrillo Pandereta: Variación dimensional, Alabeo, Resistencia a compresión

Mortero: Resistencia a compresión del mortero.

Malla de tarrajeo: Resistencia a la tracción

Malla electrosoldada: Resistencia a la tracción

Una vez realizada las pruebas de control y obtenidos los resultados, se procederá a la construcción de los muretes a ensayar. Los muretes a construir y ensayo a compresión diagonal serán los siguientes (fig. 1):

- Tres muretes de 60 cm x 60 cm de ladrillo pandereta, asentados con mortero de cemento con juntas de 1.5cm, tarrajeo de 1 cm en ambos lados.
- Tres muretes de 60 cm x 60 cm de ladrillo pandereta, asentados con mortero de cemento con juntas de 1.5cm, uso de malla para tarrajeo en ambos lados y tarrajeo de 1 cm en ambos lados.
- Tres muretes de 60 cm x 60 cm de ladrillo pandereta, asentados con mortero de cemento con juntas de 1.5cm, uso de malla electrosoldada en ambos lados y tarrajeo de 1 cm en ambos lados.

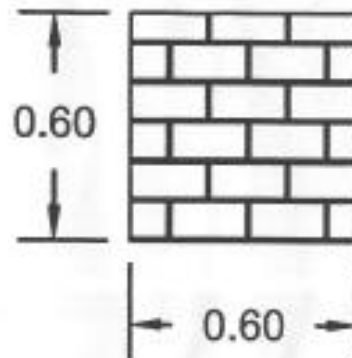


Figura 1

Después de 28 días de contruidos, los muretes se someterán a ensayos de compresión diagonal, se medirán las resistencias al corte de la albañilería tradicional y reforzada. Se tomará la resistencia característica de la Norma E.070, como el promedio menos una desviación estándar.

Luego, se hará la comparación de las resistencias y de los costos de los muretes por metro cuadrado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Araoz T. y Velezmoro J. 2012. "Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillos pandereta -segunda etapa-" Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- INDECOPI NTP 399.621 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería"
- Salinas, Rafael y Lázares, Fernando. 2007 "La Albañilería Tubular y su Uso en Viviendas Sísmicas". Conferencia Internacional en Ingeniería Sísmica, CISMID Lima.
- San Bartolomé Á., Quiun D. y Silva W. 2001. "Construcciones de Albañilería. Comportamiento Sísmico y Diseño. Estructural." Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé Á., Quiun D., 2008. "Seismic Behaviour Of Masonry Constructions In 2007 Pisco, Peru Earthquake" 14 World Conference on Earthquake Engineering, Beijing China.
- Sencico 2006. Norma Técnica E.070 Albañilería. Lima.

7. CRONOGRAMA

- Estudio Preliminar. Planos de Especímenes: 1 mes.
- Construcción de muretes: 1 mes
- Fraguado de muretes: 1 mes

- Ensayo de muretes: $\frac{1}{2}$ mes
- Elaboración de informe: 1.5 meses

Duración estimada del proyecto incluyendo un mes por imprevistos: 6 meses.

8. PRESUPUESTO

Los materiales de construcción, incluyendo la mano de obra y los encofrados, estarán a cargo de los tesisistas.

Se usará el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas para la construcción, los ensayos de materiales y muretes.

NOTA

Extensión máxima: 100 páginas.




ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 2: OBJETIVOS Y ANTECEDENTES	3
2.1 Objetivo	3
2.2 Antecedentes	3
CAPITULO 3: CARACTERÍSTICAS Y CONTROL DE LOS MATERIALES.....	6
3.1. Unidades de albañilería.....	6
3.2 Cemento	7
3.3 Agregados.....	8
3.4 Agua.....	8
3.5 Mortero para el asentado del ladrillo y para el tarrajeo	8
3.5.1 Mortero para el asentado de ladrillo.....	8
3.5.2 Mortero para tarrajeo	9
3.6 Malla para tarrajeo	9
3.7 Malla electrosoldada	10
3.8 Ensayos realizados en las unidades de albañilería	11
3.8.1 Variación dimensional.....	12
3.8.2 Alabeo	15
3.8.3 Resistencia a compresión (f´b).....	18
3.8.4 Absorción.....	21
3.8.5 Evaluación de Resultados.....	23
3.9 Ensayos en mortero	24

3.9.1 Mortero para asentado.....	24
3.9.2 Mortero para tarrajeo	29
CAPITULO 4: CONSTRUCCIÓN DE MURETES TIPO M1, M2 Y M3	30
4.1 Características de los muretes	30
4.1.1 Murete tarrajeado en ambos lados sin reforzamiento.....	30
4.1.2 Murete tarrajeado en ambos lados con malla para tarrajeo.....	31
4.1.3 Murete tarrajeado en ambos lados con malla electrosoldada.....	32
4.2 Proceso constructivo	33
4.3 Reforzamiento de muretes tipo M2 y M3	36
CAPITULO 5: ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL	41
5.1 Descripción del ensayo e instrumentación	41
5.2 Comportamiento de los muretes.....	42
5.2.1 Muretes sin reforzamiento.....	43
5.2.2 Muretes reforzados con malla para tarrajeo	44
5.2.3 Muretes reforzados con malla electrosoldada	46
5.3 Examen de los muretes ensayados.....	48
5.3.1 Examen de muretes con malla para tarrajeo.....	48
5.3. Examen de muretes con malla electrosoldada.....	50
CAPITULO 6: PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN MURETES	52
6.1 Cálculo de resistencia al corte.....	52
6.2 Gráficos de carga	54

CAPITULO 7: ANALISIS Y COMPARACIÓN DE COSTOS	58
7.1 Análisis de costo unitario en muretes sin reforzamiento	58
7.2 Análisis de costo unitario en muretes con malla para tarrajeo	59
7.3 Análisis de costo unitario en muretes con malla electrosoldada	60
CAPITULO 8: CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	66



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Material predominante en muros de viviendas censadas en el Departamento de Lima-Perú (INEI,2008).....	1
Figura N° 2: Ladrillo pandereta - Pirámide.....	7
Figura N° 3: Bolsa de Cemento – Cemento Sol.....	7
Figura N° 4: : Malla para tarrajeo.....	9
Figura N° 5: Malla electrosoldada – Prodac.....	11
Figura N° 6: Vernier.....	12
Figura N° 7: Representación geométrica de un ladrillo.....	13
Figura N° 8: Ensayo de alabeo.....	16
Figura N° 9: Refrentado de ladrillos.....	18
Figura N° 10: Ensayo de resistencia a compresión.....	19
Figura N° 11: Ensayo de absorción.....	22
Figura N° 12: Toma de muestra de mortero.....	25
Figura N° 13: Limpieza y engrasado de moldes para morteros.....	25
Figura N° 14: Llenado de mortero en celdas metálicas.....	25
Figura N° 15: Apisonado de primera capa de mortero.....	26
Figura N° 16: Apisonado de segunda capa de mortero.....	26
Figura N° 17: Enrasado de mortero.....	27
Figura N° 18: Murete sin reforzamiento (Tipo M1).....	31
Figura N° 19: Murete reforzado con malla para tarrajeo (Tipo M2).....	32
Figura N° 20: Murete reforzado con malla electrosoldada (Tipo M3).....	33
Figura N° 21: Asentado y relleno de mortero de primera hilada.....	34
Figura N° 22: Asentado de ladrillos y mortero en murete Tipo M1.....	34
Figura N° 23: Relleno de alveolos tubulares con mortero.....	35
Figura N° 24: Tarrajeado de murete tipo M1.....	35

Figura N° 25: Fijación de malla para tarrajeo en murete tipo M2.....	36
Figura N° 26: Fijación de malla para tarrajeo en murete tipo M2 con alcayatas	36
Figura N° 27: Tarrajeo de murete tipo M2	37
Figura N° 28: Tarrajeado y perfilado de murete tipo M2.....	37
Figura N° 29: Colocación de alambres para sujetar murete tipo M3	38
Figura N° 30: Atortolado de alambre con malla electrosoldada en murete tipo M3	38
Figura N° 31: Fijación de malla electrosoldada a murete tipo M3.....	39
Figura N° 32: Tarrajeo de muretes tipo M3	39
Figura N° 33: Muretes tarrajeados tipo M1, M2 y M3	40
Figura N° 34: Izaje de muretes para ensayos a compresión diagonal.....	41
Figura N° 35: Centrado de cabezales para ensayo a compresión diagonal	42
Figura N° 36: Falla mixta de murete N° 1 (Tipo M1).....	43
Figura N° 37: Falla por tracción diagonal de murete N° 2 (Tipo M1)	43
Figura N° 38: Falla por tracción diagonal en murete N° 3 (Tipo M1)	44
Figura N° 39: Falla por tracción diagonal de murete N° 4 (Tipo M2)	45
Figura N° 40: Falla por tracción diagonal de murete N° 5 (Tipo M2)	45
Figura N° 41: Falla local de murete N° 6 (Tipo M2).....	46
Figura N° 42: Falla local de murete N° 7 (Tipo M3).....	47
Figura N° 43: Falla por tracción diagonal de murete N° 7 (Tipo M3)	47
Figura N° 44: Falla local de murete N° 9 (Tipo M3).....	48
Figura N° 45: Autopsia de murete N° 4.....	48
Figura N° 46: Autopsia de murete N° 5.....	49
Figura N° 47: Autopsia de murete N° 6	49
Figura N° 48: Autopsia de murete N° 7	50
Figura N° 49: Autopsia murete N° 8.....	51
Figura N° 50: Autopsia murete N° 9.....	51

Figura N° 51: Resistencia máxima al corte en muretes Tipo M1 55

Figura N° 52: Resistencia máxima al corte en muretes Tipo M2 56

Figura N° 53: Resistencia máxima al corte en muretes Tipo M3 57

Figura N° 54: Costo de muretes por metro cuadrado 62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Composición química de malla para tarrajeo.....	10
Tabla N° 2: Dimensiones de malla para tarrajeo	10
Tabla N° 3: Dimensiones de malla para tarrajeo	11
Tabla N° 4: Determinación de la variación dimensional	14
Tabla N° 5: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – Variación de la dimensión (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006).....	15
Tabla N° 6: Determinación de alabeo	17
Tabla N° 7: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – Alabeo (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006)	17
Tabla N° 8: Medición y ensayos a compresión de unidades	20
Tabla N° 9: Cálculo de resistencia característica a compresión de unidades.....	20
Tabla N° 10: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – Resistencia característica a compresión (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006).....	21
Tabla N° 11: Cálculo de porcentaje de absorción	23
Tabla N° 12: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006).....	24
Tabla N° 13: Resultados de ensayo de resistencia de mortero para asentado.	28
Tabla N° 14: Resultados de ensayo de resistencia de mortero para tarrajeo.....	29
Tabla N° 15: Resultados de resistencia al corte.....	53
Tabla N° 16: Resultados de resistencia característica	53
Tabla N° 17: Resistencia característica de tesis anteriores.....	54
Tabla N° 18: Resultados Fuerza Máxima y Resistencia al corte de Muretes sin reforzamiento.....	55
Tabla N° 19: Resultados Fuerza Máxima y Resistencia al corte de Murete con malla para tarrajeo	56

Tabla N° 20: Resultados Fuerza Máxima y Resistencia al corte de Murete con malla electrosoldada	57
Tabla N° 21: Análisis de costo de murete sin refuerzo.....	59
Tabla N° 22: Análisis de costo de murete con malla para tarrajeo	60
Tabla N° 23: Análisis de costo con malla electrosoldada	61



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En la mayoría de construcciones populares de albañilería se opta por construir viviendas con materiales de bajo costo, y sucede que, en algunos casos, no se cumple con los requisitos mínimos que exigen las normas peruanas de diseño y construcción.

En Lima - Perú, debido al aumento demográfico que viene afrontando la capital peruana en las últimas décadas, la demanda de viviendas se vuelve una necesidad que, en la mayoría de casos, en la etapa de construcción se prioriza la “optimización” de recursos utilizando materiales de bajo costo que no cumplen con las normas de diseño y construcción estipuladas. Según el censo del 2007 realizado a nivel nacional la albañilería es el sistema más empleado en la capital (Fig. N° 1) [1, pp. 176 - 179].



Figura N° 1: Material predominante en muros de viviendas censadas en el Departamento de Lima-Perú (INEI, 2008)

La Norma E.070 prohíbe el uso de ladrillos pandereta (tubulares) en zonas de alta sismicidad debido a su fragilidad ante sismos. A su vez, la norma señala que este tipo de ladrillo sólo puede ser usado en muros portantes de edificios de hasta 2 pisos que se encuentren en Zona Sísmica 1. En los distritos de San Martín de Porres y los Olivos, el

57% del total de viviendas encuestadas (total 168 viviendas) están construidas con ladrillo pandereta [2, pp. 2 - 3].

En ese sentido, el desconocimiento técnico del peligro estructural que representa el uso de muros portantes de albañilería con este tipo de unidades, sumado al factor económico, generan el uso indebido de estas unidades de albañilería en muros portantes.

Debemos enfatizar que la Norma E.070 exige la utilización de ladrillos macizos que, pueden ser sólidos o con huecos solo si el área de huecos es menor al 30% del área bruta del ladrillo, de tal manera que, la edificación se comporte en el rango elástico ante sismos severos. Lamentablemente, por su bajo costo, los ladrillos tubulares (ladrillos pandereta) son los más utilizados en las construcciones populares; por tanto, esta investigación propone soluciones económicas que brinden un buen comportamiento estructural ante un sismo.

Ante este problema, se debe tomar medidas preventivas de reforzamiento para tener un nivel de desempeño mejorado en las estructuras en caso ocurra un sismo de magnitudes considerables. Por tanto, a través de esta investigación, se busca evaluar dos formas de reforzamiento que se evaluara en el ensayo de muretes, comparando la resistencia-comportamiento y el costo asociado.

Para este proyecto se construyó 9 muretes a escala reducida con ladrillos pandereta, tres del tipo tradicional, otros tres reforzados con mallas para tarrajeo y los últimos tres muretes reforzados con mallas electrosoldada. Los muretes fueron tarrajeados y se sometieron a ensayos de compresión diagonal para hallar la resistencia al corte y observar las formas de falla.

La interpretación, la comparación de costos y las conclusiones de estos ensayos son materia del presente trabajo de tesis.

CAPITULO 2: OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

2.1 Objetivo

El objetivo general del proyecto es contribuir a la protección sísmica de las viviendas populares construidas sin asesoramiento técnico.

Los objetivos específicos que se pretende conseguir serán:

- Conocer las propiedades resistentes al corte de muretes de albañilería construidos con ladrillos pandereta existentes en el mercado
 - Tarrajados sin malla (patrón)
 - Tarrajados y reforzados con malla para tarrajeo
 - Tarrajados y reforzados con malla electrosoldada
- Verificar la efectividad estructural de la técnica de reforzamiento con malla para tarrajeo y malla electrosoldada de los muretes de albañilería construidos con ladrillo pandereta.
- Comparar los costos asociados a muros sin reforzamiento con otros reforzados con mallas para tarrajeo y electrosoldadas.

2.2 Antecedentes

Vinicio Urdaneta y Ángel San Bartolomé, realizaron estudios para determinar la interacción de tabique – pórtico. En tal investigación se analizó el comportamiento de elementos no estructurales cuya presencia afecta el comportamiento sísmico de los edificios, como es el caso de los tabiques no aislados que, en su mayoría, influye significativamente en la rigidez de la edificación. Para ello, se comparó la rigidez lateral en módulos (pórtico de concreto armado) con paños libres, otro al que se le añadió dos tabiques de fibrablock en dos pórticos paralelos y un tercer módulo en el que se colocó tabiques de albañilería compuesta por ladrillos pandereta. Estos módulos fueron

sometidos a ensayos de carga estática, ensayo de vibración libre y ensayo dinámico. Se determinó que la rigidez experimental del tabique de albañilería bajo cargas leves es 35% mayor que bajo cargas severas, debido a que no se comporta como un puntal diagonal sino como un muro adherido al pórtico y actúa en voladizo, el cual pierde rigidez ante movimientos sísmicos severos [3].

En el año 2007, Salinas y Lazares realizaron ensayos en prismas de albañilería (pilas y muretes) utilizando ladrillos pandereta de fabricación “industrial” (con procesos de fabricación controlados) y en forma “artesanal” (sin control de procesos). Así mismo, se ejecutaron ensayos en 4 muros de dimensiones 2.65 x 0.12 x 2.55m, en las que determinaron las características de resistencia estructural con este sistema constructivo. La falla predominante que provocó la disminución de la capacidad resistente en todos los ensayos fue la de tracción diagonal por corte, por tanto, concluyeron que las unidades ensayadas tuvieron comportamiento frágil y explosivo ante las acciones de cargas sometidas [2].

En el 2012, Araoz y Velezmoro compararon el comportamiento sísmico de un muro confinado construido con ladrillos pandereta con otro muro de las mismas características, pero reforzado con malla electrosoldada recubierta de mortero. Los dos muros fueron construidos a escala natural (2.60 m. de largo x 2.20 m. de alto), y sometidos a carga lateral cíclica sin considerar el efecto de carga vertical, determinándose que la malla electrosoldada modificó el tipo de falla, pasando de una falla por corte a una por flexión y aumentó la resistencia máxima en 42% respecto a un muro sin reforzamiento [4].

En el 2015, Plinio Mamani realizó estudios del comportamiento de muros de albañilería tubular confinada reforzada con malla electrosoldada ante el efecto sísmico simulado mediante cargas laterales cíclicas y gravitacionales. Para esto se construyeron pilas, muretes y dos muros a escala natural aplicando la técnica de reforzamiento mencionada. Para los muros de escala natural se aplicaron cargas laterales cíclicas y cargas gravitacionales que representan las cargas de servicio de un edificio real. La malla electrosoldada incrementó la resistencia y, a la vez, evitó la trituración de los ladrillos pandereta [5].



CAPITULO 3: CARACTERÍSTICAS Y CONTROL DE LOS MATERIALES

3.1. Unidades de albañilería

Para fines de esta investigación se emplearon ladrillos industriales de arcilla del tipo pandereta acanalados que califican como unidades tubulares de acuerdo a la Norma E.070, de la marca Pirámide. Se seleccionó esta ladrillera por su calidad y porque es una de las más conocidas en la ciudad de Lima.

Estos ladrillos presentan dos grupos de canales en los cuatro lados de su superficie. Esta forma acanalada ayuda a mejorar la adherencia del mortero con el ladrillo (Fig. N° 2).

A continuación, se indican las especificaciones técnicas de las unidades, según la ficha técnica de ladrillos Pirámide:

- Rendimiento : 38 unidades x m²
- Dimensiones : 23 cm (largo), 11 cm (ancho), 9.4 cm (altura)
- Características : Ladrillo pandereta acanalado de alta resistencia.
- Peso : 2.2Kg
- Absorción del agua : < 18%
- Alabeo : Máximo 2mm
- Resistencia a la compresión : 25 kg/cm²



Figura N° 2: Ladrillo pandereta - Pirámide

3.2 Cemento

Es un producto conglomerante formado a partir de la mezcla de calizas y arcillas y otros materiales que endurecen y reaccionan al contacto con el agua. Al mezclarlo con agregados como la arena y piedra, se obtiene una mezcla uniforme, plástica y resistente a compresión a temprana edad. Para la presente investigación se usó el Cemento Portland Tipo I (Cemento Sol) en bolsas de 42.5 Kg. de peso (Fig. N° 3).



Figura N° 3: Bolsa de Cemento – Cemento Sol

3.3 Agregados

Son materiales inertes que por su composición tienen la propiedad de ser ligados por una matriz para conformar una masa aglomerante. Por su gradación se clasifican en:

- Agregado fino (arena): Partículas menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM #4) y mayor de 0.075 mm (Malla Standard ASTM #200). El material debe cumplir los estándares mencionados en la Norma Técnica NTP 400.012.
- Agregado grueso (piedra): Partículas mayores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM #4). El material debe cumplir los estándares mencionados en la Norma Técnica NTP 400.012.

Para el proyecto de investigación se usó arena gruesa para mortero de asentado de ladrillos y arena fina para tarrajeo en muro con malla electrosoldadas y con malla para tarrajeo.

3.4 Agua

El agua usada para la mezcla del concreto y el mortero, debe ser potable, libre de materia orgánica u otros componentes que afecten la composición del conglomerado. Nos basamos para ello en la Norma Técnica Peruana (NTP 339.088) - Requisitos de calidad del agua para el concreto.

3.5 Mortero para el asentado del ladrillo y para el tarrajeo

3.5.1 Mortero para el asentado de ladrillo

Es el material de construcción obtenido al mezclar arena y agua con cemento, el cual actúa como conglomerante. Se utiliza para la unión entre unidades de albañilería, y en este proyecto, tendrá como función principal adherir horizontal y verticalmente ladrillos pandereta, absorbiendo las irregularidades en el asentado de los mismos, así como sellar las juntas contra el ingreso de aire y humedad. En este proyecto se utilizó mortero

dosificado para el asentado de ladrillos pandereta con una proporción volumétrica de cemento – arena gruesa de 1:5 - y la cantidad de agua necesaria, la cual ha sido regulada por el albañil para asegurar la trabajabilidad del mortero.

3.5.2 Mortero para tarrajeo

De igual forma se procede a elaborar la mezcla del mortero para tarrajeo, cuya función principal es darles un revestimiento a las paredes para protegerlas y brindar un mejor acabado. En este proyecto se utilizó mortero para el tarrajeo de los muretes con una proporción volumétrica de cemento - arena fina de 1:6 – y la cantidad de agua necesaria, la cual ha sido regulada por el albañil para asegurar la trabajabilidad del mortero.

3.6 Malla para tarrajeo

Son mallas metálicas formadas de una sola pieza (plancha desplegable), sin costura ni soldadura alguna, que presenta una serie de aberturas de tamaño uniforme en forma de rombos. Se usan para tarrajes de muros, así como para revoques en paredes deterioradas. La malla utilizada es de la fábrica Aceros Arequipa, escogida debido a que es la más comercializada en el mercado (Fig. N° 4).



Figura N° 4: : Malla para tarrajeo

Las especificaciones de esta malla, según el Catálogo de Productos de Aceros Arequipa son:

Composición Química: Está compuesto por metal base - SAE J403 (Tabla N° 1)

Tabla N° 1: Composición química de malla para tarrajeo

CALIDAD	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
SAE 1006	0.008 máx.	0.25 - 0.4	0.030 máx.	0.050 máx.

Peso Mínimo: Revestimiento de Zinc ASTM A653/A653M-02a Tipo B: G40 (Z120) = 120g/m²

Dimensiones: Se muestra las dimensiones de la malla para tarrajeo (Tabla N° 2)

Tabla N° 2: Dimensiones de malla para tarrajeo

DIAGONAL MAYOR DE ROMBO	DIAGONAL MENOR DEL ROMBO	ESPESOR	NERVIO
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
25	12	0.55	1.0

3.7 Malla electrosoldada

Se utilizó la malla electrosoldada de marca Prodac, debido a que es una de las más conocidas en el mercado de la construcción (Fig. N° 5). El acero destinado para la fabricación de la malla electrosoldada cumple con la Norma **ASTMA496/A 496M-05** “Especificaciones standard para el alambre corrugado utilizando como refuerzo en el concreto” y la Norma **ASTMA487/A 497M-05** “Especificaciones para la fabricación de mallas electrosoldadas corrugadas utilizando como refuerzo el concreto”.

Se presenta las especificaciones técnicas, según el Catálogo de Productos Prodac de mallas electrosoldadas (Tabla N° 3)

Tabla N° 3: Dimensiones de malla para tarrajeo

DESCRIPCION	MEDIDAS	COCADA	DIAMETRO
	(m)	(mm)	(mm)
MALLA ELECTROSOLDADA Q - 139	2.40 X 6.00	100 X 100	4.2

Propiedades de la malla electrosoldada:

- Límite de fluencia (fy) : 5000 kg/cm²
- Resistencia a la rotura (fr) : 5600 kgf/cm²
- Medida : 2.40 m. x 6.00 m.
- Cocada : 100 mm x 100 mm
- Diámetro : 4.2 mm.
- Peso : 2.96 Kg/cm²

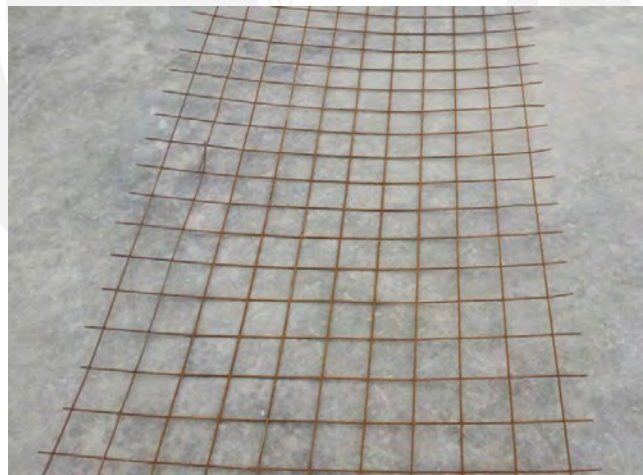


Figura N° 5: Malla electrosoldada – Prodac

3.8 Ensayos realizados en las unidades de albañilería

Se realizaron para efectos del diseño estructural y así poder clasificar las unidades de albañilería según lo especificado en la Norma E.070.

La norma indica que la selección debe ser realizada al pie de la obra. Para un lote de lote 50 millares se seleccionó al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuó las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Luego, se seleccionó cinco de estas unidades para ensayarlas a compresión y otras cinco a absorción.

3.8.1 Variación dimensional

Para este ensayo se tomó un muestreo de 10 unidades enteras representativas del lote. Se midió con vernier (Fig. N° 6) el ancho en los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Por cada una de las dimensiones se registró cuatro medidas, y se tomó el promedio de las medidas, con una aproximación de 0.5 mm.



Figura N° 6: Vernier

Según la Norma Técnica E.070, la variación dimensional de cada arista de la unidad se determinará como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra multiplicada por 100 (Fig. N° 7).

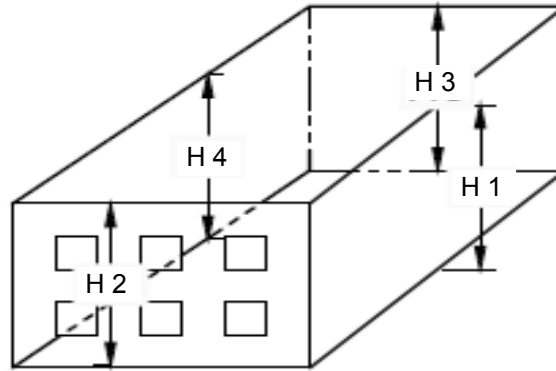


Figura N° 7: Representación geométrica de un ladrillo

$$V = \frac{(M_e - M_p) \times 100}{M_e}$$

V : Variabilidad dimensional en porcentaje

M_e : Dimensión especificada por el fabricante

M_p : Dimensión promedio de cada una de las cuatro medidas tomadas

Los resultados de las mediciones para determinar la variación dimensional, se muestran en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4: Determinación de la variación dimensional

Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura(mm)				
	L 1	L 2	L 3	L 4	Lo	A 1	A 2	A 3	A 4	Ao	H 1	H 2	H 3	H 4	Ho
1	231.0	230.9	230.2	231.1	230.8	112.7	112.5	112.8	112.7	112.6	94.1	94.4	94.5	94.3	94.3
2	230.8	230.8	227.9	228.8	229.5	111.5	112.0	111.6	111.8	111.7	93.0	93.1	93.5	93.9	93.3
3	230.8	230.7	227.9	227.7	229.2	112.3	112.1	111.3	111.2	111.7	94.1	93.0	93.5	93.4	93.5
4	230.6	231.1	230.0	229.3	230.2	112.0	112.1	112.3	111.9	112.0	94.0	94.3	94.0	94.6	94.2
5	230.5	230.1	231.0	230.9	230.6	111.4	111.5	111.6	110.6	111.2	93.0	93.0	93.3	93.2	93.1
6	229.0	228.1	229.1	230.0	229.0	112.9	112.2	112.5	112.9	112.6	94.1	94.6	94.8	94.2	94.4
7	227.0	226.2	226.0	227.1	226.5	111.2	111.1	111.1	111.2	111.1	93.1	93.8	92.8	93.5	93.3
8	231.8	230.3	228.8	229.2	230.0	115.6	110.0	111.5	111.8	112.2	91.7	92.1	91.7	91.4	91.7
9	225.4	225.7	225.3	224.1	225.1	109.2	110.7	109.0	110.0	109.7	90.2	90.7	91.5	93.2	91.4
10	226.0	224.5	227.9	227.4	226.4	109.9	109.8	109.6	108.4	109.4	93.3	93.4	93.0	92.6	93.0
					SUMA 2287.7					SUMA 1114.6					SUMA 932.4
					Lp 228.7					Ap 111.4					Hp 93.2
					Le 230.0					Ae 110.0					He 94.0
					V% 0.53					V% -1.33					V% 0.8

De las mediciones realizadas, tenemos una variación de la dimensión en largo de 0.53% (dimensión más de 150 mm), ancho 1.33% (dimensión hasta 150 mm) y altura 0.8% (dimensión hasta 150 mm). La norma E.070 (Tabla N° 5) nos indica la variación máxima del ladrillo de acuerdo a las dimensiones, según esta tabla tenemos un Ladrillo Tipo 'V' para variación de la dimensión.

Tabla N° 5: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – Variación de la dimensión (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006)

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

3.8.2 Alabeo

Estas mediciones determinan si la unidad de albañilería presenta superficie cóncava o convexa. Para este ensayo se tomó un muestreo de 10 unidades para obtener un mayor control de las medidas. Se usaron las siguientes herramientas de medición para alabeo: Cuña: Elemento de medición de 60 mm de longitud por 12.5 mm de ancho por 12.5 mm de espesor en un extremo, que se reduce hasta llegar a cero en el otro extremo y graduada en divisiones de 0.5mm. Las medidas deben ser tomadas en una superficie plana. Además, se utilizó una regla metálica como para tener mayor precisión en la toma de medidas.

Los especímenes se ensayan tal cual se reciben, sólo se les realizará una pequeña limpieza con brocha.

El ensayo se realizó colocando la superficie de asentado del mortero sobre una superficie plana. Luego colocamos diagonalmente la regla de acero e introducimos la cuña para medir el alabeo (Fig. N° 8).



Figura N° 8: Ensayo de alabeo

Medición de Alabeo cóncavo: al unir la regla en las diagonales queda una pequeña abertura por donde se introduce la cuña en la parte donde tenga la mayor flecha.

Medición de alabeo convexo: en este caso al unir la regla con los extremos diagonales se tendrá una concavidad a los extremos en donde se introduce la cuña ajustando la regla de tal manera que se tenga las dos medidas iguales.

Se tomarán medidas para las dos diagonales de las caras inferior y superior (Tabla N° 6).

Tabla N° 6: Determinación de alabeo

Especimen	Cara Superior				Cara Inferior				Prom. Cóncavo	Prom. convexo
	Cóncavo		Convexo		Cóncavo		Convexo			
1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.375	0.250
2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.250	0.125
3	0.0	0.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.375	0.500
4	0.0	0.0	0.5	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.750	0.375
5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.125	0.250
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000
7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.125	0.375
8	1.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.550	0.500
9	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.125
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.000	0.375
Promedio (mm)									0.255	0.287

El promedio de las mediciones para alabeo cóncavo y convexo son menores a 2 mm.

Por lo tanto, tenemos un Ladrillo Clase “V” para alabeo (tabla N°7).

Tabla N° 7: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – Alabeo (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006)

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

Cuando se tiene concavidad o convexidad considerables, se afecta la adherencia entre mortero y ladrillo, ya que se producirá un aumento en el grosor de la junta y puede generarse pequeños vacíos en las zonas cóncavas o convexas.

3.8.3 Resistencia a compresión ($f'b$)

Se preparan los 5 especímenes a ensayar del lote de unidades de ladrillos pandereta puestos en obra. Este ensayo nos permite determinar la resistencia a compresión axial. Primero se coloca al horno a una temperatura de 110°C a 115°C durante 24 horas, luego se deja enfriar durante 4 horas a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$.

Una vez preparados los especímenes se procede a realizar el refrentado de los mismos, los cuales, a su vez pueden ser con yeso o con azufre (Fig. N° 9)



Figura N° 9: Refrentado de ladrillos

Una vez refrentado, los ladrillos se ensayan aplicando carga sobre su área de asentado.

La máquina usada para estos ensayos consta de un bloque de apoyo superior metálico endurecido, asentado esférica y firmemente fijo en el centro del cabezal superior.

Para el ensayo de resistencia a compresión, se aplica la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, después se realizan ajustes en la máquina con la finalidad que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en un tiempo mínimo de un minuto y máximo de 2 minutos (Fig. N° 10).



Figura N° 10: Ensayo de resistencia a compresión

Se efectúa los cálculos de la resistencia a compresión, obteniendo la máxima carga entre el área promedio de la superficie de contacto.

$$fb = \frac{P}{A}$$

Donde

fb : Resistencia a la compresión del espécimen

P : Máxima carga, indicada por la máquina de ensayo

A : Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior o inferior

Finalmente, la resistencia característica es la diferencia de la resistencia promedio y la desviación estándar.

$$f'b = fb - \sigma$$

Donde:

$f'b$ = Resistencia a la compresión característica

σ = Desviación estándar

Se muestra los resultados de la medición y ensayos a compresión (Tabla N° 8). Así mismo, los cálculos de la resistencia característica a compresión (Tabla N° 9)

Tabla N° 8: Medición y ensayos a compresión de unidades

Especimen	Largo		Ancho		Altura		Peso Seco	Compresión	Compresión
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(gr)	(KN)	(Kg)
1	229.0	229.7	116.8	111.8	92.0	91.0	2148.7	159.6	16274
2	225.0	225.8	109.5	110.8	92.6	92.6	2121.1	166.4	16968
3	227.0	226.0	110.1	111.4	93.5	93.2	2085.3	163.0	16621
4	227.8	224.7	109.0	110.0	92.3	92.2	2107.8	148.3	15122
5	229.2	228.8	112.0	112.4	94.0	94.0	2176.1	179.3	18283

Tabla N° 9: Cálculo de resistencia característica a compresión de unidades

Especimen	Largo prom.	Ancho prom.	Carga Máxima	Área Bruta	fb
	(mm)	(mm)	(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
1	229.3	114.3	16274	262.15	62.08
2	225.4	110.1	16968	248.28	68.34
3	226.5	110.7	16621	250.85	66.26
4	226.2	109.5	15122	247.74	61.04
5	229.0	112.2	18283	256.94	71.16
				fb	65.78
				σ	4.24
				f'b	61.54

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería tubular ($f'b$) fue **61.54 kgf/cm²** (6.04 MPa), muy superior al indicado por el fabricante que fue 25kg/cm² (2.45 MPa),

Según la Norma E.070 (tabla N°10), la resistencia característica a compresión de **61.54 kgf/cm²** (6.04 MPa), corresponde a ladrillo clase I.

Tabla N° 10: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – Resistencia característica a compresión (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006)

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

3.8.4 Absorción

El ensayo de absorción está directamente relacionado con la resistencia al intemperismo (durabilidad). Si la unidad de albañilería es más absorbente, será un indicador que será más vulnerable a la humedad, al intemperismo y a su deterioro gradual en el tiempo.

Se ensayaron 5 unidades, primero preparamos las unidades cumpliendo con la norma NTP 399.613, colocándolas en el horno a una temperatura de 112°C durante 24 horas (Fig. N° 11), después se enfrían durante unas 4 horas a una temperatura de 24°C ±8°C y se procede a pesar (peso seco), luego se sumerge los ladrillos en agua durante 24 horas en un recipiente con agua y se procede a pesar obteniendo el peso saturado.



Figura N° 11: Ensayo de absorción

Después, se procede a calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente fórmula y su resultado se expresó en porcentaje (Tabla N° 11)

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

Dónde:

W_d : Peso del espécimen seco

W_s : Peso del espécimen saturado, después de la saturación en agua fría

Tabla N° 11: Cálculo de porcentaje de absorción

Espécimen	Wd (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)
1	2098.8	2340.1	11.50
2	2164.8	2417.4	11.67
3	2156.8	2382.0	10.44
4	2216.1	2467.5	11.34
5	2216	2425.2	9.44
Promedio			10.9

La absorción promedio fue de 10.9% cuyo valor es menor que el límite máximo estipulado por la Norma Técnica E.070 para los ladrillos de arcilla (22%).

3.8.5 Evaluación de Resultados

Con los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios (Variación Dimensional, Alabeo y Resistencia a Compresión) se determina que la unidad se clasifica como Ladrillo I, según la Norma Técnica E.070 de Albañilería debido principalmente por su resistencia característica a compresión de **61.54 kgf/cm²** (6.04 Mpa). Estos tipos de ladrillos podrían usarse en zona sísmica 1 para muros portantes de hasta 2 pisos, según indica la norma E.070.

Tabla N° 12: Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales – (Norma Técnica E.070 Albañilería,2006)

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

3.9 Ensayos en mortero

3.9.1 Mortero para asentado

Se ejecutaron 5 probetas de mortero de 5 cm de arista. La proporción fue cemento-arena 1:5. Las probetas se curaron en agua y, luego de 28 días de edad, fueron ensayadas a compresión axial a una velocidad de desplazamiento en 1 mm/min.

Se detalla los pasos que se siguieron en la fabricación de los prismas de mortero (Fig. N° 12 a N° 17)

Se toma una muestra de mortero que es usado en la construcción de los muretes (Fig. N° 12).



Figura N° 12: Toma de muestra de mortero

Las celdas del molde metálico se limpian y engrasan (Fig. N° 13).



Figura N° 13: Limpieza y engrasado de moldes para morteros

Se rellenó del mortero hasta que se cubrió aproximadamente las 2/3 de altura de cada una de las 5 celdas (Fig. N° 14)



Figura N° 14: Llenado de mortero en celdas metálicas

Se procede a dar 32 golpes en aproximadamente en 10 segundos en 4 rondas con la ayuda de un pisón. La presión de apisonado debe ser justo la suficiente para asegurar el llenado uniforme de los moldes. (Fig. N° 15)



Figura N° 15: Apisonado de primera capa de mortero

Las celdas son rellenas con una segunda capa de mortero hasta rebasar su altura. Luego se procedió a dar 32 golpes para apisonar el mortero (Fig. N° 16).



Figura N° 16: Apisonado de segunda capa de mortero

El siguiente paso fue el enrasado de la superficie para dar la forma de cubos al mortero. Las probetas se dejaron por 24 horas para después ser desmoldadas y sumergidas en agua hasta la fecha en la que se realizará el ensayo (Fig. N° 17)

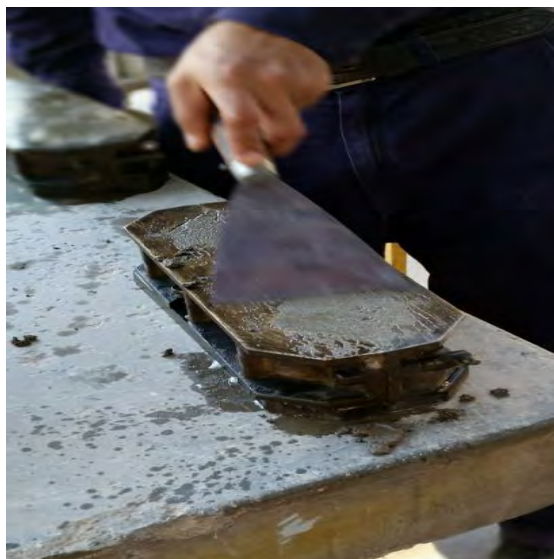


Figura N° 17: Enrasado de mortero

Finalmente, después de 28 días, las probetas de mortero ejecutadas se retiraron del agua para ser medidas y ensayadas.

La resistencia a compresión del mortero (f' mortero) es la resta de la desviación estándar (σ) con el promedio de la muestra. La resistencia de cada probeta prismática es calculada dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la superficie de asiento.

Para hallar la resistencia a compresión del mortero se usan las siguientes formulas.

$$\text{Resistencia a compresión} = \frac{\text{Carga máxima de rotura}}{\text{Area bruta}}$$

$$f'_{\text{mortero}} = \bar{R}_{\text{mortero}} - \sigma$$

Dónde:

f' mortero : Resistencia a compresión del mortero (Kg/cm²)

\bar{R}_{mortero} : Promedio de la resistencia a compresión del mortero (Kg/cm²)

σ : Desviación estándar de la muestra (Kg/cm²)

Los resultados obtenidos para los cubos de mortero para asentado se muestran en la siguiente tabla (Tabla N° 13)

Tabla N° 13: Resultados de ensayo de resistencia de mortero para asentado.

Especimen	L		Ancho		Altura		L.	A.	Carga	Carga	Compresión
	(mm)		(mm)		(mm)		prom	prom	máxima	máxima	
	(mm)		(mm)		(mm)		(mm)	(mm ²)	(kN)	(kg)	(Kg/cm ²)
1	50.2	50.4	50.3	50.0	50.2	50.3	50.3	2522.5	38.5	3927	155.7
2	50.0	50.0	50.0	50.1	51.0	51.0	50.0	2502.5	37.0	3777	150.9
3	50.5	50.3	50.5	50.7	51.0	51.0	50.4	2550.2	37.4	3812	149.5
4	49.9	50.1	50.5	50.3	51.0	50.0	50.0	2520.0	35.9	3660	145.2
5	50.0	50.0	50.5	50.5	51.8	50.5	50.0	2525.0	37.57	3831	151.7
										R̄mortero	150.6
										σ	3.8
										f'mortero	146.8

Al tener el mortero mayor resistencia a compresión que las unidades de albañilería, se espera que no haya fallas por el mortero. El f'mortero es menor que el valor de 167 kg/cm² calculado en la Tesis "Bonilla Dante (2006) quien uso una relación arena – cemento Tipo I 1:4. En cambio en esta tesis se ha usado una relación arena – cemento 1:5.

3.9.2 Mortero para tarrajeo

Se ejecutaron 5 probetas de mortero de 5 cm de arista. La proporción fue cemento-arena 1:6. Las probetas se curaron en agua y, luego de 28 días de edad, fueron ensayadas a compresión axial a una velocidad de desplazamiento en 1 mm/min.

De igual manera que se realizó con el mortero para tarrajeo, se procederá a realizar los 7 pasos mencionados en el (3.9.1.) para determinar la resistencia a compresión del mortero para asentado Tabla (N°14).

Tabla N° 14: Resultados de ensayo de resistencia de mortero para tarrajeo

Especimen	L		Ancho		Altura		L. prom	A. prom	Carga máxima	Carga máxima	Compresión
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(kg)	(Kg/cm ²)	
1	50.0	51.0	51.0	51.0	51.0	50.8	50.9	2575.5	16.79	1712	66.5
2	51.0	51.0	50.7	50.8	51.0	50.8	51.0	2588.3	15.91	1622	62.7
3	50.7	50.8	51.0	50.7	51.0	50.1	50.7	2580.6	16.40	1672	64.8
4	51.0	51.0	50.7	50.7	51.0	51.9	51.0	2585.7	17.74	1808	69.9
5	51.0	50.5	50.9	50.1	50.8	50.8	50.75	2563.0	16.19	1650	64.4
R_{mortero}											65.6
σ											2.7
f' mortero											62.8

Como es de esperar el mortero con menor proporción de cemento tiene menor resistencia.

CAPITULO 4: CONSTRUCCIÓN DE MURETES TIPO M1, M2 Y M3

4.1 Características de los muretes

En el presente proyecto se construyeron 9 muretes a escala natural con ladrillo pandereta, tres del tipo tradicional (M1), otros tres reforzados con mallas para tarrajeo (M2) y los últimos tres con mallas electrosoldadas (M3). Todos los muretes fueron contruidos de manera tradicional.

4.1.1 Murete tarrajeado en ambos lados sin reforzamiento

Las características de los 3 muretes contruidos y muretes en general (Fig. N° 18)

- Tipo de ladrillo : Pandereta acanalado en aparejo de soga
- Dimensiones : 60 x 60 x 11 cm
- Dosificación del mortero para asentado : 1:5 (cemento: arena)
- Dosificación del mortero para tarrajeo : 1:6 (cemento: arena)
- Espesor de juntas : 1.5 cm

Se ha rellenado de mortero los alveolos tubulares de los ladrillos a ensayar, con la finalidad de evitar la falla local por aplastamiento. Este recubrimiento fue de aproximadamente 10 cm ubicados en las esquinas opuestas del murete donde se aplicará la carga.

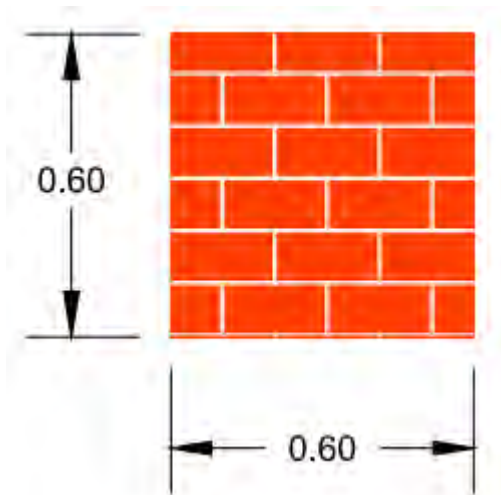


Figura N° 18: Murete sin reforzamiento (Tipo M1)

4.1.2 Murete tarrajeado en ambos lados con malla para tarrajeo

Las características de los 3 muretes construidos (Fig. N° 19).

- Características similares al acápite 4.1.1
- Malla para Tarrajeo: 0.36 m² en ambos lados.
- Uso de alcayatas para colocar la malla para tarrajeo
- Espesor de tarrajeo hasta cubrir completamente la malla para tarrajeo

Se ha rellenado de mortero los alveolos tubulares de los ladrillos a ensayar, con la finalidad de evitar la falla local por aplastamiento. Este recubrimiento fue de aproximadamente 10 cm ubicados en las esquinas opuestas del murete donde se aplicará la carga.

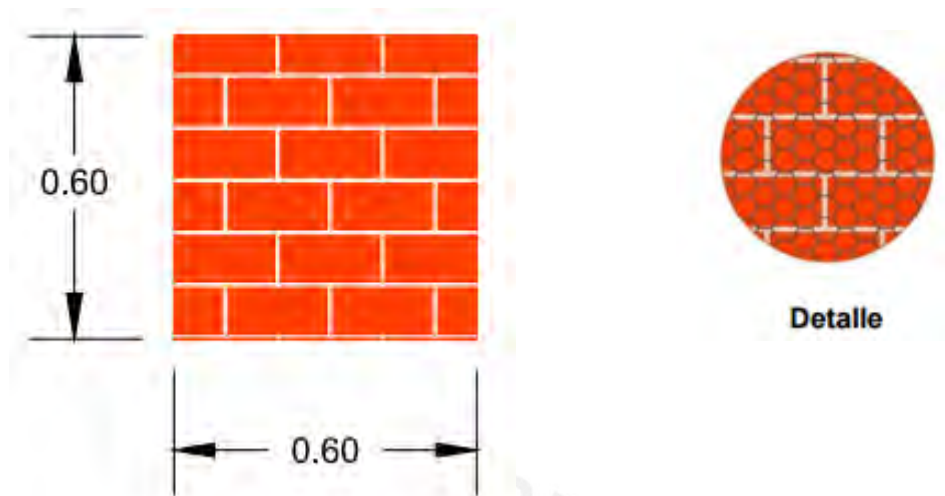


Figura N° 19: Murete reforzado con malla para tarrajeo (Tipo M2)

4.1.3 Murete tarrajeado en ambos lados con malla electrosoldada

Las características de los 3 muretes construidos (Fig. N° 20).

- Características similares al acápite 4.1.1
- Malla electrosoldada Q139 cocada de 100 x 100 mm: 0.36 m² en ambos lados
- Uso de alambre No. 16 para amarrar la malla electrosoldada
- Espesor del tarrajeo hasta cubrir completamente la malla electrosoldada

Se ha rellenado de mortero los alveolos tubulares de los ladrillos a ensayar, con la finalidad de evitar la falla local por aplastamiento. Este recubrimiento fue de aproximadamente 10 cm ubicados en las esquinas opuestas del murete donde se aplicará la carga.

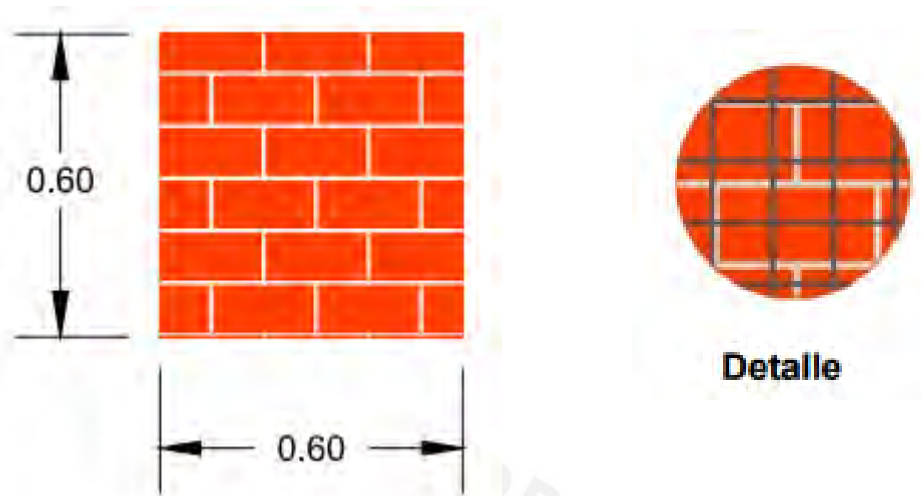


Figura N° 20: Murete reforzado con malla electrosoldada (Tipo M3)

4.2 Proceso constructivo

El proceso constructivo se realizó de la misma manera para los tres tipos de murete, sin considerar la etapa de reforzamiento, el cual se detallará en inciso 4.3.

Los ladrillos pandereta fueron regados con una manguera 4 horas antes de empezar la construcción y al empezar la construcción fueron sumergidos en agua unos segundos antes de usarlos.

En primer lugar, se asentaron los ladrillos de la primera hilada sobre una superficie nivelada. Después, se procedió a rellenar las juntas con mortero al término de la primera hilada, y se asentaron los ladrillos de las siguientes hiladas de tal manera que exista un perfecto amarre. En todo momento se utilizó el escantillón para controlar el grosor de las juntas y una plomada para controlar su verticalidad (Fig. N° 21 y Fig. N° 22).



Figura N° 21: Asentado y relleno de mortero de primera hilada



Figura N° 22: Asentado de ladrillos y mortero en murete Tipo M1

Al finalizar la construcción de los muretes, se rellenaron los alveolos tubulares de los ladrillos ubicados en las esquinas opuestas del murete, de manera que, durante el ensayo de compresión diagonal, estas esquinas sean las que estén en contacto con los cabezales del equipo de ensayo (Fig. N° 23).



Figura N° 23: Relleno de alveolos tubulares con mortero

Finalmente, el murete tradicional (M1) fue tarrajado con mortero (espesor 1 cm); asimismo, los muretes reforzados M2 y M3 fueron tarrajados después de la instalación de las mallas (espesor 1.5 y 2 cm respectivamente) (Fig. N° 24).



Figura N° 24: Tarrajado de murete tipo M1

Después de 28 días de la construcción de los muretes se procedió a realizar los ensayos de compresión diagonal.

4.3 Reforzamiento de muretes tipo M2 y M3

A diferencia de M1, los muretes M2 y M3 se reforzaron con malla para tarrajeo y malla electrosoldada, respectivamente.

Para el murete tipo M2, se fijó la malla sobre el murete de albañilería, luego se clavaron alcayatas en las juntas de mortero con la finalidad de adherir la malla al murete (Fig. N° 25 y 26).



Figura N° 25: Fijación de malla para tarrajeo en murete tipo M2



Figura N° 26: Fijación de malla para tarrajeo en murete tipo M2 con alcayatas

Finalmente, se procedió con el tarrajeado en ambas caras de los muretes con espesores de 1.5cm hasta que cubra la malla para tarrajeo (Fig. N° 27 y 28).



Figura N° 27: Tarrajeo de murete tipo M2



Figura N° 28: Tarrajeado y perfilado de murete tipo M2

Los muretes M3 se reforzaron con mallas electrosoldadas siguiendo el procedimiento tradicional de construcción. Se introdujo alambres durante la construcción de tal forma que éstos sobresalían de los muretes por las dos caras (Fig. N° 29). Estos alambres se colocaron espaciadamente de modo que permitían sujetar la malla electrosoldada.



Figura N° 29: Colocación de alambres para sujetar murete tipo M3

Se colocó la malla en el murete y se amarró la misma usando los alambres para que la malla quede sujeta firmemente al murete (Fig. 30 y 31).



Figura N° 30: Atortolado de alambre con malla electrosoldada en murete tipo M3



Figura N° 31: Fijación de malla electrosoldada a murete tipo M3

Luego, se procedió con el tarrajeado en ambas caras de los muretes con espesores de 2.0cm hasta que cubra la malla electrosoldada (Fig. N° 32).



Figura N° 32: Tarrajeo de muretes tipo M3

Finalmente, se culminó con el tarrajeo de los muretes tipo M1, M2 y M3. Se esperó 28 días para realizar los ensayos de compresión diagonal. (Fig. N° 33).



Figura N° 33: Muretes tarrajados tipo M1, M2 y M3



CAPITULO 5: ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL

5.1 Descripción del ensayo e instrumentación

El ensayo utilizado para determinar la resistencia al corte en muros de albañilería es el de Compresión Diagonal (Resistencia al corte puro o resistencia a la tracción diagonal). Los muros de albañilería pueden estar sometidos a compresión diagonal por acciones sísmicas o asentamientos diferenciales.

Previo a los ensayos de compresión diagonal de los 9 muretes, se realizó el transporte y montaje con un equipo de izaje colgado del puente grúa, evitando sacudidas, saltos y volteos (Fig. N° 34).



Figura N° 34: Izaje de muretes para ensayos a compresión diagonal

Se procedió con centrado de los cabezales de carga superior e inferior respecto a las superficies de la máquina de ensayo, como se aprecia en la figura. (Fig. N° 35)



Figura N° 35: Centrado de cabezales para ensayo a compresión diagonal

La carga se aplicó monotónicamente creciente con una velocidad de 1 ton/min hasta alcanzar la rotura de los muretes ensayados. Se utilizó una gata hidráulica con capacidad de 63 toneladas.

5.2 Comportamiento de los muretes

En los muretes existen 2 tipos de falla:

1. Falla que atraviesa a la unidad de albañilería y al mortero (Falla por tracción diagonal), la cual se produce cuando la adherencia de ambos materiales es óptima, lográndose maximizar la resistencia a fuerza cortante.
2. Falla que se produce cuando no se ha logrado optimizar la adherencia entre la unidad de albañilería y el mortero (Falla escalonada), la resistencia de la unidad de albañilería es mayor que la resistencia por adherencia del mortero.

5.2.1 Muretes sin reforzamiento

Murete N° 1: Falla por tracción diagonal, en forma frágil y explosiva. La falla atraviesa los ladrillos y las juntas, así mismo, produce el desprendimiento de una junta horizontal.

(Fig. N° 36).



Figura N° 36: Falla mixta de murete N° 1 (Tipo M1)

Murete N° 2: Falla por tracción diagonal, en forma frágil y explosiva. Se aprecia que la falla atraviesa tanto los ladrillos como las juntas (Fig. 37).

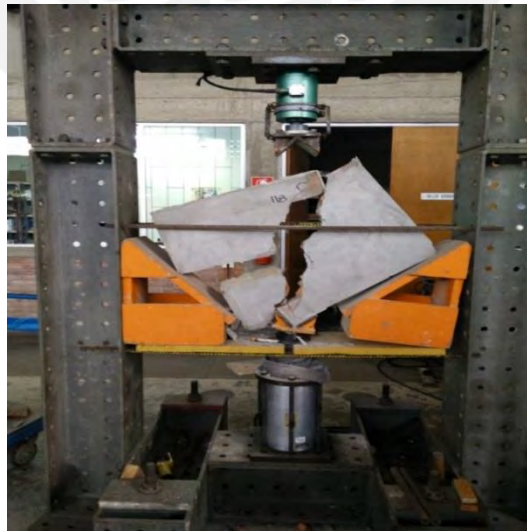


Figura N° 37: Falla por tracción diagonal de murete N° 2 (Tipo M1)

Murete N° 3: Falla tracción diagonal, la grieta atraviesa las juntas y los ladrillos (Fig. N° 38).



Figura N° 38: Falla por tracción diagonal en murete N° 3 (Tipo M1)

5.2.2 Muretes reforzados con malla para tarrajeo

Los muretes reforzados con malla para tarrajeo no presentaron falla explosiva, tampoco fallaron de forma frágil. Los muretes N° 4 y 5 presentaron fisuras de tracción diagonal, mientras que, en el murete N° 6, la falla se concentró en los apoyos de aplicación de la carga, por lo que no se pudo llegar a la resistencia máxima de corte (Fig. N° 39,40 y 41).

Murete N° 4: Fisura de tracción diagonal, la grieta atraviesa juntas y ladrillos (Fig. N° 39)

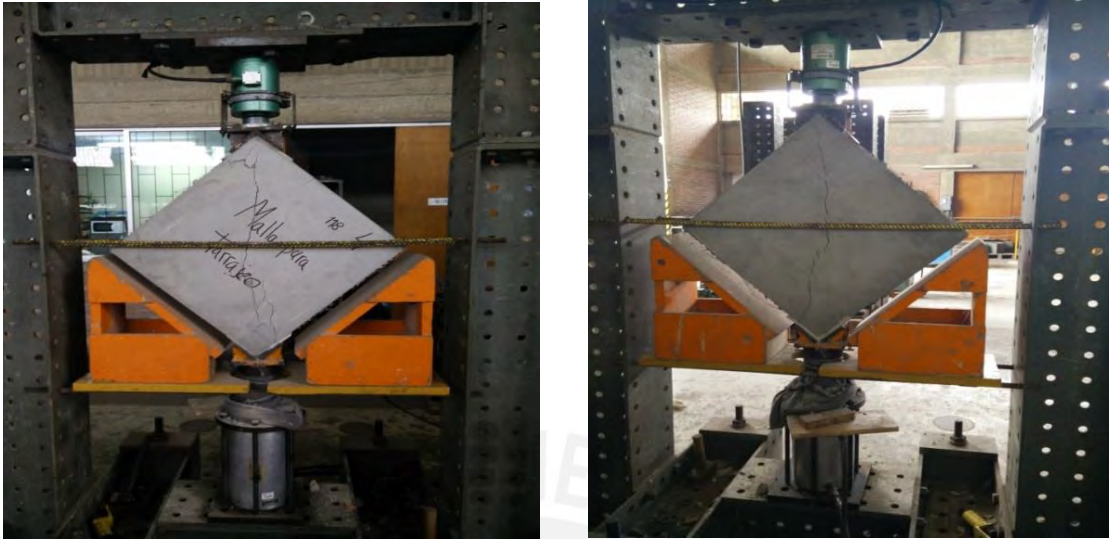


Figura N° 39: Falla por tracción diagonal de murete N° 4 (Tipo M2)

Murete N° 5: Fisura de tracción diagonal, la grieta atraviesa las juntas y los ladrillos (Fig. N°40)



Figura N° 40: Falla por tracción diagonal de murete N° 5 (Tipo M2)

Murete N° 6: El murete tuvo falla local en la parte superior. No alcanzó su máxima resistencia al corte (Fig. N° 41)



Figura N° 41: Falla local de murete N° 6 (Tipo M2)

5.2.3 Muretes reforzados con malla electrosoldada

Los muretes reforzados con malla electrosoldada al igual que las reforzadas con malla para tarrajeo, no presentaron falla explosiva ni tampoco fallaron de forma frágil.

Murete N° 7: El murete tuvo falla local en la parte inferior. No alcanzó su máxima resistencia al corte (Fig. N° 42).



Figura N° 42: Falla local de murete N° 7 (Tipo M3)

Murete N° 8: Presenta fisura de tracción diagonal, la grieta atraviesa las juntas y los ladrillos (Fig. N° 43)



Figura N° 43: Falla por tracción diagonal de murete N° 7 (Tipo M3)

Murete N° 9: El murete tuvo falla local en la parte inferior. No alcanzó su máxima resistencia al corte (Fig. N° 44).



Figura N° 44: Falla local de murete N° 9 (Tipo M3)

5.3 Examen de los muretes ensayados

Se analizaron los muretes reforzados, en el caso de los muretes sin reforzamientos no se vio necesario realizar el examen, debido a que la falla se produjo de manera explosiva.

5.3.1 Examen de muretes con malla para tarrajeo

La autopsia realizada al murete N° 4 presenta rotura de la unidad de albañilería, así como el tarrajeo. Sin embargo, la malla para tarrajeo no llegó a romperse (Fig. N° 45).



Figura N° 45: Autopsia de murete N° 4

El murete N° 5 presenta rotura de la unidad de albañilería y en el tarrajeo, se puede observar falla por rotura en la malla para tarrajeo (Fig. N° 46).



Figura N° 46: Autopsia de murete N° 5

De la autopsia se aprecia claramente que el murete N°6 presento falla local. Se puede observar el aplastamiento del ladrillo pandereta, sin embargo, la malla para tarrajeo no presenta rotura (Fig. N° 47)



Figura N° 47: Autopsia de murete N° 6

5.3. Examen de muretes con malla electrosoldada

El murete N°7 presentó falla local, se observa que el ladrillo falló por aplastamiento en la esquina que se aplica la carga. La malla electrosoldada sólo sufre una leve deformación en el lugar de la falla sin llegar a la rotura (Fig. N° 48)



Figura N° 48: Autopsia de murete N° 7

El murete N°8 presenta una fisura diagonal en el tarrajeo que es por donde presenta la rotura el ladrillo. Sin embargo, la malla electrosoldada no presentó rotura, sólo algunas pequeñas deformaciones en la esquina donde se aplica la carga (Fig. N° 49)



Figura N° 49: Autopsia murete N° 8

El murete N° 9 no presenta fisuras en el tarrajeo, presenta falla local en la esquina donde se aplica la carga, la malla electrosoldada no llegó a la rotura (Fig. 50).



Figura N° 50: Autopsia murete N° 9

CAPITULO 6: PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN MURETES

6.1 Cálculo de resistencia al corte

La resistencia a corte puro de los muretes de albañilería se calcula de la relación entre la carga de rotura y el área bruta de la diagonal cargada.

$$V_m = \frac{P_{max}}{D_d}$$

Dónde:

V_m = Resistencia al corte (Kg/cm²)

P_{max} = Fuerza máxima que resiste el murete (Kg)

D_d = Área diagonal del murete incluyendo el tarrajeo en todos los casos (cm²)

La resistencia característica (V'_m , Norma E.070) es el resultado de restar la desviación estándar a la resistencia al corte promedio de todos los muretes ensayados.

$$V'_m = V_m - \sigma$$

Dónde:

V'_m = Resistencia característica al corte (Kg/cm²)

V_m = Resistencia promedio al corte (Kg/cm²)

σ = Desviación estándar (Kg/cm²)

Tabla N° 15: Resultados de resistencia al corte

	Tipo de reforzamiento	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Diagonal (cm)	Área de Corte (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	V _m (Kg/cm ²)
Murete N° 1	Sin Reforzamiento	13.2	63.0	64.0	88.5	1168.2	11405	9.76
Murete N° 2	Sin Reforzamiento	13.0	62.5	64.0	88.5	1150.5	11331	9.85
Murete N° 3	Sin Reforzamiento	13.0	63.0	64.0	90.0	1170.0	12213	10.44
Murete N° 4	Malla para tarrajeo	13.3	63.0	63.2	90.0	1197.0	11162	9.33
Murete N° 5	Malla para tarrajeo	13.6	63.0	63.2	89.0	1210.4	12176	10.06
Murete N° 6	Malla para tarrajeo	13.3	63.0	63.5	90.2	1199.7	9774	8.15
Murete N° 7	Malla electrosoldada	14.5	63.0	63.0	90.3	1309.4	11069	8.45
Murete N° 8	Malla electrosoldada	14.5	62.0	64.0	90.0	1305.0	13478	10.33
Murete N° 9	Malla electrosoldada	14.4	62.1	65.0	90.0	1296.0	12838	9.91

Los resultados finales se muestran en la Tabla N° 16

Tabla N° 16: Resultados de resistencia característica

Tipo de Reforzamiento	V _m	σ	V _m	V _m
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	Mpa
Sin Reforzamiento	10.02	0.37	9.65	0.95
Malla para Tarrajeo	9.18	0.96	8.22	0.81
Malla Electrosoldada	9.56	0.99	8.58	0.84

Se muestra la tabla N° 17 con las resistencias obtenidas en tesis anteriores. Se observa que los valores son similares.

Tabla N° 17: Resistencia característica de tesis anteriores

Tipo de Reforzamiento	V'm (Kg/cm ²)	V'm (Kg/cm ²)	V'm (Kg/cm ²)	V'm (Kg/cm ²)
	Diaz/Cevallos	Luis Saenz	Plinio Mamani	Araoz/Velezmore
Sin Reforzamiento	9.65	9.51	-	9.28
Malla para Tarrajeo	8.22	-	-	-
Malla Electrosoldada	8.58	-	9.00	-

6.2 Gráficos de carga

En este capítulo se procesará de forma gráfica los ensayos de compresión diagonal realizados en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP.

- Se ensayaron los muretes tipo M1, M2 y M3.
- Este ensayo consistió en aplicar una fuerza en compresión diagonal a los muretes, para así, medir la resistencia al corte.
- Los resultados se muestran en una gráfica Fuerza vs. Tiempo (Fig. N° 51, 52 y 53)

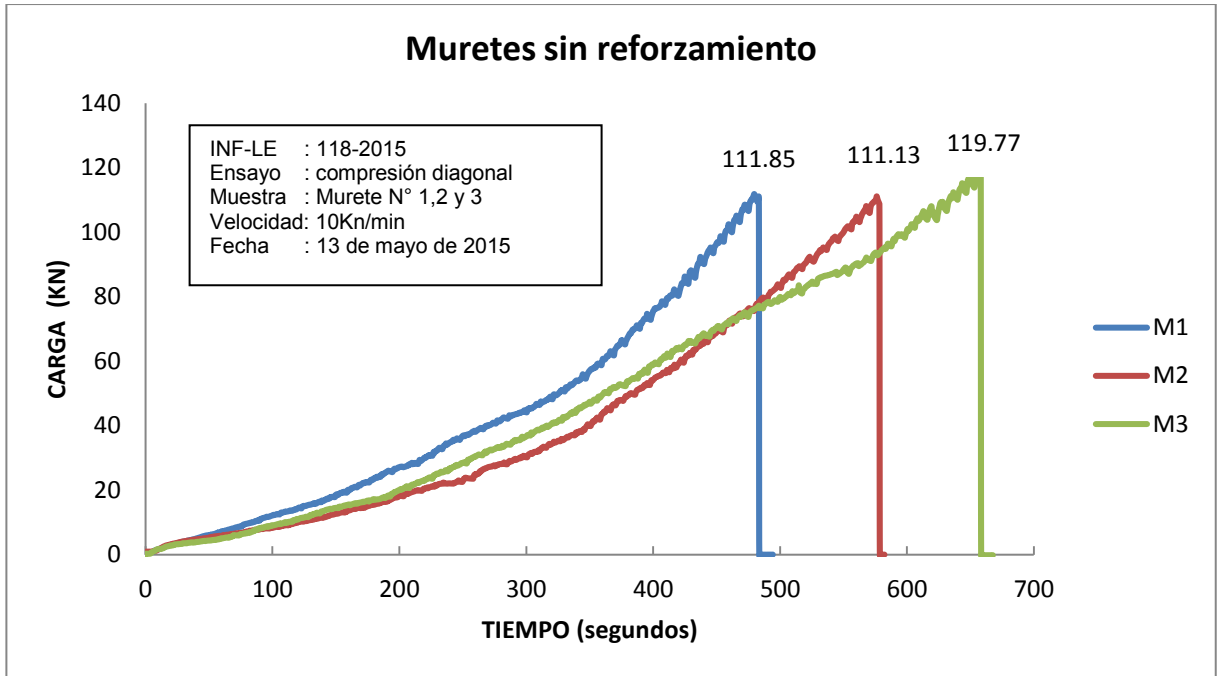


Figura N° 51: Resistencia máxima al corte en muretes Tipo M1

Tabla N° 18: Resultados Fuerza Máxima y Resistencia al corte de Muretes sin reforzamiento

Murete	Pmax (KN)	V (Mpa)
Murete N° 1	111.85	0.957
Murete N° 2	111.13	0.965
Murete N° 3	119.77	1.023

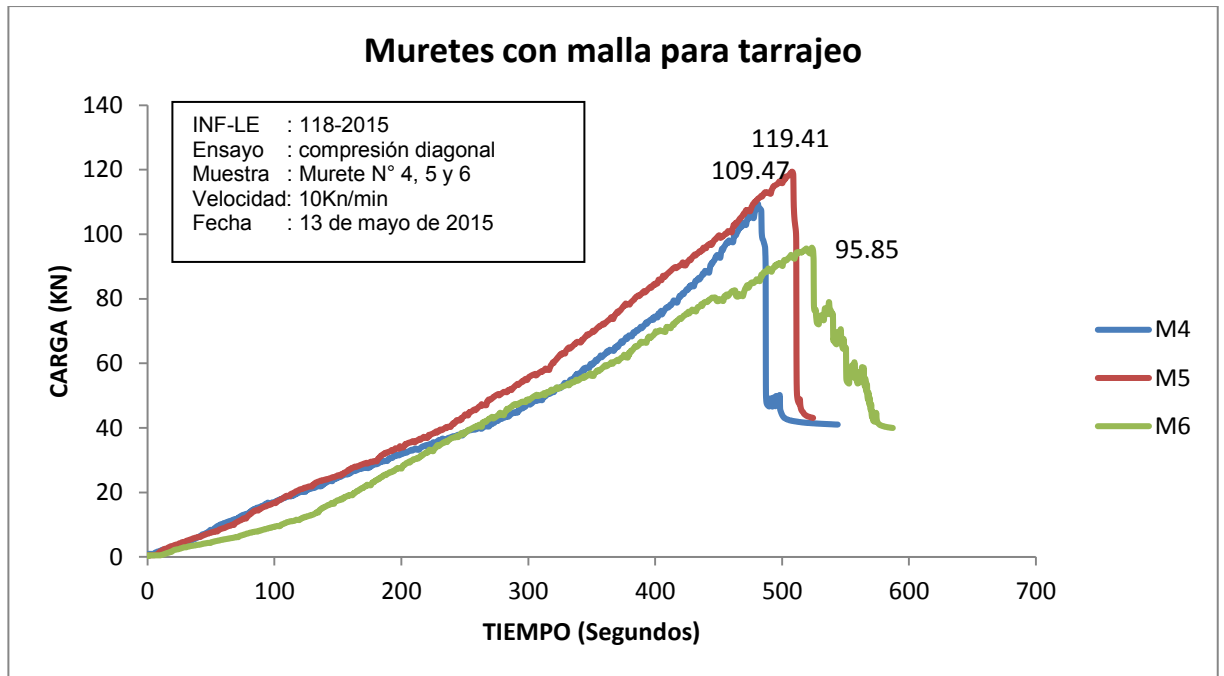


Figura N° 52: Resistencia máxima al corte en muretes Tipo M2

Tabla N° 19: Resultados Fuerza Máxima y Resistencia al corte de Murete con malla para tarrajeo

Murete	Pmax (KN)	V (Mpa)
Murete N° 4	109.47	0.914
Murete N° 5	119.41	0.986
Murete N° 6	95.85	0.799

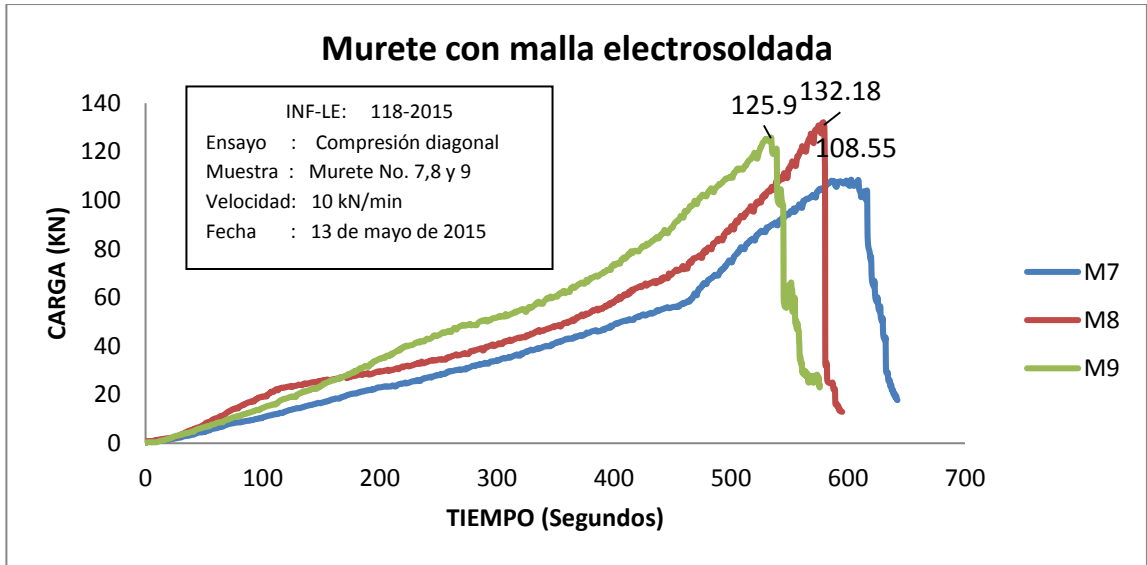


Figura N° 53: Resistencia máxima al corte en muretes Tipo M3

Tabla N° 20: Resultados Fuerza Máxima y Resistencia al corte de Murete con malla electrosoldada

Murete	Pmax (KN)	V (Mpa)
Murete N° 7	108.55	0.828
Murete N° 8	132.18	1.013
Murete N° 9	125.9	0.971

CAPITULO 7: ANALISIS Y COMPARACIÓN DE COSTOS

Los muretes utilizados en este proyecto fueron construidos con ladrillos pandereta que son comercializados a S./ 520 el millar, mientras que los ladrillos que deben ser usados para muros portantes tienen un costo de S./ 680 el millar. Los ladrillos portantes tienen un costo mayor casi del 30%, debido a esta diferencia, en la mayoría de viviendas autoconstruidas predomina el factor económico antes que la seguridad y las normas de construcción establecidas.

En el presente capítulo se detalla los costos de los materiales y mano de obra empleados en la construcción de los muretes (precios extraídos de los catálogos de los fabricantes). A continuación, se presenta 3 tablas de análisis de costo unitario (Tabla N° 21,22 y 23) correspondiente a cada uno de los tipos de muretes ensayados.

La cuadrilla utilizada para la construcción de cada grupo de muretes fue de un (1) operario y un (1) peón.

7.1 Análisis de costo unitario en muretes sin reforzamiento

PARTIDA	:	Murete de Ladrillo sin Reforzamiento
UNIDAD	:	0.366 m ² de murete
ESPECIFICACIONES	:	Murete de ladrillo pandereta, mortero asentado 1:5 y mortero para tarrajeo 1:6

Tabla N° 21: Análisis de costo de murete sin refuerzo

Costo del muro sin malla por m ²					
Rendimiento	11.5 m ² /día				
Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Parcial	Total
Mano de Obra					
Operario	HH	0.70	20.07	14.05	19.11
Peón	HH	0.35	14.81	5.15	
Materiales					
Ladrillo	und	40.00	0.52	20.80	25.23
Cemento	bolsa	0.17	19.10	3.25	
Arena Fina	M ³	0.01	39.90	0.44	
Arena Gruesa	M ²	0.02	49.90	0.75	
				Costo/m²	S/. 44.35

7.2 Análisis de costo unitario en muretes con malla para tarrajeo

PARTIDA : Murete de Ladrillo con malla para Tarrajeo
 UNIDAD : 0.366 m² de murete
 ESPECIFICACIONES : Murete de ladrillo pandereta, mortero asentado
 1:5 y mortero para tarrajeo 1:6

Tabla N° 22: Análisis de costo de murete con malla para tarrajeo

Costo del muro con malla para tarrajeo por m ²					
Rendimiento	10.8 m ² /día				
Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Parcial	Total
Mano de Obra					
Operario	HH	0.74	20.07	14.87	20.35
Peón	HH	0.37	14.81	5.49	
Materiales					
Ladrillo	und	40.00	0.52	20.80	29.93
Cemento	bolsa	0.17	19.10	3.25	
Arena Fina	M ³	0.01	39.90	0.44	
Arena Gruesa	M ³	0.02	49.90	0.75	
Alcayetas	und	10.00	0.20	2.00	
Malla para Tarrajeo	M ²	1.00	2.70	2.70	
				Costo/m²	\$/ 50.29

7.3 Análisis de costo unitario en muretes con malla electrosoldada

PARTIDA : Murete de Ladrillo con malla Electrosoldada
 UNIDAD : 0.366 m2 de murete
 ESPECIFICACIONES : Murete de ladrillo pandereta, mortero asentado
 1:5 y mortero para tarrajeo 1:6

Tabla N° 23: *Análisis de costo con malla electrosoldada*

Costo del muro con malla electrosoldada por m ²					
Rendimiento	9.8 m3/día				
Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Parcial	Total
Mano de Obra					
Operario	HH	0.82	20.07	16.38	22.43
Peón	HH	0.41	14.81	6.04	
Materiales					
Ladrillo	und	40.00	0.52	20.80	35.10
Cemento	bolsa	0.17	19.10	3.25	
Arena Fina	M ³	0.01	39.90	0.44	
Arena Gruesa	M ³	0.02	49.90	0.75	
Alambre #8	kg	0.40	2.44	0.98	
Malla Electrosoldada	M ²	1.00	8.89	8.89	
				Costo/m²	SI. 57.53

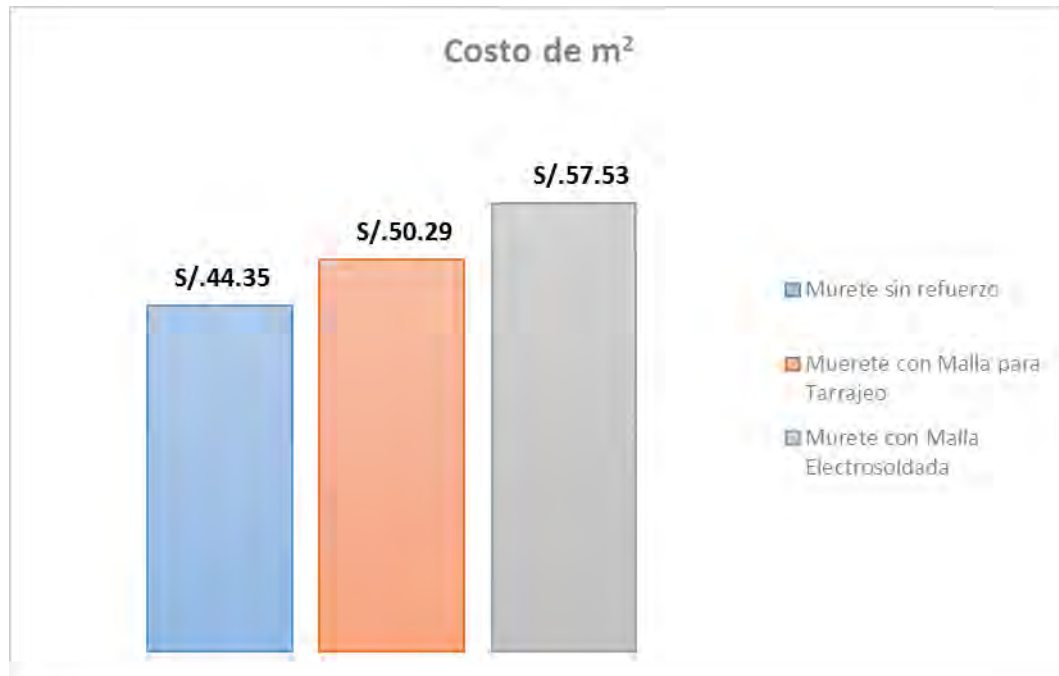


Figura N° 54: Costo de muretes por metro cuadrado

En función a los costos indicados en la (Fig. N°54), al reforzar los muros de albañilería con malla para tarrajeo, el costo se incrementaría 14%. Por otro lado, el costo de reforzamiento con malla electrosoldada se incrementaría en 29%. Si bien los costos de los muretes reforzados son más elevados, los beneficios estructurales que proporcionan los reforzamientos brindan seguridad sísmica a la edificación, evitando la trituración de los ladrillos pandereta y, además, aumenta la resistencia y la rigidez lateral de la estructura en 41% y 42% respectivamente, mayores que los valores obtenidos sin reforzamiento. Estos últimos resultados fueron obtenidos de la Tesis “Araoz, T., & Velezmoro, J. (2012). Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillo pandereta. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.”

CAPITULO 8: CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas del trabajo de la presente tesis son satisfactorias, partiendo del objetivo de mejorar el comportamiento de muros construidos con ladrillos pandereta. Se ha podido evidenciar que ambos tipos de reforzamiento, tanto el reforzamiento con malla para tarrajeo como con la electrosoldada, evitaron la trituración de los ladrillos pandereta, presentando un mecanismo de falla gradual, siendo esta característica de vital importancia pues permite a los usuarios evacuar de una edificación en caso se produzca un sismo.

- Según los ensayos clasificatorios basados en la Norma E.070, las unidades de albañilería empleadas en los ensayos calificaron como Tipo I, que a pesar de presentar variabilidad dimensional y alabeo aceptables. Podemos concluir que, debido a su baja resistencia a la compresión y comportamiento frágil y explosivo, este tipo de ladrillo no debe ser permitido para la construcción de muros portantes en zonas sísmicas y, que su uso, sea exclusivamente para tabiques y parapetos.
- Los espesores en los muretes reforzados con malla para tarrajeo y electrosoldada fueron 13.4 cm y 14.5 cm respectivamente, mientras que para el murete sin reforzamiento fue de 13.1 cm, esta diferencia de espesores ha influenciado en los resultados de la resistencia características (v'), debido a que no fueron comparados bajo la misma área de corte.
- El resultado de los muretes con malla para tarrajeo ($v'=8.22 \text{ kg/cm}^2$) es menor respecto al murete sin refuerzo ($v'= 9.65 \text{ kg/cm}^2$), debido a que este último llegó a su capacidad máxima y colapso de manera abrupta. Mientras que en el sistema

reforzado se evidenciaron pequeñas fisuras de tracción diagonal y, uno de los muretes, falló localmente no pudiendo llegar a su capacidad real de resistencia.

- Los muretes con malla electrosoldada ($v'=8.58 \text{ kg/cm}^2$) también tuvieron menor resistencia respecto al murete sin refuerzo ($v'=9.65 \text{ kg/cm}^2$), debido a que estos tampoco llegaron a su capacidad real de resistencia, por presentar falla local en dos de los tres muretes ensayados. El murete que tuvo falla normal ($v'=10.34 \text{ kg/cm}^2$) presentó leves fisuras en el recubrimiento.
- Los muretes sin reforzamiento fallaron de manera frágil y abrupta. Mientras que los muretes con reforzamiento, tuvieron comportamiento de falla gradual, evidenciándose una deformación inelástica (reducción de fragilidad), esto se debe al confinamiento generado albañilería-malla.
- Con los muretes de malla electrosoldada se obtuvo una resistencia promedio ($v'_m = 8.58 \text{ kg/cm}^2$) menor respecto al murete sin refuerzo, en este caso los muretes fallaron con algo de desprendimiento parcial de la malla. Sin embargo, el murete se mantuvo confinado gracias a que el resto de la malla electrosoldada mantuvo la integridad de la albañilería.
- Las fisuras diagonales que se formaron en los muretes reforzados fueron controladas por las mallas de refuerzo, evitando la falla en la unión mortero-ladrillo y mejorando su comportamiento estructural.
- Para los muros de albañilería construidos con ladrillo pandereta y reforzados con mallas, el costo se incrementaría en un 13% y 29% respecto a un muro sin

reforzamiento. Los beneficios en resistencias no son apreciables en estos ensayos, sin embargo, si puede ser apreciado en su comportamiento ante la falla, controlando las fisuras en la albañilería.

- Para los muretes reforzados con mallas electrosoldadas es muy importante que la malla, el mortero de tarrajeo y el ladrillo tengan una buena adherencia y puedan trabajar como una unidad, por eso se recomendaría 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.
- Las fallas locales se produjeron por trituración del ladrillo en los bordes de contacto, esto a pesar de que se rellenó con mortero la mitad de los ladrillos de borde que estaban en contacto. Por ello, se recomienda para futuros ensayos rellenar con mortero todo el ladrillo de borde y que el capping colocado en los bordes sea de mayor longitud y no sea del tamaño de la superficie en contacto, ya que el utilizado falló al finalizar las áreas en contacto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA, «Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda, Segunda Edición,» Lima, Perú, 2008.
- [2] SALINAS, Rafael y LAZARES, Fernando, «La albañilería tubular y su uso en viviendas en zonas sísmicas,» Lima, 2007.
- [3] URDANETA, Vinicio, «Interacción tabique - pórtico,» Tesis PUCP, Lima, 1999.
- [4] J. VELEZMORO y T. ARAOZ, «Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillo pandereta - segunda etapa-,» Tesis PUCP, Lima, 2012.
- [5] P. MAMANI, «Comportamiento mecánico de muros de albañilería tubular reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales,» TESIS PUCP, Lima, 2015.
- [6] MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO-SENCICO, «Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma técnica E.070 Albañilería,» Lima, 2006.
- [7] SAN BARTOLOMÉ RAMOS, Angel Francisco, «Diseño y construcción de estructuras sismoresistentes de albañilería/ Angel San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva,» Lima, 2011.
- [8] GALLEGOS, Héctor «Albañilería Estructural. 2da edición. Colección del Ingeniero Civil No. 3,» Lima, Fondo Editorial PUCP, 1989.

- [9] SÁENZ TENORIO, Luis Eduardo, «Comportamiento sísmico de tabiques
construidos con ladrillo pandereta, » Lima, 2016.
- [10] SAN BARTOLOMÉ, Ángel, QUIUN, Daniel y SILVA, Wilson, «Diseño y
Construcción de Estructuras Sismo Resistentes de Albañilería,» Lima: Fondo
Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.
- [11] MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO-SENCICO,
«Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 Diseño
Sismoresistente,» Lima, 2006.

