

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil



“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( $f'm$ ) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autora:

Jhoanna Ivone Valdivia Salazar

Asesor:

Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez

Cajamarca - Perú

2021

## DEDICATORIA

A Dios, por la vida y ayudarme a cumplir mis metas en cada etapa de mi vida.

A mis padres, Rolando Valdivia Macedo y María Victoria Salazar Sánchez, por darme su apoyo, su inmenso amor, protección y guiarme durante todo este tiempo, formando una persona responsable con valores y principios, teniendo en claro las metas trazadas.

A mis abuelos, Juana Rister Macedo Renjifo y Segundo Valdivia Mosqueira, por ser mi segunda familia y estar conmigo en los momentos difíciles de mi vida. Siempre dándome apoyo, amor y ánimo para seguir adelante.

A David Agustín León Chilón, por sus palabras y confianza, por ser mi compañero y brindarme su amor. Por acompañarme durante toda la etapa de mi vida universitaria y a cumplir todas nuestras metas en la vida.

Y, por último, a mi pequeña hija Luhana Valentina León Valdivia, ya que por ella lucho todos los días, es el motor de mi vida, la que me impulsa a cumplir cada meta que tengo trazada.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, porque gracias a él, tengo salud y puedo alcanzar un meta más en mi vida.

A mis padres, porque me brindaron todo su apoyo incondicional y son, ese soporte para poder terminar el presente trabajo de investigación.

A mis abuelos, porque siempre confiaron en mí, me brindaron su apoyo para poder alcanzar y culminar el presente trabajo de investigación.

A mi esposo, porque siempre me alentó a nunca darme por vencida, por su apoyo para poder continuar y cumplir con mis metas.

A mi hija, porque ella es la que me da fortaleza y amor incondicional en la vida.

A mi asesor de tesis, Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, por haberme orientado en el desarrollo de mi tesis con su amplio conocimiento tanto teórico como práctico.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería, por transmitirme todos sus conocimientos teóricos y prácticos durante mi etapa universitaria

Al director de carrera, Mg. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por haberme brindado el apoyo necesario para poder culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Realidad Problemática:.....	15
1.2. Antecedentes:.....	22
1.2.1. Internacional:.....	22
1.2.2. Nacionales:.....	22
1.2.3. Locales:.....	24
1.3. Marco Normativo:.....	26
1.3.1. Normas Técnicas Peruanas:.....	26
1.3.2. Norma Técnica Peruana E.070 – Albañilería:.....	26
1.4. Marco Teórico:.....	27
1.4.1. Construcción de albañilería:.....	27
1.4.2. Albañilería y tipos de albañilería:.....	27
1.4.3. Tipos de muros de albañilería:.....	30
1.4.4. Unidad de albañilería:.....	33
1.4.5. Unidad de arcilla:.....	38
1.4.6. Unidades Sílico-Calcáreas:.....	39
1.4.7. Unidades de concreto:.....	40
1.4.8. Ensayos, según la Norma Técnica E.070 - Albañilería:.....	40
1.4.9. Pilas o prismas de albañilería:.....	44
1.4.10. Pilas de ladrillo artesanal con mortero tradicional:.....	46
1.4.11. Pilas de ladrillo artesanal con mortero no tradicional (Massa DunDun):....	46
1.4.12. Aceptación de la unidad:.....	46
1.4.13. Mortero:.....	47
1.4.14. Mortero no tradicional (Massa DunDun):.....	50
1.5. Formulación del problema de investigación:.....	51

1.6. Justificación:.....	51
1.7. Objetivos: .....	52
1.7.1. Objetivo General: .....	52
1.7.2. Objetivos específicos:.....	52
1.8. Hipótesis:.....	53
1.8.1. Hipótesis general: .....	53
1.8.2. Hipótesis específicas: .....	53
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	54
2.1. Tipo de investigación:.....	54
2.2. Diseño de la Investigación.....	55
2.3. Población y muestra:.....	56
2.4. Matriz de consistencia: .....	57
2.4.1. Variables:.....	57
2.4.2. Operacionalización de variables:.....	58
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos: .....	59
2.5.1. Técnicas de recolección.....	60
2.5.2. Instrumentos de recolección y análisis de datos.....	60
2.6. Materiales y equipos:.....	61
2.6.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064): .....	61
2.6.2. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064): .....	61
2.6.3. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):.....	62
2.6.4. Succión (NTP 399.613 – 399.064):.....	62
2.6.5. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):.....	63
2.6.6. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):.....	64
2.6.7. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051): .....	64
2.6.8. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):	65
2.7. Procedimiento:.....	66
2.7.1. Inspección y obtención de unidades de albañilería: .....	66
2.7.2. Inspección y obtención del agregado fino:.....	66
2.7.3. Muestreo para mortero (ASTM D-75): .....	67
2.7.4. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064): .....	68

2.7.5. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):	69
2.7.6. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):	70
2.7.7. Succión (NTP 399.613 – 399.064):	71
2.7.8. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):	72
2.7.9. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):	73
2.7.10. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051):	75
2.7.11. Elaboración de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):	76
2.7.12. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):	77
2.8. Análisis de datos:	79
2.8.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064):	79
2.8.2. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):	79
2.8.3. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):	80
2.8.4. Succión (NTP 399.613 – 399.064):	80
2.8.5. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):	80
2.8.6. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):	81
2.8.7. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051):	81
2.8.8. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):	82
2.9. Aspectos éticos:	83
2.9.1. Objetividad:	84
2.9.2. Veracidad:	85
2.9.3. Responsabilidad:	86
2.10. Aplicación de herramientas:	86
2.11. Métodos:	87
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>	<b>88</b>
3.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064):	88
3.2. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):	89
3.3. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):	91
3.4. Succión (NTP 399.613 – 399.064):	92

3.5. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):.....	93
3.6. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):.....	94
3.7. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051): .....	96
3.8. Compresión de morteros no tradicional (Massa Dun Dun) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051): .....	98
3.9. Comparación de resistencia a compresión de mortero tradicional con mortero no tradicional (Massa DunDun): .....	100
3.10. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621): .	102
3.11. Comparación de resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1 y pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun): .....	105
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	107
4.1. Discusión: .....	107
4.2. Limitaciones: .....	109
4.3. Interpretación comparativa: .....	110
4.4. Implicancias.....	111
4.5. Conclusiones: .....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	113
ANEXOS .....	115
ANEXO N° 01 – Panel Fotográfico .....	115
ANEXO N° 02 – Variación Dimensional .....	121
ANEXO N° 03 – Alabeo .....	122
ANEXO N° 04 – Absorción .....	123
ANEXO N° 05 – Succión.....	124
ANEXO N° 06 – Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	125
ANEXO N° 07 – Resistencia a Compresión de la Unidad de Albañilería .....	126
ANEXO N° 08 – Resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos 50.8mm).....	127
ANEXO N° 09 – Resistencia a Compresión de Pilas de Albañilería.....	128
ANEXO N° 10 – Certificado de Calibración de la Máquina a Compresión .....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Viviendas particulares según el material predominante en las paredes exteriores y área de residencia.....	19
Tabla 2. Limitaciones de aplicación estructural de las unidades de albañilería.....	37
Tabla 3. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	37
Tabla 4. Granulometría de la arena gruesa.....	48
Tabla 5. Tipos de mortero.....	49
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	58
Tabla 7. Número de anexo de los Formatos de Protocolos del Laboratorio UPN-Cajamarca.....	59
Tabla 8. Cantidades de material adecuado para muestreo.....	66
Tabla 9. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de variación dimensional.....	78
Tabla 10. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de alabeo.....	79
Tabla 11. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de absorción.....	79
Tabla 12. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de succión.....	79
Tabla 13. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de análisis granulométrico.....	80
Tabla 14. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de las unidades de albañilería.....	80
Tabla 15. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de morteros de cemento hidráulico 1:3 (cubos de 50.8mm).....	81
Tabla 16. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de morteros no tradicional (Massa DunDun) (cubos de 50.8mm).....	81
Tabla 17. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de pilas de unidades de albañilería elaboradas con mortero tradicional 1:3.....	82
Tabla 18. Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de pilas de unidades de albañilería elaboradas con mortero no tradicional (Masa DunDun).....	82
Tabla 19. Variación dimensional.....	87
Tabla 20. Alabeo.....	88
Tabla 21. Absorción.....	90
Tabla 22. Succión.....	91
Tabla 23. Análisis granulométrico del agregado fino.....	92



Tabla 24. Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.....	93
Tabla 25. Resistencia a la compresión de cubos de mortero 1:3 (50.8mm).....	95
Tabla 26. Resistencia a la compresión de cubos de mortero no tradicional (Massa DunDun).....	97
Tabla 27. Comparación de resistencia a compresión de cubos de mortero tradicional P1 vs. Mortero no tradicional (Massa DunDun).....	99
Tabla 28. Resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1.....	101
Tabla 29. Resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).....	102
Tabla 30. Comparación de resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1 vs. Mortero no tradicional (Massa DunDun).....	104
Tabla 31. Comparación de resistencia a compresión (f'm) de pilas de la presente investigación con las pilas de la investigación guía.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muros de piedra asentados con barro – Siglo XIV.....	15
Figura 2. Vista de Gibellino, Sicilia, después de la serie de sismos que sacudieron la zona sur de Italia en 1968.....	18
Figura 3. Falta de adherencia del mortero.....	19
Figura 4. Ladrillo macizo.....	35
Figura 5. Ladrillo perforado.....	35
Figura 6. Ladrillo hueco.....	36
Figura 7. Ladrillo tubular.....	36
Figura 8. Pilas de unidades de albañilería.....	45
Figura 9. Mortero no tradicional (Massa DunDun).....	55
Figura 10. Diseño de la investigación.....	55
Figura 11. Esquema del diseño de la investigación.....	59
Figura 12. Ficha de recolección de datos.....	60
Figura 13. Cuña para medir alabeo.....	60
Figura 14. Unidades de albañilería.....	63
Figura 15. Máquina para el ensayo a compresión marca Yufeng.....	64
Figura 16. Ubicación de los ladrillos de arcilla artesanal.....	65
Figura 17. Ubicación del agregado fino para mortero.....	65
Figura 18. Muestreo del agregado fino para mortero.....	66
Figura 19. Ensayo de variación dimensional.....	67
Figura 20. Variación dimensional.....	67
Figura 21. Colocación del agregado fino en los tamices.....	71
Figura 22. Prueba a compresión de cubos de mortero 1:3 (5cm x 5cm x 5cm).....	75
Figura 23. Medidas promedio de cada espécimen ensayado.....	87
Figura 24. Variación dimensional con respecto a las dimensiones de fábrica.....	88
Figura 25. Alabeo promedio de cada unidad de albañilería.....	89
Figura 26. Alabeo promedio total.....	89
Figura 27. Absorción de cada unidad de albañilería.....	90
Figura 28. Succión de cada unidad de albañilería.....	91
Figura 29. Curva granulométrica del agregado fino.....	92

Figura 30. Área de contacto vs. Carga de rotura de cada unidad de albañilería.....	94
Figura 31. Resistencia a la compresión (fb) de cada unidad de albañilería.....	94
Figura 32. Área de contacto vs. Carga de rotura de cada cubo de mortero P1.....	96
Figura 33. Resistencia a la compresión (f'm) de cada cubo de mortero P1.....	96
Figura 34. Área de contacto vs. Carga de rotura de cada cubo de mortero no tradicional (Massa DunDun).....	98
Figura 35. Resistencia a la compresión (f'm) de cada cubo de mortero no tradicional (Massa DunDun).....	98
Figura 36. Resistencia a compresión de: Mortero tradicional P1 vs. Mortero no tradicional (Massa DunDun).....	100
Figura 37. Cargas de rotura inicial, media y final de las pilas elaboradas con mortero tradicional P1.....	103
Figura 38. Cargas de rotura inicial, media y final de las pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).....	103
Figura 39. Resistencia a compresión de: Pilas elaboras con mortero tradicional P1 vs. Pilas elaboras con Mortero no tradicional (Massa DunDun).....	105
Figura 40. Resistencia a compresión (fm) promedio vs. Resistencia a compresión (fm) de las pilas de la presente investigación y la investigación de guía.....	110
Figura 41. Selección de la arena gruesa para mortero mediante cuarteo, cantera “Davichito”.....	114
Figura 42. Muestreo de ladrillo, sucursal “El paraíso”.....	114
Figura 43. Ensayo análisis granulometrico.....	115
Figura 44. Colocación de camping de yeso a la unidad de ladrillo .....	115
Figura 45. Unidades de albañilería listos para ensayo de compresión .....	116
Figura 46. Compresión de la unidad de albañilería.....	116
Figura 47. Mezclado de los componentes para mortero tradicional P1.....	117
Figura 48. Compactado del mortero tradicional P1 en el molde.....	117
Figura 49. Ensayo Resistencia a compresión mortero.....	118
Figura 50. Pilas de albañilería para ensayo a compresión.....	118
Figura 51. Pila de albañilería después de la falla en máquina de compresión.....	119
Figura 52. Pilas de albañilería después de ensayo a compresión.....	119

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del promedio de cada dimensión medida.....	65
Ecuación 2. Coeficiente de variación.....	66
Ecuación 3. Variación dimensional.....	66
Ecuación 4. Absorción.....	68
Ecuación 5. Succión.....	69
Ecuación 6. Resistencia a compresión promedio de las unidades de albañilería.....	71
Ecuación 7. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería.....	72
Ecuación 8. Resistencia a compresión de los cubos de mortero P1.....	73
Ecuación 9. Resistencia a compresión de pilas de unidades de albañilería.....	75
Ecuación 10. Resistencia característica.....	76
Ecuación 11. Módulo de finura del agregado fino.....	93

## RESUMEN

Esta Tesis tiene como finalidad determinar la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal utilizando mortero tradicional P1 y pilas de ladrillo artesanal utilizando mortero no tradicional (Massa DunDun), teniendo en cuenta la Norma Técnica E.070 – Albañilería. Se seleccionaron 06 unidades de ladrillo artesanal de la sucursal “El Paraíso” de la cantera “El Cerrillo”, y se procedió a realizar los ensayos clasificatorios: variación dimensional, alabeo, compresión simple y, ensayos no clasificatorios: succión y absorción en laboratorio “Consultoría Lezama” del ingeniero José Lázaro Lezama Leiva. De estos, se obtuvo una variación dimensional de 10.76% en longitud, 8.58% en ancho y 18.23% en alto; un alabeo en concavidad de 1.13mm y 1.63mm en convexidad y una resistencia a compresión ( $f_b$ ) de la unidad de albañilería de  $54.21\text{kg/cm}^2$ , según esto se clasificó el ladrillo según norma técnica E.070 como tipo I. Por otro lado, las pilas elaboradas con mortero tradicional P1 arrojaron una resistencia a compresión ( $f_m$ ) de  $25.14\text{kg/cm}^2$  y las elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun) arrojaron un valor ( $f_m$ ) de  $16.31\text{kg/cm}^2$ , datos que varían en un 24.58%. Analizando los resultados obtenidos nos damos cuenta que ambos valores están por debajo del valor mínimo requerido según la Norma E.070 – Albañilería, el cual es de  $35\text{kg/cm}^2$ , y por ende ningún mortero cumple con este requisito.

**Palabras clave:** resistencia a compresión, ladrillos, mortero y pilas de ladrillo.

## ABSTRACT

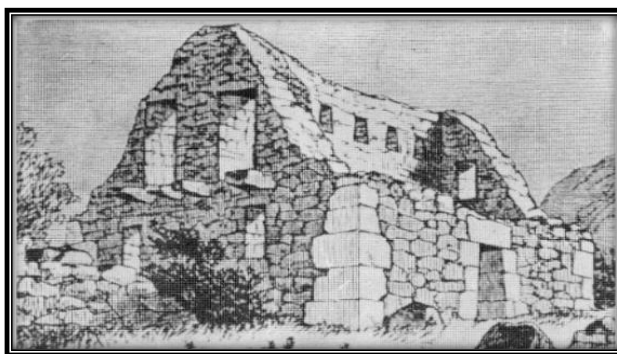
The purpose of this Thesis is to determine the compressive strength of artisan brick piles using traditional P1 mortar and artisan brick piles using non-traditional mortar (Massa DunDun), taking into account Technical Standard E.070 - Masonry. 06 units of artisan brick were selected from the “El Paraíso” branch of the “El Cerrillo” quarry, and the classification tests were carried out: dimensional variation, warping, simple compression and, non-classifying tests: suction and absorption in the laboratory " Lezama Consulting "by engineer José Lazaro Lezama Leiva. Of these, a dimensional variation of 10.76% in length, 8.58% in width and 18.23% in height was obtained; a warping in concavity of 1.13mm and 1.63mm in convexity and a compressive strength ( $f_b$ ) of the masonry unit of 54.21kg / cm<sup>2</sup>, according to this the brick was classified according to technical standard E.070 as type I. On the other hand , the piles made with traditional P1 mortar yielded a compressive strength ( $f_m$ ) of 25.14kg / cm<sup>2</sup> and those made with non-traditional mortar (Massa DunDun) yielded a value ( $f_m$ ) of 16.31kg / cm<sup>2</sup>, data that vary by 24.58 %. Analyzing the results obtained, we realize that both values are below the minimum value required according to Standard E.070 - Masonry, which is 35kg / cm<sup>2</sup>, and therefore no mortar meets this requirement.

Keywords: compressive strength, bricks, mortar and brick piles.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática:

La historia de la humanidad va de la mano con su necesidad de tener un lugar en donde protegerse de las inclemencias de la naturaleza. Desde épocas remotas, el hombre ha buscado para ello, materiales accesibles que sean fáciles de utilizar y que proporcionen la mayor comodidad. Es probable que la mampostería haya sido inventada por un nómada, hace unos 15 000 años, cuando, al no encontrar un refugio natural para protegerse de las adversidades de la naturaleza, decidió apilar piedras para formar un lugar donde guarecerse. Por otro lado, el proceso inmediato en el desarrollo de la mampostería fue la utilización del mortero de barro, el cual permitió no sólo apilar, sino acomodar o asentar con más facilidad, y a mayor altura, las piedras irregulares naturales. Este paso se dio cuando se comenzaron a integrar las primeras aldeas (A. Saenz, 2013).



*Figura 1. Muros de piedra asentados con barro – Siglo XIV.*

Fuente: Carlos Sáenz, André (2013).

Por otro lado, la albañilería existió desde tiempos prehistóricos y su forma inicial podría haber sido los muros hechos con piedras naturales trabadas o adheridas con barro. Desde aquel entonces la evolución de la albañilería no ha dejado de parar, el ladrillo desde que era una masa amorfa de barro secada al sol en la ciudad de Ur,

para luego ser llevado al horno a unos 3000°C, formándose lo que actualmente se denomina el ladrillo de arcilla o cerámico. Y el mortero inventado por Vitruvio (Arquitecto Romano, 25 a.C., en cual mezcló con cal y agua a la “arena volcánica” del Vesubio (actualmente denominada “puzolana”) (A. San Bartolomé, 1994).

La primera unidad de albañilería artificial consistió en una masa amorfa de barro secada al sol; vestigios de esta unidad han sido encontrados en las ruinas de Jericó (Medio Oriente), 7350 años a.C.. Es interesante destacar que antiguamente las unidades no tenían una forma lógica, llegándose a encontrar unidades de forma cónica en lugares y épocas distintas: en la Mesopotamia (7000 de antigüedad) y en Huaca Prieta, Perú (5000 años de antigüedad) (A. San Bartolomé, 1994).

El paso siguiente en el proceso de desarrollo de la albañilería debió de ser la utilización del mortero de barro. Este permitía ya no solo apilar sino también acomodar o asentar con más facilidad – y, ciertamente, a más altura – las irregulares piedras naturales. Los cierres del recinto así formado tenían la virtud de proteger a sus habitantes del aire y de la lluvia, y de ser más resistentes y estables (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Actualmente, en todo el mundo, el ser humano se ha caracterizado por tener la capacidad de adaptarse a los constantes cambios evolutivos generados por sí mismo, en busca de adquirir un refugio donde pueda habitar un determinado tiempo o una vida completa, uno de estos cambios es el buscar la mayor durabilidad y eficiencia en una infraestructura ya que se ha venido deteriorando día a día, tanto como en países desarrollados como emergentes, es por eso que conocemos diferentes tipos de albañilería, elaboradas con diferentes productos, como por ejemplo el adobe de arcilla, el muro de quincha, adobe cocido, además de distintos tipos de unidad de



albañilería cuyas propiedades mecánicas van de acuerdo al uso que se va a dar y cada una de estas unidades tienen diferentes características, pesos, dimensiones, etc. Además, conocemos gran variedad de morteros para el asentamiento de las unidades de albañilería.

La calidad y eficiencia del mortero es uno de los principales problemas que aborda a todo el mundo, sea cual sea el tipo de elemento de construcción (ladrillo, piedra, bloque de hormigón, etc.) o tipo de mortero que se vaya a utilizar en la construcción de muros de mampostería; es decir, se debe asegurar que el mortero cumpla con ciertos requisitos y proporciones para que éste desempeñe un óptimo papel como aglutinante (R. Duran, 2018).

Es evidente que la albañilería ha carecido de ingeniería. De un lado, la construcción de edificaciones con muros excesivamente gruesos, definidos sobre la base no de racionalidad sino de recetas empíricas, ha conducido a elevar innecesariamente sus costos. Por otro lado, la falta de conceptos claros, la ausencia de armadura y la utilización de configuraciones incorrectas han llevado a producir construcciones inseguras y a producir grandes desastres estructurales (Figura 2). La ingeniería busca – esa es la esencia de su actividad – el balance de seguridad y economía, y este equilibrio ha estado ausente del diseño y la construcción de albañilería. Con el propósito de asegurar el logro del mencionado balance es indispensable: a) Determinar efectivamente, mediante ensayos adecuados, las propiedades reales de la albañilería, b) Minimizar la variabilidad de esta, c) Definir las configuraciones arquitectónicas y estructurales apropiadas, d) Definir modos de comportamiento, ante las diferentes acciones y cargas, compatibles con dichas configuraciones, e) Racionalizar los detalles constructivos y la integración de los

otros sistemas – fenestración, tuberías y acabados, por ejemplo – que integran la construcción, f) Producir proyectos, planos y especificaciones compatibles con la realidad a la que están destinados; y, g) Aplicar conceptos válidos y procedimientos de ingeniería en todas las etapas de una obra, desde su concepción hasta su terminación (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).



*Figura 2. Vista de Gibellino, Sicilia, después de la serie de sismos que sacudieron la zona sur de Italia en 1968.*

Fuente: Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos (2005).

En cuanto a Latinoamérica, el uso de mortero es producto del día a día en los diferentes países; por ejemplo, en Colombia, el uso del mortero en la construcción ha sido muy diverso, se usa ampliamente como material de revoque o repello, como material de pega en la mampostería y en los últimos tiempos en la mampostería estructural. Sin embargo, no se debe descuidar que el mortero cumpla con ciertas propiedades para un buen desempeño, tales como: a) Manejabilidad – la cual depende de una buena proporción de arena y cemento, b) Retención de agua – la cual influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final; y, c) Velocidad de endurecimiento – la cual depende de la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y humedad (F. Breña, 2012).

Por otro lado, en Argentina, la empresa Holcim menciona los dos principales problemas que puede presentar el mortero, los cuales son: a) Falta de adherencia – la cual debe prevenirse utilizando la máxima cantidad de agua que permita su trabajabilidad y aplicando la mezcla sobre superficies previamente humedecidas; y, b) Desgranamiento – el cual se previene impidiendo por todos los medios el secado prematuro del mortero una vez aplicado y utilizando una dosificación correcta según sea la aplicación (J. Cantillana, 2011).



Figura 3. Falta de adherencia del mortero.

Fuente: Cantillana Ibarrota, José (2011).

En cuanto al ámbito peruano, el mortero viene a ser un material de gran importancia para la construcción de los diversos tipos de albañilería, tanto la armada, confinada, no confinada y simple. En el Perú las construcciones de albañilería representan el 55.40% según INEI (2019) de las viviendas particulares.

Tabla 1

*Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia.*

Material predominante en las paredes exteriores /	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe o tapia	Quincha (caña con barro)	Piedra con barro	Madera	Estera	Otro material
2019	100.0%	55.4%	0.5%	31.4%	1.1%	0.8%	7.7%	1.6%	1.4%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019

Otra problemática peruana es la reducción de costos en la construcción, y ello se ha conseguido regateando o buscando materiales más baratos y al menudeo, los cuales muchas veces no cuentan con ninguna certificación de calidad, o los centros en los que se venden los tienen almacenados en pésimas condiciones, lo que como se sabe atenta contra las propiedades físico mecánicas tanto de los agregados como la de las unidades de albañilería y cualquier otro elemento utilizado dentro de la construcción. Debido a ello es importante buscar la innovación tanto de los productos ya existentes como el desarrollo de nuestros productos con mejor tecnología y que estos puedan significar aportes importantes para reducir las problemáticas como también para que esto signifique un avance para la construcción de viviendas (M. Estrella, 2018).

Uno de los grandes investigadores de la Albañilería del adobe, el ladrillo y otros materiales es el Ing. Ángel San Bartolomé, profesor principal e investigador de la Pontificia Universidad Católica del Perú y cuyos resultados han sido publicitados a nivel Nacional e Internacional, sus investigaciones se enmarcan en mejorar la calidad de la unidad del ladrillo, el mortero y luego muchas investigaciones de la albañilería en pilas y muretes tanto a fuerza vertical como a fuerza sísmica; efectuando para su comprobación ensayos a compresión de la unidad, de la pilas y a compresión diagonal de muretes; finalmente publica el libro de Diseño y Construcción de estructuras sismorresistentes de Albañilería, junto a Daniel Quiun y Wilson Silva; donde nos muestra los ensayos de acuerdo a la Norma E-070, los procedimientos de construcción, el comportamiento sísmico, el análisis estructural y el diseño sísmico.

Cajamarca, como otras ciudades del Perú, no está tan alejada del crecimiento urbano, lo que ha conllevado a la demanda excesiva de viviendas, siendo el ladrillo la mejor alternativa en la construcción de las edificaciones; sin embargo, las construcciones de albañilería ya existentes presentan muchas deficiencias, principalmente, debido a la baja calidad de los materiales, a la inadecuada selección de estos y a los no adecuados procesos constructivos (C. Mamani, 2017).

Debido a todas las investigaciones por actualizar la calidad de la albañilería en la espera de una mejor respuesta ante los sismos, nace la idea de la investigación que consiste en: “Comparar la resistencia a la compresión (f'm) entre pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y mortero no tradicional (Massa DunDun) en la ciudad de Cajamarca en el presente año”. Esta comparación se realiza con el fin de comprobar e identificar en qué cantidad numéricamente hablando aumenta y/o disminuye la resistencia a la compresión (f'm), de pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun), con respecto al mortero tradicional, en las condiciones ambientales de la ciudad de Cajamarca; esto debido a que, se menciona que la Massa DunDun nace como alternativa para reemplazar el mortero tradicional y cumple eficientemente la principal función que se busca en el asentado de ladrillos que es unir con mucha fuerza dos bloques de ladrillo.

La presente investigación está dirigida a otros estudiantes, profesionales y público en general habidos en mejorar la gestión del conocimiento; a continuación, presento una serie de antecedentes que justifican mi investigación:

## **1.2. Antecedentes:**

### **1.2.1. Internacional:**

En Portugal, João Quesado realizó una investigación en el 2018, titulada: “Comportamiento a la compresión de prismas, carteras y paredes de ladrillos de arcilla - Influencia del revestimiento”, la cual es un estudio experimental llevado a cabo sobre 195 prismas de arcilla roja, de dos y tres bloques de cerámica, con y sin recubrimiento de mortero de cemento y algunas muestras reforzadas con malla, sometidos a compresión axial para mejorar la capacidad de la mampostería. Los prismas se sometieron a cargas de compresión y todos ellos tenían control de deformación en cada cara con un deflectómetro para obtener información sobre el comportamiento estructural de los prismas. Los resultados experimentales indican un aumento tanto en la capacidad de carga de compresión de los prismas recubiertos, como en aquellos que utilizan recubrimientos a base de mortero reforzado, que no cumplen con las especificaciones del mortero estructural convencional. En otras palabras, los resultados mostraron que para prismas con 3 bloques y un mortero de revestimiento único (1: 1: 6), un aumento del espesor de 1,5 cm a 3 cm aumenta la capacidad de carga en aproximadamente un 14%; además, para los prismas de igual espesor, 3 cm, y diferente proporción de mezcla se observó un incremento del 31% entre las proporciones de mezcla de 1: 1: 6 y 1: 0.5: 4.5.

### **1.2.2. Nacionales:**

En Lima, Wilson Arquíñigo realizó una investigación en el 2011, titulada: “Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco”, en la cual abarca la resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal y pilas de ladrillo artesanal mejorado (incluyendo 10% de aserrín

en la composición del crudo e incluyendo a la unidad 8 huecos de 2.10cm de diámetro, para un ladrillo de 7 x 13 x 23, es decir, un porcentaje de vacío de 9.27%; del cual obtuvo como resultado lo siguiente: a) Las pilas de ladrillo artesanal sin mejora es de 19.37kg/cm<sup>2</sup>, es decir, no alcanza el mínimo para el tipo King Kong artesanal de la norma E-070, y b) Las pilas de ladrillo artesanal con mejora alcanza resistencias de 36.78 y 36.99 kg/cm<sup>2</sup>, superando ligeramente el valor mínimo para King Kong artesanal según la Norma E.070 – Albañilería.

En Tacna, Christopher Cabrera realizó una investigación en el 2018, titulada: “Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”, en la cual abarca la resistencia a la compresión de prismas de albañilería variando el espesor del mortero tradicional empleado en la elaboración de estas; investigación de la cual obtuvo como resultado que: de las 5 pilas construidas con ladrillo de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna se obtuvo una resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) igual a 48.60kg/cm<sup>2</sup>, el cual según el cuadro de “Resistencias Características de la Albañilería de la NTE. E.070 – Albañilería”, caracteriza al ladrillo como un ladrillo King Kong Artesanal y ladrillo Tipo III, de una resistencia y durabilidad media y apto para construcciones de albañilería de uso general, concluyendo que no cumple con los parámetros establecidos en la norma para un ladrillo industrial.

En Cusco, Rony Zuniga y Wili Apaza, realizaron una investigación en 2017, titulada: “Análisis comparativo de la resistencia a compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes de albañilería, sin tarrajeo, con tarrajeo y tarrajeo reforzado con sogá driza utilizando ladrillos King Kong de 18 huecos y blocker”; en

la cual, se estudia las variaciones numéricas de las propiedades de resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillo King Kong de 18 huecos, los cuales serían evaluados a través de especímenes de prismas de albañilería según la norma E.070 – Albañilería; la fabricación de los especímenes se realizó con unidades de ladrillo de 18 huecos con medidas de 9cm x 12cm x 24cm asentados con mortero tipo NP (No portante), también se realizó el tarrajeo en pilas con arena fina de Cunyac Limatambo; investigación de la cual se obtuvo como resultados que: a) La resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) de las pilas sin tarrajeo es de 18.89kg/cm<sup>2</sup>; b) La resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) de las pilas con tarrajeo es de 21.62kg/cm<sup>2</sup>; y, c) La resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) de las pilas con reforzado de sogas drizas es de 24.20kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, ninguna cumple con la resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) mínima de 35kg/cm<sup>2</sup> establecida en la norma E.070 – Albañilería.

En Ancash, Elio Milla realizó una investigación en 2018, titulada: “Estudio de las características elástico resistentes de la albañilería con propósito estructural en la ciudad de Huaraz”; en el cual analizaba la resistencia a compresión de pilas de unidades de albañilería sólidas, de la cual obtuvo como resultado que la resistencia a compresión de las pilas o prismas de albañilería de unidades sólidas artesanales consideradas en el estudio es de 24.31kg/cm<sup>2</sup> con dispersión de 41.8%, el cual no cumple con la normatividad debido a que indica un valor menor a 35 kg/cm<sup>2</sup> y su dispersión es mayor a 40%.

### **1.2.3. Locales:**

En Cajamarca, Miluska Sáenz realizó una investigación en 2016, titulada: “Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería”, del cual obtuvo como resultado que disminuye la resistencia a



compresión axial hasta en un 15% por cada incremento de 1cm en el espesor de la junta de mortero.

En Cajamarca, Guly Guevara realizó una investigación en 2015, titulada: “Influencia del periodo de exposición al agua en la resistencia a compresión (f'm) de pilas de albañilería fabricadas con ladrillos artesanal”, que contemplaba la compresión de pilas de ladrillo artesanal sin tiempo de exposición al agua, curadas por un periodo de 28 días, tal como especifica la norma E-070 Albañilería; la cual arrojó como resultado 29.21 kg/cm<sup>2</sup>, cabe resaltar que este valor es menor al recomendado para ladrillos artesanales King Kong que debe ser 35 kg/cm<sup>2</sup>.

En Cajamarca, Cinthia Lazo realizó una investigación en 2018, titulada: “Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal”, en la cual se determina la resistencia a la compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal; trabajó con morteros de 1:4, 1:4:1/2, 1:5 y 1:5:1/2, como referencia de la norma técnica E.070 – Albañilería para su uso en muros portantes. Elaboró 72 pilas de unidades de albañilería asentadas con mortero de espesor 1.5cm hasta formar 3 hiladas, pasando por un curado de 28 días, para después someterlas al ensayo de compresión axial; de esta investigación, se obtuvo como resultados de las pilas con unidades de arcilla artesanal, los siguientes: a) La resistencia a compresión de las pilas con un mortero de 1:4 fue de 20.694 kg/cm<sup>2</sup>, b) Añadiendo ½ de cal, fue de 24.076 kg/cm<sup>2</sup>, c) La resistencia a compresión de las pilas con un mortero de 1:5 fue de 18.961 kg/cm<sup>2</sup>; y, d) Añadiendo ½ de cal, fue de 19.529 kg/cm<sup>2</sup>.

En Cajamarca, Denis Gamboa realizó una investigación en el 2017, titulada: “Determinación de la resistencia a la compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto, fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba”, investigación en la cual se analiza la resistencia a compresión (f<sub>m</sub>) de dos tipos de ladrilleras de la ciudad de Cajabamba, investigación de la cual se obtuvo como resultados: a) La resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) de la Ladrillera Rodríguez es de 38.83 kg/cm<sup>2</sup>; y, b) La resistencia a la compresión axial (f<sub>m</sub>) de la Ladrillera El Ciprés es de 37.08 kg/cm<sup>2</sup>; ambos resultados sobrepasando el valor mínimo de 35 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la norma E.070 – Albañilería.

En Cajamarca, Enrique Tafur y Víctor Narro realizaron una investigación en el 2006, titulada: “Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca”, obteniendo como resultado que el 69% de las viviendas presentan alta vulnerabilidad sísmica debido a la baja calidad de las construcciones de la albañilería conformada por ladrillos y mortero cemento – arena.

### **1.3. Marco Normativo:**

#### **1.3.1. Normas Técnicas Peruanas:**

Las normas NTP 331.017, 399.604 y 399.613, establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla que serán destinados al uso de albañilería estructural y no estructural; además, incluyen los procedimientos para el muestro y ensayos de las propiedades físicas y mecánica de estos.

#### **1.3.2. Norma Técnica Peruana E.070 – Albañilería:**

Norma que establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las

edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

#### **1.4. Marco Teórico:**

##### **1.4.1. Construcción de albañilería:**

Se definirá por construcción de albañilería a todo aquel sistema donde se ha empleado básicamente elementos de albañilería (muros, vigas, pilastras, etc.). Estos elementos a su vez están compuestos por unidades de arcilla, sílice-cal o de concreto, adheridas con mortero de cemento o concreto líquido (“Grout”). Estas construcciones pueden tener diversos fines, por ejemplo: viviendas, tanques de agua, muros de contención, etc. Sin embargo, debe indicarse que nuestra Norma y las investigaciones actuales están dirigidas principalmente a resolver el problema de la vivienda; en consecuencia, para construcciones distintas a los edificios, las disposiciones de la Norma se aplicarán en la medida que sea posible (A. San Bartolomé, 1994).

En cuanto a los edificios, el sistema estructural de albañilería debería emplearse sólo cuando estas edificaciones contengan una abundancia de muros; por ejemplo, en las viviendas uni y multifamiliares, los hoteles, etc. Esto no quiere decir que toda la estructura debe ser de albañilería, sino que pueden existir columnas aisladas de cualquier otro material que ayuden a los muros a transmitir la carga vertical, incluso podrían existir placas de concreto armado que en conjunto con la albañilería tomen la fuerza sísmica; sin embargo, el sistema estructural predominante estará conformado por los muros de albañilería (A. San Bartolomé, 1994).

##### **1.4.2. Albañilería y tipos de albañilería:**

La albañilería o mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las

unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, lapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. Esto quiere decir que, la albañilería existió desde tiempos prehistóricos y que su forma inicial podría haber sido los muros hechos con piedras naturales trabadas o adheridas con barro, lo que actualmente en nuestro medio de denomina “pirca” (A. San Bartolomé, 1994).

#### **A. Albañilería armada:**

La albañilería armada es una albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de albañilería armada también se les denomina muros armados (Norma E.070, 2006).

Este tipo de albañilería presenta tales puntos a favor como: a) Los conductos para las instalaciones eléctricas pueden colocarse en el interior de los alveolos de las unidades; b) Presentan mejor acabado y, de emplearse unidades caravistas, no necesitan de tarrajeo ni de pinturas; algo que también podría lograrse en los muros confinados empleando unidades caravistas y enchapando (si se desea) las columnas; y, c) Al emplearse refuerzo vertical uniformemente distribuido se mejora la transferencia de esfuerzos por corte-fricción entre el techo y el muro; y también, entre el muro y la cimentación. Por otro lado, también presente puntos en contra, como puede ser: a) El concreto fluído requiere de un 50% más de cemento para lograr la misma resistencia que un concreto normal. Además, en las regiones sísmicas, es recomendable rellenar todo los alveolos de los muros portantes, a no ser que se usen unidades sólidas en las zonas del muro donde no exista refuerzo vertical, lo que

evidentemente complica el proceso constructivo; b) En todos los entrepisos se requiere utilizar refuerzo mínimo (horizontal y vertical), para evitar que los muros se fisuren por contracción de secado del grout; c) Se requiere de una mano de obra especializada y de un trabajo de alta precisión, para no terminar grifando el refuerzo vertical al forzar su penetración en los alveolos de la unidad; y, d) No es recomendable el uso de concreto ciclópeo en la cimentación, más bien debe usarse un sistema de cimentación más caro, como el solado o el concreto simple corrido (A. San Bartolomé, 1994).

### **B. Albañilería confinada:**

Es una albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel (Norma E.070, 2006).

El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para ductilizar al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga (“solera”, “viga collar”, “collarín” o “viga ciega”) y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano (A. San Bartolomé, 1994).

Cabe mencionar que, la albañilería confinada fue creada por ingenieros italianos, después de que el sismo de 1908 en Sicilia arrasara con las viviendas de albañilería, no reforzadas. En el Perú, la albañilería confinada ingresa después del

terremoto de 1940; mientras que la armada lo hace en la década del 60, pese a que ésta se había creado antes (A. San Bartolomé, 1994).

### **C. Albañilería no reforzada:**

La albañilería no reforzada es una albañilería sin refuerzo (Albañilería simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de la norma E.070 – Albañilería (Norma E.070, 2006).

### **D. Albañilería estructural:**

La albañilería estructural viene a ser las construcciones de albañilería que han sido diseñadas racionalmente, de tal manera que las cargas actuantes durante su vida útil se transmitan adecuadamente a través de los elementos de albañilería (convenientemente reforzados) hasta el suelo de cimentación (A. San Bartolomé, 1994).

## **1.4.3. Tipos de muros de albañilería:**

### **A. Muros no portantes:**

Los muros no portantes son los que no reciben carga vertical, como por ejemplo: los cercos, los parapetos y los tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje. Por otro lado, mientras que los cercos son empleados como elementos de cierre en los linderos de una edificación (o de un terreno), los tabiques son utilizados como elementos divisorios de ambiente en los edificios; entanto que los parapetos son usados como barandas de escaleras, cerramientos de azoteas, etc (A. San Bartolomé, 1994).

En nuestro medio, los tabiques son generalmente hechos de albañilería, esto se debe a las buenas propiedades térmicas, acústicas e incombustibles de la albañilería.

Por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares (perforaciones paralelas a la cara de asentado) denominados “pandereta”, cuya finalidad es aligerar el peso del edificio, con el consiguiente decrecimiento de las fuerzas sísmicas (A. San Bartolomé, 1994).

### **B. Muros portantes:**

Los muros portantes son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de solicitación, tanto contenida en su plano como perpendicular a su plano, tanto vertical como lateral y tanto permanente como eventual (A. San Bartolomé, 1994).

Estos muros portantes deberán tener: a) Una sección transversal perfectamente simétrica; b) Continuidad vertical hasta la cimentación; c) Una longitud mayor ó igual a 1.20m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales; d) Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en sitios tales como: cambios de espesor de la longitud en el muro (en el caso de albañilería armada), en donde haya juntas de control en la cimentación (en losas y techos), y en alféizar de ventanas o cambios de sección apreciable en un mismo piso; e) La distancia máxima entre juntas de control es de 8m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25m en el caso de muros con unidades de arcilla; y, f) Arriostre por elementos verticales u horizontales tales como muros transversales, columnas, soleras y diafragamas rígidos de piso (Norma E.070, 2006).

### **C. Muros no reforzados:**

Los muros no reforzados o de albañilería simple son aquellos que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas

reglamentarias que debe tener todo muro reforzado; además, su uso está limitado a construcciones de un piso; sin embargo, en Lima existen muchos edificios antiguos de albañilería no reforzada, incluso de 5 pisos, pero ubicados sobre suelos de buena calidad y con una alta densidad de muros en sus dos direcciones, razones por las cuales estos sistemas se comportaron elásticamente (sin ningún tipo de daño) ante los terremotos ocurridos en los años de 1968, 1970 y 1974 (A. San Bartolomé, 1994).

#### **D. Muros reforzados (armados, laminares y confinados):**

Los muros armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical); además, estos muros requieren de la fabricación de unidades especiales, con alveolos donde se pueda colocar el refuerzo vertical, en tanto que, dependiendo del diámetro del refuerzo horizontal, éste se coloca en los canales de la unidad (cuando el diámetro es mayor a ¼ pulg.), o en la junta horizontal (cuando el diámetro es menor o igual a ¼ pulg.). El diámetro del refuerzo horizontal depende de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada íntegramente por el acero (A. San Bartolomé, 1994).

Los muros laminares están constituidos por una placa delgada de concreto (dependiendo del espesor, 1 a 4 pulgadas, en la cual se usa grout o concreto normal) reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa; es debido a la adherencia entre el concreto y los muros de albañilería, así como por el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, por lo cual se logra una integración en todo el sistema (A. San Bartolomé, 1994).



Los muros confinados son los que se emplean en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificios de hasta 5 pisos, estos son muros de albañilería simple son enmarcados por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción el muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es más bien una tradición peruana, puesto que en Chile se utiliza una conexión prácticamente a ras que tuvo un buen comportamiento en el terremoto de 1985 (A. San Bartolomé, 1994).

Se considerará como muro portante confinado, aquel que cumpla con las siguientes condiciones: a) Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso, b) Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sean dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5m, c) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción, d) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería; y, e) Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con  $f'_c \geq 17.15 \text{ MPa}$  ( $175 \text{ kg/cm}^2$ ) (Norma E.070, 2006).

#### **1.4.4. Unidad de albañilería:**

Las unidades de albañilería a las que se refiere la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades de albañilería pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares. Para efectos del diseño estructural (Aceros Arequipa, 2015).

La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería. Se elabora de materia primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. Se forma mediante el moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación, o por extrusión. Finalmente, se produce en condiciones extremadamente disímiles: en sofisticadas fábricas, bajo estricto control industrial, o en precarias canchas, muchas veces provisionales, incluso al pie de la obra en la que será utilizada, mediante procedimientos rudimentarios y sin ningún control de calidad. No debe extrañar, entonces, que las formas, tipos, dimensiones y pesos sean de variedad prácticamente ilimitada, y que la calidad de las unidades – medida por el valor y por el coeficiente de variación de sus propiedades significativas – cubra todo el rango, desde pésimo hasta excelente (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Las unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones – particularmente el ancho – y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. El ladrillo tradicional es una pieza pequeña que usualmente no tiene un ancho mayor de 10 a 12cm, y cuyo peso no escende los cuatro kilos. Por otro lado, los bloques están hechos para manipularse con las dos manos, lo que ha determinado que en su elaboración se haya tomado en cuenta el que puedan pesar hasta unos quince kilos (en algunos casos más); que el ancho no sea definido, basándose en condiciones ergonómicas y que se provean, más bien, alvéolos o huecos, que permitan asirlos y manipularlos sin maltratarse los dedos o las manos. Estos alvéolos, a su vez, han servido para permitir la colocación de la armadura y luego la del concreto líquido (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

### A. Tipos de ladrillos:

Ladrillo macizo: Es una unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Además, debe contener menos de un 10 % de perforaciones (Aceros Arequipa, 2015).



Figura 4. Ladrillo macizo.

Fuente: Aceros Arequipa (2015).

Ladrillo perforado: Es la unidad que tiene perforaciones que ocupen como mínimo el 10% de la superficie. Se utiliza para muros portantes. Más conocido como ladrillo King Kong de 13 x 24 x 9cm con 18 huecos (Aceros Arequipa, 2015).



Figura 5. Ladrillo perforado.

Fuente: Aceros Arequipa (2015).

Ladrillo hueco: Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Además, poseen orificios horizontales y son utilizados para tabiquería que no soportan grandes cargas (Aceros Arequipa, 2015).



*Figura 6. Ladrillo hueco.*

Fuente: Aceros Arequipa (2015).

Ladrillo tubular: Es una unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento. Se utilizan para techos de losas aligeradas (Aceros Arequipa, 2015).



*Figura 7. Ladrillo tubular.*

Fuente: Aceros Arequipa (2015).

## B. Limitaciones de aplicación estructural de las unidades de albañilería:

Tabla 2

*Limitaciones de aplicación estructural de las unidades de albañilería.*

Tipo	Posibilidad de aplicación			
	Muro en zona sísmica		Muro en zona no sísmica	
	Portante	No portante	Portante	No portante
Sólida	Óptima	Aplicable, pero muy pesada y costosa	Óptima para cargas no elevadas	Aplicable, pero muy costosa
Hueca	Óptima si se llenan de alvéolos con concreto líquido		Aplicable	Óptima
Perforada	No aplicable, salvo que el área alveolar sea 30% o menos que el área bruta		Aplicable	Óptima
Tubular	No aplicable	Óptima	No aplicable	Óptima

Fuente: Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos (2005).

## C. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales:

Tabla 3

*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 <sub>b</sub> mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
	<b>Ladrillo I</b>	8	6		
<b>Ladrillo II</b>	7	6	4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	5	4	3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	4	3	2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	3	2	1	2	17,6 (180)
<b>Bloque P<sup>(1)</sup></b>	4	3	2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP<sup>(2)</sup></b>	7	6	4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Norma E.070 – Albañilería, 2006.

#### **D. Clasificación de ladrillos:**

De acuerdo con la Norma NTP 331.017 (1978), los ladrillos se clasifican en 5 tipos:

- a) TIPO I. Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- b) TIPO II. En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).
- c) TIPO III. Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo,
- d) TIPO IV. Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas.
- e) TIPO V. Tienen una resistencia y durabilidad muy elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

#### **1.4.5. Unidad de arcilla:**

Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos. Se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos. También se produce, aunque en menor proporción, bloques de cerámica (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Las arcillas empleadas como materia prima para la fabricación de los ladrillos se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen un 15% de carbonato de calcio, queda da lugar a unidades de color amarillento; en las segundas, predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, que le proporciona

un tono rojizo. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla (A. San Bartolomé, 1994).

Las arcillas se presentan en la naturaleza de forma pura, derivadas directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales o eólicos y están mezcladas con cantidades apreciables de arena y limo (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

#### **1.4.6. Unidades Sílico-Calcáreas:**

En el Perú existe sólo una fábrica (“La Casa”) que produce este tipo de unidad en varias modalidades, como: bloque, ladrillos (huecos y macizo) y unidades apilables. Por otro lado, la materia prima consiste en cal hidratada (10%) y arena (con un 75% de sílice), lo que da lugar a unidades de color, blanco grisáceo, aunque puede añadirse pigmentos apilables que le proporcionan otras tonalidades (A. San Bartolomé, 1994).

Su calidad debe ser tal que, si es viva, hidrate rápida y completamente durante la etapa del proceso destinada a su hidratación, con anterioridad al moldeado. Este requisito es esencial, por la expansión que ocurre cuando la cal se hidrata. Si la hidratación no se ha completado previamente, ella ocurre en la autoclave, y la expansión resultante, si es pequeña, reduce la resistencia de las unidades y si es grande, las agrieta y hasta puede destruirlas (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

La ventaja de estas unidades sobre las de arcilla es que sus dimensiones entre el estado crudo y el producto terminado prácticamente no varían; asimismo, por el proceso mecanizado en su fabricación, tiene muy poca variación en su resistencia a compresión, que suele ser alta. (A. San Bartolomé, 1994).

#### **1.4.7. Unidades de concreto:**

La venta de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento-arena-confitillo-agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine (A. San Bartolomé, 1994).

Las unidades de concreto pueden ser ladrillos y bloques. Se producen en los tipos sólido y hueco. El formado de las unidades de concreto se hace exclusivamente por moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambas. El color natural de las unidades es gris o gris verdoso. Lo peculiar de la fabricación de unidades de concreto es que las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencia variables dentro del mismo tipo de unidad (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Las unidades de concreto – bloques y ladrillos – se hacen casi exclusivamente de cemento portland, agregados graduados y agua. Dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener también otros ingredientes, tales como pigmentos y agregados especiales. Se fabrican de peso normal y de peso liviano, que derivan de la densidad de los agregados utilizados en el proceso de manufactura (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

#### **1.4.8. Ensayos, según la Norma Técnica E.070 - Albañilería:**

##### **A. Resistencia a la compresión (f'm):**

La resistencia a la compresión (f'm) es la propiedad más importante, en términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro (NTP 331.017, 1978).



Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y durable. Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado, la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente. Esto se debe a los efectos de la forma de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Los especímenes son unidades secas, sobre cuyas superficies de asiento se coloca un capping de yeso (si la unidad tiene mucho alabeo, deberá colocarse un capping de cemento). Luego, se aplica la carga vertical a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o, en todo caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos (A. San Bartolomé, 1994).

### **B. Variación dimensional:**

La variación dimensional es la propiedad física que influye en el comportamiento del muro. Por lo que a mayor variación dimensional, mayor espesor de la junta; y mientras mayor sea el espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión y la fuerza cortante del muro de albañilería (Norma E.070, 2006).

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiestan con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9

a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

La prueba de variación dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte (A. San Bartolomé, 1994).

### **C. Alabeo:**

El cuanto al alabeo, en términos generales, ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades (NTP 331.017, 1978).

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (A. San Bartolomé, 1994).

Esta prueba se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada; también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión. El resultado promedio se expresa en milímetros (A. San Bartolomé, 1994).

#### **D. Absorción:**

La absorción es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe de exceder el 22%. Las unidades de albañilería con absorción mayor al 22% serán más porosas, y por lo tanto, menos resistentes a la acción de la intemperie (Norma E.070, 2006).

Por otro lado, se denomina absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresas en porcentaje del peso de la unidad seca (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante 24 horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante cinco horas, y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se somete al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

#### **E. Succión:**

Es la medida de la avidez de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es una de las características fundamentales para definir una relación mortero – unidad con la interfase de contacto y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas con el mortero. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua – que es absorbida por la unidad -, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El

resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

Además, se considera que para succiones mayores de 40 gramos por minutos en un área de 200cm<sup>2</sup> es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión de asentado (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

#### **1.4.9. Pilas o prismas de albañilería:**

Las pilas de albañilería son prismas compuestos por dos o más hiladas de ladrillos asentadas una sobre el otro mediante mortero, la altura total que no debe ser mucha con el fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia el laboratorio. Estas pilas, con una edad normal de 28 días, se ensayan a compresión axial y los resultados se utilizan para diseñar estructuralmente los muros de un edificio, así como para controlar la calidad de la construcción de la albañilería (NTP 331.017, 1978).

#### **A. Relación entre prismas y muros reales:**

La relación entre los prismas y los muros reales: En los muros reales, los ladrillos no están asentados uno encima del otro, sino con algún tipo de amarre. Las alturas y las esbelteces son bastante mayores que las de los prismas. Sin embargo, estudios realizados en muros a escala natural indican que, debido a la ausencia de la restricción del cabezal y el tipo de amarre, para esbelteces usuales y cuando se evitan otro tipo de fallas, la resistencia del muro equivale a un 70% de la del prisma elaborado con materiales iguales (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

## B. Ensayo de compresión axial de pilas de albañilería:

En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas será como mínimo 10mm y el espesor máximo será 15mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será de 6mm más el diámetro de la barra (A. San Bartolomé, 1994).

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra (Figura 8). Los prismas se llenan con concreto líquido (unidades huecas), asentadas o apiladas (unidades sólidas). La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la albañilería es de ladrillos o de bloqueo (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

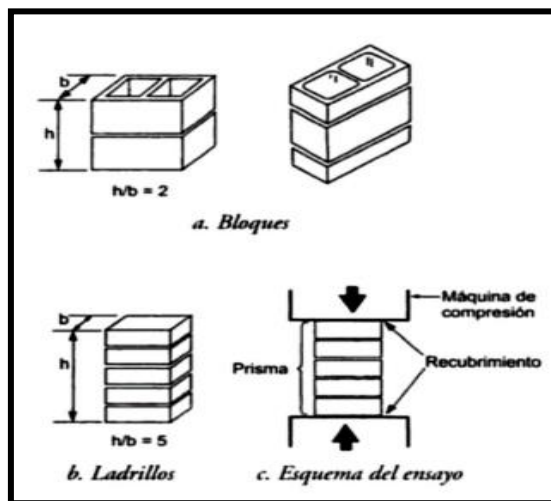


Figura 8. Pilas de unidades de albañilería.

Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne (2005).

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las

unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo con la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre (Norma E.070, 2006) .

Las pilas fallan principalmente por tracción ortogonal a la compresión aplicada (grieta vertical); esto se debe a que el mortero trata de expandirse lateralmente en mayor proporción que la unidad y puesto que debe existir compatibilidad de deformación entre ambos elementos, el mortero trabajará a compresión y la unidad a tracción lateral (A. San Bartolomé, 1994).

#### **1.4.10. Pilas de ladrillo artesanal con mortero tradicional:**

Las pilas de ladrillo artesanal King Kong con mortero tradicional está compuesta por dos o más hiladas asentadas uno sobre otro mediante un mortero tradicional.

#### **1.4.11. Pilas de ladrillo artesanal con mortero no tradicional (Massa DunDun):**

Las pilas de ladrillo artesanal King Kong con mortero no tradicional está compuesta por dos o más hiladas de ladrillos asentadas uno sobre otro mediante mortero no tradicional (Massa DunDun.)

#### **1.4.12. Aceptación de la unidad:**

Para que se acepte la unidad de albañilería se debe cumplir: a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados, para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote, b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase P, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%, c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25

mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP, d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea, e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico, f) La unidad no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia; y, g) La unidad no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo (Norma E.070, 2006).

#### **1.4.13. Mortero:**

El mortero no es más que la mezcla de cemento, arena y agua, y se emplea para asentar los ladrillos y también para tarrajear paredes y cielorrasos; para asentar ladrillos, utilizaremos arena gruesa, y para tarrajear paredes y cielorrasos, usaremos arena fina (Aceros Arequipa, 2015).

La construcción tradicional de albañilería utiliza unidades asentadas con mortero. El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas con relativa estabilidad en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y para formar, en última instancia un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

#### **A. Composición del mortero:**

De acuerdo con la norma E.070 – Albañilería (2006) y A. San Bartolomé (1994), el mortero está compuesto por los siguientes materiales y sus respectivas características:

- a) Cemento: Se utiliza básicamente el cemento Portland Tipo I y excepcionalmente el cemento Portland Tipo II (resistente a los sulfatos), NTP 334.009. El peso volumétrico del cemento es 1500 kg/m<sup>3</sup>, y se vende en bolsas de 1 pie cúbico con 42.5 kg de peso.
- b) Cal hidratada normalizada: De emplearse cal en el mortero, ésta debe ser hidratada y normalizada; la razón por la cual la cal debe ser normalizada se debe a que pueden existir partículas muy finas, que en vez de funcionar como aglomerante lo hacen como residuos inertes. El peso volumétrico de la cal es de orden de 640 kg/m<sup>3</sup>.
- c) Arena gruesa: Es convenientes que la arena sea gruesa, libre de materia orgánica y sales, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), ya que así se pueden llenar los espacios vacíos. Por otro lado, se cumplirá que: 1) No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas; 2) El módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5, 3) El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso; y, 4) No deberá emplearse arena de mar.

Tabla 4

*Granulometría de la arena gruesa.*

<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
N° 4 (4.75mm)	100
N° 8 (2.36mm)	95 a 100
N° 16 (1.18mm)	70 a 100
N° 30 (0.60mm)	40 a 75
N° 50 (0.30mm)	10 a 35
N° 100 (0.15mm)	2 a 15
N° 200 (0.075mm)	Menos de 2

Fuente: Norma E.070 – Albañilería, 2006.



d) Agua: El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

### **B. Tecnología:**

Como el mortero tiene los mismos ingredientes que el concreto, es decir, cemento, agregado y agua, ha habido – y aún hay – la tendencia a confundir su tecnología con la de dicho material. Sin embargo, en el caso del concreto, el objetivo es el material estructural en sí, lo que orienta su tecnología a buscar prioritariamente una determinada magnitud de resistencia (generalmente a la compresión) (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

### **C. Dosificación:**

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 5

*Tipos de mortero.*

TIPO	COMPONENTE			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muros portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

Fuente: Norma E.070 – Albañilería, 2006.

Se podrán utilizar otras composiciones de morteros, morteros con cemento de albañilería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporciones iguales o mayores resistencias a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería (Norma E.070, 2006).

De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento – arena de la tabla N°5 (Norma E.070, 2006).

#### **1.4.14. Mortero no tradicional (Massa DunDun):**

Massa DunDun (“La evolución en la construcción de muros, para el asentado de ladrillos y bloquetas. Es fuerte, resistente y práctico”): Es la evolución del cemento. Es una mezcla de polímeros para colocación de ladrillos y bloques. Material que presenta los siguientes beneficios: a) Es fuerte, resistente y práctico, b) Es más que un nuevo producto, c) Es fácil de almacenar y transportar dentro de la obra, d) Presenta un menor costo de transporte en lugares poco accesibles como provincias, playas, caminos de herradura, etc., e) Genera menos residuos, f) Aumenta la velocidad y productividad de trabajo (construye una pared hasta 3 veces más rápido), y, g) Es un aislante de humedad al eliminar la transmisión de agua por capilaridad (DUNDUN, 2019).

La mezcla pronta DunDun, ha sido diseñada para la elevación de muros de mampostería en obra, para su uso al interior y exterior de la edificación. Uso excluyente para elevación de tabiques del tipo “junta trabada”. No sustituye la estructura portante de la edificación. La adhesión de los mampuestos es realizada por contacto en juntas menores o iguales a los 3mm. Por otro lado, cabe mencionar que se puede utilizar en ladrillos de arcilla, ladrillos sílico calcáreos y bloquetas de cemento (DUNDUN, 2019).

La Massa DunDun presenta ciertas ventajas tales como: a) Alto rendimiento en su obra: rinde 20 veces más que el mortero tradicional, b) Mayor productividad: Construye una pared hasta 3 veces más rápido, c) Menos mano de obra: Un albañil + un ayudante = 36 m<sup>2</sup> por 8 horas, d) Aislante de humedad: al eliminar la transmisión

de agua por capilaridad; y, e) Menor costo. Por otro lado, con la Massa DunDun ya no se elabora el mortero, por ende, ya no se mezcla arena, agua y cemento; no más inestabilidad de los materiales, no más gran volumen y peso con respecto a la Massa DunDun; un solo sachet de 03kg reemplaza a 60kg de mortero, es decir, en un día normal se podrá hacer 20m<sup>2</sup> con 20kg y dejar de trasladar 400kg, mezclar una y otra vez 400kg e incorporar estos 400kg al muro; es una gran ventaja en la disminución del esfuerzo físico de un operario (CONTEGROUP, 2019).

Esta masa reduce hasta un 95% el uso de mezcla en el asentamiento: 3kg del producto equivalen a 60 kg de mezcla común. La racionalización de los materiales, sumada al aumento de la productividad en el local de obras, resultan en una economía de hasta 35% por metro cuadrado de asentado (DUNDUN, 2019)

### **1.5. Formulación del problema de investigación:**

¿Cuál es la variación entre la resistencia a la compresión (f<sub>m</sub>) de las pilas de ladrillo artesanal del mortero no tradicional (Massa DunDun), respecto al mortero tradicional, según la norma E.070 en Cajamarca 2021?

### **1.6. Justificación:**

La presente investigación tiene por finalidad comparar la variación entre la resistencia a la compresión (f<sub>m</sub>) de las pilas de ladrillo artesanal del mortero no tradicional (Massa DunDun), respecto al mortero tradicional, usando la norma E.070; su importancia remarca en el uso de un material no convencional denominado Massa DunDun que contiene polímeros que podrían incrementar la resistencia de la pila y que reduce el tiempo de secado en obra facilitando el tiempo de proceso.

Nuestra investigación pretende generar la gestión del conocimiento de un material no tradicional (Massa DunDun), para gestar los resultados en una adecuada

gestión aplicada, que dadas sus bondades nos permitirá una aplicación eficiente en los procesos de la Albañilería tan usada en el país como respuesta al problema de vivienda económica.

La investigación que proponemos enmarca una de las líneas importantes de la investigación de la Universidad Privada del Norte; es decir, proponer materiales nuevos que nos garantice calidad y resistencia para un eficiente comportamiento; para mí, es importante porque me incentiva a una propuesta de investigación correlacional que podría dar resultados en la mejora del tiempo y costos de los proceso de construcción de la edificaciones de la albañilería, y me permitirá obtener mi título profesional.

Por lo antes indicado, la investigación propuesta justifica plenamente su ejecución en la mejora de materiales convencionales en el uso adecuado de la albañilería.

## **1.7. Objetivos:**

### **1.7.1. Objetivo General:**

Determinar la variación de la resistencia a compresión (f'm), de las pilas de ladrillo artesanal del mortero no tradicional (Massa DunDun), respecto al mortero tradicional, según la norma E.070 en Cajamarca 2021.

### **1.7.2. Objetivos específicos:**

- Determinar la resistencia a la compresión (f'm) de pilas de ladrillos artesanal elaboradas con mortero tradicional
- Determinar la resistencia a la compresión (f'm) de pilas de ladrillos artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).

- Comparar y analizar los resultados de la resistencia a la compresión ( $f'm$ ) entre las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y las elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).
- Comprobar si los valores de la resistencia a la compresión ( $f'm$ ) de pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y las elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun) cumplen con el valor mínimo asignado en la Tabla N°9 de la norma E.070 – Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## **1.8. Hipótesis:**

### **1.8.1. Hipótesis general:**

La Resistencia a la compresión ( $f'm$ ) de las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun), varía en más de 10% de las pilas con mortero tradicional según la Norma E.070.

### **1.8.2. Hipótesis específicas:**

- La resistencia a la compresión ( $f'm$ ) de las pilas de ladrillos artesanal elaboradas con mortero tradicional cumplen con el valor mínimo asignado en la Tabla N°9 de la norma E.070 – Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- La resistencia a la compresión ( $f'm$ ) de las pilas de ladrillos artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun) sobrepasa en un 10% al valor mínimo asignado en la Tabla N°9 de la norma E.070 – Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación:

La presente investigación de acuerdo con su propósito es aplicada, a su ámbito experimental, al periodo que se realiza es transversal, a su enfoque es cuantitativa y a su alcance es correlacional.

El tipo de investigación es aplicada porque utiliza la norma E-070 y su aplicación en los procesos en la Ingeniería.

El tipo de investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental que aún no ha sido comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de, poder describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o algún tipo de particular acontecimiento (D. Van Dalen y W. Meyer, 2010).

La investigación transversal es un método no experimental para recoger y analizar los datos en un momento determinado. Además, es un tipo de investigación observacional que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población muestra o subconjunto (J. Montano, 2018).

La investigación cuantitativa busca cuantificar un fenómeno. Es más estructurada, objetiva y ayuda a reducir el sesgo de investigación. Se enfoca en el comportamiento de una persona, respondiendo preguntas como cuántas, con qué frecuencia y en qué medida. Los datos cuantitativos son numéricos. Piensa en cantidades medibles como la longitud, el tamaño, la cantidad, el precio y la duración (J. Montano, 2018).

Es una investigación correlacional por que comparamos la resistencia a la compresión (f'm) de las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero no

tradicional (Massa DunDun) con respecto a las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional.



Figura 9. Mortero no tradicional (Massa DunDun).

## 2.2. Diseño de la Investigación.

Esquema explicativo

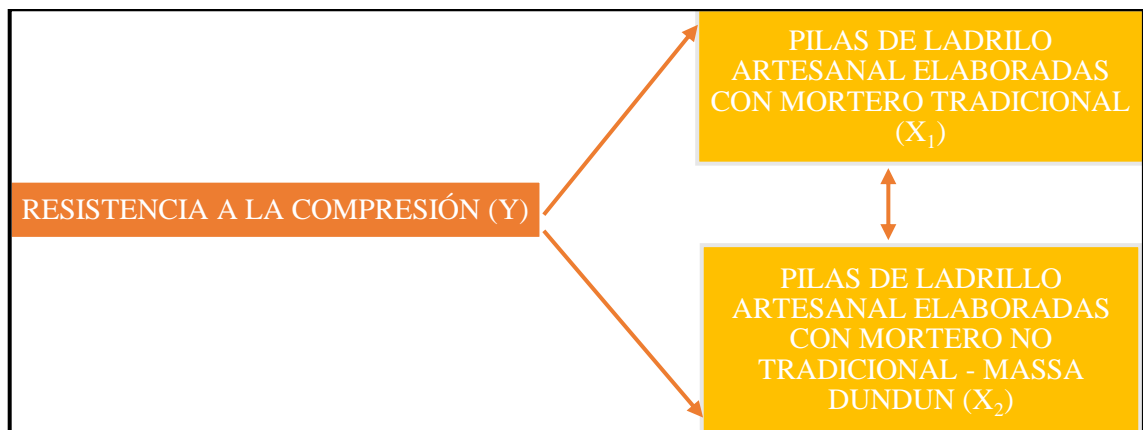


Figura 10. Diseño de la investigación.

Donde el esquema de diseño es el siguiente:

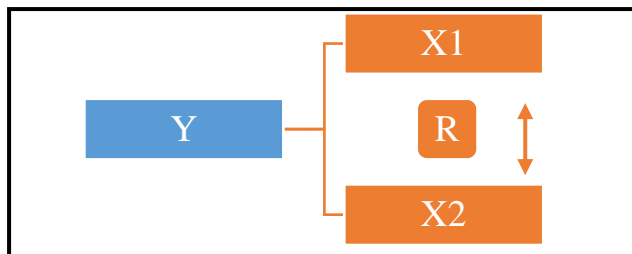


Figura 11. Esquema del diseño de la investigación.

Donde:

Y : Resistencia a la compresión.

X<sub>1</sub>: Pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional.

R : Correlación.

X<sub>2</sub>: Pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).

Según la función:

$$Y = F(X_1; X_2)$$

La presente investigación consistirá en evaluar la resistencia a la compresión (Y) de las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional (X<sub>1</sub>) y de las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero no tradicional - Masa DunDun (X<sub>2</sub>) para comparar la eficiencia del mortero en esta variable.

### 2.3. Población y muestra:

- Población: La población está constituida por pilas de ladrillo artesanal en hiladas de tres ladrillos elaboradas con mortero tradicional y un espesor de junta de 1cm, curado por 28 días; y, pilas de ladrillo artesanal en hiladas de tres ladrillos, elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun) aplicado en dos líneas de 1cm de diámetro sobre la superficie horizontal del ladrillo.
- Muestra: La norma técnica E.070 - Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, sugiere que se debe realizar el ensayo de compresión (f<sup>m</sup>) en 03 pilas de albañilería. Sin embargo, hemos creído conveniente realizar el ensayo con 10 pilas de ladrillo artesanal , de las cuales, 05 serán elaboradas con mortero tradicional y 05 con mortero no tradicional (Massa DunDun).



## 2.4. Matriz de consistencia:

### 2.4.1. Variables:

A. Dependiente:

Resistencia a la compresión (f<sub>m</sub>) de las pilas de ladrillo artesanal según Norma E.070

– Albañilería.

B. Independientes:

Pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional.

Pilas de

ladrillo artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).

## 2.4.2. Operacionalización de variables:

Tabla 6. Operacionalización de variables.

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	INSTRUMENTO
Comparación de la resistencia a la compresión (fm) de pilas ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y mortero tradicional (Massa DunDun) – según norma E.070 en Cajamarca 2021	¿Cuál es la variación entre la resistencia a la compresión (fm) de las pilas ladrillo artesanal del mortero tradicional (Massa DunDun), respecto al mortero tradicional, según la norma E.070 en Cajamarca 2021?	La Resistencia a la compresión (fm) de las pilas de ladrillo artesanal elaborado con mortero no tradicional (Massa DunDun), es mayor en 10% de las pilas con mortero tradicional según la Norma E.070.	Resistencia a la compresión (fm) de las pilas de ladrillos artesanal. Pila de ladrillo artesanal elaborada con mortero tradicional.	En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro	Resistencia a la compresión axial	f/m	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo MTC E609 - ASTM C109
			DEPENDIENTE	Prismas elaborados con tres ladrillos artesanales unidos por mortero tradicional con espesor de junta de 1cm, curado por 28 días.	Mortero tradicional P1 según Norma E.070 - Albañilería	f/m	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo MTC E609 - ASTM C109 - NTP 334.051
			Pila de ladrillo artesanal elaborada con mortero no tradicional (Massa DunDun)	Prismas elaborados con tres ladrillos artesanales unidos por mortero no tradicional (Massa DunDun) aplicada con dos líneas de 1 cm de diámetro sobre la superficie horizontal del ladrillo	Mortero no tradicional (Massa DunDun)	f/m	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo MTC E609 - ASTM C109 - NTP 334.051
			INDEPENDIENTES					

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:

Son los instrumentos que permite la recopilación y registro de acopio de datos o evidencias en este caso de los ensayos de laboratorio realizadas en “Consultoría Lezama”. A continuación, se muestra una ficha de recolección de datos:

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PILAS DE ALBAÑILERÍA					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC: .....	
NORMA:	NTP 399.605 - 399.612						
PROYECTO:	"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F/M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) - CAJAMARCA - 2021"						
CANTERA:	El Páramo	MUESTRA:	20 Pajas	TIPO DE LADRILLO:	Tipo I		
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Anaranjado		
FECHA DE MUESTREO:	12 - Febrero - 2021		RESPONSABLE:	Jhoanna Ivone Valdivia S			
FECHA DE ENSAYO:	30 - Marzo - 2021		REVISADO POR:	Ing. Hermes R. Mosquera R.			
PILAS ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL P1							
Mortero	Muestra	Largo lm (cm)	Altura hm (cm)	Espesor tm (cm)	Carga de rotura 1 (KN)	Carga de rotura 2 (KN)	Carga de rotura (KN)
1 : 3	M1	21.01	29.04	11.97	67.86	73.26	75.56
	M2	21.24	28.49	12.14	70.54	76.73	77.73
	M3	21.36	28.83	12.09	69.8	75.42	77.56
	M4	21.51	28.83	12.13	66.25	71.69	73.25
	M5	20.78	29.02	12.05	65.4	70.29	72.83
PILAS ELABORADAS CON MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN)							
Mortero	Muestra	Largo lm (cm)	Altura hm (cm)	Espesor tm (cm)	Carga de rotura 1 (KN)	Carga de rotura 2 (KN)	Carga de rotura (KN)
DunDun	MC1	21.53	28.79	12.13	40.68	45.36	48.08
	MC2	21.76	29.02	12.36	47.65	51.24	52.46
	MC3	21.08	29.02	11.95	43.74	46.98	48.36
	MC4	21.1	29.12	12.11	45.57	49.83	51.1
	MC5	21.15	28.76	12.59	45.68	48.79	51.23
OBSERVACIONES:							
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia Salazar		NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva			NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez		
FECHA: 08/04/2021		FECHA: 31/03/2021			FECHA: 08/04/2021		

Registro de información tomada en cada ensayo.

Datos del ensayo a desarrollar como: Norma, cantera, responsable, etc.

Firmas de asesor, coordinador de laboratorio y responsable de ensayo

Figura 12. Ficha de recolección de datos.

### 2.5.1. Técnicas de recolección.

En la presente investigación las técnicas a usar serán las siguientes:

1. La observación simple, que es obtener los resultados de la resistencia a compresión (f'm) de las pilas de ladrillo artesanal tomando la medida en los instrumentos de medición y control, máquina de ensayo y deformímetros.
2. Revisión documental, basar los resultados obtenidos en el presenta investigación con los distintos documentos que sirven como apoyo para determinar si el mortero es apto y cumple con lo que especifica la norma E.070 - Albañilería.
3. Análisis de Contenido, consiste en pasar los datos obtenidos de los protocolos de control y procesarlas para poder obtener conclusiones claras.

### 2.5.2. Instrumentos de recolección y análisis de datos.

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, se han utilizado los Formatos de los Protocolos del Laboratorio de Materiales y el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca (Ver Tabla N°7).

Tabla 7

*Número de anexo de los Formatos de Protocolos del Laboratorio UPN – Cajamarca.*

Ensayo	Norma	N° de anexo
Muestreo para mortero	ASTM D-75	-
Variación dimensional	NTP 399.613 – 399.064	Anexo N° 02
Alabeo	NTP 399.613 – 399.064	Anexo N° 03
Absorción	NTP 399.613 – 399.064	Anexo N° 04
Succión	NTP 399.613 – 399.064	Anexo N° 05
Análisis granulométrico del agregado fino	MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012	Anexo N° 06
Resistencia a compresión de la unidad de albañilería	NTP 399.613 – 399.064	Anexo N° 07
Resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos 50.8mm)	MTC E609, ASTM C109, NTP334.051	Anexo N° 08
Resistencia a compresión de pilas de albañilería	NTP 399.605 – 399.621	Anexo N° 09

## **2.6. Materiales y equipos:**

### **2.6.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064):**

#### **A. Materiales:**

- La muestra estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos de una sucursal de la cantera “El Cerrillo”, según la norma ITINTEC 331.019, se ensayaron 06 unidades secas de ladrillo de arcilla artesanal.

#### **B. Equipos:**

- Vernier
- Regla graduada.

### **2.6.2. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):**

#### **A. Materiales:**

- La muestra estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos de una sucursal de la cantera “El Cerrillo”, según la norma ITINTEC 331.019, se ensayaron 06 unidades secas de ladrillo de arcilla artesanal.

#### **B. Equipos:**

- Una varilla de acero, con borde recto
- Brocha, para limpiar de impurezas a las unidades.
- Una cuña de medición, dimensiones de 80mm de longitud por 16mm de ancho por 16mm de espesor en un extremo, el que fue reduciéndose hasta llegar a cero por el otro extremo, graduada y numerada en divisiones de 1mm.

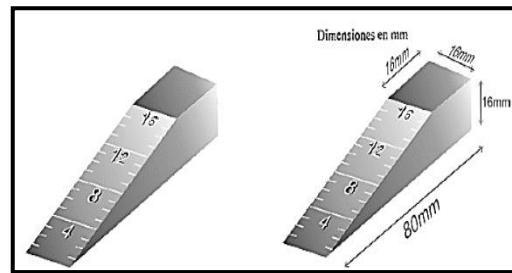


Figura 13. Cuña para medir alabeo.

Fuente: INDECOPI (2005).

- Regla metálica, con un tamaño más largo que el de la longitud de la unidad.
- Superficie plana de acero o vidrio, no menor de 300mm x 300mm y plana en el rango de 0.025, donde se colocó la unidad de albañilería.

### 2.6.3. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):

#### A. Materiales:

- La muestra estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos de una sucursal de la cantera “El cerrillo”, según la norma ITINTEC 331.019, se ensayaron 06 unidades secas de ladrillo de arcilla artesanal.

#### B. Equipos:

- Balanza, con una capacidad no menor de 2000gr y una aproximación de 0.5gr.
- Recipiente de agua en la que se pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- Horno libre de circulación de aire.

### 2.6.4. Succión (NTP 399.613 – 399.064):

#### A. Materiales:

- La muestra estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos de una sucursal de la cantera “El cerrillo”, según la norma ITINTEC 331.019, se ensayaron 06 unidades secas de ladrillo de arcilla artesanal.

### **B. Equipos:**

- Uso de bandejas y recipientes para agua, con una profundidad no menor de 25mm, y de largo y ancho tales que la superficie de agua no fuera menor de 2000 cm<sup>2</sup>.
- Dos barras de acero no corrosible, de 120m a 150mm de longitud, de sección transversal triangular, semicircular o rectangular, de espesor aproximado de 6mm.
- Cronómetro, con una aproximación a 1 segundo.
- Horno, con libre circulación de aire.

### **2.6.5. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):**

#### **A. Materiales:**

- Muestra seca a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- La muestra se obtuvo por medio de cuarteo. El agregado debe estar completamente mezclado y tener humedad suficiente para evitar segregación y pérdida de finos.
- Agregado fino, en este caso se ha considerado 1.512 kg.

#### **B. Equipos:**

- Balanza con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra.
- Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones. Para este ensayo se necesitó el juego de tamices: N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y cazoleta.
- Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- Taras, las cuales se usaron para pesar la muestra que se retiene en cada tamiz.

### **2.6.6. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):**

#### **A. Materiales:**

- Seis ladrillos artesanales secos.



*Figura 14. Unidades de albañilería.*

#### **B. Equipos:**

- Placa de vidrio.
- Yeso, material para el refrenado o camping.
- Badilejo, se usó en el mezclado de materiales.
- Máquina de compresión, equipo que permitió la realización del ensayo convencional de compresión.

### **2.6.7. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051):**

#### **A. Materiales:**

- Cubos de mortero P1, de mezcla de mortero tradicional de 1:3.
- Cubos de mortero no tradicional (Massa Dundun).

#### **B. Equipos:**

- Regla graduada.



- Máquina de compresión, equipo que permitió la realización del ensayo convencional de compresión.
- Petróleo, se aplicó en el molde antes de la colocación de la mezcla.
- Balanza con capacidad de 2000gr. y sensibilidad de 2gr.
- Tanques de curado.
- Molde de madera tornillo para cubos de mortero.
- Badilejo.

#### **2.6.8. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):**

##### **A. Materiales:**

- Pilas de ladrillo de arcilla artesanal con mortero tradicional y con mortero no tradicional.

##### **B. Equipos:**

- Máquina de compresión, equipo que permitió la realización del ensayo convencional de compresión.
- Regla graduada o vernier, con la suficiente longitud para medir las pilas de unidades de albañilería.



*Figura 15. Máquina para el ensayo a compresión marca Yufeng.*

## 2.7. Procedimiento:

### 2.7.1. Inspección y obtención de unidades de albañilería:

Se realizó la identificación del lugar donde se accedió a las unidades de ladrillos de arcilla artesanal. Los cuales se obtuvieron de una sucursal de la cantera “El Cerrillo”, sucursal “El Paraíso”:

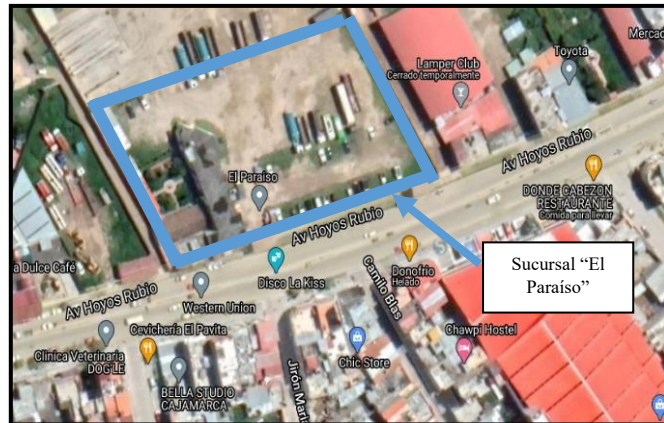


Figura 16. Ubicación de los ladrillos de arcilla artesanal.

Fuente: Google Maps (2021).

### 2.7.2. Inspección y obtención del agregado fino:

Se realizó la obtención de la arena gruesa en la cantera “Davichito”, ubicada camino al aeropuerto:



Figura 17. Ubicación del agregado fino para mortero

Fuente: Google Maps (2021).

### 2.7.3. Muestreo para mortero (ASTM D-75):

- Se realizó la variabilidad en la cantera seleccionada. Para esto se tuvo que obtener la muestra de 10 puntos diferentes (variabilidad) y teniendo en cuenta la Tabla N°08.

Tabla 8

*Cantidades de material adecuado para muestreo.*

Tamaño máximo del agregado		Masa mínima aproximada de muestra de campo	
		(kg)	(lb)
<b>Agregado fino</b>			
2.36 mm	N° 08	10	22
4.75 mm	N° 04	10	22

Fuente: ASTM D-75, 2005.

- Se determinó el muestreo, mediante proceso de cuarteo, en la misma cantera. El cuarteo se realizó hasta obtener la cantidad deseada para los ensayos a realizar.
- Se llevó dicho material a laboratorio con supervisión del coordinador y posterior utilización en los ensayos.



Figura 18. Muestreo del agregado fino para mortero.

#### 2.7.4. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064):

- Se midieron las unidades de albañilería individualmente con un vernier.
- Se midieron 06 unidades enteras y secas.



Figura 19. Ensayo de variación dimensional.

- La variación dimensional, se midió en cada arista del espécimen ( $D = L, b, h$ ), se tomó el promedio de las 4 medidas en (mm) en la parte media de cada cara.

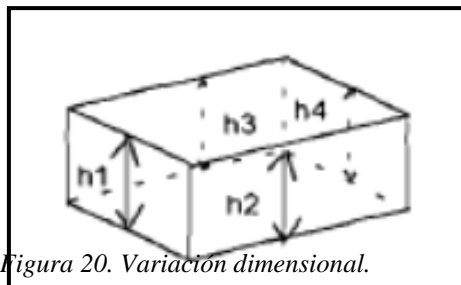


Figura 20. Variación dimensional.

Fuente: San Bartolomé, Ángel (1994).

Ecuación 1. Cálculo del promedio de cada dimensión medida.

$$h = (h1 + h2 + h3 + h4) / 4 \dots\dots\dots (1)$$

- Según la Norma Técnica E.070, el coeficiente de variación en porcentaje de cada arista de la unidad de albañilería se tomó como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100, como se muestra a continuación.

Ecuación 2. Coeficiente de variación.

$$C.V. (\%) = (\sigma / x) * 100 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

$\sigma$ : Desviación estándar.

x: Dimensión promedio.

- Finalmente se calcula la variación dimensional de cada dimensión del ladrillo (largo, ancho y alto) con la siguiente fórmula:

Ecuación 3. Variación dimensional.

$$V(\%) = \left( \frac{L_f - L_o}{L_f} \right) * 100 \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

Lf: Longitud de fábrica (cm).

Lo: Longitud promedio (cm).

#### **2.7.5. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):**

- Los 06 especímenes se ensayaron tal cual se los recibe, solo se eliminó con una brocha el polvo adherido en las superficies.
- **Superficie cóncava:** Cuando la distorsión a ser medida correspondió a una superficie cóncava, se colocó la carilla de borde recto longitudinal o también diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que dio la mayor desviación de la línea recta. Se escogió la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña, se midió esta distancia con una aproximación de 1mm y luego se registró como la distorsión cóncava de la superficie.

- **Borde cóncavo:** *Cuando la distorsión a ser medida era la de un borde cóncavo, se colocó la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Se seleccionó la distancia más grande desde el borde del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña, se midió esta distancia con una aproximación de 1mm, y se registró como la distorsión cóncava del borde.*
- **Superficie convexa:** *Cuando la distorsión a ser medida correspondió a una superficie convexa, se colocó el espécimen en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, se midió esta distancia con una aproximación de 1mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Se registró el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen.*
- **Borde convexo:** *Cuando la distorsión a ser medida era la de un borde convexo, se colocó la varilla de borde recto entre los extremos del borde convexo a ser medido. Se seleccionó la distancia más grande desde el borde del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña, se midió esta distancia con una aproximación de 1mm, y se registró como la distorsión convexa del borde.*

#### **2.7.6. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):**

- *Se ensayaron 06 especímenes, se comenzó con el secado y ventilado de los especímenes.*
- *Luego se realizó la saturación que consiste en sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) por un tiempo especificado. Luego se retiró el espécimen, se limpió el agua superficial con un paño y se pesó el espécimen. Se realizó el mismo procedimiento para todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua.*

- Para el cálculo de la absorción de cada espécimen se utilizó la siguiente ecuación:

*Ecuación 4. Absorción.*

$$\text{Absorción (\%)} = 100 * ((W_s - W_d) / W_d) \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

$W_d$ : Peso seco del espécimen (gr.).

$W_s$ : Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría (gr.)

- Se calculó el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0.1%.

### **2.7.7. Succión (NTP 399.613 – 399.064):**

- Se ensayaron 06 ladrillos enteros.

- Se calculó en base a la diferencia en el peso (gr.), entre el peso inicial y final es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) no difiere más de  $\pm 2.5\%$  de  $100\text{cm}^2$ .

- Se considera especímenes secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en estado natural cuando se trata de ensayos para evaluar la succión para un proceso constructivo. El espécimen después del secado ( $P_s$ ), se colocó sobre los soportes durante un minuto; luego se retiraron, se secó la superficie con un paño y se pesaron ( $P_m$ ). La succión se obtiene del  $P_m$  y  $P_s$ , son los pesos antes indicados en gramos y  $A$  es el área de contacto de la unidad con el agua en centímetros cuadrados. La succión se pudo expresar en  $\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$  o simplemente en gramos (H. Gallegos y C. Casabonne, 2005).

*Ecuación 5. Succión.*

$$\text{Succión (gr/200cm}^2\text{/min)} = (200 * (P_m - P_s)) / (L * A) \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

Pm: Peso de la unidad mojada (gr.)

Ps: Peso de la unidad seca (gr.).

L: Longitud del espécimen (cm).

A: Ancho del espécimen (cm).

### **2.7.8. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):**

- *Se secó la muestra a temperatura ambiente.*
- *Se seleccionaron tamices adecuados, según la NTP E.070: N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N° 200 y cazoleta. Los tamices se encajaron en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra sobre el tamiz superior.*



*Figura 21. Colocación del agregado fino en los tamices.*

- *Se efectuó la operación de tamizado manual, durante un tiempo adecuado.*
- *Se limitó la cantidad de material en un tamiz con el objetivo de que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado.*



- *Se continuó el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.*
- *Se determinó la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca del original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.*
- *Luego se procedió al pesado de la cantidad que retuvo en cada tamiz, para verificar que la curva se encuentre entre los husos granulométricos de la tabla N° 04.*
- *El módulo de finura se calculó mediante el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido): N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, dividiéndolo entre 100. El módulo de finura se encontró entre 1.6 y 2.5, como se indica en la norma E070.*

**2.7.9. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):**

- *Para el refrentado del espécimen estuvieron secados y enfriados, antes de proceder. Se puede realizar un refrentado con yeso o azufre, en este caso hemos aplicado yeso.*
- *Se cubrió las caras opuestas y contacto del espécimen con goma laca, una vez completamente secos, se cubrió una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado, que fue distribuida sobre una placa de vidrio. La placa para la superficie de refrentado tuvo que ser plana con margen de 0.08mm en 400mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tuvo deformación detectable*

*durante el proceso. Se cuidó de tener las superficies de contacto, así conformadas, aproximadamente paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical del espécimen y que los espesores del refrentado fueran aproximadamente los mismo sin exceder de 3mm. Se dejó reposar el refrentado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.*

- *Se colocó el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la prensa hidráulica.*
  - *Se limpió las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las del espécimen, se coloca el espécimen sobre el bloque inferior de rotura y se hace coloca en la maquina a compresión.*
  - *Se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero.*
  - *Aplicar la carga continuamente ya sin detenimiento.*
  - *La resistencia a compresión promedio (fb) se obtuvo dividiendo la carga de rotura (Pu) entre el área bruta (A) de cada espécimen ensayado. Así se obtiene el valor:*
- Ecuación 6. Resistencia a compresión promedio de las unidades de albañilería.*

$$fb = \frac{Pu}{A} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

Pu: Máxima carga en Kg, indicada por la máquina del ensayo.

Área: Promedio del área de la superficie en contacto (cm<sup>2</sup>).

- *Finalmente se calculó la resistencia a compresión (f'b). La cual se obtuvo restando la desviación estándar a la resistencia a compresión promedio (fb).*

*Ecuación 7. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería.*

$$f'b = fb_{prom} - \sigma \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

fb prom: Resistencia a compresión promedio de las unidades de albañilería.

$\sigma$ : Desviación estándar.

**2.7.10. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051):**

- *Se realizó seis morteros por cada mezcla usada en las pilas de albañilería en la investigación, donde los pesos de los materiales estuvieron en base al cuadro de la norma técnica E-070 (Albañilería). Se utilizó dosificación 1:3 y el mortero no tradicional (Massa DunDun).*
- *Se realizó el mezclado uniforme de la arena y el cemento hasta que se integren totalmente, se fue colocando el agua conforme se realizó el mezclado para unificar la mezcla.*
- *Posteriormente se lubricaron los moldes con el material necesario para que estos no se peguen.*
- *Se inició el llenado de los moldes colocando una capa de aproximadamente 1'' de espesor y apisona con 32 golpes, alternando los golpes entre los moldes. Se llenaron los moldes con una segunda capa y se realiza el mismo procedimiento.*
- *Terminando la operación de llenado, se colocaron los moldes en el tanque de curado 20 o 24 horas, con la cara superior expuesta al aire húmedo pero protegidos contra la caída de gotas.*
- *Los cubos que fueron a ensayados a los 28 días se sacan del tanque de curado cubriéndolos con un paño húmedo, mientras se van pasando a la prensa hidráulica. Los cubos fueron ser ensayados dentro 28 días cumplidos. Los cubos se secaron y se dejaron limpios de arena suelta o incrustaciones, en las caras que van a estar en contacto con los bloques de la prensa hidráulica.*

- Para determinar la resistencia a compresión  $f_m$  se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta en los testigos cúbicos; y la resistencia a compresión característica del mortero  $f_m$  se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados.



Figura 22. Prueba a compresión de cubos de mortero 1:3 (5cm x 5cm x 5cm).

Ecuación 8. Resistencia a compresión de los cubos de mortero P1.

$$f_m = \frac{P_{max}}{\text{Área}} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

$f_m$ : Resistencia a compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>).

$P_{m\acute{a}x.}$ : Fuerza máxima que resiste el cubo de mortero (Kg).

Área: Área bruta transversal a la fuerza (cm<sup>2</sup>).

#### 2.7.11. Elaboración de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):

- Se construyeron un total de 10 pilas de ladrillo artesanal de 3 hiladas, 05 pilas de ladrillo elaboradas con mortero tradicional P1 y 05 pilas de ladrillo elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).
- Se seleccionaron los ladrillos con las dimensiones similares, regándolos con agua antes del asentado. Para los ladrillos compuestos de arcilla, se regó durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas.

- *Se trabajó con mortero tradicional P1 para muro portante, de acuerdo con lo especificado en la Norma Técnica E.070, con dosificación 1:3 .*
- *Se elaboró la mezcla de mortero con cemento Portland tipo 1, arena de la cantera “Davichito” y agua potable. Se mezclaron estos materiales hasta obtener una buena consistencia y trabajabilidad procediéndose luego al asentado de los ladrillos.*
- *Al momento de la elaboración de las pilas se controló la altura del mortero con una wincha, y se verificó la nivelación y verticalidad de la pila usando como instrumentos un nivel y una plomada.*
- *Finalizando se realiza el curado durante 28 días con agua. Regándolos un mínimo de 3 veces por día.*
- *Para realizar el ensayo a compresión de pilas, se colocó antes una capa de yeso de 10mm aproximadamente en la parte inferior y superior para uniformizar la superficie de contacto en el dispositivo del ensayo de compresión axial.*

#### **2.7.12. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):**

- *Se midió el área de contacto del prisma y la altura. Luego se limpiaron las caras superior e inferior de la máquina de ensayo y de la muestra. Se colocó la pila en la máquina de ensayo apoyándolo en la plancha inferior y se centró los ejes del espécimen con los ejes de la plancha de apoyo. Se acercaron los cabezales hasta hacer contacto con la parte superior de la pila.*
- *Se aplicó la carga hasta alcanzar la mitad de la carga máxima esperada a una velocidad de 50 KN/min, luego se retiró los instrumentos de medición y se aplicó la carga permanente a una velocidad adecuada en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.*

- Se registró la carga máxima del ensayo, luego se obtuvo la resistencia de la pila mediante la ecuación 9, la resistencia a compresión.

Ecuación 9. Resistencia a compresión de pilas de unidades de albañilería.

$$f_m = \frac{P_{max}}{\text{Área}} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

$f_m$ : Resistencia a compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>).

$P_{m\acute{a}x.}$ : Fuerza máxima que resiste la pila (Kg).

Área: Área bruta de la sección transversal de la pila a la fuerza (cm<sup>2</sup>).

- Luego se procedió a aplicar la corrección de  $f_m$ , con el factor de corrección de esbeltez de la pila, factor indicado en la Tabla N°10 de la Norma Técnica E.070 – Albañilería y esta se obtuvo de la interpolación de los valores de dicha tabla.
- Se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio.

Ecuación 10. Resistencia característica.

$$f_m = f_m - \sigma \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

$f_m$ : Resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

$f_m$ : Resistencia característica a compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

$\sigma$ : Desviación estándar.

## 2.8. Análisis de datos:

### 2.8.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 9

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de variación dimensional.*

UND	Longitud Efectiva (cm)				Ancho Efectivo (cm)				Altura Efectiva (cm)			
	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
M1	22.95	22.91	22.97	23.01	11.68	11.75	11.71	11.62	7.20	7.18	7.28	7.25
M2	21.39	21.44	21.41	21.48	12.08	11.96	12.13	12.07	7.38	7.52	7.44	7.56
M3	21.15	21.18	21.26	21.24	11.86	11.97	11.92	11.88	7.35	7.32	7.45	7.40
M4	21.03	21.09	21.13	21.05	11.88	11.95	11.92	12.00	7.39	7.45	7.32	7.44
M5	21.18	21.22	21.25	21.15	12.12	12.06	12.22	12.14	7.50	7.43	7.58	7.52
M6	20.60	20.65	20.58	20.68	11.50	11.62	11.54	11.65	7.12	7.24	7.10	7.21

### 2.8.2. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 10

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de alabeo.*

Especímen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M1	1.30	2.40	0.50	2.00
M2	1.00	3.10	1.00	1.20
M3	2.20	2.70	2.30	0.30
M4	0.50	1.50	1.10	0.20
M5	1.30	3.00	1.50	1.30
M6	0.80	1.50	0.00	0.40

### 2.8.3. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 11

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de absorción.*

Unidad	Ws (gr.)	Wd (gr.)
M1	3282.43	3792.37
M2	3260.50	3779.63
M3	3331.93	3857.47
M4	3268.57	3762.77
M5	3304.93	3824.47
M6	3289.67	3803.54

### 2.8.4. Succión (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 12

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de succión.*

Unidad	P seco (gr.)	P mojado (gr.)	A (cm)	L (cm)
M1	3318.20	3434.80	11.61	21.74
M2	3315.50	3435.70	11.54	22.09
M3	3285.60	3407.70	11.76	21.55
M4	3368.60	3490.00	11.63	22.05
M5	3372.50	3492.40	11.49	21.68
M6	3390.46	3509.71	11.61	21.82

### 2.8.5. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP 400.012):

Tabla 13

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de análisis granulométrico.*

TAMIZ		PESO
(pulg)	(mm)	RETENIDO (gr)
Nº 4	4.750	0.00
Nº 8	2.360	4.00
Nº 16	1.180	303.00
Nº 30	0.600	305.00
Nº 50	0.300	447.00
Nº 100	0.150	287.00
Nº 200	0.075	134.00
Bandeja	0	30.00



### 2.8.6. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 14.

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de las unidades de albañilería.*

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)
M1	20.95	11.70	245.1150	146.09
M2	21.43	12.05	258.2315	137.20
M3	21.20	11.91	252.4920	135.85
M4	21.08	11.95	251.9060	133.61
M5	21.22	12.14	257.6108	143.17
M6	20.62	11.58	238.7796	195.04

### 2.8.7. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051):

Tabla 15.

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de morteros de cemento hidráulico 1:3 (cubos de 50.8mm).*

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)
MC1	5.01	5.00	25.0500	69.78
MC2	5.00	5.01	25.0500	70.77
MC3	5.01	5.03	25.2003	69.78
MC4	5.00	5.01	25.0500	72.24
MC5	5.02	5.02	25.2004	74.28
MC6	5.03	5.01	25.2003	73.84

Tabla 16.

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de morteros no tradicional (Massa DunDun) (cubos de 50.8mm).*

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)
MC1	5.00	5.01	25.0500	50.65
MC2	5.00	5.00	25.0000	49.71
MC3	5.03	5.01	25.2003	49.29
MC4	5.00	5.01	25.0500	49.05
MC5	5.00	5.02	25.1000	48.23
MC6	5.02	5.01	25.1502	50.23

### 2.8.8. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):

Tabla 17.

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de pilas de unidades de albañilería elaboradas con mortero tradicional 1:3.*

Muestra	Largo lm (cm)	Altura hm (cm)	Espesor tm (cm)	Carga de rotura 1 (KN)	Carga de rotura 2 (KN)	Carga de rotura (KN)
M1	21.01	29.04	11.97	67.86	73.26	75.56
M2	21.24	28.49	12.14	70.54	76.73	77.73
M3	21.36	28.83	12.09	69.80	75.42	77.56
M4	21.51	28.83	12.13	66.25	71.69	73.25
M5	20.78	29.02	12.05	65.40	70.29	72.83

Tabla 18.

*Datos obtenidos en laboratorio del ensayo de compresión de pilas de unidades de albañilería elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).*

<b>Muestra</b>	<b>Largo lm (cm)</b>	<b>Altura hm (cm)</b>	<b>Espesor tm (cm)</b>	<b>Carga de rotura 1 (KN)</b>	<b>Carga de rotura 2 (KN)</b>	<b>Carga de rotura (KN)</b>
<b>MC1</b>	21.53	28.79	12.13	40.68	45.36	48.08
<b>MC2</b>	21.76	29.02	12.36	47.65	51.24	52.46
<b>MC3</b>	21.08	29.02	11.95	43.74	46.98	48.36
<b>MC4</b>	21.10	29.12	12.11	45.57	49.83	51.10
<b>MC5</b>	21.15	28.76	12.59	45.68	48.79	51.23

## 2.9. Aspectos éticos:

La presente investigación obtendrá los resultados en laboratorio de los de los instrumentos y ensayos respectivos tomando en cuenta la veracidad, la responsabilidad y la objetividad de los mismos por lo tanto no habido ningún tipo de variación y su originalidad los verifica que no existe plagio alguno.

Los datos obtenidos siguientes ensayos: variación dimensional, absorción, succión, análisis granulométrico de agregado fino, resistencia a la compresión de la unidad de albañilería, resistencia a la compresión de cubos de mortero y por ultimo aplicación de la resistencia a compresión de pilas de albañilería y serán los obtenidos de manera veraz por la observación directa e instrumental; en los mismos existirá objetividad y rigor científico en la recolección de los resultados; por lo tanto, no habrá manipulación alguna siendo veraces y no como el resultado de algún plagio.

Los resultados obtenidos servirán para las unidades de albañilería seleccionadas de la sucursal “El paraíso” de la cantera el Cerrillo y para el mortero seleccionado de la cantera “Davichito” (Camino al Aeropuerto), por lo tanto, no podemos generalizar para otros tipos de ladrillo y mortero.

Por lo expuesto la presente investigación cumple con los principios de la ética: objetividad, veracidad y responsabilidad.

### **2.9.1. Objetividad:**

La objetividad se refiere a expresar la realidad tal cual es; a la vez, está desligada de los sentimientos y de la afinidad que una persona pueda tener con respecto a otro individuo, objeto o situación. La objetividad solo debe indicar aquello que es real y existente, es decir, que es imparcial (A. Morales, 2011).

En este sentido, objetividad es un término que se relaciona con los significados de la verdad, ética, epistemología, análisis de datos, ecuanimidad y honradez, y es aplicable en diversas actividades de una investigación (A. Morales, 2011).

La objetividad permite la presentación del conocimiento de manera neutral, y por ello, es una característica imprescindible de todos los contenidos que exponen los resultados de una investigación o análisis científico que pretenda aportar información. Como se puede ver, la objetividad se aplica de diversas maneras en las que las posturas personales y subjetivas se apartan para no afectar un juicio, contenido o información acerca de la realidad. De allí que, al no implicar sentimientos o arraigos, la objetividad genera calma y tranquilidad (A. Morales, 2011).

La objetividad nos sirve para ser más claro, concreto, lógicos y esto pueda hacer mejorar nuestro razonamiento en varios aspectos. También nos sirve para el

día a día ya que siempre o en la mayoría de las ocasiones tenemos que enfrentar donde la objetividad puede ser considerada como prioridad como en debates, negociaciones, pláticas o críticas (A. Morales, 2011).

Nuestra investigación ha sido bastante objetiva pues hemos cumplido todos los requisitos requerido para obtener resultados objetivos, veraces, éticos, epistemológicos, análisis de datos, ecuanimidad y honradez, que son aplicables en actividades de una investigación seria.

### **2.9.2. Veracidad:**

La veracidad es la cualidad de lo que es verdadero o veraz, y está conforme con la verdad y se ajusta a ella. Es un valor moral positivo que busca la verdad. Es decir, el significado de veracidad está íntimamente relacionado con todo lo que se refiere a la verdad o a la realidad, o a la capacidad de alguien para decir siempre la verdad y ser sincero, honesto, franco y tener buena fe. Por tanto, es lo opuesto a la mentira, a la hipocresía o a la falsedad (A. Núñez, 2015).

La veracidad es frecuentemente considerada como un importante valor moral que debe ser puesto en práctica durante el desarrollo de la vida pública. Esto es fundamental dado que la veracidad de un enunciado deja ver la existencia de la capacidad de decir la verdad en el hablante. Por ello, es sin dudas una característica necesaria para construir una sociedad más justa y solidaria, pues, independientemente de cuál sea el motivo por el que se escoja faltar a la verdad, esta situación supone siempre un daño para terceras personas (A. Núñez, 2015).

Finalmente, nuestros resultados han sido obtenidos de laboratorio cumpliendo con los principios de veracidad y puede ser probados y verificados.

### **2.9.3. Responsabilidad:**

Responsabilidad es dar cumplimiento a las obligaciones y ser cuidadoso al tomar decisiones o realizar algo. Es también, el hecho de ser responsable de alguien o de algo. Es también, un valor y una práctica ética, ya que impacta en la vida familiar, académica, laboral y ciudadana (A. Bustamante, 2016).

El concepto de responsabilidad hace referencia a un valor presente en la conciencia de la persona que estudia la ética sobre una base moral. Además, este concepto menciona un aprendizaje que puede adquirir un individuo a nivel de su inteligencia emocional a lo largo de los años (A. Bustamante, 2016).

Uno de los resultados que genera ser una persona responsable es el logro de los objetivos, metas y propósitos que se tengan en la vida. En lo personal tiene una gran utilidad, debido a que sirve como un puente que te ayuda a sacar tu vida adelante con base a tus aspiraciones (A. Bustamante, 2016).

También diremos que hemos cumplido el principio de responsabilidad y concluiremos que ésta garantiza la ética en la presente investigación.

### **2.10. Aplicación de herramientas:**

La herramienta de observación simple utilizará las guías de los diferentes ensayos realizados en laboratorio, los mismos que serán registrados y controlados con los respectivos protocolos después de realizados los ensayos.

Los resultados obtenidos de los ensayos son verificados con la norma E-070, si obtenemos valores que salen de los límites; verificamos el procedimiento y/o repetimos el ensayo.

Se utilizarán las principales herramientas de laboratorio tanto para el diseño de mortero como balanzas, cazoletas y en especial la máquina de ensayo de compresión axial YUFENG.

Para la evaluación de los resultados usaremos el programa Microsoft Excel, el cual no ayudará a procesar todos los datos obtenidos en laboratorio, obtener el promedio y la desviación estándar.

### **2.11. Métodos:**

Para la evaluación de la presente investigación se aplicará el método inductivo-deductivo ya que construiremos un modelo de pila de ladrillo artesanal con dos tipos de mortero: mortero tradicional P1 y mortero no tradicional (Massa DunDun), y calcularemos la resistencia de la pila para su respectiva comparación; usando la norma E – 070.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 19.

*Variación dimensional.*

Dimensiones de fábrica		Largo 24 Cm	Ancho 13 cm	Alto 9 cm													
UND	Longitud Efectiva (cm)					Ancho Efectivo (cm)					Altura Efectiva (cm)						
	L1	L2	L3	L4	Lo	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho		
M1	22.95	22.91	22.97	23.01	22.96	11.68	11.75	11.71	11.62	11.69	7.20	7.18	7.28	7.25	7.23		
M2	21.39	21.44	21.41	21.48	21.43	12.08	11.96	12.13	12.07	12.06	7.38	7.52	7.44	7.56	7.48		
M3	21.15	21.18	21.26	21.24	21.21	11.86	11.97	11.92	11.88	11.91	7.35	7.32	7.45	7.40	7.38		
M4	21.03	21.09	21.13	21.05	21.08	11.88	11.95	11.92	12.00	11.94	7.39	7.45	7.32	7.44	7.40		
M5	21.18	21.22	21.25	21.15	21.20	12.12	12.06	12.22	12.14	12.14	7.50	7.43	7.58	7.52	7.51		
M6	20.60	20.65	20.58	20.68	20.63	11.50	11.62	11.54	11.65	11.58	7.12	7.24	7.10	7.21	7.17		
<b>Long. Efectiva Promedio (cm)</b>					<b>21.42</b>	<b>Ancho Efectivo Promedio (cm)</b>					<b>11.88</b>	<b>Altura Efectiva Promedio (cm)</b>					<b>7.36</b>
<b>Desviación Estándar</b>					<b>0.80</b>	<b>Desviación Estándar</b>					<b>0.21</b>	<b>Desviación Estándar</b>					<b>0.14</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>					<b>3.74</b>	<b>Coefficiente de Variación (%)</b>					<b>1.80</b>	<b>Coefficiente de Variación (%)</b>					<b>1.84</b>
<b>Longitud de Fábrica (cm)</b>					<b>24.00</b>	<b>Longitud de Fábrica (cm)</b>					<b>13.00</b>	<b>Longitud de Fábrica (cm)</b>					<b>9.00</b>
<b>Variación Dimensional (V%)</b>					<b>10.76</b>	<b>Variación Dimensional (V%)</b>					<b>8.58</b>	<b>Variación Dimensional (V%)</b>					<b>18.23</b>

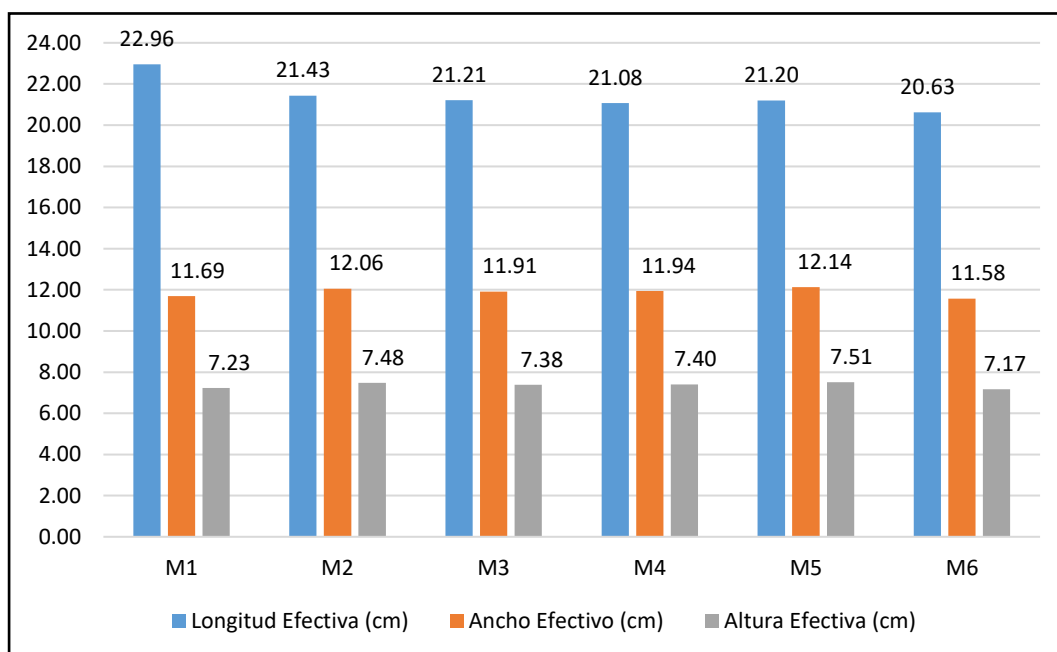


Figura 23. Medidas promedio de cada espécimen ensayado.



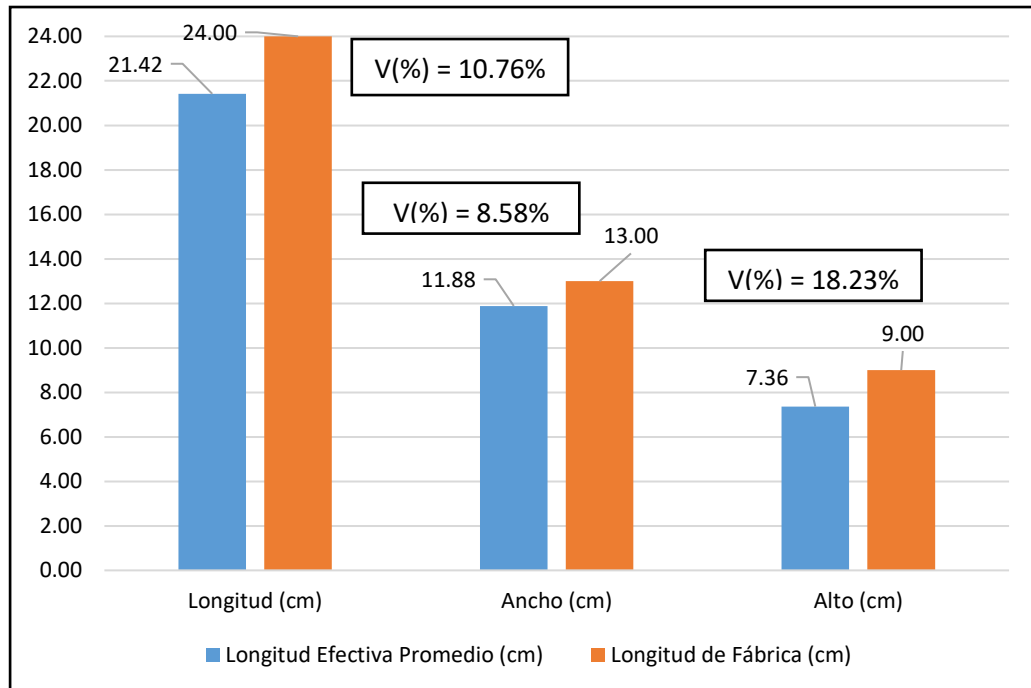


Figura 24. Variación dimensional con respecto a las dimensiones de fábrica.

Presentados los datos y gráficas del ensayo de variación dimensional, observamos que las dimensiones promedio de longitud, ancho y alto de las unidades de albañilería ensayadas se encuentran considerablemente por debajo de las dimensiones nominales de fábrica.

### 3.2. Alabeo (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 20

*Alabeo.*

Especímen	Cara A		Cara B		Alabeo	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M1	1.30	2.40	0.50	2.00	0.90	2.20
M2	1.00	3.10	1.00	1.20	1.00	2.15
M3	2.20	2.70	2.30	0.30	2.25	1.50
M4	0.50	1.50	1.10	0.20	0.80	0.85
M5	1.30	3.00	1.50	1.30	1.40	2.15
M6	0.80	1.50	0.00	0.40	0.40	0.95
	<b>Promedio</b>				<b>1.13</b>	<b>1.63</b>

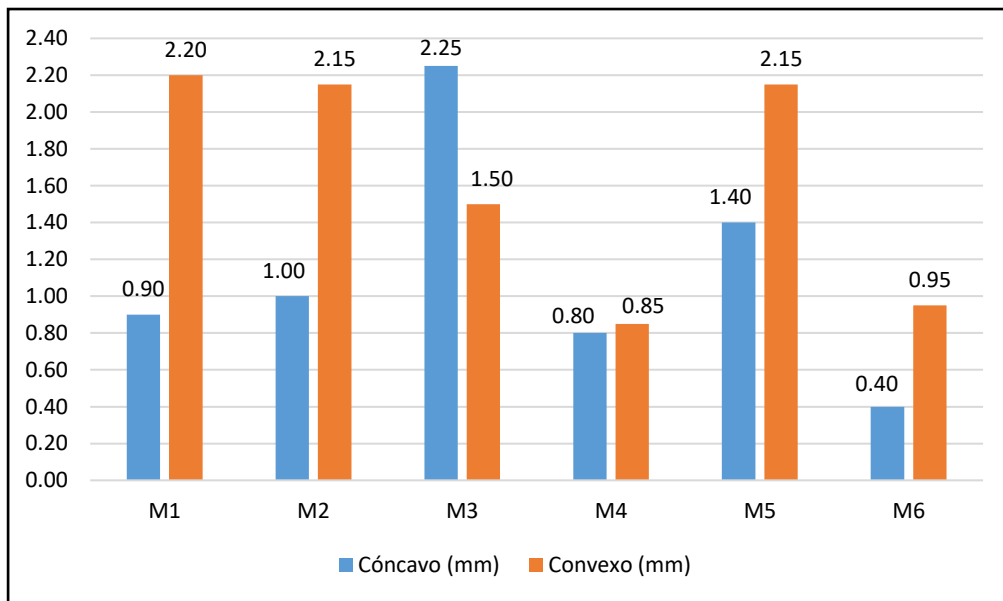


Figura 25. Alabeo promedio de cada unidad de albañilería.

En cuanto al alabeo de las unidades de albañilería podemos observar diversas variaciones en cada unidad ensayada en cuanto a la concavidad y convexidad. Es decir, observamos un caso donde la concavidad es mucho mayor, otro caso donde son medidas idénticas; sin embargo, en la mayoría de las unidades ensayadas, la convexidad es mayor que la concavidad y generalmente por una diferencia considerable.

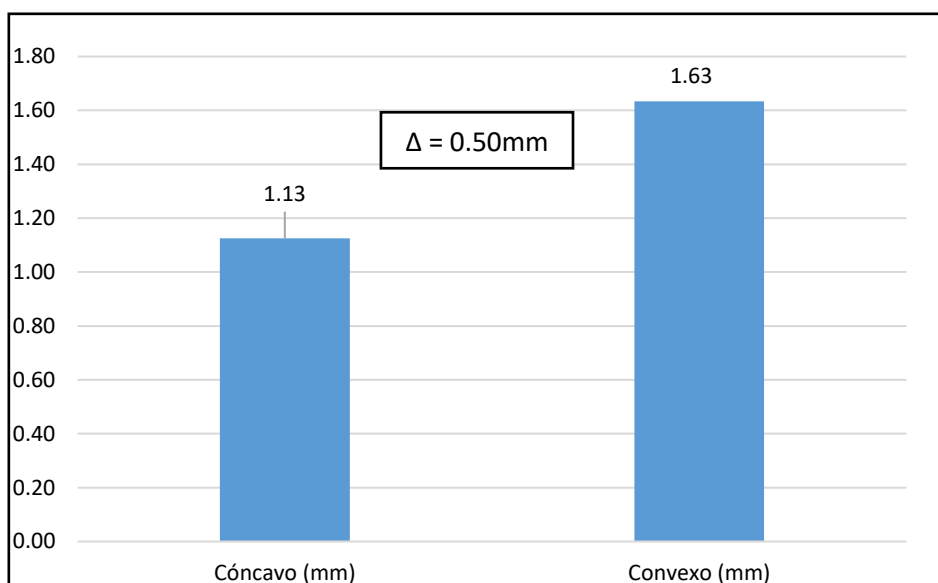


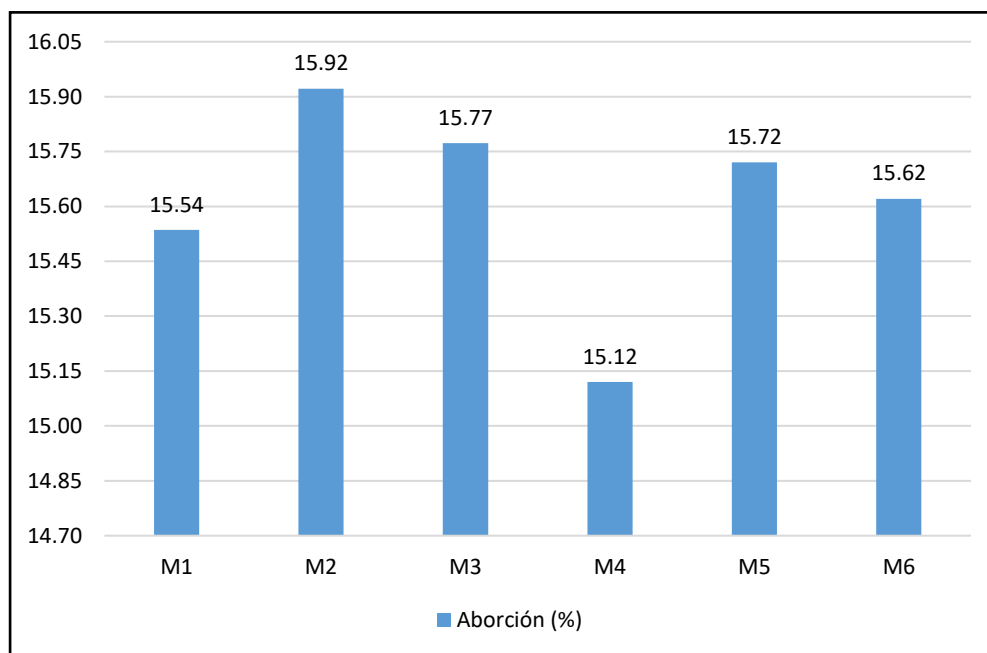
Figura 26. Alabeo promedio total.

### 3.3. Absorción (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 21

*Absorción.*

<b>Unidad</b>	<b>Ws (gr.)</b>	<b>Wd (gr.)</b>	<b>Absorción (%)</b>
M1	3282.43	3792.37	15.54
M2	3260.50	3779.63	15.92
M3	3331.93	3857.47	15.77
M4	3268.57	3762.77	15.12
M5	3304.93	3824.47	15.72
M6	3289.67	3803.54	15.62
<b>Promedio</b>			<b>15.62</b>



*Figura 27. Absorción de cada unidad de albañilería.*

Según los datos obtenidos y procesados para el ensayo de absorción, los valores identificados de cada unidad de albañilería rondan desde el mínimo con 15.12% al máximo con 15.92% con una variación entre estos de 0.80%.

### 3.4. Succión (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 22

*Succión.*

Unidad	P seco (gr.)	P mojado (gr.)	A (cm)	L (cm)	Succión (g/min/200cm <sup>2</sup> )
M1	3318.20	3434.80	11.61	21.74	92.39
M2	3315.50	3435.70	11.54	22.09	94.30
M3	3285.60	3407.70	11.76	21.55	96.36
M4	3368.60	3490.00	11.63	22.05	94.68
M5	3372.50	3492.40	11.49	21.68	96.27
M6	3390.46	3509.71	11.61	21.82	94.17
<b>Promedio</b>					<b>94.70</b>

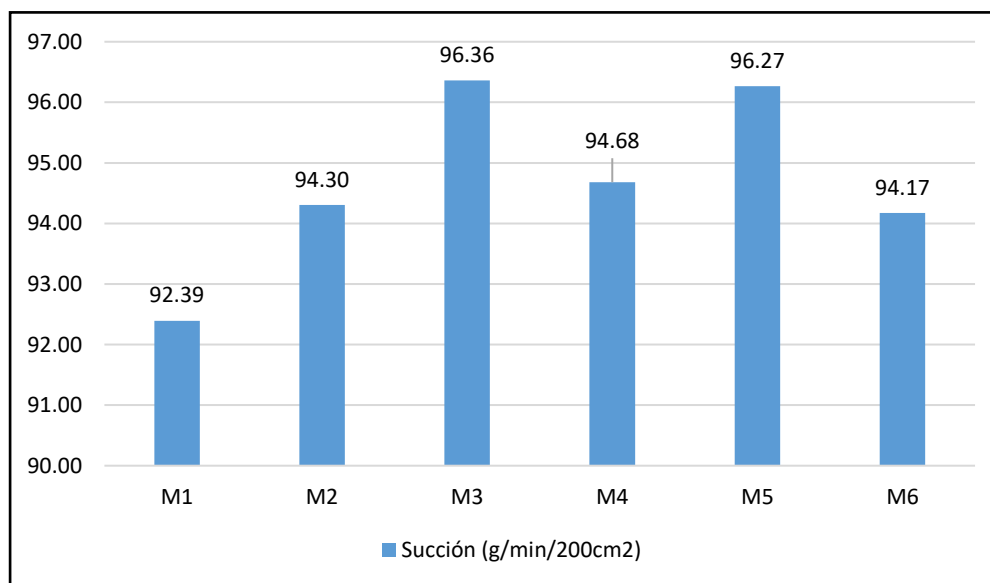


Figura 28. Succión de cada unidad de albañilería.

Según los datos obtenidos y procesados para el ensayo de succión, los valores identificados de cada unidad de albañilería rondan desde el mínimo con 92.39g/min/cm<sup>2</sup>, al máximo con 96.36 g/min/cm<sup>2</sup>, con una variación entre estos de 3.97g/min/cm<sup>2</sup>.

### 3.5. Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E204, ASTM C136, NTP

400.012):

Tabla 23

*Análisis granulométrico del agregado fino.*

Peso de la muestra =			1512 gr.			Husos Granulométricos (Norma E.070)		
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	Límite Inferior	Limite Superior
	(pulg)	(mm)						
1	N° 4	4.750	0	0	0.00	100.00	100	100
2	N° 8	2.360	4	4	0.26	99.74	95	100
4	N° 16	1.180	303	307	20.33	79.67	70	100
5	N° 30	0.600	305	612	40.53	59.47	40	75
6	N° 50	0.300	447	1059	70.13	29.87	10	35
7	N° 100	0.150	287	1346	89.14	10.86	2	15
8	N° 200	0.075	134	1480	98.01	1.99	0	2
9	Bandeja	0	30	1510	100.00	0.00	-	-
<b>10</b>	<b>Total</b>		<b>1510 gr</b>					

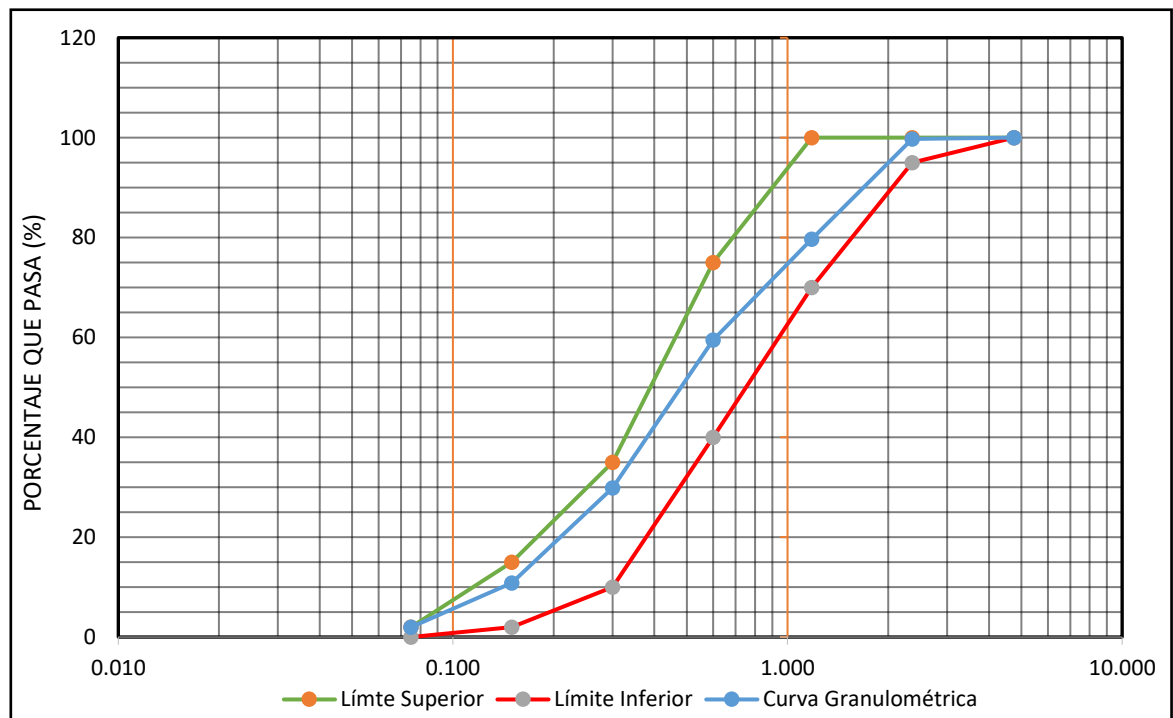


Figura 29. Curva granulométrica del fino.

- Ahora procedemos a calcular el módulo de finura con la ecuación 11.

Ecuación 11. Módulo de finura del agregado fino.

$$M.F. = \frac{\sum \%Retenido\ Acumulado\ (Hasta\ el\ tamiz\ \#100)}{100} \dots\dots\dots (11)$$

$$M.F. = \frac{0.26 + 20.33 + 40.53 + 70.13 + 89.14}{100} = 2.20$$

Se observa que la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites superior e inferior de la arena gruesa generado con los datos recopilados de la tabla N° 23, obteniéndose a la vez un módulo de finura de 2.20.

### 3.6. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 – 399.064):

Tabla 24

*Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.*

Muestra	Lo (cm)	Ao (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión fb (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	20.95	11.70	245.1150	156.09	15916.747	64.94
M2	21.43	12.05	258.2315	147.20	15010.220	58.13
M3	21.20	11.91	252.4920	145.85	14872.558	58.90
M4	21.08	11.95	251.9060	143.61	14644.142	58.13
M5	21.22	12.14	257.6108	153.17	15618.990	60.63
M6	20.62	11.58	238.7796	195.04	19888.541	83.29
<b>fb Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>64.00</b>
<b>Desv. Estándar</b>						<b>9.79</b>
<b>Coefficiente De variación (%)</b>						<b>15.30</b>
<b>f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>54.21</b>

Según lo mostrado en la tabla N° 24 de ensayo a compresión de unidades de albañilería identificamos que la resistencia a compresión promedio fb es de 64.00 kg/cm<sup>2</sup> sin embargo la resistencia a compresión f'b se reduce hasta 54.21 kg/cm<sup>2</sup>, esto debido a la disminución de la desviación estándar generada por los 6 datos obtenidos.

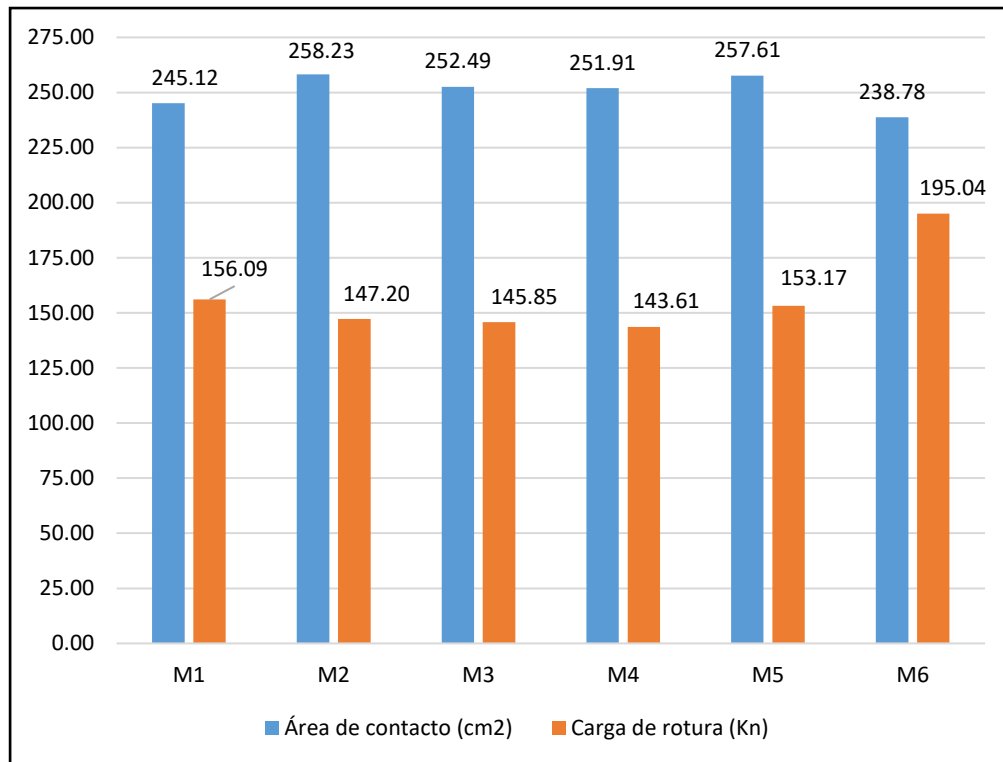


Figura 30. Área de contacto vs. Carga de rotura de cada unidad de albañilería.

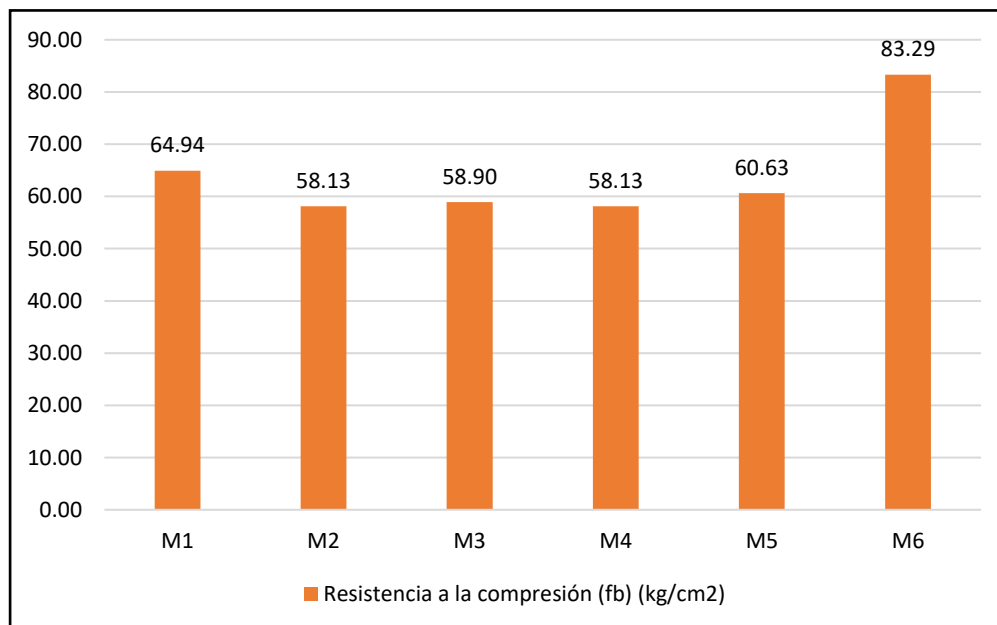


Figura 31. Resistencia a la compresión (fb) de cada unidad de albañilería.

Los datos procesados de ensayo a compresión de unidades de albañilería rondan desde el mínimo con 58.13kg/cm<sup>2</sup>, al máximo con 83.29kg/cm<sup>2</sup>, con una variación entre estos de 25.16kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.7. Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50.8mm) (MTC E609,

ASTM C109, NTP334.051):

Tabla 25

*Resistencia a la compresión de cubos de mortero 1:3 (50.8mm).*

Muestra	Lo (cm)	Ao (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión fm (kg/cm <sup>2</sup> )
MC1	5.01	5.00	25.0500	69.78	7115.578	284.06
MC2	5.00	5.01	25.0500	70.77	7216.530	288.09
MC3	5.01	5.03	25.2003	69.78	7115.578	282.36
MC4	5.00	5.01	25.0500	72.24	7366.428	294.07
MC5	5.02	5.02	25.2004	74.28	7574.450	300.57
MC6	5.03	5.01	25.2003	73.84	7529.583	298.79
<b>fm Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>291.32</b>
<b>Desv. Estándar</b>						<b>7.65</b>
<b>Coefficiente De variación (%)</b>						<b>2.63</b>
<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>283.67</b>

Según lo mostrado en la tabla N° 25 de ensayo a compresión de cubos de mortero 1:3 (50.8 mm), identificamos que la resistencia promedio a compresión de las 6 unidades ensayadas es 291.32 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, la resistencia a compresión f'm se reduce hasta 283.67 kg/cm<sup>2</sup>, esto debido a la disminución de la desviación estándar generada por los 6 datos obtenidos.



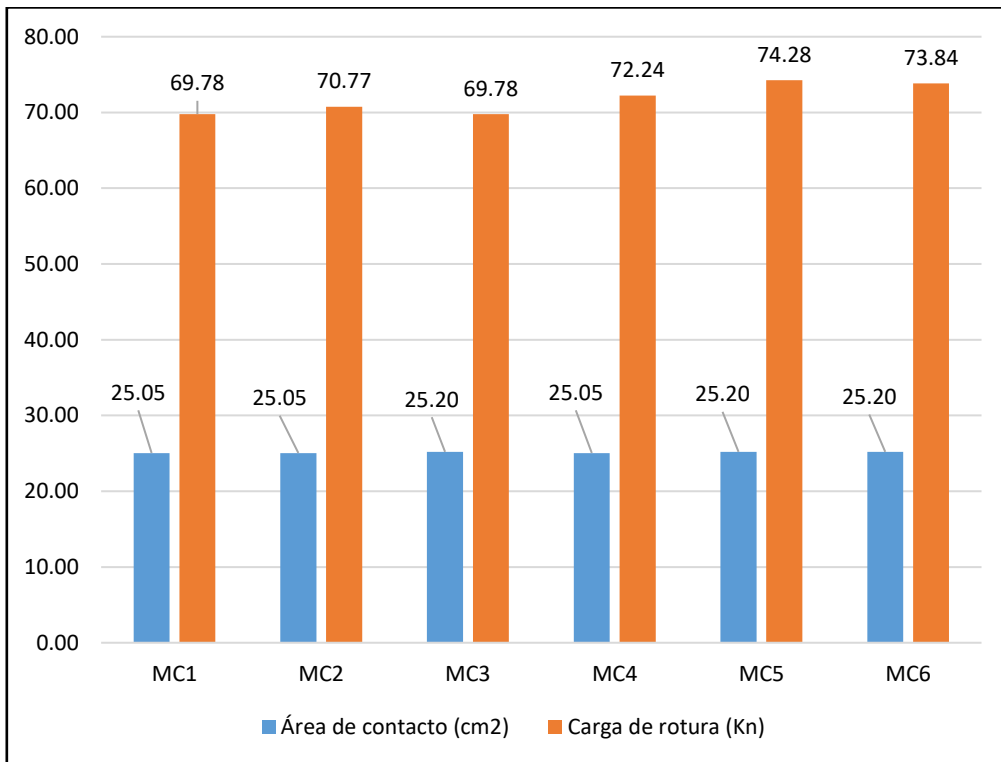


Figura 32. Área de contacto vs. Carga de rotura de cada cubo de mortero P1.

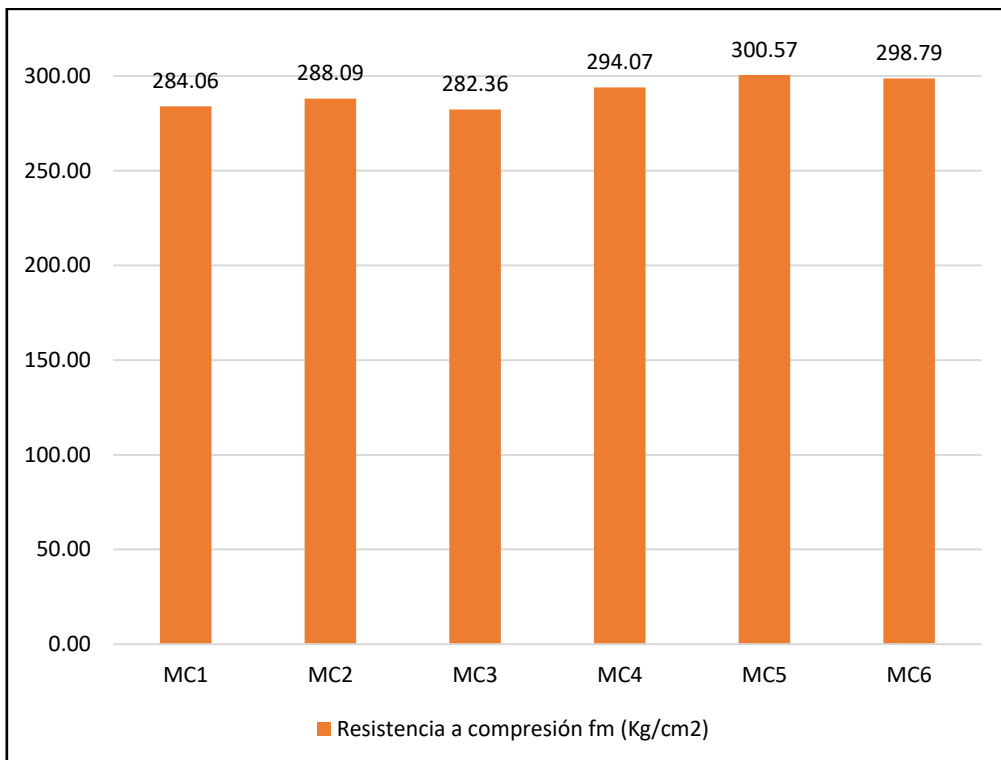


Figura 33. Resistencia a la compresión (f'm) de cada cubo de mortero P1.

Los datos procesados de ensayo a compresión de cada unidad de mortero rondan desde el mínimo con  $300.57\text{kg/cm}^2$ , al máximo con  $282.36\text{kg/cm}^2$ , con una variación entre estos de  $18.21\text{kg/cm}^2$ .

### 3.8. Compresión de morteros no tradicional (Massa DunDun) (MTC E609, ASTM C109, NTP334.051):

Tabla 26

*Resistencia a la compresión de cubos de mortero no tradicional (Massa DunDun)*

Muestra	Lo (cm)	Ao (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión fm (kg/cm <sup>2</sup> )
MC1	5.00	5.01	25.0500	50.65	5164.862	206.18
MC2	5.00	5.00	25.0000	49.71	5069.008	202.76
MC3	5.03	5.01	25.2003	49.29	5026.180	199.45
MC4	5.00	5.01	25.0500	49.05	5001.707	199.67
MC5	5.00	5.02	25.1000	48.23	4918.090	195.94
MC6	5.02	5.01	25.1502	50.23	5122.033	203.66
<b>fm Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>201.28</b>
<b>Desv. Estándar</b>						<b>3.64</b>
<b>Coefficiente De variación (%)</b>						<b>1.81</b>
<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>197.63</b>

Según lo mostrado en la tabla N° 26 de ensayo a compresión de cubos de mortero no tradicional (Massa DunDun) de 50.8 mm, identificamos que la resistencia promedio a compresión de las 6 unidades ensayadas es  $201.28\text{ Kg/cm}^2$ ; sin embargo, la resistencia a compresión f'm se reduce hasta  $197.63\text{ kg/cm}^2$ , esto debido a la disminución de la desviación estándar generada por los 6 datos obtenidos.

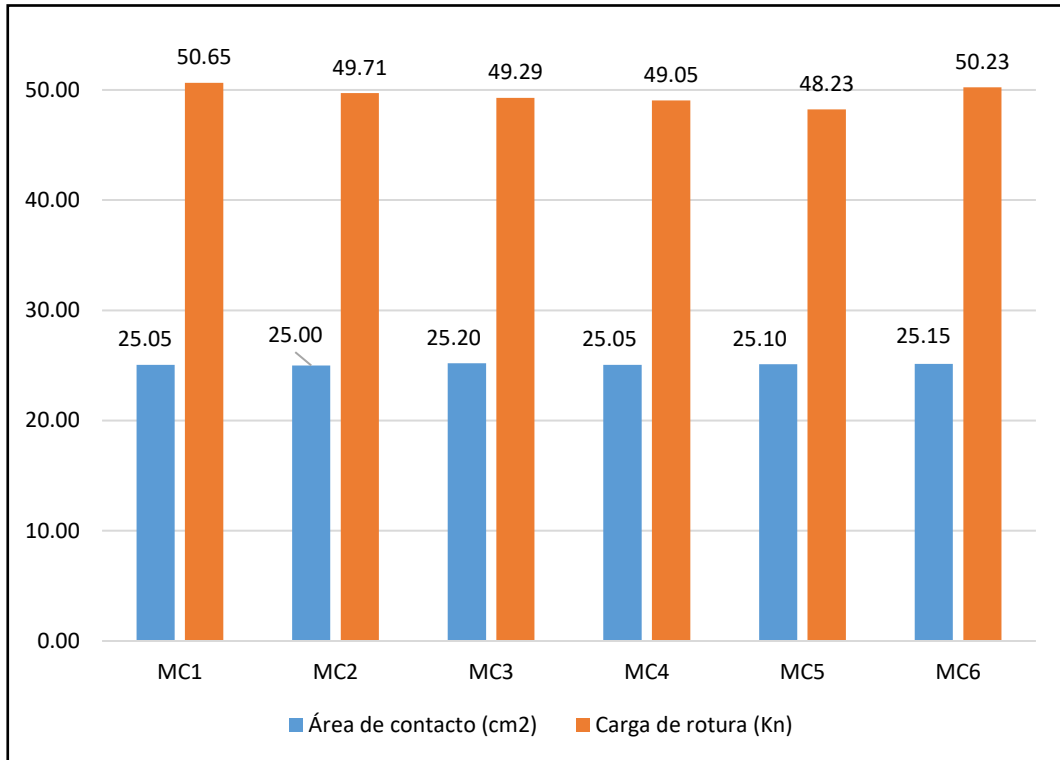


Figura 34. Área de contacto vs. Carga de rotura de cada cubo de mortero no tradicional (Massa DunDun).

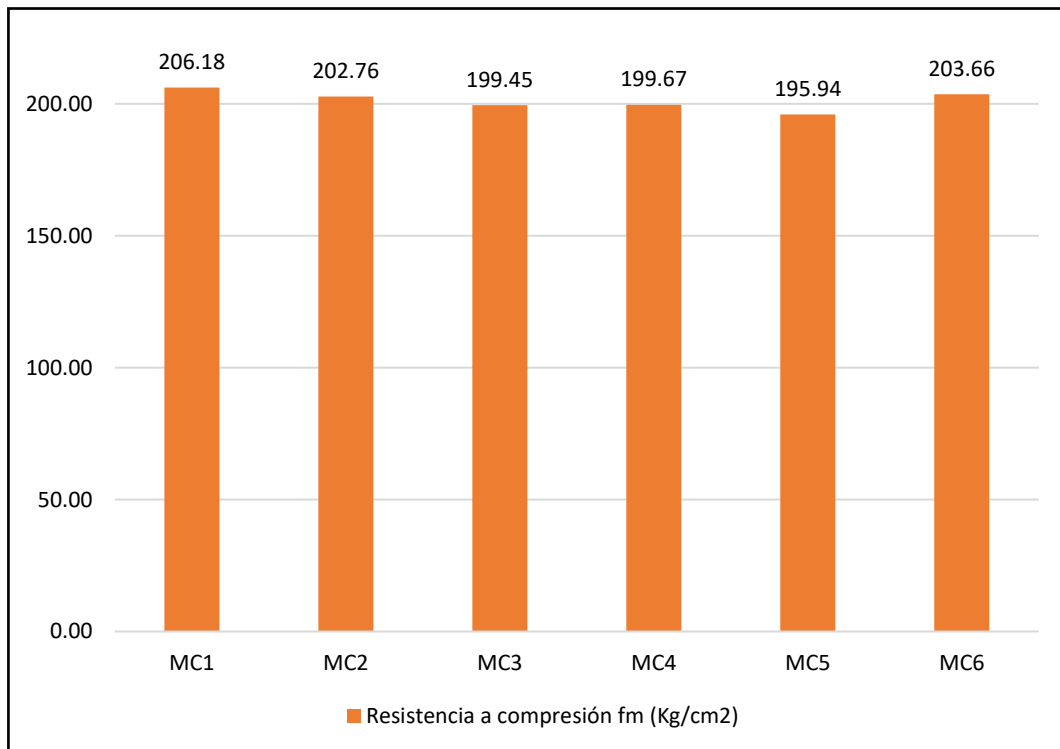


Figura 35. Resistencia a la compresión (f'm) de cada cubo de mortero no tradicional (Massa DunDun).

Los datos procesados de ensayo a compresión de cada unidad de mortero no tradicional (Massa DunDun) rondan desde el mínimo con  $195.94 \text{ kg/cm}^2$ , al máximo con  $206.18 \text{ Kg/cm}^2$ , con una variación entre estos de  $10.24 \text{ kg/cm}^2$ .

### 3.9. Comparación de resistencia a compresión de mortero tradicional con mortero no tradicional (Massa DunDun):

Tabla 27

*Comparación de resistencia a compresión cubos de mortero tradicional P1 vs mortero no tradicional (Massa DunDun).*

Tipo de Mortero	Muestra	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	fm PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Mortero tradicional 1:3</b>	MC1	25.0500	7115.578	284.06	<b>291.32</b>
	MC2	25.0500	7216.530	288.09	
	MC3	25.2003	7115.578	282.36	
	MC4	25.0500	7366.428	294.07	
	MC5	25.2004	7574.450	300.57	
	MC6	25.2003	7529.583	298.79	
<b>Mortero no tradicional (Massa DunDun)</b>	MC1	25.0500	5164.862	206.18	<b>201.28</b>
	MC2	25.0000	5069.008	202.76	
	MC3	25.2003	5026.180	199.45	
	MC4	25.0500	5001.707	199.67	
	MC5	25.1000	4918.090	195.94	
	MC6	25.1502	5122.033	203.66	

Según lo mostrado en la tabla N° 27 de ensayo a compresión de cubos de mortero tradicional vs. el mortero no tradicional (Massa DunDun), identificamos que la resistencia a compresión de cubos de mortero tradicional es considerablemente mayor que el mortero no tradicional. Es mayor en  $90.04 \text{ kg/cm}^2$ .

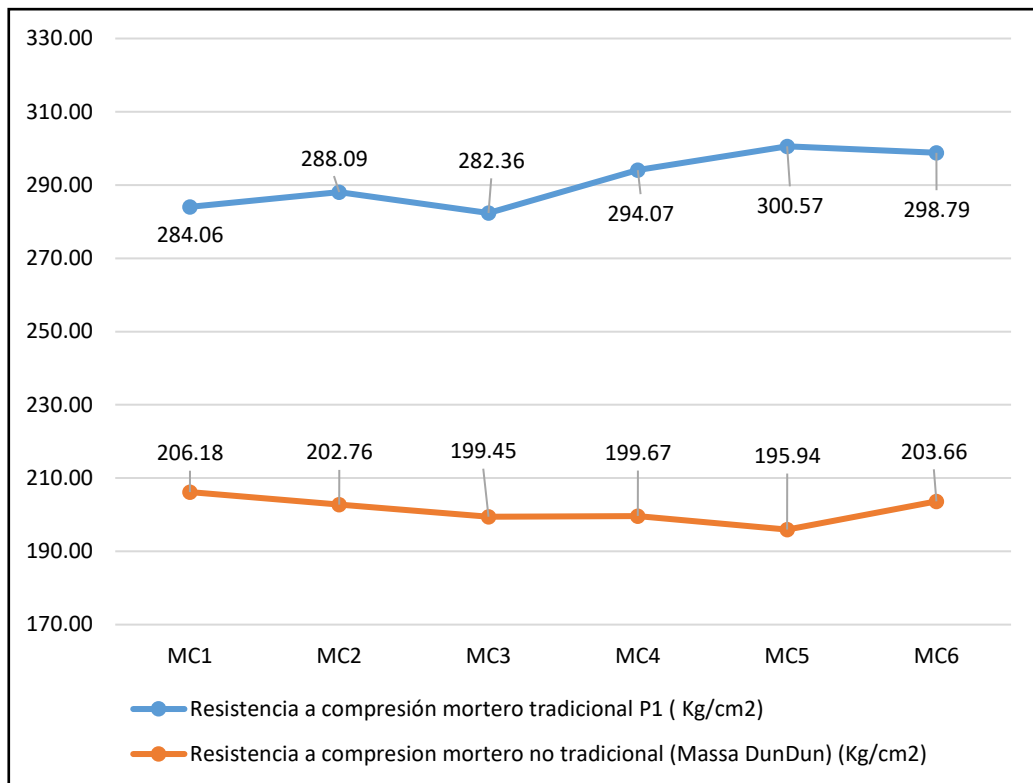


Figura 36. Resistencia a compresión de: Mortero tradicional P1 vs. Mortero no tradicional (Massa DunDun).

Como observamos en el gráfico, la resistencia a compresión de los cubos elaborados con mortero tradicional P1 de dosificación 1:3, es notablemente mayor que la resistencia a compresión de los cubos elaborados con mortero no tradicional (Massa DunDun). Es decir, el menor valor de resistencia a compresión de un cubo elaborado con mortero tradicional P1, el cual es 282.36 kg/cm<sup>2</sup>, es mayor en 86.42kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al menor valor de un cubo elaborado con mortero no tradicional (Massa DunDun), el cual es 195.94kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, el mayor valor de resistencia a compresión de un cubo elaborado con mortero tradicional P1, el cual es 300.57 kg/cm<sup>2</sup>, es mayor en 94.39kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al mayor valor de un cubo elaborado con mortero no tradicional (Massa DunDun), el cual es 206.18kg/cm<sup>2</sup>

### 3.10. Compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 – 399.621):

Tabla 28.

*Resistencia a la compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1.*

<b>Muestra</b>	<b>Largo lm (cm)</b>	<b>Altura hm (cm)</b>	<b>Espesor tm (cm)</b>	<b>Área neta (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación hm/tm</b>	<b>Carga de rotura (KN)</b>	<b>Carga de rotura (kg)</b>	<b>Factor de corrección por esbeltez</b>	<b>Factor de corrección por edad</b>	<b>Resistencia a la compresión fm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>M 1</b>	21.01	29.04	11.97	251.4897	2.4261	75.56	7704.974	0.790	1.100	26.62
<b>M 2</b>	21.24	28.49	12.14	257.8536	2.3468	77.73	7926.253	0.779	1.100	26.34
<b>M 3</b>	21.36	28.83	12.09	258.2424	2.3846	77.56	7908.917	0.784	1.100	26.41
<b>M 4</b>	21.51	28.83	12.13	260.9163	2.3768	73.25	7469.420	0.783	1.100	24.66
<b>M 5</b>	20.78	29.02	12.05	250.3990	2.4083	72.83	7426.592	0.787	1.100	25.68
<b>fm PROMEDIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>										<b>25.94</b>
<b>Desv. Estándar</b>										<b>0.80</b>
<b>Coefficiente De variación (%)</b>										<b>3.09</b>
<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>										<b>25.14</b>

Terminado el curado de las pilas elaboradas con mortero tradicional durante 28 días se obtuvo los datos mostrados en la tabla N° 28.

Según lo mostrado en la tabla N° 29 de ensayo a compresión de pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun), identificamos que la resistencia promedio a compresión de las 5 unidades ensayadas es 25.94 Kg/ cm<sup>2</sup>; sin embargo, la resistencia a compresión f'm se reduce hasta 25.14 kg/cm<sup>2</sup>, esto debido a la disminución de la desviación estándar generada por los 5 datos obtenidos.

Tabla 29

*Resistencia a la compresión de pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun)*

Muestra	Largo lm (cm)	Altura hm (cm)	Espesor tm (cm)	Área neta (cm <sup>2</sup> )	Relación hm/tm	Carga de rotura (KN)	Carga de rotura (kg)	Factor de corrección por esbeltez	Factor de corrección por edad	Resistencia a la compresión fm (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>M1</b>	21.53	28.79	12.13	261.1589	2.3735	48.08	4902.795	0.782	1.100	16.15
<b>M2</b>	21.76	29.02	12.36	268.9536	2.3479	52.46	5349.430	0.779	1.100	17.04
<b>M3</b>	21.08	29.02	11.95	251.9060	2.4285	48.36	4931.347	0.782	1.100	16.84
<b>M4</b>	21.10	29.12	12.11	255.5210	2.4046	51.10	5210.749	0.787	1.100	17.65
<b>M5</b>	21.15	28.76	12.59	266.2785	2.2844	51.23	5224.005	0.770	1.100	16.62
<b>fm PROMEDIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>										<b>16.86</b>
<b>Desv. Estándar</b>										<b>0.55</b>
<b>Coefficiente De Variación (%)</b>										<b>3.29</b>
<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>										<b>16.31</b>

Terminado el curado de las pilas elaboradas con mortero no tradicional durante 28 días se obtuvo los datos mostrados en la tabla N° 28.

Según lo mostrado en la tabla N° 28 de ensayo a compresión de pilas de mortero no tradicional identificamos que la resistencia promedio a compresión de las 5 unidades ensayadas es 16.86 Kg/ cm<sup>2</sup>; sin embargo, la resistencia a compresión f'm se reduce hasta 16.31 kg/cm<sup>2</sup>, esto debido a la disminución de la desviación estándar generada por los 5 datos obtenidos.

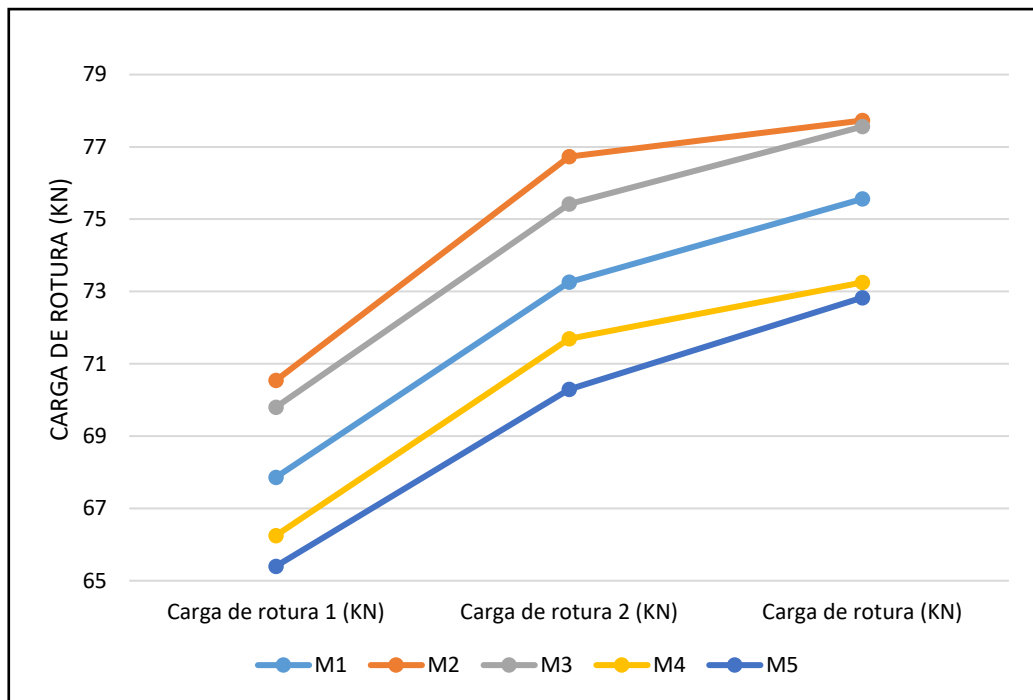


Figura 37. Cargas de rotura inicial, media y final de las pilas elaboradas con mortero tradicional P1.

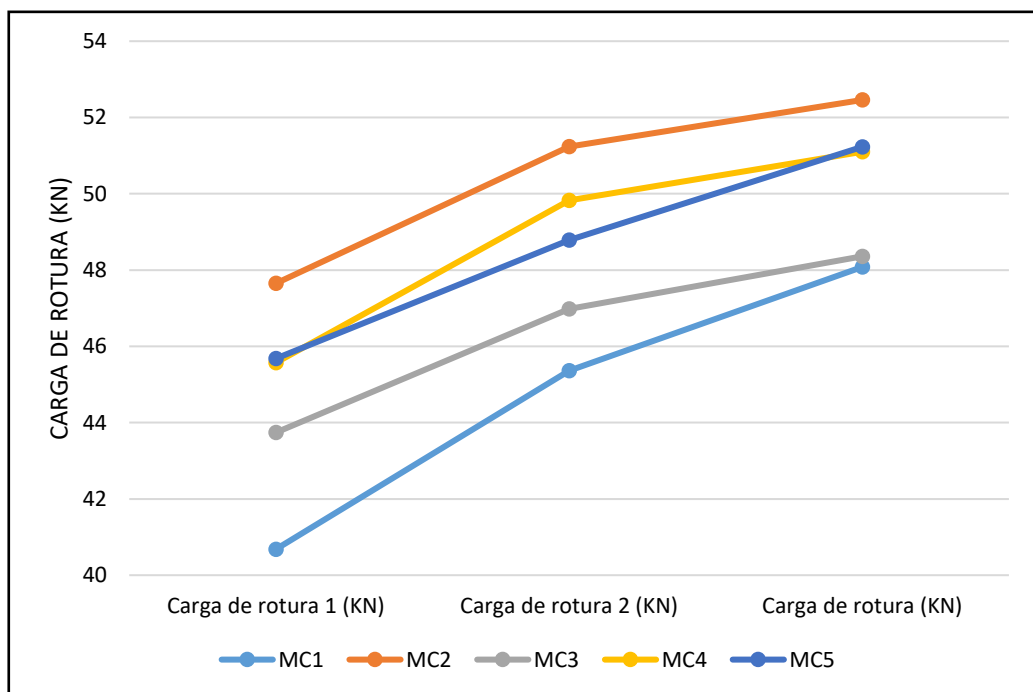


Figura 38. Cargas de rotura inicial, media y final de las pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun).



### 3.11. Comparación de resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1 y pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun):

Tabla 30

*Comparación de resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1 vs mortero no tradicional (Massa DunDun).*

Tipo de Mortero	Muestra	Área neta (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión fm (kg/cm <sup>2</sup> )	fm PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Mortero tradicional 1:3</b>	M1	251.4897	69.78	7115.578	26.62	25.94
	M2	257.8536	70.77	7216.530	26.34	
	M3	258.2424	69.78	7115.578	26.41	
	M4	260.9163	72.24	7366.428	24.66	
	M5	250.3990	74.28	7574.450	25.68	
<b>Mortero no tradicional (Massa DunDun)</b>	M1	261.1589	50.65	5164.862	16.15	16.86
	M2	268.9536	49.71	5069.008	17.04	
	M3	251.9060	49.29	5026.180	16.84	
	M4	255.5210	49.05	5001.707	17.65	
	M5	266.2785	48.23	4918.090	16.62	

Según lo mostrado en la tabla N° 30 de ensayo a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1 vs. el mortero no tradicional (Massa DunDun), identificamos que la resistencia a compresión de cubos de mortero tradicional es levemente mayor que el mortero no tradicional. Es mayor en 9.08kg/cm<sup>2</sup>.

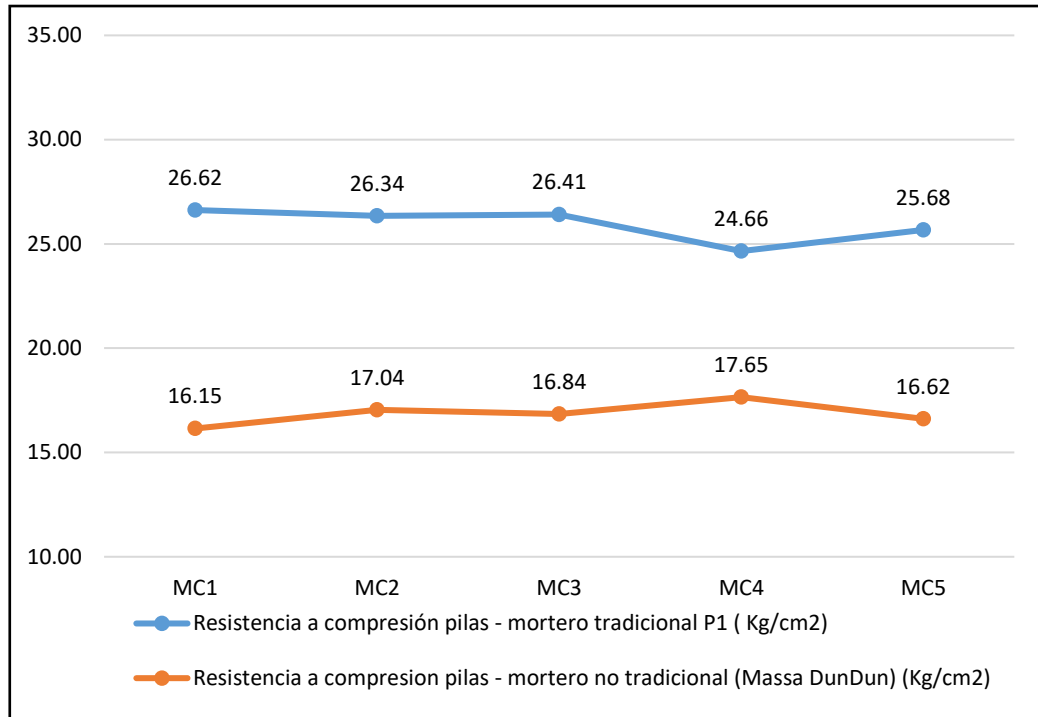


Figura 39. Resistencia a compresión de: Pilas elaboras con mortero tradicional P1 vs. Pilas elaboras con Mortero no tradicional (Massa DunDun).

Como observamos en el gráfico, la resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero tradicional P1 de dosificación 1:3, es levemente mayor que la resistencia a compresión de pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun). Es decir, el menor valor de resistencia a compresión de una pila elaborada con mortero tradicional P1, el cual es 24.66kg/cm<sup>2</sup>, es mayor en 8.51kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al menor valor de una pila elaborada con mortero no tradicional (Massa DunDun), el cual es 16.15kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, el mayor valor de resistencia a compresión de una pila elaborada con mortero tradicional P1, el cual es 26.62 kg/cm<sup>2</sup>, es mayor en 8.97kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al mayor valor de una pila elaborada con mortero no tradicional (Massa DunDun), el cual es 17.65kg/cm<sup>2</sup>

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión:

En la tabla N°19 (Variación dimensional), podemos identificar que en comparación con las dimensiones nominales de fábrica de la unidad de albañilería que son de longitud 24cm, ancho 13cm y alto 9cm, las medidas promedio calculadas en base a los datos obtenidos mediante el ensayo son en su totalidad menores a estas, con valores de longitud que varían entre 20.63cm y 22.96cm con un promedio de 21.42cm, de ancho que varían entre 11.58cm y 12.14cm con un promedio de 11.88cm, y de alto que varían entre 7.17cm y 7.48cm con un promedio de 7.36cm. Es decir, estos valores promedio efectivos se encuentran considerablemente por debajo de los nominales de fábrica con el mayor porcentaje de variación que es de 18.23% en cuanto al alto de las unidades y con el menor que es 8.58% en cuanto al ancho, siendo estas variaciones en porcentaje mayores a los máximos de cada tipo de ladrillo indicados en la Tabla N°3 (Clase de unidad de albañilería para fines estructurales).

De la figura N°25 (Alabeo promedio total), el alabeo de concavidad con valor promedio de 1.13, tiene una variación de 0.50mm con el alabeo de convexidad, cuyo valor promedio es de 1.63mm; estos valores obtenidos se encuentran por debajo de todos los máximo valores de alabeo en mm de los diversos tipos de ladrillo, valores encontrados en la tabla N°3 (Clase de unidad de albañilería para fines estructurales) de la presente investigación y que varían del mínimo, 2mm en ladrillo tipo V y el máximo, 10mm en ladrillo tipo I.

De la Tabla N°21 (Absorción), si bien los valores de absorción de las 6 unidades de albañilería ensayadas varían de 15.12% al 15.92%, el valor promedio es

de 15.62%, valor que se encuentra por debajo del máximo valor de absorción en porcentaje que es 22%, valor que es presentado en el acápite a, del subcapítulo 3.1.5. (aceptación de la unidad) de la norma E.070 – Albañilería, para unidades de arcilla y sílico calcáreas.

De la figura N°28, la curva granulométrica de la arena gruesa empleada para el mortero de las pilas de unidades de albañilería artesanales se encontró dentro de los límites establecidos en la tabla N°4 (Granulometría de la arena gruesa), y a la vez presenta un módulo de finura de 2.20, valores que se encuentra dentro de los permitidos que son 1.6 y 2.5, valores del acápite b, del subcapítulo 3.2.2. (componentes del mortero) de la Norma E.070 – Albañilería.

De la tabla N°24 (Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería), la resistencia a compresión promedio de las unidades de albañilería fb es de 64.00kg/cm<sup>2</sup>, pero restando la desviación estándar que es 9.79, se obtiene el valor real de la resistencia a compresión f'b es de 54.21 kg/cm<sup>2</sup>, valor que se encuentra por encima del valor de compresión del ladrillo de tipo I, el cual es de 50kg/cm<sup>2</sup> y por debajo del valor de compresión del ladrillo de tipo II, el cual es de 70kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo con la clasificación para fines estructurales de los ladrillos de la Tabla N°1 de la Norma E.070 – Albañilería, y teniendo en cuenta que la resistencia a compresión es el valor más relevante para definir su clasificación, denominamos al ladrillo de arcilla analizado en la presente como tipo I, debido a que el valor de resistencia a compresión de éste, que es de 54.21kg/cm<sup>2</sup>, se encuentra superando al valor de compresión del tipo I con solo 4.21kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, también se puede mencionar al valor del alabeo, el cual varía entre 1.13mm en concavidad y 1.63mm en convexidad y ambos están por debajo del valor máximo alabeo en mm del ladrillo

tipo I, el cual es de 10mm. Finalmente, en válido mencionar que, los valores de variación dimensional no cumplen con los máximos establecidos para el ladrillo tipo 1 que son 4% para longitud, 6% para ancho y 8% para alto.

En base a los resultados obtenidos de f<sub>m</sub> de las pilas de ladrillo artesanal, se analizó que el valor de las elaboradas con el mortero no tradicional (Massa DunDun) contemplan valores por debajo de las elaboradas con mortero tradicional P1; sin embargo, la desviación estándar cumplió con la tolerancia menor a 10, buscando resultados homogéneos para lograr un comportamiento monolítico dentro de los muros de albañilería.

Se recomienda continuar con la investigación determinando que otro tipo de tecnología podría reemplazar al mortero tradicional en la elaboración de pilas de ladrillo artesanal, y a la vez que pueda aumentar su resistencia a compresión f<sub>m</sub>.

#### **4.2. Limitaciones:**

La presente investigación nos muestra resultados para la unidad de albañilería seleccionada, y el mortero ya mencionados; por lo tanto, no se puede generalizar para otro tipo de ladrillo y mortero.

El número de pilas ensayadas de las tandas de ladrillo seleccionado y con el mortero previsto nos muestran resultados interesantes y objetivos producto de los resultados obtenidos en laboratorio siendo todavía una muestra pequeña para generalizar los resultados obtenidos.

Que debido a la pandemia no fue posible utilizar los laboratorios de la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca; por lo que se tuvo que realizar los ensayos en un laboratorio particular el cual nos hizo conocer que las máquinas

necesarias para los ensayos están calibradas. Sin embargo, podríamos haber obtenido resultados más precisos en el laboratorio de la UPN.

La máquina a compresión del laboratorio del Ing. José Lezama Leyva no cuenta con deflectómetros incorporados por lo que no fue posible calcular carga (P), deformación ( $\Delta$ ); y por ende tampoco los diagramas de esfuerzo vs. deformación para diferentes niveles de carga, lo que nos hubiera permitido calcular la rigidez de la pila y el módulo de elasticidad de la pila.

#### 4.3. Interpretación comparativa:

Los resultados obtenidos en la presente investigación se han comparado con los de la investigación titulada: “Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal”, investigación elaborada por la Ing. Lazo Ríos, Cinthia Melissa del año 2018 en la Universidad Privada del Norte – Cajamarca; esto debido a que, - ya que si bien las pilas son elaboradas con morteros de otra dosificación - éstas pilas son de ladrillo artesanal de la cantera “El Cerrillo”, misma cantera con la cual se ha trabajado en la presente investigación.

Tabla 31

*Comparación de resistencia a compresión (f'm) de pilas de la presente investigación con las pilas de la investigación guía.*

	Presente Investigación		Investigación Guía	
Mortero	1:3	Massa DunDun	1:4	1:5
fm PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	25.94	16.86	23.50	19.83
Desv. Estándar	0.80	0.55	2.81	0.87
<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>25.14</b>	<b>16.31</b>	<b>20.70</b>	<b>18.96</b>

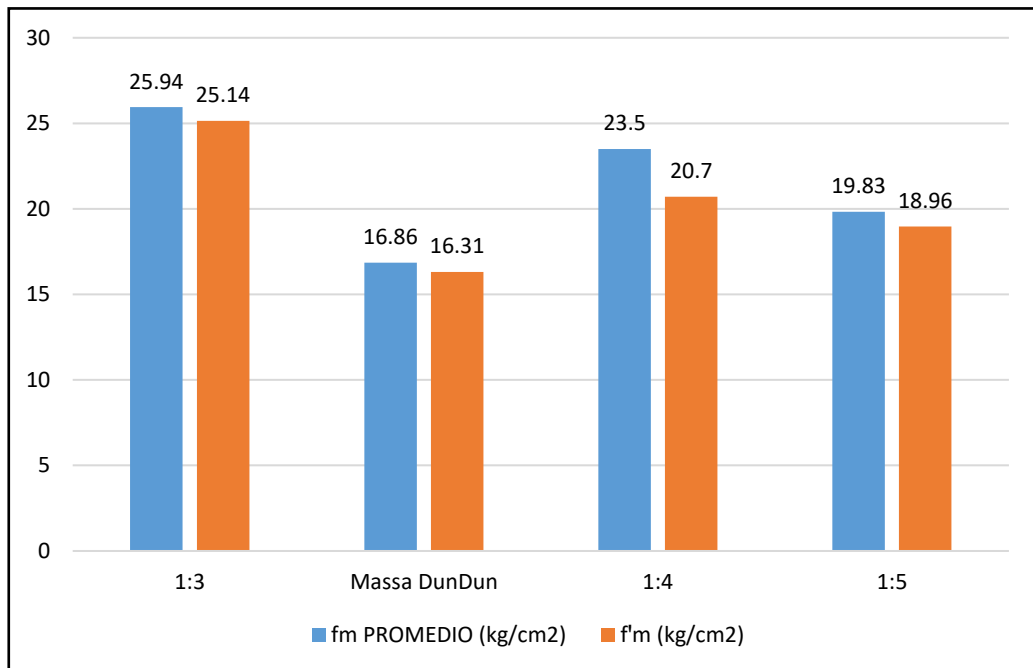


Figura 40. Resistencia a compresión (fm) promedio vs. Resistencia a compresión (f<sup>m</sup>) de las pilas de la presente investigación y la investigación de guía.

Como podemos observar en la figura N°39, las resistencias a compresión (f<sup>m</sup>) siguen una lógica de aumento conforme la dosificación disminuye; sin embargo, la resistencia de las pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun) está por debajo incluso de las pilas elaboradas con mortero en dosificación 1:5.

#### 4.4. Implicancias.

Los ensayos en las pilas nos muestran que la falla es vertical siguiendo el sentido de la carga, iniciándose en la unidad y prolongándose en el mortero, típicamente como se muestra en las estructuras reales en los muros de albañilería portantes; siendo la carga promedio de 25.14 kg/cm<sup>2</sup> con un mortero tradicional podemos indicar que la pila al tener la unidad y el mortero dentro de la norma tendrán un excelente comportamiento.

La norma tiene una razón fundamental al proponer el ensayo de pilas ya que esta nos dará la carga y la deformación máximas, que nos permitirán calcular la

resistencia máxima de la pila, para comparar con la resistencia real que un muro de albañilería puede soportar ante carga vertical.

#### 4.5. Conclusiones:

Se clasificó según la Norma Técnica E.070 - Albañilería, al ladrillo de arcilla artesanal como tipo I.

Se obtuvo que la resistencia a compresión ( $f'm$ ) de las pilas elaboradas con mortero tradicional P1 es de  $25.14\text{kg/cm}^2$ ; mientras que, de las pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun), es de  $16.31\text{kg/cm}^2$ .

Comparando los resultados de la resistencia a compresión ( $f'm$ ) de las pilas elaboradas con mortero tradicional P1 y las pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun), hay una diferencia entre ambos valores de  $8.83\text{kg/cm}^2$  y una variación entre estos de 24.58% respectivamente.

En cuanto al valor mínimo de resistencia a la compresión ( $f'm$ ) asignado en la Tabla N°09 de la norma E.070 – Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones; es válido decir – según los resultados obtenidos – que ambos valores de resistencia a la compresión ( $f'm$ ) no cumple con este valor, el cual es de  $35\text{kg/cm}^2$  para el ladrillo artesanal; sin embargo, el valor de la resistencia a la compresión ( $f'm$ ) de las pilas elaboradas con mortero tradicional P1, sólo cumple en un 71.83%; mientras que, el valor de la resistencia a la compresión ( $f'm$ ) de las pilas elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun), sólo cumplen en un 46.60%, valor que, ni siquiera se aproxima a la mitad del valor mínimo.

La resistencia a compresión de las pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero no tradicional (Massa DunDun) es menor en mas de un 10 % que las pilas elaboradas con mortero tradicional según la Norma E.070.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2015). ¿Qué unidades de albañilería debes conocer?. Perú.
- Arquiñigo Trujillo, W. (2011). Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco. Lima, Perú.
- Breña Escobedo, F. (2012). Morteros.
- Bustamante, E. (2016). Responsabilidad.
- Cabrera A., C. (2018). Evaluacion de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna. Tacna, Perú.
- Cantillana Ibarrota, J. (2011). Soluciones en Albañilería. Argentina.
- Carlos Sáenz, A. (10 de Septiembre de 2013). Historia de la albañilería.
- CONTEGROUP. (2019). Massa DunDun. Lima, Perú.
- DUNDUN. (2019). Qué es la Massa Dun Dun. Brasil.
- Duran, R. (29 de Marzo de 2018). Mezcla y aplicación de mortero.
- Estrella Molina, M. M. (2018). Influencia de la adherencia de tabiquería con massa Dun Dun en su comportamiento estructural. Lima, Perú.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Lima, Péru: Fondo.
- Gamboa C., D. (2017). Determinación de la resistencia a la compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba. Cajamarca, Perú.
- Guevara Gálvez, G. (2015). Influencia del periodo de exposición al agua en la resistencia a compresión (f'm) de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo artesanal. Cajamarca, Perú.
- Lazo R., C. (2018). Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal. Cajamarca, Perú.

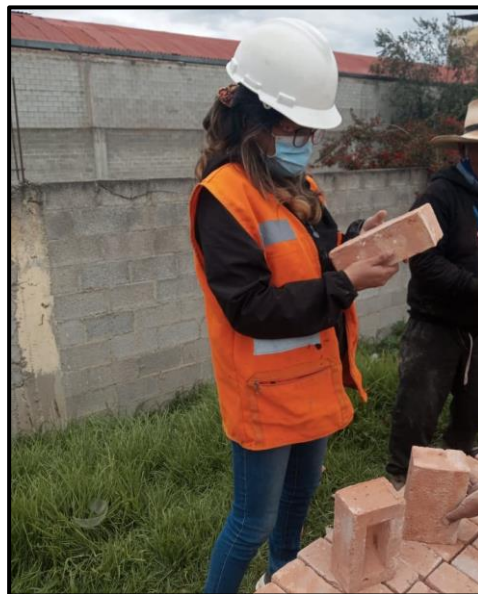
- Mamani Gutiérrez, C. D. (2017). Adherencia entre el mortero y el ladrillo macizo al invertir su cara de asiento. Cajamarca, Perú.
- Milla Vergara, E. A. (2016). Estudio de las características elástico resistentes de la albañilería con propósito estructural en la ciudad de Huaráz. Huaráz, Perú.
- Montano, J. (2018). Tipos de investigación.
- Morales, A. (2011). La objetividad.
- Norma E.070. (2006). Albañilería. Perú.
- NTP 331.017. (1978). Elementos de Arcilla Cocida. Perú.
- Núñez, A. (2015). Veracidad.
- Quesado Delgado, J. (Abril de 2019). Comportamiento a la compresión de prismas, mini-paredes y paredes de ladrillos de arcilla - influencia del revestimiento. *18(1)*. Porto, Portugal.
- Sáenz Correa, M. C. (2016). Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. Cajamarca, Perú.
- San Bartolomé, Á. (1994). Albañilería: Comportamiento sísmico y diseño estructural. Perú.
- Tafur Sarmiento, E., & Narro De Los Ríos, V. (2006). Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.
- Van Dalen, D., & Meyer, W. (2010). Manual de técnica de la investigación educacional.
- Zuniga Q., R., & Apaza L, W. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes de albañilería, sin tarrajeo, con tarrajeo y tarrajeo reforzado con sogas drizas utilizando ladrillos King Kong de 18 hueco y blocker. Cusco, Perú.

## ANEXOS

### ANEXO N° 01 – Panel Fotográfico



*Figura 40. Selección de la arena gruesa para mortero mediante cuarteo, en cantera “Davichito”.*



*Figura 41. Muestreo de Ladrillo, Sucursal “El paraíso”.*



*Figura 42. Ensayo Análisis granulométrico.*



*Figura 43. Colocación de Camping de yeso a la unidad de ladrillo.*



*Figura 44. Unidades de albañilería listas para ensayo de compresión.*



*Figura 45. Compresión de la unidad de albañilería.*



*Figura 46. Mezclado de los componentes para mortero tradicional P1.*



*Figura 47. Compactado del mortero tradicional P1 en el molde.*



*Figura 48. Ensayo Resistencia a compresión mortero.*



*Figura 49. Pilas de albañilería para ensayo a compresión.*



*Figura 50. Pila de albañilería después de la falla en máquina de compresión.*



*Figura 51. Pilas de albañilería después de ensayo a compresión.*



### ANEXO N° 02 – Variación Dimensional

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA															
PROTOCOLO															
<b>ENSAYO:</b>	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA										<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>				
<b>NORMA:</b>	NTP 399.613 - 399.604										CH-LS-UPNC: .....				
<b>PROYECTO:</b>	"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021"														
CANTERA:	El paraso	MUESTRA:	ladrillos	TIPO DE LADRILLO:	Tipo I										
UBICACIÓN:	Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Anaranjado										
FECHA DE MUESTREO:	12 - Febrero - 2021			RESPONSABLE:	Jhoanna Ivone Valdivea Salazar										
FECHA DE ENSAYO:	16 - Febrero - 2021			REVISADO POR:	Ing. H. Roberto Mosquera R.										


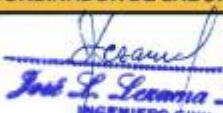

  

Dimensiones de fábrica	Largo 24 cm				Ancho 13 cm				Alto 9 cm						
UND	Longitud Efectiva (cm)					Ancho Efectivo (cm)					Altura Efectiva (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lo	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho
M1	22.95	22.91	22.97	23.01	22.96	11.68	11.75	11.71	11.62	11.69	7.20	7.18	7.28	7.25	7.23
M2	21.39	21.44	21.41	21.48	21.43	12.08	11.96	12.13	12.07	12.06	7.38	7.52	7.44	7.56	7.48
M3	21.15	21.18	21.26	21.24	21.21	11.86	11.97	11.92	11.88	11.91	7.35	7.32	7.45	7.40	7.38
M4	21.03	21.09	21.13	21.05	21.08	11.88	11.95	11.92	12.00	11.94	7.39	7.45	7.32	7.44	7.40
M5	21.18	21.22	21.25	21.15	21.20	12.12	12.06	12.22	12.14	12.14	7.50	7.43	7.58	7.52	7.51
M6	20.60	20.65	20.58	20.68	20.63	11.50	11.62	11.54	11.65	11.58	7.12	7.24	7.10	7.21	7.17
	Long. Efectiva Promedio (cm)					Ancho Efectivo Promedio (cm)					Altura Efectiva Promedio (cm)				
	21.42					11.88					7.36				
	Desviación Estándar					Desviación Estándar					Desviación Estándar				
	0.80					0.21					0.14				
	Coeficiente de Variación (%)					Coeficiente de Variación (%)					Coeficiente de Variación (%)				
	3.74					1.80					1.84				
	Longitud de Fábrica (cm)					Longitud de Fábrica (cm)					Longitud de Fábrica (cm)				
	24.00					13.00					9.00				
	Variación Dimensional (V%)					Variación Dimensional (V%)					Variación Dimensional (V%)				
	10.76					8.58					18.23				


  

$$V\% = \frac{L_f - L_o}{L_f} \cdot 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 <b>José L. Lezama Leiva</b> <small>INGENIERO CIVIL REG. CIP-15001</small>	 <small>Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez</small> <small>INGENIERO CIVIL CIP/22117</small>
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivea Salazar	NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva	NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez
FECHA: 08/04/2021	FECHA: 18/02/2021	FECHA: 08/04/2021


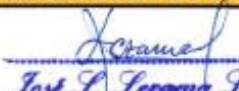

ANEXO N° 03 – Alabeo

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NTP 399.613.			CH-LS-UPNC: .....	
	PROYECTO:	"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F <sub>M</sub> ) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021"				
CANTERA:	"El paraíso"	MUESTRA:	Los ladrillos	TIPO DE LADRILLO:	Tipo I	
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE LADRILLO:	Anaranjado		
FECHA DE MUESTREO:	12 - Febrero - 2021		RESPONSABLE:	Jhoanna I. Valdivia Salazar.		
FECHA DE ENSAYO:	16 - Febrero - 2021		REVISADO POR:	Ing. H. Roberto Mosquera R.		


  

Especímen	Cara A		Cara B		Alabeo	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)		(mm)	
M1	1.30	2.40	0.50	2.00	0.90	2.20
M2	1.00	3.10	1.00	1.20	1.00	2.15
M3	2.20	2.70	2.30	0.30	2.25	1.50
M4	0.50	1.50	1.10	0.20	0.80	0.85
M5	1.30	3.00	1.50	1.30	1.40	2.15
M6	0.80	1.50	0.00	0.40	0.40	0.95
	Promedio				1.13	1.63

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 José L. Lozano Leiva INGENIERO CIVIL	
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia Salazar.	NOMBRE: Ing. José L. Lozano Leiva	NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez
FECHA: 08/04/2021	FECHA: 18/02/2021	FECHA: 08/04/2021

ANEXO N° 04 – Absorción

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 399.604 - 399.613		CH-LS-UPNC: .....
	PROYECTO:	"COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (F'M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021"		
CANTERA:	"El Pasado"	MUESTRA:	6 Ladrillos	TIPO DE LADRILLO:
UBICACIÓN:	Cajamarca			TIPO I
FECHA DE MUESTREO:	12 - Febrero - 2021			COLOR DE LADRILLO: Anaranjado
FECHA DE ENSAYO:	17 - Febrero - 2021			RESPONSABLE: Jhoanna I. Valdivia Salazar.
				REVISADO POR: Ing. H. Roberto Mosquera R.




  

Unidad	Ws (gr.)	Wd (gr.)	Absorción (%)
M1	3282.43	3792.37	15.54
M2	3260.50	3779.63	15.92
M3	3331.93	3857.47	15.77
M4	3268.57	3762.77	15.12
M5	3304.93	3824.47	15.72
M6	3289.67	3803.54	15.62
		<b>Promedio</b>	<b>15.62</b>

Absorción (%) =  $\left( \frac{Ws - Wd}{Wd} \right) * 100$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 José L. Lezama Leiva INGENIERO CIVIL REG. CIB. 14081	 Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez INGENIERO CIVIL CIP: 32117
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia S.	NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva	NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez
FECHA: 08/04/2021	FECHA: 18/02/2021	FECHA: 08/04/2021

### ANEXO N° 05 – Succión

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	SUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.604 - 399.613			CH-LS-UPNC: .....	
PROYECTO:	"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F’M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021"				
CANTERA:	"El pensio"	MUESTRA:	El ladrillo	TIPO DE LADRILLO:	Tipo I
UBICACIÓN:	Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Anaranjado		
FECHA DE MUESTREO:	12 - Febrero - 2021	RESPONSABLE:	Jhoanna Ivone Valdivia Salazar		
FECHA DE ENSAYO:	16 - Febrero - 2021	REVISADO POR:	Dr. Ing. Hernán Roberto Masquera R.		




  

Unidad	P seco (gr.)	P mojado (gr.)	A (cm)	L (cm)	Succión (g/min/200cm <sup>2</sup> )
M1	3318.20	3434.80	11.61	21.74	92.39
M2	3315.50	3435.70	11.54	22.09	94.30
M3	3285.60	3407.70	11.76	21.55	96.36
M4	3368.60	3490.00	11.63	22.05	94.68
M5	3372.50	3492.40	11.49	21.68	96.27
M6	3390.46	3509.71	11.61	21.82	94.17
<b>Promedio</b>					<b>94.70</b>




  

$$S \text{ (g / min / 200cm}^2\text{)} = \frac{200 \text{ W}}{LA}$$


S: Succión, sobre la base de 200 cm<sup>2</sup>  
W: Diferencia de pesos del espécimen (g)  
W = Peso de unidad mojado – Peso de la unidad seca  
L: Longitud del espécimen (cm)  
A: Ancho del espécimen (cm)

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 José L. Lezama Leiva INGENIERO CIVIL REG. C.O. 14081	 Ing. H. Roberto Masquera Ramírez INGENIERO CIVIL R.P. 22117
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia Salazar	NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva	NOMBRE: Ing. H. Roberto Masquera Ramírez
FECHA: 08/01/2021	FECHA: 18/02/2021	FECHA: 08/04/2021

**ANEXO N° 06 – Análisis Granulométrico del Agregado Fino**

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINOS				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC: .....			
NORMA:		MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012							
PROYECTO:		“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021”							
CANTERA:		Devichilo		TM:					
UBICACIÓN:		Cajamarca		TMN:					
FECHA DE MUESTREO:		11 - Febrero - 2021		M.F.:					
FECHA DE ENSAYO:		19 - Febrero - 2021		HUSO A UTILIZAR:		Mortero			
RESPONSABLE:		Jhoanna I. Valdivia S.		REVISADO POR:		Ing. H. Roberto Mosquera R.			
Peso de la muestra = 1512 gr.									
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	Husos Granulométricos (Norma E.070)		
	(pulg)	(mm)					Límite Inferior	Límite Superior	
1	Nº 4	4.750	0	0	0.00	100.00	100	100	
2	Nº 8	2.360	4	4	0.26	99.74	95	100	
4	Nº 16	1.180	303	307	20.33	79.67	70	100	
5	Nº 30	0.600	305	612	40.53	59.47	40	75	
6	Nº 50	0.300	447	1059	70.13	29.87	10	35	
7	Nº 100	0.150	287	1346	89.14	10.86	2	15	
8	Nº 200	0.075	134	1480	98.01	1.99	0	2	
9	Bandeja	0	30	1510	100.00	0.00	-	-	
10	Total		1510						
<p>Nota: Para calcular la granulometría, utilizar todas las mallas, para el caso del módulo de finura no utilizar la malla N° 10 y N° 200. Con la siguiente fórmula podemos determinar el Módulo de Finura:</p> $M.F. = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado (Hasta el tamiz \#100)}}{100}$									
OBSERVACIONES:									
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR			
									
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia Salazar			NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva			NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez			
FECHA: 08/04/2021			FECHA: 21/02/2021			FECHA: 08/04/2021			

**ANEXO N° 07 – Resistencia a Compresión de la Unidad de Albañilería**

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
	ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC:.....		
	NORMA: NTP 399.613 - 339.604					
	PROYECTO: “COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021”					
CANTERA:	“El paraíso”	MUESTRA:	6 ladrillos	TIPO DE LADRILLO:	Tipo I.	
UBICACIÓN:	Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Anaranjado			
FECHA DE MUESTREO:	12- Febrero -2024	RESPONSABLE:	Jhoanna I. Valdivia Salazar.			
FECHA DE ENSAYO:	25- Febrero -2024	REVISADO POR:	Ing. H. Roberto Mosquera R.			

Muestra	Lo (cm)	Ao (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (KN)	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión fb (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	20.95	11.70	245.1150	156.09	15916.747	64.94
M2	21.43	12.05	258.2315	147.20	15010.220	58.13
M3	21.20	11.91	252.4920	145.85	14872.558	58.90
M4	21.08	11.95	251.9060	143.61	14644.142	58.13
M5	21.22	12.14	257.6108	153.17	15618.990	60.63
M6	20.62	11.58	238.7796	195.04	19888.541	83.29
fb Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )						64.00
Desv. Estándar						9.79
Coeficiente De variación (%)						15.30
f' b (kg/cm <sup>2</sup> )						54.21




$$fb = \frac{P_{m\acute{a}x}}{Ab}$$

$$Ab = L \cdot A$$




$$f' b = fb \text{ prom} - \sigma$$

$$C. \text{ Variación} = \frac{\sigma}{fb} \cdot 100$$
  




OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 José L. Lezama Leiva INGENIERO CIVIL REG. CTR. TACT	 Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia Salazar	NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva.	NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez
FECHA 08/04/2024	FECHA 27/02/2024	FECHA 08/04/2024

**ANEXO N° 08 – Resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico  
(cubos 50.8mm)**

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (CUBOS 50.8MM)			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CH-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E609 – ASTM C109 – NTP 334.051				
<b>PROYECTO:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021”				
CANTERA:		MUESTRA: <sup>40</sup> cubos	TIPO DE LADRILLO:		
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE LADRILLO:		
FECHA DE MUESTREO:			RESPONSABLE:	Jhoanna Ivone Valdívora Salazar	
FECHA DE ENSAYO:	25/03/2024		REVISADO POR:	Ing. H. Roberto Mosquera R.	
<b>CUBOS ELABORADOS CON MORTERO TRADICIONAL P1</b>					
	<b>Muestra</b>	<b>Lo (cm)</b>	<b>Ao (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga de rotura (KN)</b>
	MC1	5.01	5	25.05	69.78
	MC2	5	5.01	25.05	70.77
	MC3	5.01	5.03	25.20	69.78
	MC4	5	5.01	25.05	72.24
	MC5	5.02	5.02	25.20	74.28
	MC6	5.03	5.01	25.20	73.84
<b>CUBOS ELABORADOS CON MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN)</b>					
	<b>Muestra</b>	<b>Lo (cm)</b>	<b>Ao (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga de rotura (KN)</b>
	MC1	5	5.01	25.0500	50.65
	MC2	5	5	25.0000	49.71
	MC3	5.03	5.01	25.2003	49.29
	MC4	5	5.01	25.0500	49.05
	MC5	5	5.02	25.1000	48.23
	MC6	5.02	5.01	25.1502	50.23
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>	
		 INGENIERO CIVIL REG. CIP 14981		 INGENIERO CIVIL REG. CIP 32117	
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdívora Salazar		NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva		NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera R.	
FECHA: 08/04/2024		FECHA: 27/03/2024		FECHA: 08/04/2024	

**ANEXO N° 09 – Resistencia a Compresión de Pilas de Albañilería**

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
<b>ENSAYO:</b>		RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PILAS DE ALBAÑILERÍA			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>		
<b>NORMA:</b>		NTP 339.605 – 399.612			CH-LS-UPNC: .....		
<b>PROYECTO:</b>		“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F’M) DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL Y MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN) – CAJAMARCA – 2021”					
<b>CANTERA:</b>	“El Perseño”	<b>MUESTRA:</b>	40 Pilas	<b>TIPO DE LADRILLO:</b>	Tipo I		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca			<b>COLOR DE LADRILLO:</b>	Anaranjado		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	12- Febrero - 2021			<b>RESPONSABLE:</b>	Jhoanna Ivone Valdivia S		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	30 - Marzo - 2021			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Hermes R. Mosquera R.		
PILAS ELABORADAS CON MORTERO TRADICIONAL P1							
Mortero	Muestra	Largo lm (cm)	Altura hm (cm)	Espesor tm (cm)	Carga de rotura 1 (KN)	Carga de rotura 2 (KN)	Carga de rotura (KN)
1:3	M1	21.01	29.04	11.97	67.86	73.26	75.56
	M2	21.24	28.49	12.14	70.54	76.73	77.73
	M3	21.36	28.83	12.09	69.8	75.42	77.56
	M4	21.51	28.83	12.13	66.25	71.69	73.25
	M5	20.78	29.02	12.05	65.4	70.29	72.83
PILAS ELABORADAS CON MORTERO NO TRADICIONAL (MASSA DUNDUN)							
Mortero	Muestra	Largo lm (cm)	Altura hm (cm)	Espesor tm (cm)	Carga de rotura 1 (KN)	Carga de rotura 2 (KN)	Carga de rotura (KN)
DunDun	MC1	21.53	28.79	12.13	40.68	45.36	48.08
	MC2	21.76	29.02	12.36	47.65	51.24	52.46
	MC3	21.08	29.02	11.95	43.74	46.98	48.36
	MC4	21.1	29.12	12.11	45.57	49.83	51.1
	MC5	21.15	28.76	12.59	45.68	48.79	51.23
<b>OBSERVACIONES:</b>							
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
		 INGENIERO CIVIL REG. L. N. 10111			 INGENIERO CIVIL CIP: 22117		
NOMBRE: Jhoanna Ivone Valdivia Salazar		NOMBRE: Ing. José L. Lezama Leiva			NOMBRE: Ing. H. Roberto Mosquera Ramirez		
FECHA: 08/04/2021		FECHA: 31/03/2021			FECHA: 08/04/2021		



## ANEXO N° 10 – Certificado de Calibración de la Máquina a Compresión

 <b>PERUTEST S.A.C</b> CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA RUC N° 20602182721		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>PT - LF - 022 - 2021</b>	
<b>Área de Metrología</b> Laboratorio de Fuerza		Página 1 de 3	
1. Expediente	088-2021	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
2. Solicitante	JOSÉ LAZARO LEZAMA LEIVA		
3. Dirección	Jr. Huanuco Nro. 442 - Cajamarca - Cajamarca		
4. Equipo	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>		
Capacidad	2000 kN		
Marca	YUFENG	PERUTEST S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
Modelo	STYE-2000		
Número de Serie	110309		
Procedencia	CHINA		
Identificación	NO INDICA		
Indicación	DIGITAL		
Marca	MC		
Modelo	STYLE-2000		
Número de Serie	110309		
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)		
Ubicación	NO INDICA		
5. Fecha de Calibración	2021-01-18		
Fecha de Emisión	2021-01-19	Jefe del Laboratorio de Metrología  <b>MANUEL ALEJANDRO AYIAGA TORRES</b>	Sello 
913028621 - 913028622 913028623 - 913028624 ventas@perutest.com.pe www.perutest.com.pe		Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos San Martín de Porres - Lima SUCURSAL: Sinchi Roca 1320 - la Victoria - Chiclayo	



# PERUTEST S.A.C

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**  
**SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA**  
**RUC N° 20602182721**

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LF - 022 - 2021

Página 2 de 3

---

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones del cliente.  
Jr. Huanuco Nro. 442 - Cajamarca - Cajamarca

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	17,4 °C	17,4 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 002-20
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1131- 2020

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



---

📞 913028621 - 913028622  
913028623 - 913028624  
✉️ ventas@perutest.com.pe  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos  
San Martín de Porres - Lima  
SUCURSAL: Sinchi Roca 1320 - la Victoria - Chiclayo



## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 022 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

#### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F <sub>i</sub> (kN)	F <sub>1</sub> (kN)	F <sub>2</sub> (kN)	F <sub>3</sub> (kN)	F <sub>promedio</sub> (kN)
10	100	100.0	99.0	100.0	99.8
20	200	199.0	200.5	201.3	200.2
30	300	298.8	300.4	299.3	299.7
40	400	397.4	399.4	398.8	398.6
50	500	495.8	501.8	502.4	500.5
60	600	597.1	597.4	597.9	597.7
70	700	696.1	696.7	695.7	696.6
80	800	798.9	799.1	799.5	799.1
90	900	898.6	900.1	896.6	898.5
100	1000	1001.0	1002.9	1000.5	1001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
100	0.21	1.00	-1.30	0.10	0.81
200	-0.08	1.15	0.25	0.05	0.75
300	0.12	0.53	0.07	0.03	0.63
400	0.34	0.50	0.10	0.03	0.61
500	-0.11	1.31	-0.06	0.02	0.85
600	0.39	0.13	-0.18	0.02	0.58
700	0.49	0.14	-0.14	0.01	0.59
800	0.11	0.07	0.02	0.01	0.58
900	0.17	0.38	0.16	0.01	0.60
1000	-0.13	0.25	0.20	0.01	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (ε<sub>0</sub>)      0.00 %

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 913028621 - 913028622  
913028623 - 913028624  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos  
San Martín de Porres - Lima  
SUCURSAL: Sinchi Roca 1320 - la Victoria - Chiclayo

