



FACULTAD DE INGENIERÍA Y COMPUTACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EFFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Autor: EDDY GAZUL HUAQUISTO PORTILLO

Autor: ANGIE LUCERO MONTESINOS TICONA

Asesor: Mag. Juan Carlos Almonte Burgos

Tesis presentado a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
como parte de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AREQUIPA – PERÚ

2023

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la fortaleza y la templanza para seguir este camino y no dejarme rendir en la culminación del trabajo.

A mis padres, Felipe Montesinos e Inés Ticona, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente inagotable de inspiración. Gracias por creer en mí y por alentarme a alcanzar mis sueños.

A mis hermanos, William, Erika y Yessica, por ser mis cómplices en esta travesía y por brindarme su apoyo en cada paso de mi vida.

A mis amigos cercanos, Alex, Luis, Eddy, Paul, por llenar mi vida de risas, comprensión y momentos inolvidables. Su amistad ha sido un tesoro invaluable en este viaje.

Angie L. Montesinos T.

Dedico este trabajo a mis padres Antonia Portillo Colque y Bernabé Huaquisto Mena, por ser pieza fundamental en mi formación, a mis hermanos Yino Huaquisto Portillo y Franklin Huaquisto Portillo por ser mis brazos y piernas en este arduo camino lleno de tropiezos y escollos de la vida.

Eddy G. Huaquisto P.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios, por la fortaleza y la sapiencia que me ha otorgado a lo largo de esta travesía académica. También, agradecer a mi familia, por su continua fortaleza para seguir con el objetivo de este trabajo. Gracias por estar siempre a mi lado, por brindarme ánimo y por comprender los sacrificios que este proyecto implicó.

A la universidad Católica San Pablo, por proporcionarme los conocimientos y formación académica que son fundamentales para mi desarrollo personal y profesional. A nuestro asesor Ing. Carlos Almonte Burgos, por guiarnos y ayudarnos en los diferentes procesos para la realización de este trabajo así también por compartir sus conocimientos como aporte a este trabajo.

Al Sr. Clemente Yucra de la ladrillera “Yucra”, por apoyarnos en los procesos de elaboración de las unidades, como también proporcionarnos información respecto a los materiales utilizados.

Agradecer a Cuadrado por tu apoyo incondicional en todo lo que paso en este trabajo. Tu presencia ha iluminado cada día y ha llenado mi corazón de amor y felicidad. Finalmente, a todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Su contribución ha sido fundamental en la culminación de este proyecto y ha dejado una huella imborrable en mi trayectoria académica.

Angie L. Montesinos T.

Mis agradecimientos están dirigidos a mi familia, en especial por el apoyo desinteresado de mi madre que nunca hace que baje la guardia y siempre este a la vanguardia, a mi compañera de tesis A. Montesinos, a nuestro asesor Mg. Juan Carlos Almonte Burgos, por acompañarnos a lo largo de este periodo de arduo esfuerzo y sacrificio.

Eddy G. Huaquisto P.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo: determinar los efectos que produce en las propiedades mecánicas de muros de albañilería la adición de Liparita en ladrillos artesanales tipo King Kong. La metodología fue explicativa, aplicada y experimental. La muestra fue conformada por 316 ladrillos, en los cuales se les adicionó el 0%, 2%, 5% y 10% de Liparita. De este total 276 unidades fueron empleados para 24 prismas de albañilería, los cuales fueron sometidos a pruebas de laboratorio. También se determinaron la composición química de la arcilla y Liparita y finalmente se determinaron los costos de producción. Los resultados son los siguientes: en cuanto a las propiedades físicas, las dimensiones de todos los especímenes no alcanzan las medidas establecidas por el fabricante, no obstante, están dentro de lo estipulado en la Norma E.070. En el alabeo se evidenciaron concavidades y convexidades mínimas y están muy por debajo del límite establecido, clasificándose como ladrillos de tipo V. Con respecto a las características mecánicas, la resistencia a la compresión (f'_b) de los especímenes con adición del 2%, 5% y 10% de Liparita incrementaron ligeramente su resistencia (51.279 kg/cm^2 , 53.42 kg/cm^2 y 53.52 kg/cm^2) frente a los especímenes de "Control" (51.19 kg/cm^2) y clasifican como tipo II. La totalidad de ladrillos evidencia absorción promedio de 16% y están por debajo del límite (22%). La resistencia a compresión diagonal (v'_m) de todos los muretes presentan valores altos con respecto al mínimo (0.5 MPa) exigido en la norma, ya que con 10%, 5%, 2% y 0% de Liparita presentan resistencias de 2.22 MPa, 2.18 MPa, 2.15 MPa y 2.12 MPa. De similar forma, la resistencia a la compresión axial (f'_m) de pilas con ladrillos tratados con el 10%, 5%, 2% y 0% de Liparita presentan resistencias de 47.67 kg/cm^2 , 47.50 kg/cm^2 , 39 kg/cm^2 y 35.54 kg/cm^2 respectivamente, estos valores superan el valor mínimo (35 kg/cm^2) establecido en la norma. En cuanto a la composición química de la arcilla y la Liparita, ambos contienen en gran medida SiO_2 (50.05% y 71.49%) y Al_2O_3 (26.21% y 14.13%). Con respecto a costos son de S/. 0.52, S/. 0.56 y S/. 0.61 (adición del 2, 5 y 10% respectivamente). Dichos valores evidencian incrementos ligeros (1.96%, 9.8% y 19.61%) frente a S/. 0.51 del ladrillo tradicional, sin embargo, la percepción de calidad y durabilidad de estos ladrillos justifica su precio. En ese sentido, se concluye que: con la adición del 2%, 5% y 10% se logran mejoras ligeras a significativas en la capacidad resistente de ladrillos y muretes, por lo que es posible emplear la Liparita como aditivo, lo que permitiría la obtención de ladrillos resistentes y con ello lograr muros portantes de gran durabilidad.

Palabras clave: Ladrillos, Liparita, Arcilla, Muros de albañilería.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effects that the addition of Liparite in King Kong-type artisanal bricks produces on the mechanical properties of masonry walls. The methodology was explanatory, applied and experimental. The sample was made up of 316 bricks, to which 0%, 2%, 5% and 10% of Liparite were added. Of this total, 276 units were used for 24 masonry prisms, which were subjected to laboratory tests. The chemical composition of the clay and Liparite were also determined and finally the production costs were determined. The results were the following: in terms of physical properties, the dimensions of all the specimens do not reach the measurements established by the manufacturer, however, they are within the stipulations of Standard E.070. In the warping, minimal concavities and convexities were evident and they are well below the established limit, classifying them as type V bricks. With respect to mechanicals properties, the compressives strength ($f'b$) of the specimens with 2% addition, 5% and 10% Liparite slightly increased their resistance (51.28 kg/cm^2 , 53.42 kg/cm^2 and 53.52 kg/cm^2) compared to the "Control" specimens (51.19 kg/cm^2) and classified as type II. All bricks show average absorption of 16% and are below the limit (22%). The diagonal compression resistance ($v'm$) of all the walls present high values with respect to the minimum (0.5 MPa) required in the standard, since with 10%, 5%, 2% and 0% of Liparite they present resistances of 2.22 MPa, 2.18 MPa, 2.15 MPa and 2.12 MPa. Similarly, the axial compression resistance ($f'm$) of piles with bricks treated with 10%, 5%, 2% and 0% of Liparite present resistances of 47.67 kg/cm^2 , 47.50 kg/cm^2 , 39 kg/cm^2 and 35.54 kg/cm^2 respectively. These values exceed the minimum value (35 kg/cm^2) established in the Standard. Regarding the chemical composition of clay and Liparite, both largely contain SiO_2 (50.05% and 71.49%) and Al_2O_3 (26.21% and 14.13%). Regarding costs, they are S/. 0.52, S/. 0.56 and S/. 0.61 (addition of 2, 5 and 10% respectively). These values show slight increases (1.96%, 9.8% and 19.61%) compared to S/. 0.51 of the traditional brick, however, the perception of quality and durability of these bricks justifies their price. In this sense, it is concluded that: with the addition of 2%, 5% and 10%, slight to significant improvements are achieved in the resistant capacity of bricks and walls, so it is possible to use Liparite as an additive, which would allow the obtaining resistant bricks and thereby achieving load-bearing walls of great durability.

Keywords: Bricks, Liparite, Clay, Masonry walls.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Motivación y Contexto.....	1
1.2. Problemática.....	2
1.2.1. Formulación del problema.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Justificación teórica.....	5
1.3.2. Justificación práctica.....	5
1.3.3. Justificación metodológica.....	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. Hipótesis general.....	7
1.5.2. Hipótesis específicas.....	7
1.6. Variables de investigación.....	7
1.6.1. Variable independiente.....	7
1.6.2. Variable dependiente.....	8
1.6.3. Operacionalización de variables.....	8
1.7. Metodología de investigación.....	9

1.7.1. Método de investigación	9
1.7.2. Tipo de investigación.....	9
1.7.3. Alcance de investigación	9
1.7.4. Diseño de investigación	10
1.7.5. Población	11
1.7.6. Muestra	11
1.7.7. Técnicas de recolección de datos	12
1.7.8. Instrumentos de recolección de datos	12
1.8. Delimitación de la investigación	12
1.8.1. Delimitación espacial.....	13
1.8.2. Delimitación temporal	13
1.9. Estructura del trabajo de investigación	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1. Bases teóricas	14
2.1.1. La arcilla	14
2.1.2. El ladrillo de arcilla.....	16
2.1.3. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal	19
2.1.4. Criterios de adición de materiales para mejorar el ladrillo artesanal.....	21
2.1.5. La Liparita como material de adición para mejorar el ladrillo artesanal	22
CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE	25
3.1. Antecedentes	25
3.1.1. Antecedentes internacionales.....	25
3.1.2. Antecedentes nacionales	27
CAPÍTULO IV: DESARROLLO	30
4.1. Proceso de investigación	30
4.1.2. Caracterización de materiales	33
4.1.2. Proceso de fabricación de ladrillos con Liparita.....	37

4.1.3. Ensayos en laboratorio.....	44
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
5.1. Resultados	51
5.1.1. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería	51
5.1.2. Resultados de las propiedades mecánicas de muros de albañilería	57
5.2. Prueba de hipótesis.....	60
5.2.1. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal.....	60
5.2.2. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas de muros de albañilería.....	63
5.3. Discusión.....	67
5.3.1. Discusión de las propiedades físicas de ladrillos con adición de Liparita.....	67
5.3.2. Discusión de las propiedades mecánicas de ladrillos con adición de Liparita	68
5.3.3. Discusión de las propiedades mecánicas de muros de albañilería.....	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Potencial de Liparita en Perú.....	4
Figura 2.	Diseño de investigación.....	10
Figura 3.	Partes de un ladrillo macizo.....	17
Figura 4.	Compresión diagonal de muretes	18
Figura 5.	Compresión axial de pila	19
Figura 6.	Diagrama del proceso artesanal de elaboración del ladrillo.....	20
Figura 7.	Muestra de Liparita granulada.....	22
Figura 8.	Esquema de procedimiento de investigación.....	30
Figura 9.	Diagrama de flujo de la fabricación de ladrillos con adición de Liparita.....	31
Figura 10.	Diagrama de flujo del proceso de investigación.....	32
Figura 11.	Acceso a la Cantera 01 de Liparita en el distrito de Paucarpata.....	34
Figura 12.	Acceso a la cantera de arcilla en el distrito de Yarabamba	35
Figura 13.	Información general de la fábrica de ladrillos	38
Figura 14.	Ubicación geográfica de la fábrica de ladrillos	38
Figura 15.	Rutas de acceso a la fábrica de ladrillos	39
Figura 16.	Acopio de materiales	39
Figura 17.	Saturación y mezcla de materiales.....	41
Figura 18.	Mezclado de materiales para su maceración	41
Figura 19.	Moldeo de la mezcla.....	42
Figura 20.	Pre secado del ladrillo crudo.....	42
Figura 21.	Secado final del ladrillo crudo.....	43
Figura 22.	Cocción de ladrillos	43
Figura 23.	Enfriado y descarga de ladrillos	44
Figura 24.	Ensayo de variación dimensional	45
Figura 25.	Ensayo de alabeo	46

Figura 26. Ensayo de absorción	46
Figura 27. Prueba de resistencia a la compresión	47
Figura 28. Muretes para ensayo de compresión diagonal	48
Figura 29. Ensayo de compresión diagonal	48
Figura 30. Pilas para el ensayo de compresión axial	49
Figura 31. Ensayo de compresión axial	50
Figura 32. Comparación de resultados de la variación dimensional de ladrillos.....	52
Figura 33. Comparación de resultados del alabeo de ladrillos.....	53
Figura 34. Comparación de resultados de la absorción.....	55
Figura 35. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión f'_b	56
Figura 36. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión diagonal V'_m	58
Figura 37. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión axial f'_m	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.....	8
Tabla 2.	Especímenes para ensayos con fines de clasificación estructural	11
Tabla 3.	Prismas de albañilería para prueba de compresión diagonal	11
Tabla 4.	Pilas de albañilería para prueba de compresión axial	12
Tabla 5.	Componentes químicos de la arcilla	15
Tabla 6.	Clasificación del ladrillo con fines estructurales	17
Tabla 7.	Resistencias características de muros de albañilería	18
Tabla 8.	Etapas de fabricación artesanal del ladrillo de arcilla	21
Tabla 9.	Composición química de la Liparita	24
Tabla 10.	Canteras para la obtención de la Liparita	33
Tabla 11.	Detalles de ubicación de la cantera de arcilla.....	35
Tabla 12.	Composición química de la Liparita	36
Tabla 13.	Composición química de la Arcilla	36
Tabla 14.	Resumen de características físicas de la Arcilla de Polobaya.....	37
Tabla 15.	Dosificación para ladrillos con el 2% de Liparita.....	40
Tabla 16.	Dosificación para ladrillos con el 5% de Liparita.....	40
Tabla 17.	Dosificación para ladrillos con el 10% de Liparita	40
Tabla 18.	Variación dimensional de ladrillos con adición de Liparita	51
Tabla 19.	Resultados del alabeo de ladrillos con adición de Liparita	53
Tabla 20.	Resultados de la prueba de absorción de ladrillos con adición de Liparita	54
Tabla 21.	Resultados de la prueba de resistencia a la compresión simple f^b	56
Tabla 22.	Resultados de la resistencia a la compresión diagonal de muretes V^m	57
Tabla 23.	Resultados de la resistencia a la compresión axial de pilas f^m	59
Tabla 24.	Prueba de normalidad para Resistencia a compresión simple	60
Tabla 25.	Prueba de varianza ANOVA para Resistencia a compresión simple.....	61

Tabla 26.	Prueba Post Hoc de Tukey para Resistencia a compresión simple.....	61
Tabla 27.	Prueba de normalidad para la Absorción.....	62
Tabla 28.	Prueba de varianza ANOVA para la Absorción	62
Tabla 29.	Prueba Post Hoc de Tukey para la absorción	63
Tabla 30.	Prueba de normalidad para Resistencia a compresión diagonal.....	64
Tabla 31.	Prueba de varianza ANOVA para Resistencia v'm.....	64
Tabla 32.	Prueba Post Hoc de Tukey para Resistencia v'm	64
Tabla 33.	Prueba de normalidad para Resistencia f'm.....	65
Tabla 34.	Prueba de varianza ANOVA para Resistencia f'm	66
Tabla 35.	Prueba Post Hoc de Tukey para Resistencia f'm	66

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación y Contexto

Según Baig y Saleem (2023), en la construcción de viviendas, el ladrillo artesanal es el elemento más empleado, por lo que a nivel mundial se produce una cantidad descomunal de este material. El problema radica en que este tipo de ladrillo en la mayoría de los casos carece de control de calidad durante su fabricación, por lo que no se conocen sus propiedades estructurales, ya que no suelen realizar pruebas que certifiquen el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en las normativas.

A nivel local, en la ciudad de Arequipa, según Chalco (2021) 7 de cada 10 viviendas fueron construidas sin dirección técnica, lo que también conllevó a emplear materiales de bajo costo, principalmente ladrillos artesanales, por lo que la gran mayoría de estas ya presentan patologías (fisuras y grietas) en sus muros antes de su periodo útil, esto como consecuencias de la baja resistencia de los ladrillos, ya que al ser artesanales su resistencia a compresión es 50% menos que de un ladrillo mecanizado. Del mismo modo, Murillo (2017) afirma que en Arequipa el 80% de viviendas son autoconstruidas, por lo que se deduce que emplearon mano de obra no calificada y materiales como ladrillos artesanales que no necesariamente cumplen con los requisitos mínimos. Por otro lado, Chambi (2021) en su estudio denominado “Evaluación de la calidad estructural de ladrillos artesanales en Arequipa”, demostró que la gran mayoría produce ladrillos de baja resistencia y baja durabilidad, por lo que solo se emplearían para muros de exigencias mínimas. Razones por las cuales nace la idea de adicionar el material denominado Liparita, esto con la finalidad de mejorar las propiedades ingenieriles del ladrillo artesanal tipo King Kong, ya que según Díaz y Ramírez (2012), si se dosifica adecuadamente el material Liparita puede ser empleado en el sector de construcción como “árido liviano” en la elaboración de ladrillos huecos o macizos, hormigón liviano, entre otros.

En cuanto a los aditivos naturales para mejorar la capacidad resistente del ladrillo, Piña y Nieto (2016) afirman que se deben emplear materiales que se tienen disponibles en las localidades donde se fabrican los ladrillos, tal es así que, en zonas donde se tenga materiales pétreos, puzolanas naturales, sustancias terrosas u otros podrían ser aprovechados siempre y cuando sean compatibles con los materiales bases del ladrillo. En ese sentido, en la zona donde

se realiza el presente estudio, se tiene grandes cantidades de yacimientos de Liparita (Pumita), los que fácilmente podrían aprovecharse como aditivo para los ladrillos artesanales y mejorar sus propiedades estructurales. Además, de acuerdo con Andrade et al. (2022) las propiedades químicas de la Liparita son similares con las de una arcilla para elaboración de ladrillos, por lo que su compatibilidad estaría más que garantizada.

1.2. Problemática

Según el Banco Mundial (2023), alrededor del 56% de la población mundial viven en ciudades, este porcentaje se va incrementando cada año debido a la tendencia de la migración de zonas rurales a las urbes. Sin embargo, las gestiones de las ciudades no pueden satisfacer las necesidades de este fenómeno social, ya que una de las necesidades básicas demandadas son las viviendas. Debido a esta situación y la condición económica precaria, estas poblaciones optan por asentarse en las periferias de las grandes ciudades, sobre todo en ciudades de países con una economía emergente de regiones como América Latina, África y Asia, lo que conlleva a construir sus viviendas con materiales de bajos costos, resultando así estructuras débiles y vulnerables a la intemperie o peor aún; a los peligros naturales de dichas zonas.

Wilhelmsson (2023) afirma que, para cubrir esta necesidad básica de contar con una vivienda de estas poblaciones, no solo se necesita un terreno donde asentarse, también se necesitan materiales para construir sus viviendas. Es así que la demanda de materiales de construcción incrementa considerablemente, sobre todo, aquellos materiales de bajo costo de producción como los ladrillos artesanales. Para satisfacer esta demanda de materiales de construcción, los productores de este material cada vez incrementen su producción, lo que conlleva en muchas ocasiones a no tomar en cuenta la calidad estructural de los ladrillos que producen artesanalmente, ya que en su gran mayoría solo se enfocan en producir a como dé lugar. Al respecto Khanal y Paudel (2023) mencionan que la baja calidad de estos ladrillos puede tener un impacto negativo en la estabilidad y durabilidad de las edificaciones, ya que usualmente no suelen cumplir con las exigencias mínimas establecidas en las normativas correspondientes, por lo que afirma que puede ser preferible emplear ladrillos producidos de manera industrial, ya que la calidad estructural de este último suele estar más garantizada.

Por su parte, Canbaz (2018) sostiene que los ladrillos fabricados artesanalmente son los más demandados por el grueso de la población justamente por su costo asequible, por lo que su

adquisición no debería estar limitado y se debe fomentar en el mejoramiento continuo de este material mediante capacitaciones para llevar a cabo un adecuado proceso de fabricación como la dosificación de materiales base, temperatura adecuada de cocción, incorporación de aditivos o cualquier otra acción técnica que conlleve a mejorar la calidad estructural de este material de construcción.

En esta parte de Latinoamérica, la situación no es muy distinta, ya que muchas ciudades se consolidaron como “urbes” justamente por el desplazamiento de personas del campo a la ciudad. Tal es el caso de las grandes ciudades peruanas como Lima, Arequipa o Trujillo, donde sus poblaciones se incrementaron drásticamente en las últimas décadas (Siesa, 2021, p.134). La región Arequipa, que es donde se realiza el presente estudio, hasta 1980 contaba con 500,000 habitantes y actualmente según el reporte del INEI (2021), la población sobrepasa el millón y medio de habitantes. Este incremento exorbitante trajo consigo un crecimiento urbano desorganizado y con ello la construcción de viviendas informales con empleo de materiales de construcción de bajo costo y mano de obra no calificada, teniendo como consecuencias muros que ya presentan fisuras, grietas y adherencia deficiente del mortero con el ladrillo, lo que compromete seriamente la estabilidad de la estructura.

En ese sentido, uno de los materiales con más demanda para la edificación de viviendas en estas nuevas zonas urbanizadas es el ladrillo artesanal tipo King Kong. Estas unidades de albañilería son elaboradas en fábricas artesanales e informales, donde no se tiene algún tipo de inspección de calidad en el procedimiento de su fabricación y como consecuencias se tienen ladrillos de mala calidad, ya que no alcanzan los requerimientos estipulados en la normativa correspondiente. Tal como menciona afirma Chambi (2021), La fabricación de ladrillos artesanales en la región Arequipa enfrenta una serie de problemáticas como la deficiente calidad de los ladrillos, debido a la falta de uniformidad, baja resistencia a compresión y ausencia de control de calidad y procesos adecuados, por lo que esto puede afectar negativamente la durabilidad de las construcciones en las que se utilizan.

Razones por las cuales se propone adicionar en porcentajes definidos el material denominado “Liparita” o también llamado “Piroclasto Pumítico” y ver los efectos que este material puzolánico pudiera producir en los ladrillos artesanales tipo King Kong, ya que según Iriarte y Palomino (2018), el material en mención posee propiedades que la hacen idónea para mejorar las propiedades mecánicas, debido a que es un material puzolánico está compuesto

principalmente por Óxidos de Silicio (SiO_2) y Aluminio (Al_2O_3). El primero incrementa la plasticidad de la mezcla, lo que facilita un moldeo adecuado y segundo contribuye en la refractariedad del ladrillo, ya que según Barrenzuela (2014) un contenido de Óxido de Aluminio (Al_2O_3) mayor al 5% aumenta la refractariedad, lo que implica una cocción a altas temperaturas y consecuentemente se obtendrán ladrillos con mucha dureza y bastante resistentes a fuerzas de compresión e intemperie. Además, según el “Análisis Económico Sectorial – Sector Minero” elaborado por el OSINERGMIN (2016) el material “Liparita” (Piroclasto Pumítico) puede ser empleado para el sector de construcción como “árido liviano” en la elaboración de ladrillos huecos o macizos, hormigón liviano, entre otros.

Por otro lado, con respecto a la disponibilidad del material en mención, Díaz y Ramírez (2010) indican que el 50% de Liparita se concentra en la región Arequipa (ver figura 1), con un estimado de más de 19 millones de metros cúbicos, que perfectamente podrían emplearse como aditivo para mejorar algunas propiedades del ladrillo de arcilla cocida.

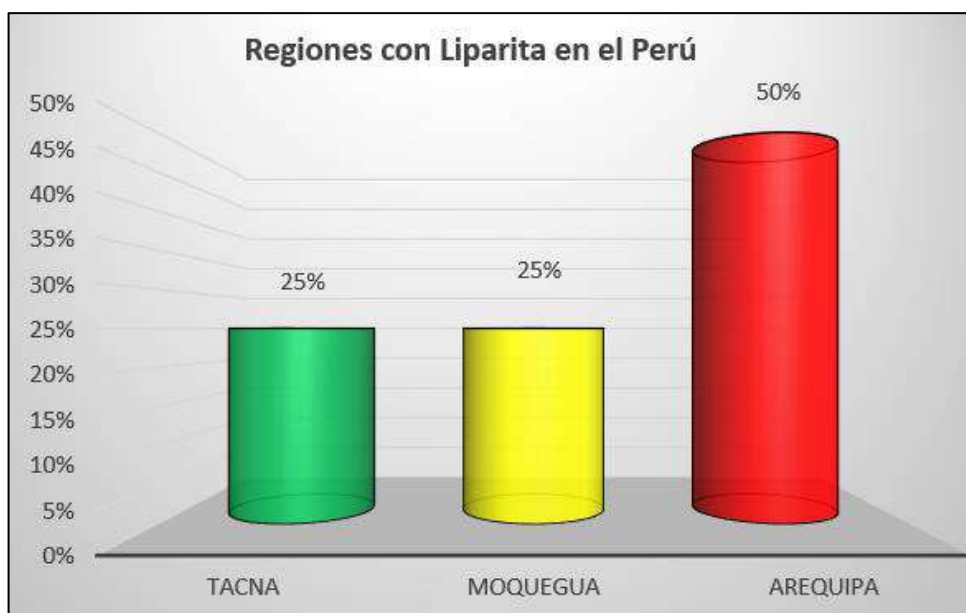


Figura 1. Potencial de Liparita en Perú
Fuente: Tomado de (Díaz y Ramírez, 2010, p. 78).

1.2.1. Formulación del problema

1.2.1.1. Problema general

¿Qué efectos producen en las propiedades mecánicas de muros de albañilería la adición de Liparita en ladrillos artesanales tipo King Kong producidos en la ciudad de Arequipa - 2023?

1.2.1.2. Problemas específicos

¿Qué efectos producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades físicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa - 2023?

¿Qué efectos producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa - 2023?

¿Qué efectos producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades mecánicas de muros de albañilería de ladrillo artesanal tipo King Kong producidos en la ciudad de Arequipa - 2023?

1.3. Justificación

Como justificaciones del presente estudio, a continuación, se detallan la justificación teórica, justificación práctica y justificación metodológica:

1.3.1. Justificación teórica

Se justifica por la razón de que se pretende adicionar el material puzolánico denominado “Liparita” en la fabricación de ladrillos artesanales y determinar los efectos que pudieran ocasionar en las características de las mismas y consecuentemente en los muretes de albañilería elaborados con estas unidades tratadas. En ese sentido, al ser una investigación experimental, se aportará con datos que pudieran servir de referencia para estudios posteriores, ya que aún no se cuenta con estudios relacionados a las resistencias características de prismas de albañilería ($f'm$ y $V'm$) elaborados con la adición de dicho material en ladrillos macizos artesanales tipo King Kong. Además, se contribuirá con la determinación del porcentaje más adecuado de adición de Liparita. También se contribuirá con procedimientos que conlleven a la correcta dosificación de materiales en la mezcla, el tiempo óptimo de secado de los ladrillos crudos y la adecuada temperatura de cocción, y de esta manera, los fabricantes de ladrillo artesanal puedan obtener ladrillos que cumplan con lo exigido en la normativa vigente.

1.3.2. Justificación práctica

Según Álvarez – Risco (2020), la justificación práctica está referida al modo en que los hallazgos de la investigación serán de utilidad para cambiar la realidad de la problemática abordada. Con base a esta premisa, la problemática identificada es la baja calidad estructural de

los ladrillos artesanales, tal como menciona Chalco (2021), de que la resistencia a la compresión de un ladrillo artesanal es 50% menor al de un ladrillo mecanizado, asimismo, Chambi (2021) afirma que en la gran mayoría de ladrilleras artesanales de Arequipa se producen ladrillos de baja resistencia y baja durabilidad. En ese sentido, al emplear el material Liparita en la elaboración de ladrillos se podrá conseguir mejoras en su capacidad resistente (f^b) y consecuentemente el incremento de las resistencias f^m y v^m de los muros de albañilería. Además, los productores de ladrillos artesanales podrán emplear dicho material como un aditivo para mejorar las propiedades ingenieriles, lo que a su vez beneficiará a la población usuaria, ya que adquirirán un material de construcción que cumple con los requerimientos de la normativa y consecuentemente tendrán muros resistentes y duraderos.

1.3.3. Justificación metodológica

Hernández (2014) menciona que la utilidad metodológica de una investigación está referida a las siguientes interrogantes: ¿se contribuye con instrumentos que permitan recolectar datos y su análisis?, ¿coadyuva a entender la relación entre dos variables?, ¿se puede lograr mejoras en la forma de analizar a la variable estudiada? De acuerdo con lo descrito, el presente estudio se justifica en este aspecto por la razón de que se aportarán con instrumentos como las fichas de observación y fichas de reporte, los cuales servirán de referente para futuras investigaciones relacionadas con el empleo de un material puzolánico para el mejoramiento de algún tipo de material destinado a la construcción de obras civiles.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar los efectos que produce en las propiedades mecánicas de muros de albañilería la adición de Liparita en ladrillos artesanales tipo King Kong producidos en la ciudad de Arequipa – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar los efectos que producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades físicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023.

Determinar los efectos que producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023.

Determinar los efectos que producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades mecánicas de muros de albañilería de ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Con la adición de Liparita se mejoran las propiedades mecánicas de los muros de albañilería de ladrillos artesanal tipo King Kong producidos en la ciudad de Arequipa – 2023.

1.5.2. Hipótesis específicas

Las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita no influyen en las propiedades físicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023.

Las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita mejoran las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023.

Las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita mejoran significativamente las resistencias características de los muros de albañilería de ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023.

1.6. Variables de investigación

En la presente investigación se identificaron dos variables: independiente y dependiente, las que se describen a continuación:

1.6.1. Variable independiente

Según Amiel (2007), es al que se le va a evaluar su capacidad para influir, incidir o afectar a otra variable (p. 171). De acuerdo con esta definición, en la presente investigación la variable independiente es la “adición de Liparita”, ya que este material será adicionado en porcentajes de 2%, 5% y 10% como sustituto de la Arcilla.

1.6.2. Variable dependiente

Amiel (2007), sostiene que es la resultante de la influencia de la variable independiente y es el que debe explicarse (p. 171). En ese sentido, en el presente caso la variable dependiente es “la propiedad mecánica del muro de albañilería”. Porque el incremento o la disminución de las resistencias características de estos muros serán los efectos de la manipulación de la variable independiente.

1.6.3. Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se presenta la operacionalización de variables motivo de análisis del presente estudio:

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores
Material Liparita	Adición de Liparita en ladrillos.	<ul style="list-style-type: none">• Dosificación del 2%• Dosificación del 5%• Dosificación del 10%

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores
Muro de albañilería	Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo.	<ul style="list-style-type: none">• Variación dimensional.• Alabeo.• Absorción.• Resistencia a la compresión.
	Propiedades mecánicas de muros y pilas.	<ul style="list-style-type: none">• Resistencia a la compresión diagonal.• Resistencia a la compresión axial.

Fuente: Elaboración propia.

1.7. Metodología de investigación

Según Hernández (2014), la metodología esta referida a la manera como el investigador diseña sistemáticamente un estudio para garantizar resultados válidos y fiables que respondan a los objetivos de su investigación. Bajo esta premisa, la metodología empleada para alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación tiene las siguientes características:

1.7.1. Método de investigación

El presente estudio se desarrolló de acuerdo con los lineamientos del Método Científico, porque según Arias (2012) este método se basa en procesos sistemáticos y organizados para conseguir conocimientos fiables. Usualmente se inicia con la observación, planteamiento de la problemática, plantea la hipótesis, experimenta, recopila datos, analiza los resultados y formula las conclusiones (p. 19).

1.7.2. Tipo de investigación

Valderrama (2006), sostiene que “una investigación es de tipo aplicado porque su intención es dar mejoras a la parte investigada o en su defecto buscar una solución a una problemática, para lo cual, se valen de conocimientos producidos por la investigación básica, como las teorías comprobadas y poder generar conocimientos pragmáticos” (p. 39). Bajo esta premisa, el presente estudio es del tipo aplicado, porque se pretende adicionar en porcentajes definidos el material Liparita y de esta manera determinar las mejoras en las propiedades mecánicas del ladrillo y prismas, y demostrar que es posible emplear como un aditivo para los ladrillos artesanales y al mismo tiempo generar conocimientos prácticos que contribuirán en la solución de la problemática planteada.

1.7.3. Alcance de investigación

Se propone una investigación con un alcance explicativo, ya que según Ramos (2020, p. 03) en este alcance “se busca una explicación y determinación de los fenómenos, sobre todo en estudios experimentales”. Bajo esta premisa, en el presente estudio se pretende explicar los cambios que se producen en los ladrillos de arcilla cocida y muros con la adición del material puzolánico denominado Liparita.

1.7.4. Diseño de investigación

El diseño propuesto para el presente estudio es un diseño experimental, ya que según Guevara et al. (2020), “este tipo de diseño contempla un procedimiento que consiste en someter a un objeto a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), con la finalidad de observar los efectos o reacciones (variable dependiente)” (p. 164). Por lo tanto, la investigación está orientada a determinar los cambios que se producen en las unidades de albañilería y muros con la adición del material puzolánico denominado Liparita. En la figura 2 se presenta el esquema del diseño de investigación del presente estudio.

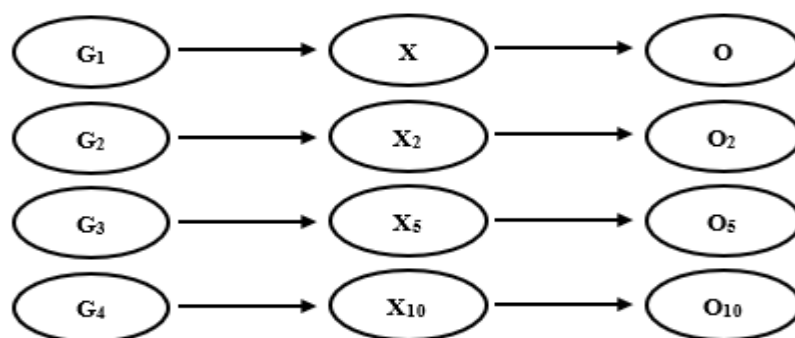


Figura 2. Diseño de investigación
Fuente: Adaptado de (Bernal, 2014, p. 200).

Donde:

G₁: Primer grupo de prueba (control).

G₂: Segundo grupo de prueba.

G₃: Tercer grupo de prueba.

G₄: Cuarto grupo de prueba.

X: Sin adición de Liparita (prueba de control).

X₂: Con adición del 2% de Liparita

X₅: Con adición del 5% de Liparita

X₁₀: Con adición del 10% de Liparita

O: Medición del grupo sin adición de Liparita

O₂: Medición del grupo con adición del 2% de Liparita

O₅: Medición del grupo con adición del 5% de Liparita

O₁₀: Medición del grupo con adición del 10% de Liparita

1.7.5. Población

De acuerdo con Arias (2012), “la población en una investigación es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (p. 81). De acuerdo con lo expresado por el autor, la población considerada para el presente proyecto de investigación fueron todos los ladrillos fabricados en el mes de junio del 2023 en la ladrillera “Yucra” ubicado en el distrito de Mollebaya.

1.7.6. Muestra

Según Hernández (2014), “en una investigación cuantitativa la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos y se realizarán las conclusiones” (p. 173). En ese sentido, conformaron la muestra un total de 316 ladrillos, en los cuales durante su proceso de fabricación se le adicionaron la Liparita en porcentajes de 0%, 2%, 5% y 10%. El muestreo fue realizado acorde a lo estipulado en la Norma E.070. En la tabla 2 se detallan las muestras para determinar las características ingenieriles de los ladrillos y en las tablas 3 y 4 se detallan las características de los prismas de albañilería.

Tabla 2. Especímenes para ensayos con fines de clasificación estructural

Código	Variación	Alabeo	Absorción	f^b	Parcial
G-1	10 ladrillos	10 ladrillos	05 ladrillos	05 ladrillos	10 ladrillos
G-2	10 ladrillos	10 ladrillos	05 ladrillos	05 ladrillos	10 ladrillos
G-3	10 ladrillos	10 ladrillos	05 ladrillos	05 ladrillos	10 ladrillos
G-4	10 ladrillos	10 ladrillos	05 ladrillos	05 ladrillos	10 ladrillos
Total					40

Fuente: Propia.

Tabla 3. Prismas de albañilería para prueba de compresión diagonal

Código	Largo	Ancho	Muretes	Parcial unidad
G-1	670 mm	670 mm	03	60
G-2	670 mm	670 mm	03	60
G-3	670 mm	670 mm	03	60
G-4	670 mm	670 mm	03	60
Total			12	240

Fuente: Propia

Tabla 4. Pilas de albañilería para prueba de compresión axial

Código	Altura	Espesor	Pilas	Parcial unidad
G-1	30.5 cm	13 cm	03	9
G-2	30.5 cm	13 cm	03	9
G-3	30.5 cm	13 cm	03	9
G-4	30.5 cm	13 cm	03	9
Total			12	36

Fuente: Propia

1.7.7. Técnicas de recolección de datos

Palella & Martins (2012), definen a las técnicas como medios para recopilar datos, para lo cual se emplean las técnicas de la observación, encuesta, entrevista, pruebas, entre otros (p. 115). Con base a la definición de los autores, en el presente estudio se emplearon las técnicas de la observación y la prueba (ensayos).

1.7.8. Instrumentos de recolección de datos

Palella & Martins (2012), afirman que “un instrumento puede ser cualquier recurso, formato (digital o físico) o dispositivo que cumpla con el propósito de registrar o almacenar los datos e informaciones extraídas del objeto de estudio” (p. 125). Para la recopilación de datos y reportar los resultados del presente estudio, se emplearon los formatos o fichas de ensayos, los cuales fueron establecidos por el Laboratorio de Ingeniería Civil de La Universidad Católica San Pablo y son los siguientes: formatos de prueba de variación dimensiones, de alabeo, absorción. Mientras que, para las pruebas de compresión simple, compresión diagonal y compresión axial, las fichas de registro fueron establecidos por el Laboratorio de Materiales COAQUIRA Hnos. S.R.L.

1.8. Delimitación de la investigación

Según Arias (2012), la delimitación del problema de una investigación, esta referido a la demarcación precisa del lugar donde se realizará el estudio y el tiempo en el que se realizará dicho estudio. Por lo general, estos factores también se denominan como delimitación espacial y temporal respectivamente (p. 42). En ese sentido, a continuación, se describen las delimitaciones de la presente:

1.8.1. Delimitación espacial

La investigación fue efectuada íntegramente en la ciudad de Arequipa, específicamente en los distritos de Paucarpata, Yarabamba y Mollebaya, debido a que en la jurisdicción del primero es donde se encuentran las canteras del material Liparita, en el segundo están las canteras de arcilla y en el tercero es donde están ubicadas el 80% de las fábricas artesanales de ladrillos, por lo que fue viable la experimentación.

1.8.2. Delimitación temporal

Los datos recolectados, ya sea de fuentes directas (entrevistas, experimentación, muestreo, ensayos, etc.) o de fuentes secundarias (revisión bibliográfica, documental, etc.) fueron efectuados en los meses de marzo a setiembre del año 2023.

1.9. Estructura del trabajo de investigación

Según Ñaupas (2018), la estructura de una tesis depende de su forma y fondo, esta se puede dividir en tres partes o componentes: parte preliminar (portada, agradecimientos, dedicatorias, índices de contenido, tablas y figuras, y resumen), parte central (todos los capítulos que se consideren) y parte complementaria (referencias bibliográficas y anexos). En ese sentido, la presente investigación se divide en cinco capítulos, los que desarrollados de forma sistemática conllevaron a la determinación de los efectos que produce en las propiedades mecánicas de muros de albañilería la adición de Liparita en ladrillos.

Por lo tanto, en el Capítulo I, se describe la problemática, se formulan las interrogantes, se exponen las justificaciones, se plantean los objetivos, se definen las características de la metodología. En el Capítulo II se describe el marco teórico y las bases teóricas que sustentan el estudio. En el Capítulo III se describe el estado del arte relacionado al tema abordado, donde se describen los antecedentes internacionales y nacionales. En el capítulo IV, se describe de forma organizada el desarrollo propiamente de la tesis, es decir: los pasos seguidos para alcanzar los objetivos planteados. Por último, en el capítulo V, se presentan los resultados hallados y se realizan las discusiones. Además, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

Debido a que las bases teóricas de una investigación se refieren al conjunto de teorías, conceptos, marcos conceptuales y conocimientos previos que sustentan y respaldan la investigación, a continuación, se desarrollan las teorías correspondientes a las variables y dimensiones del presente estudio.

2.1.1. La arcilla

Es un tipo de suelo compuesto principalmente por partículas minerales con un tamaño de grano inferior a 0.002 milímetros (2 micrómetros) de diámetro. Estas partículas minerales son principalmente silicatos de aluminio hidratados, y su composición puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones locales (Del Río, 1975). Es conocida por su textura suave, su capacidad para retener agua y su plasticidad, lo que la hace especialmente adecuada para diversos usos en la industria de la artesanía y materiales de construcción refractarios.

2.1.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de la arcilla

Según Barrenzuela (2014), sostiene que la arcilla posee una serie de propiedades que la convierten en un material versátil para diversas aplicaciones, tanto en la industria de la construcción como para la industria de la artesanía. A continuación, se describen algunas de sus propiedades más notables:

- **Plasticidad:** Sundari, et al. (2022), afirman que la arcilla tiene la capacidad de ser moldeada y dar forma cuando está húmeda y maleable. Esta propiedad es esencial en la cerámica y la fabricación de ladrillos, permitiendo que la arcilla sea modelada en diversas formas y tamaños.
- **Contracción y expansión:** Según Sundari, et al. (2022), la arcilla tiende a contraerse cuando se seca y expandirse cuando se satura de agua. Esta propiedad puede causar problemas en la construcción si no se controla adecuadamente, pero también se puede utilizar de manera beneficiosa para la compactación del suelo.

- **Refractariedad:** Rojas (2015), afirma que se refiere a su capacidad para resistir altas temperaturas sin fundirse o deformarse. En otras palabras, es la propiedad que determina hasta qué punto la arcilla puede soportar el calor antes de perder su forma y estructura.
- **Cohesión:** Sundari, et al. (2022) mencionan que las partículas de arcilla se adhieren entre sí, lo que da como resultado una estructura cohesiva cuando la arcilla está saturada de agua. Esta propiedad es útil en los materiales de construcción, como adobe o ladrillos de arcilla.
- **Color:** Debido a que este material terroso es el resultado del desgaste de distintos tipos de material pétreo, Barrenzuela (2014) sostiene que estas tienen diversos colores (blanca, gris, azulada y negra), esto debido a los componentes químicos que la conforman. Por lo general, esta variedad de colores son los efectos de óxidos como el Hierro, Cobalto, Cobre, Vanadio y Manganeso.

2.1.1.2. Composición química de la arcilla

Según Maza (2017), las arcillas o gredas no tienen una composición química o mineralógica bien definida, son una mezcla de minerales distintos, dependiendo de la procedencia de la roca del cual se desprendieron a causa de la erosión y se meteorizaron con el tiempo. Al respecto Rhodes (1990), afirma que las arcillas más puras son las que contienen gran cantidad de Alúmina y Sílice, ya que contienen menos Hierro y otros materiales impuros. Por otro lado, Gallegos & Casabonne (2005) mencionan que la arcilla común tiene una composición química muy parecida a la corteza terrestre, ya que las arcillas son el producto de la degradación de las rocas. En la tabla 5 se observa los componentes químicos de la arcilla.

Tabla 5. Componentes químicos de la arcilla

Compuesto	Símbolo	Contenido
Oxido de silicio.	SiO ₂	57.05%
Oxido de aluminio.	Al ₂ O ₃	19.13%
Óxido de hierro.	Fe ₂ O ₃	6.71%
Óxido de magnesio.	MgO	3.09%
Óxido de potasio	K ₂ O	2.04%
Óxido de calcio	CaO	4.27%
Óxido de titanio	TiO ₂	0.93%

Fuente: Gallegos y Casabonne (2005).

2.1.2. El ladrillo de arcilla

De acuerdo con Gallegos y Casabonne (2005), el ladrillo se denomina también como unidad de albañilería, el cual se trata de un bloque ortoedro fabricado con una mezcla de materiales básicos como: la arcilla, arena y agua, los cuales son mezclados homogéneamente y calcinados a temperaturas elevadas. Por su forma, peso y sus dimensiones son manejables, lo que posibilita la construcción de muros, tabiques, cercos, etc. Del mismo modo, en la NTP 331.017 (2003), se define a esta unidad de albañilería como un material de construcción fabricada con dosificaciones exactas de greda y otros componentes terrosos, los cuales son mezclados con el agua, moldeadas y sometidas a temperaturas altas. Este material llamado ladrillos tiene las particularidades de soportar cargas verticales y horizontales, además son resistentes a la intemperie.

2.1.2.1. Características del ladrillo de arcilla

De acuerdo con Barenzuela (2014), diversos investigadores coinciden en que los ladrillos deben contar con las siguientes particularidades en todo su proceso de fabricación:

- La mezcla de materiales debe ser la adecuada, ya que de esto dependerá su porosidad, lo que influirá en su capacidad de absorción.
- Su extrusión debe ser cuidadosa, ya que de esta dependerá la adecuada perfilación de sus aristas y su geometría será más uniforme, lo que influirá en su variación dimensional.
- Dentro de sus materiales componentes no debe tener sales solubles, ya que esto podría favorecer a la eflorescencia,
- El producto final, al ser golpeado debe contar con el característico sonido metálico y visualmente debe ser de color rojizo parejo, ya que estas características evidenciaran una adecuada cocción.

Por otro lado, en su aspecto físico, este tiene la forma de un ortoedro, debido a que sus caras forman ángulos diedros entre sí. Cada una de sus caras tiene las siguientes denominaciones: testa, tabla y canto (ver figura 3). Del mismo modo, sus lados tienen las siguientes denominaciones: tizón, grueso y sogá. En cuanto a sus dimensiones, no se tienen dimensiones estándar, sin embargo, usualmente suelen tener las siguientes medidas: 24 centímetros de sogá, 14 centímetros de tizón y 9 centímetros de grueso.

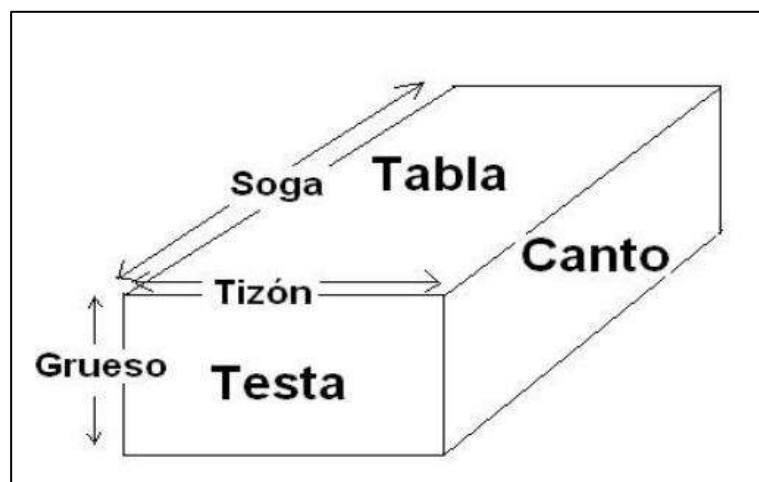


Figura 3. Partes de un ladrillo macizo
Fuente: Rojas (2015).

2.1.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla

Desde un enfoque ingenieril, estas propiedades básicas del ladrillo están referidas a la variación de sus dimensiones que pudieran sufrir durante su fabricación, al arqueamiento o alabeo de su longitud más larga, su absorción y su capacidad de resistir a la compresión. Estas propiedades deben cumplir con lo establecido en la normativa correspondiente (ver tabla 6).

Tabla 6. Clasificación del ladrillo con fines estructurales

Tipo	Variación de dimensiones		Alabeo (mm)	F'b min. (kg/cm ²)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm		
I	+/- 8	+/- 6	10.0	50.0
II	+/- 7	+/- 6	8.0	70.0
III	+/- 5	+/- 4	6.0	95.0
IV	+/- 4	+/- 3	4.0	130.0
V	+/- 3	+/- 2	2.0	180.0

Fuente: Tomado de (Norma E.070, 2020).

2.1.2.3. Propiedades mecánicas de muros de albañilería

Con respecto a las propiedades mecánicas de muretes y pilas (prismas), en la Norma E.070 indica que es la capacidad resistente de un muro o pila de ladrillos frente a cargas

horizontales y cargas de gravedad, por lo que, al realizar estos ensayos los resultados deben equipararse a las resistencias mínimas establecidos en la tabla 7:

Tabla 7. Resistencias características de muros de albañilería

Material del ladrillo	Tipo de ladrillo	f'_b MPa (kg/cm ²)	f'_m MPa (kg/cm ²)	V'_m MPa (kg/cm ²)
Arcilla	Artesanal	5.40 (55)	3.40 (35)	0.5 (51)
	Mecanizado	14.20 (142)	6.40 (65)	0.8 (81)
	Rejilla industrial	21.10 (215)	8.30 (85)	0.9 (92)

Fuente: (Norma E.070, 2020).

A. Resistencia a compresión diagonal (V'_m)

Lazo (2018) afirma que es la capacidad resistente de un conjunto de ladrillos, los que conforman un murete, que simula un muro de una edificación. La prueba más empleada para encontrar esta propiedad mecánica es el ensayo mostrado en la figura 4. Al respecto, San Bartolomé (2005), considera a este ensayo como “representativo ideal”, ya que su valor radica principalmente en la simplicidad y practicidad del ensayo para evaluar, analizar y determinar la resistencia V'_m de distintos muros.

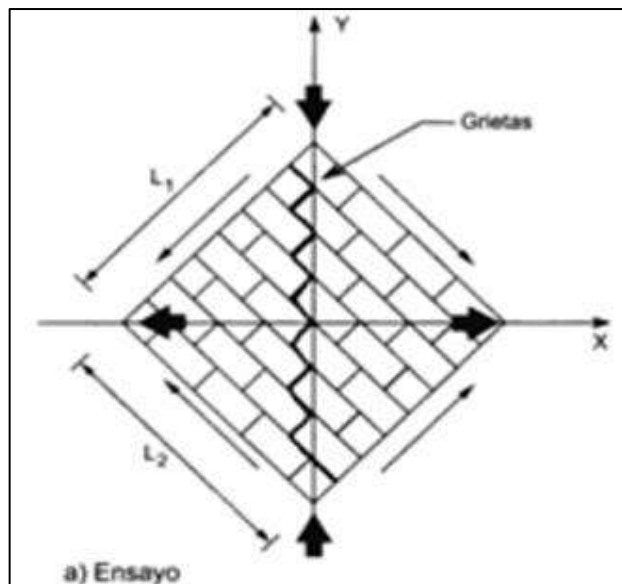


Figura 4. Compresión diagonal de muretes
Fuente: Tomado de (NTP 399.613, 2005).

B. Resistencia a compresión axial (f'_m)

Lazo (2018), menciona que esta propiedad es la capacidad de un material para resistir fuerzas de compresión provenientes de cargas verticales sin sufrir deformaciones o fallas. En el caso de la albañilería de ladrillos artesanales, la resistencia f'_m puede verse afectada por varios factores, como la calidad de la materia prima y las condiciones de fabricación. esta referido a la resistencia que pudiera tener la albañilería a las fuerzas de compresión axial (ver figura 5).

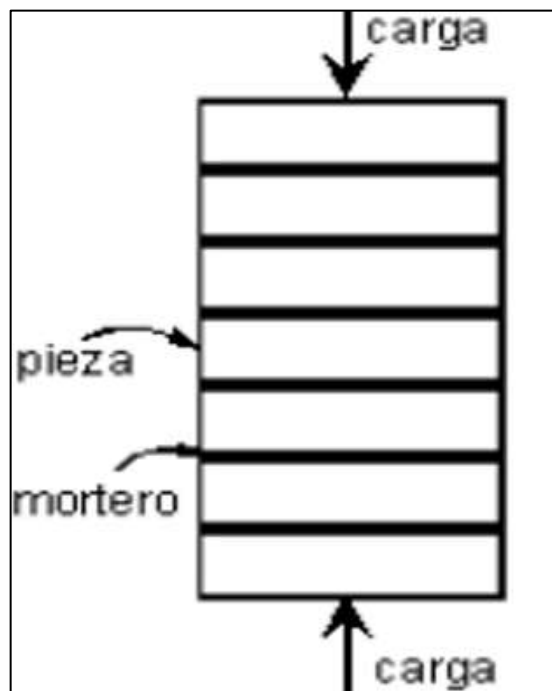


Figura 5. Compresión axial de pila
Fuente: Tomado de (NTP 399.613, 2005).

2.1.3. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal

Según Casado (2010), en el caso del proceso de fabricación de ladrillos artesanales las etapas pueden variar unas a otras en aspectos como las dimensiones, el tiempo de cocción, tiempo de enfriado, entre otros. No obstante, las etapas generales son casi las mismas. En la figura 6 se muestra las etapas más usuales.

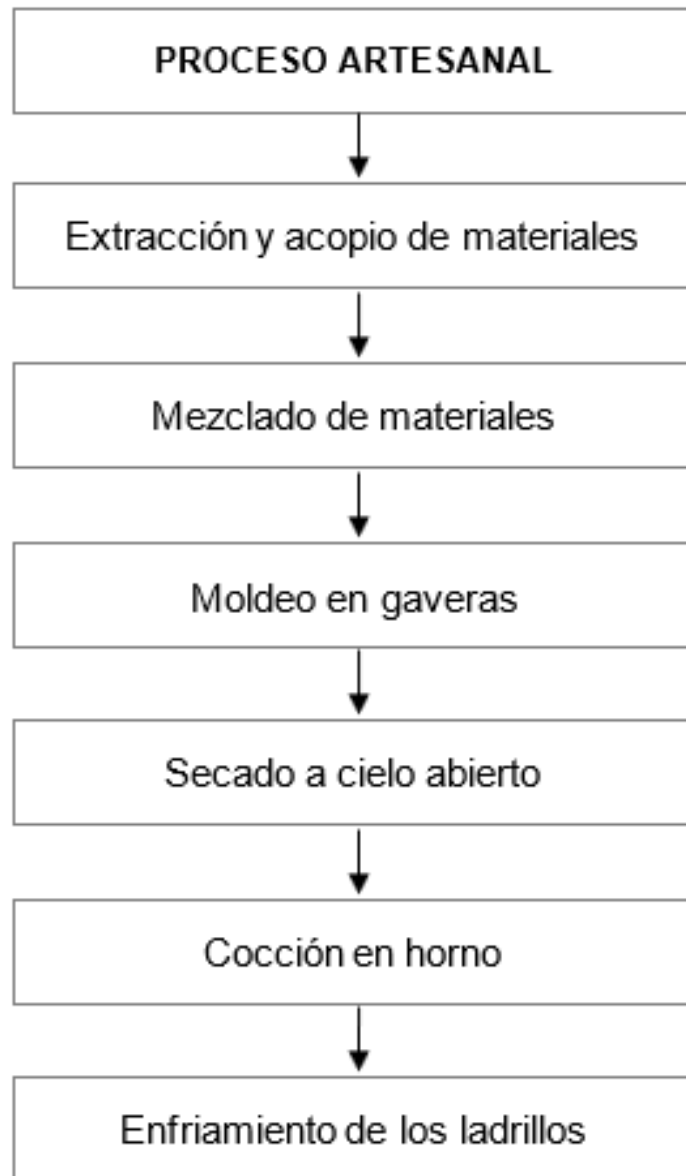


Figura 6. Diagrama del proceso artesanal de elaboración del ladrillo
Fuente: Tomado de (Casado, 2010).

Cada una de las etapas mostradas en la figura 6 constan de subprocesos, los cuales fueron mejorados sistemáticamente, sin embargo, esto varía de acuerdo a la zona donde se fabriquen, tal como menciona PRATL (2012) “las técnicas, los materiales, las dosificaciones y las temperaturas de cocción, varían dependiendo de la zona”. En la tabla 9 se describen cada una de las etapas que usualmente se siguen en la fabricación del ladrillo artesanal.

Tabla 8. Etapas de fabricación artesanal del ladrillo de arcilla

Etapa	Descripción
Acopio de materiales	Empieza con la extracción y acopio de materiales como la arcillas, arenilla u otros materiales complemento.
Mezcla de materiales	La mezcla de materiales se hace manualmente en pequeñas depresiones en el suelo donde es dosificado y mezclado según los conocimientos empíricos.
Moldeo	El moldeo es manual, ya que la mezcla pastosa es rellenada en gaveras y para desmoldar suelen emplearse arena fina.
Secado	Los ladrillos crudos son dispuestos en tendales con la finalidad de secarlos gradualmente con el sol y el viento.
Cocción	Es la etapa más importante, el cual consiste en someter a los ladrillos a tratamientos térmicos. Según informaciones de Febres (2017), las ladrilleras artesanales suelen calcinar el ladrillo entre 700 a 900 grados centígrados.
Enfriamiento	Según el informe del “Diagnóstico de la Industria Ladrillera Nacional” realizado por el Ministerio de la Producción (2002), el ladrillo ya cocido es enfriado gradualmente, mientras más lento, las unidades serán más resistentes, por el contrario, un rápido enfriado los convierte en débiles. Además, Rojas (2005) recomienda enfriar a velocidades menores de 15° Centígrados cada hora”.

Fuente: Tomado de Barrenzuela (2014).

2.1.4. Criterios de adición de materiales para mejorar el ladrillo artesanal

A nivel global, se efectuaron muchas investigaciones relacionadas con el mejoramiento de la calidad de materiales de construcción, precisamente uno de los temas más abordados es la mejora de la calidad estructural del ladrillo de arcilla cocida. Al respecto Deulofeuth y Severiche (2019) sostienen que las mejoras de las características mecánicas de este material se pueden dar con mejoramientos en las etapas de producción y aplicaciones con aditivos en la mezcla. Sin embargo, aseveran que no se puede dejar de lado por completo al material base que es la arcilla, ya que los ladrillos podrían perder gradualmente sus propiedades resistentes, en ese sentido, los investigadores deben buscar los porcentajes de adición o sustitución adecuados.

Por su parte, Piña, Nieto, & Robles (2016), sostienen que para mejorar las propiedades ingenieriles de bloques de arcilla cocida se deben emplear materiales de adición que se tienen disponibles en las localidades donde se fabrican dichos materiales de construcción. Estos tratamientos al ladrillo artesanal, no deben incrementar los costos de producción, en lo posible, debe mantenerse o en el mejor de los casos reducir sus costos. Los materiales de incorporación o sustitución, dependen de diversos factores, como la actividad económica de las localidades,

la ubicación geográfica, las características geológicas del lugar, etc. Tal es así que, en zonas donde la actividad agrícola sea intensa, se podrían aprovechar los rastrojos y en zonas donde se tenga materiales pétreos, puzolanas naturales, sustancias terrosas, etc. Estos podrían ser aprovechados siempre y cuando sean compatibles con los materiales bases del ladrillo.

2.1.5. La Liparita como material de adición para mejorar el ladrillo artesanal

También es llamado como Pumita y comúnmente conocida como Pómez, es una clase de roca ígnea producto de las explosiones de los volcanes. Su formación se debe a la lava expulsada al aire donde se produce una expansión de la alta compresión inicial del material. Como efecto de esta acción ocasiona desgasificación al material originando vacíos limitados por capas delgadas de material vitrificado (Ríos y Rojas, 2019, p. 27).

Si se procesa adecuadamente mediante la molienda, este material se convierte en una puzolana natural, el cual según Neunast (1981) triturada puede ser usada para la elaboración de morteros o concreto con áridos ligeros, predestinados a mejorar las capacidades resistentes térmicas o acústicas. Asimismo, según el “Estudio Geológico-Económico de Rocas y Minerales Industriales de Arequipa y Alrededores” realizado por el MINEM (2016), el Piroclasto Pumítico (Liparita) puede ser empleado para el sector de construcción como “árido liviano” en la elaboración de ladrillos huecos o macizos, hormigón liviano, entre otros.



Figura 7. Muestra de Liparita granulada

2.1.5.1. Posibles ventajas de adición de Liparita en ladrillos artesanales

Según Sagar et al. (2021), la Pumita o Liparita es un material ampliamente empleado para mejorar las características ingenieriles del concreto, sin embargo, no es comúnmente empleado para la fabricación de ladrillos, por lo que previamente se deben realizar una serie de pruebas y estudios para evaluar cómo afectará las propiedades finales de los ladrillos. No obstante, se pueden considerar como ventajas algunas de las propiedades de este material puzolánico que podrían ser útiles como aditivo en la fabricación de ladrillos:

- **Composición química:** Aunque depende mucho de la procedencia, pero generalmente contiene oxido de silicio, oxido de magnesio, oxido de calcio entre otros, por lo que la distribución de estos puede influir en las propiedades estructurales del ladrillo.
- **Dureza y durabilidad:** Al proceder de una roca ígnea relativamente dura, podría contribuir a la durabilidad de los ladrillos si se utiliza como adición.
- **Propiedad térmica:** La capacidad para retener y liberar calor podría ser relevante en aplicaciones donde se desee un mejor aislamiento térmico en los ladrillos.
- **Propiedad de fusión:** Debido a que este material se formó a partir de magma, su refractariedad es alta, lo que puede favorecer para resistir altas temperaturas durante la cocción del ladrillo, lo que a su vez permitiría una cocción adecuada sin llegar a vitrificarse.

2.1.5.2. Características de la Liparita

Este material puzolánico es bastante liviano y algo áspero, ya que en su forma de roca presenta cavidades lo que la vuelve muy porosa. Por lo general, es un material de color blanquecino, aunque también se presenta en otras tonalidades como rojizo o verdoso, lo que dependerá del porcentaje de contenido de otros minerales como la alúmina, óxido de potasio, oxido ferroso o silicatos. En cuanto a su forma, generalmente se presenta en forma alargada y angulosa. Al ser una roca ígnea tiene dureza, pero su porosidad la vuelve disgregable y su estructura no es cristalina. Es bastante resistente a temperaturas extremas como frío y calor, no posee sales solubles, inodora, de baja abrasividad, inerte y no es una amenaza para el medio ambiente (Karaman, Gunal y Ersahin, 2008).

Su densidad es relativamente baja, de 0.40 a 0.82 g/cm³ y por esta particularidad tiene la capacidad de flotar en el agua durante periodos largos. Por otra parte, según la escala de

dureza de Mohs está comprendida de 6 a 7 y su fusión se da a los 1,500° Centígrados, por lo que tiene un alto índice de refracción.

2.1.5.2. Composición química de la Liparita

La Liparita está compuesto principalmente de trióxido de aluminio y trióxido de sílice. También tiene los elementos mostrados en la tabla 9:

Tabla 9. Composición química de la Liparita

Compuesto	Símbolo	Contenido
Oxido de silicio	SiO ₂	59.51%
Oxido de aluminio	AL ₂ O ₃	16.61%
Óxido de potasio	K ₂ O	2.18%
Óxido de sodio	Na ₂ O	3.85%
Óxido de calcio	CaO	5.18%
Óxido de azufre	SO ₃	1.47%
Óxido de magnesio	MgO	2.57%

Fuente: Tomado de (Álvarez y Díaz, 2010).

CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE

3.1. Antecedentes

A nivel global, el mejoramiento de los materiales de construcción siempre fue motivo de estudio, debido a que la calidad de los materiales como el concreto, el acero o los ladrillos de arcilla cocida no siempre cumplen con las exigencias solicitadas. Además, el contexto y las condiciones en las que se emplean los materiales de construcción mencionados no son las mismas, es decir: un ladrillo puede ser fabricado según los requerimientos de la zona, variando así los materiales que la componen y las dosificaciones. Por otro lado, las problemáticas sociales y ambientales suelen cambiar conforme pasa el tiempo, tal como menciona Flores (2017), en el siglo pasado lo que se buscaba es encontrar yacimientos de materiales bases para la construcción, sin embargo, en la actualidad, se busca reducir o hacer que una materia prima no renovable sea sostenible y con ello también coadyuvar en la reducción de la contaminación ambiental. En ese sentido, a nivel internacional y nacional se realizaron diversas investigaciones experimentales referidos al mejoramiento de las características estructurales de materiales de construcción como el concreto o las unidades de albañilería, muchos de ellos con bastante éxito, logrando así demostrar que es posible emplear materiales disponibles o sustentables para reducir la depredación de otros materiales que están en situación de agotamiento. Para conocer de manera más precisa el estado del arte de las variables estudiadas. A continuación, se describen los estudios previos:

Según Arias (2012, p. 106), los antecedentes de una investigación “están referidos a los estudios previos relacionados con el tema abordado, es decir, estos antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento de la problemática planteada y al mismo tiempo sirven de modelo para futuras investigaciones”. En ese sentido, a continuación, se describen los antecedentes internacionales y nacionales relacionados con el tema principal del presente estudio.

3.1.1. Antecedentes internacionales

Thalmaier et al. (2022), en su estudio: Evaluación de incorporación de residuos de piedra Caliza para ladrillos de greda, publicada en la Revista “Materials”, afirman que su objetivo fue estudiar la viabilidad de incorporar los residuos de piedra Caliza resultantes del procesamiento de dicha piedra en la producción de ladrillos de greda cocida. Esto como

respuesta a la problemática de los desechos que generan las limaduras de la piedra Caliza empleadas para materiales de revestimiento de edificaciones y de esta manera reducir la explotación descontrolada de greda. Para lo cual, la metodología empleada fue experimental puro y transversal, consistiendo en el reemplazo parcial de la arcilla por el material ya mencionado en porcentajes de 0% (muestra de referencia C0), 5% (C1), 10% (C2) y 15% (C3). Las muestras fueron calcinadas en un horno del tipo volcán y posteriormente fueron trasladadas a un laboratorio de materiales, donde se les realizaron las pruebas respectivas, obteniendo así los siguientes resultados: La capacidad resistente f_m de la muestra sin tratamiento fue de 15.7 N/mm^2 , mientras que las muestras con tratamientos del 5%, 10% y 15% de piedra Caliza disminuyeron sus resistencias a la compresión (14.6 N/mm^2 , 12 N/mm^2 y 7 N/mm^2 respectivamente) hasta en un 55%. En ese sentido, los autores concluyen que: a medida que se le añade más piedra caliza, la capacidad resistente f_m de las unidades de albañilería se reducirá a tal punto de que se vuelvan inservibles para muros resistentes. Este efecto negativo se debe a que al añadir la piedra Caliza aumentó el contenido de CaO en la mezcla de arcilla, lo que redujo la contracción de la capacidad resistente de los especímenes hasta en un 55%.

Nanayakkara et al. (2022), en su estudio denominado: la adecuada reutilización de la tierra Diatomita en la producción de ladrillos cocidos. Publicado en la revista *Advances In Technology*, donde indican que el objetivo principal fue realizar una revisión acerca de estudios relacionados con el uso de la Diatomita en ladrillos. Además, mencionan que la problemática es el desperdicio del material en mención, ya que generalmente en países industrializados se usa dicho material como filtrante en la industria cervecera y este residuo es vertido en zonas no autorizadas, lo que genera preocupaciones con respecto al medio ambiente. No obstante, hubo experiencias donde se emplearon este material como sustituto en peso para reducir el uso indiscriminado de la arcilla para ladrillos en la industria de la construcción. Sin embargo, la literatura existente es limitada, ya que aún no es popular incluir este material en la elaboración de ladrillos. En ese sentido, los resultados hallados en la investigación fueron los siguientes: Generalmente, en estudios donde se han adicionado Diatomita del 10% a 15% en peso, la resistencia a la compresión del ladrillo disminuyó (menor a 25.5 MPa). No obstante, en estudios experimentales con la incorporación del 3% en peso del material en mención, la resistencia f_b se incrementó hasta en 45 MPa cuando la resistencia f_b de ladrillos sin ningún tratamiento era de 34 MPa. Según las inferencias de los estudios revisados, la disminución de la resistencia f_b se debería a que el material Diatomita es de origen orgánico, lo que ocasionaría aumento de poros durante la combustión o calcinación del ladrillo en horno, esta condición hace que los

ladrillos soporten menos a la compresión. En ese sentido, los autores concluyen que: en las propiedades físicas, la incorporación del material Diatomita no produce alteraciones, ya que este depende del proceso de fabricación, sin embargo, la incorporación del material mencionado en porcentajes mayores puede reducir las propiedades mecánicas del ladrillo. No obstante, se podría usar este ladrillo para estructuras que no soporten peso como tabiques o cercos simples y de esta manera reducir el desperdicio de este material residual y reducir la contaminación.

3.1.2. Antecedentes nacionales

Terrones (2020), en su estudio “Propiedades mecánicas de muros de ladrillos artesanales con adición de ceniza de tallo de algodón en Cañete”, indica que su objetivo fue encontrar la variabilidad en el desempeño mecánico de los prismas elaborados con unidades de albañilería artesanal con el adición del material en mención. Para tal efecto, el autor empleó el método deductivo, explicativo y diseño cuasi-experimental. Con respecto a la población, esta fue conformada por un total de 200 especímenes elaborados artesanalmente, y la muestra lo constituyeron 12 prismas (muretes), en los cuales se realizaron los ensayos para determinar: $f'm$, $V'm$ y $R'f$. Los resultados obtenidos fueron que, con el adición de un 15% de ceniza se consiguió la mayor $f'm$ (44.260 kg/cm²), la mayor $V'm$ (4.020 kg/cm²) y la mayor $R'f$ (15.250 kg/cm²). Estos valores son superiores a las resistencias de los muretes sin tratamiento, cuyos resultados fueron de: 37.10, 3.20 y 10.70 kg/cm² respectivamente. Por lo tanto, el investigador concluye que: el desempeño mecánico de los muretes con aditamento de ceniza del material en mención incrementa su resistencia con el adición de hasta 15% de estas cenizas como sustituto del material base. No obstante, con la incorporación en cantidades superiores a este porcentaje, las propiedades mecánicas ($f'm$ y $V'm$) tienden a menguar.

Rodríguez & Salazar (2020), en su estudio denominado “Ladrillo artesanal con incorporación de ceniza de cáscara de arroz, Rioja”, donde menciona que su propósito fue: determinar la influencia la adición del material en mención en el ladrillo. Para tal efecto los autores emplearon el método científico, cuantitativo, aplicado y experimental puro. La muestra estuvo constituida por 21 especímenes, en los cuales se adició el 0%, 10% y 20% de ceniza. Estos especímenes fueron sometidos a pruebas de laboratorio, obteniendo así, los siguientes resultados: la absorción máxima fue de 16.87% (con adición del 20%). Del mismo modo, la $f'b$ máxima fue de 21.370 kg/cm² (con adición del 20%). La máxima variación de dimensiones (2.92%) y el máximo alabeo (1.5 mm de concavidad) presentaron los ladrillos con adición del

20%. En ese sentido, concluyen que, los ladrillos adicionados con 20% del material en mención presentan mejores propiedades mecánicas que los ladrillos sin tratamiento, sin embargo, aun así, no se logra alcanzar los valores mínimos establecidos en la Norma correspondiente, por lo que estos ladrillos podrían ser empleados para muros divisores.

Moreno (2021) en su tesis que tuvo como finalidad: estudiar las características mecánicas de muros con incorporación de puzolana de Ichu en el mortero, para lo cual empleó el método científico, aplicado y diseño cuasi-experimental. La población fue de 72 especímenes entre muretes y pilas elaborados con ladrillo mecanizado y la muestra fue de 36 especímenes de muretes y pilas, los cuales fueron confeccionados con mortero adicionado con porcentajes del 0, 5, 10 y 15% de puzolana. Dichos especímenes fueron ensayados en laboratorio acorde a las Normas A.S.T.M. 5518, N.T.P. 399.605 y 399.621. Los resultados fueron los siguientes: la resistencia $f'm$ de pilas con mortero sin tratamiento fue de 65 kg/cm^2 , mientras que con la adición del 5% en el mortero experimenta un incremento del $f'm=70.39 \text{ kg/cm}^2$. En lo referido a la capacidad resistente a tracción diagonal ($V'm$), los muretes elaborados con el 0% de adición de puzolana de ichu, presentan un $V'm=7.05 \text{ kg/cm}^2$ y con la adición del 5% del material mencionado, los muretes incrementan su $V'm$ hasta en 7.84 kg/cm^2 . Del mismo modo, en la resistencia a flexión ($f'r$), con la añadidura del 5% de puzolana del material en mención incrementa su capacidad resistente hasta $f'r=2.98 \text{ kg/cm}^2$ frente al mortero sin tratamiento ($f'r=2.10 \text{ kg/cm}^2$). La investigadora concluye que: la capacidad resistente $f'm$ de pilas elaboradas con ladrillo mecanizado incrementa significativamente solo con la adición del 5% de puzolana de Ichu en el mortero (70.39 kg/cm^2), mientras que con la adición del 10% apenas incrementa a 67.33 kg/cm^2 frente al $f'm=65 \text{ kg/cm}^2$ de la pila patrón. Similar comportamiento experimenta la resistencia $V'm$ y la capacidad resistente a flexión por adherencia ($f'r$). Por lo que concluye que el comportamiento óptimo de las propiedades mecánicas se alcanza con la adición del 5% de puzolana de Ichu, mientras que con el 10% y 15% las resistencias disminuyen considerablemente.

Colque (2021), en su tesis “Mejoramiento de la calidad de ladrillos de arcilla artesanales de Puno”, indica que su objetivo fue realizar mejoras a la calidad estructural de ladrillos artesanales producidos en la región en mención, para lo cual empleó el método deductivo, aplicado, cuantitativo y cuasi - experimental. La población en estudio fue de 03 ladrilleras artesanales y la muestra estuvo conformada por 750 ladrillos, los cuales fueron elaborados con

el empleo de una gavera metálica, la inclusión de 08 oquedades y la adición de ceniza de aserrín en 5, 7.5, 10, 12.5 y 15%. Estos especímenes fueron sometidos a pruebas básicas con fines de clasificación estructural, obteniendo así los siguientes resultados: el ladrillo clasifica como tipo IV en variación dimensional, además los valores de la absorción de todos los especímenes están por debajo del máximo permitido (22%). Se evidencia una mejora significativa de la calidad estructural mediante la adición del 5% de aserrín, consiguiendo una f^b de 64.74 kg/cm², lo que indica un incremento del 16.13% con respecto al ladrillo sin tratamiento clasificando como tipo I, por lo que concluye que: se logra una mejora ligera con la adición de aserrín del 5%.

Iriarte y Palomino (2018), en su investigación experimental denominada: Influencia de la piedra pómez adicionando en porcentajes de volumen, en las características físico-mecánicas de ladrillos con 18 oquedades producidos en Piñipampa, región Cusco. El cual tuvo como finalidad: evaluar los comportamientos físico-mecánicos de la adición de la piedra pómez proveniente de Arequipa en la elaboración de ladrillos macizos de 18 alveolos. La metodología empleada fue el método científico, experimental y explicativo. La muestra fue 120 especímenes, en los cuales se les añadió durante su fabricación el 6%, 9%, 12% y 15% del material puzolánico. Para evaluar la influencia de dicho material en el ladrillo se realizaron los ensayos básicos de clasificación estructural. Los resultados fueron los siguientes: con respecto al alabeo y la variación dimensional, no existe diferencia con el ladrillo patrón, puesto que esta característica depende del mismo proceso de fabricación. En lo referido a la absorción, los ladrillos con tratamiento tuvieron un comportamiento directamente proporcional, es decir. A medida que se añade más porcentaje de piedra pómez más incrementa también su absorción, no obstante, están dentro del valor establecido en la norma. Con respecto a la resistencia f^b , los ladrillos tratados incrementan moderadamente su propiedad resistente con respecto al ladrillo sin tratamiento, llegando a clasificar como ladrillos del tipo III, sin embargo, con adiciones del 12% al 15% de piedra pómez los ladrillos sufren incrementos mínimos a insignificantes. Por lo tanto, los autores concluyen que: es posible la sustituir parcialmente a la arcilla con el material Pómez, sin embargo, para la región Cusco no es muy conveniente, debido a que este material se obtiene de zonas volcánicas, por lo que su logística incrementaría los costos finales de producción y por ende resultaría más costoso comercializarlo.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

4.1. Proceso de investigación

Moreno y Bravo (2017), mencionan que el proceso de investigación es un grupo de acciones que se deben desarrollar de acuerdo con los objetivos planteados y que relacionadas entre sí, se logran los resultados. Este proceso es objetivo, organizado, metódico, sistemático y tiene la finalidad de responder a la interrogante de investigación formulada con anterioridad (p. 87). Usualmente, este proceso se representa en un diagrama de procesos, que desarrolladas conllevan a la obtención de resultados. Bajo esta premisa, el procedimiento para lograr los objetivos previamente planteados se muestra en la figura 8. Asimismo, el diagrama de flujo de las actividades se presenta en las figuras 9 y 10.

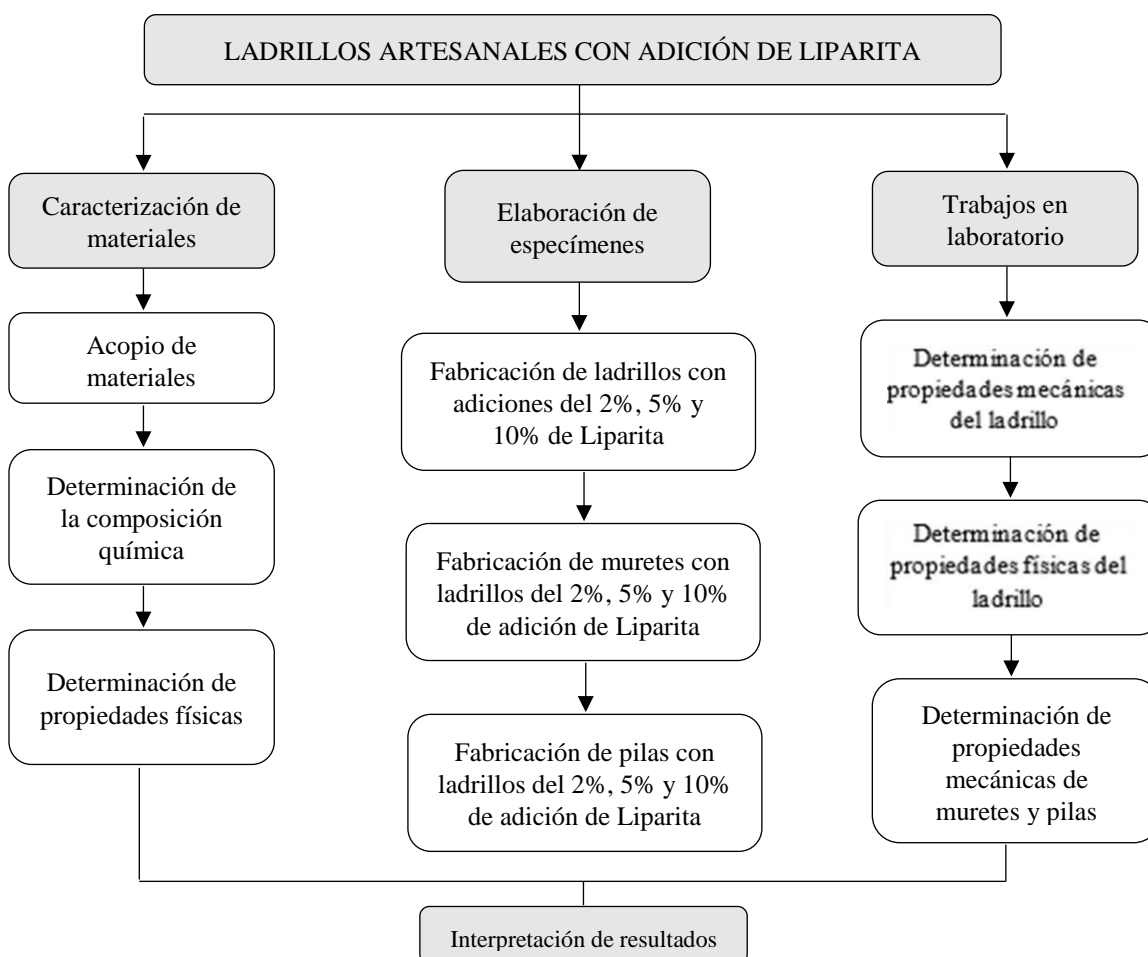


Figura 8. Esquema de procedimiento de investigación

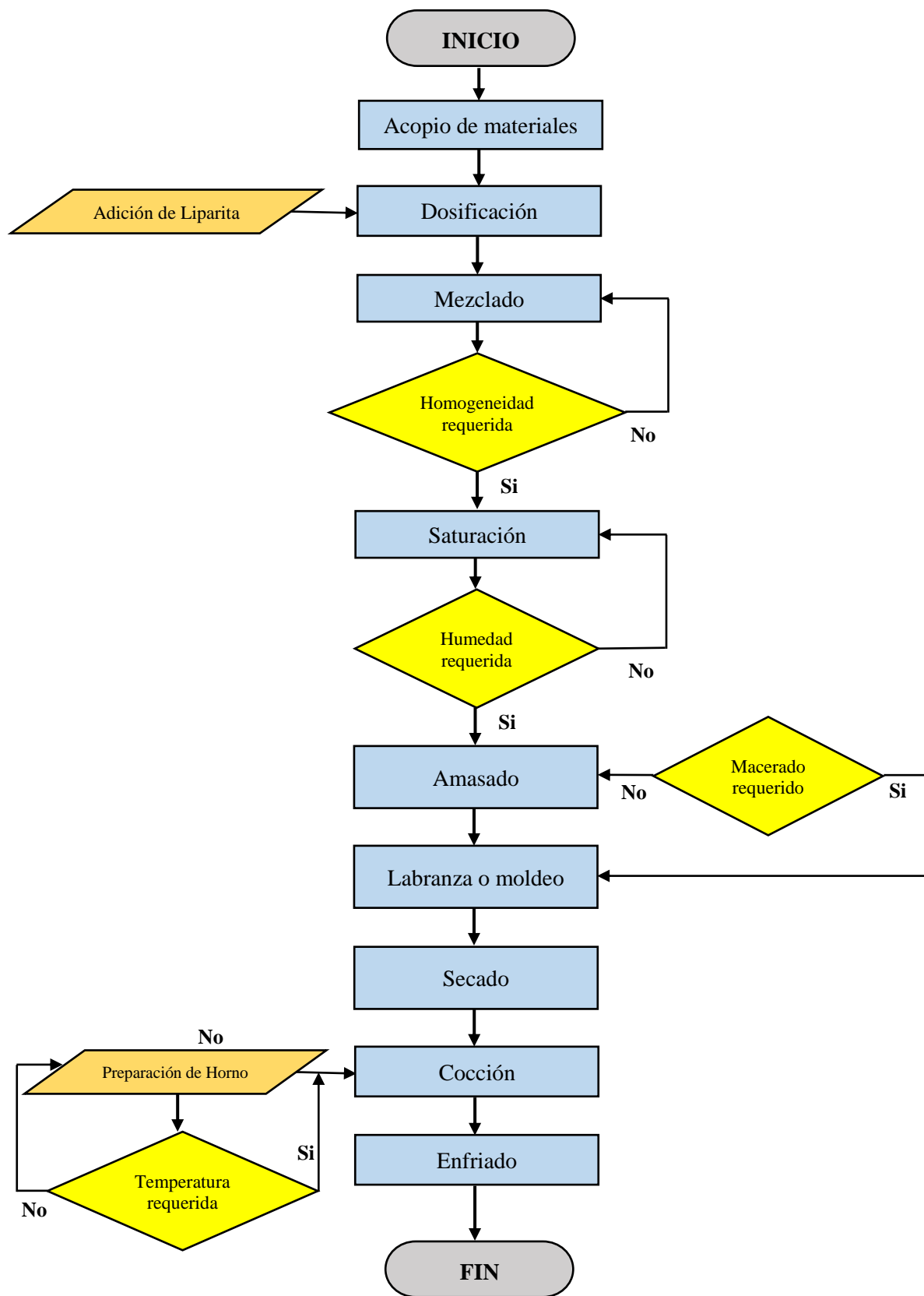


Figura 9. Diagrama de flujo de la fabricación de ladrillos con adición de Liparita

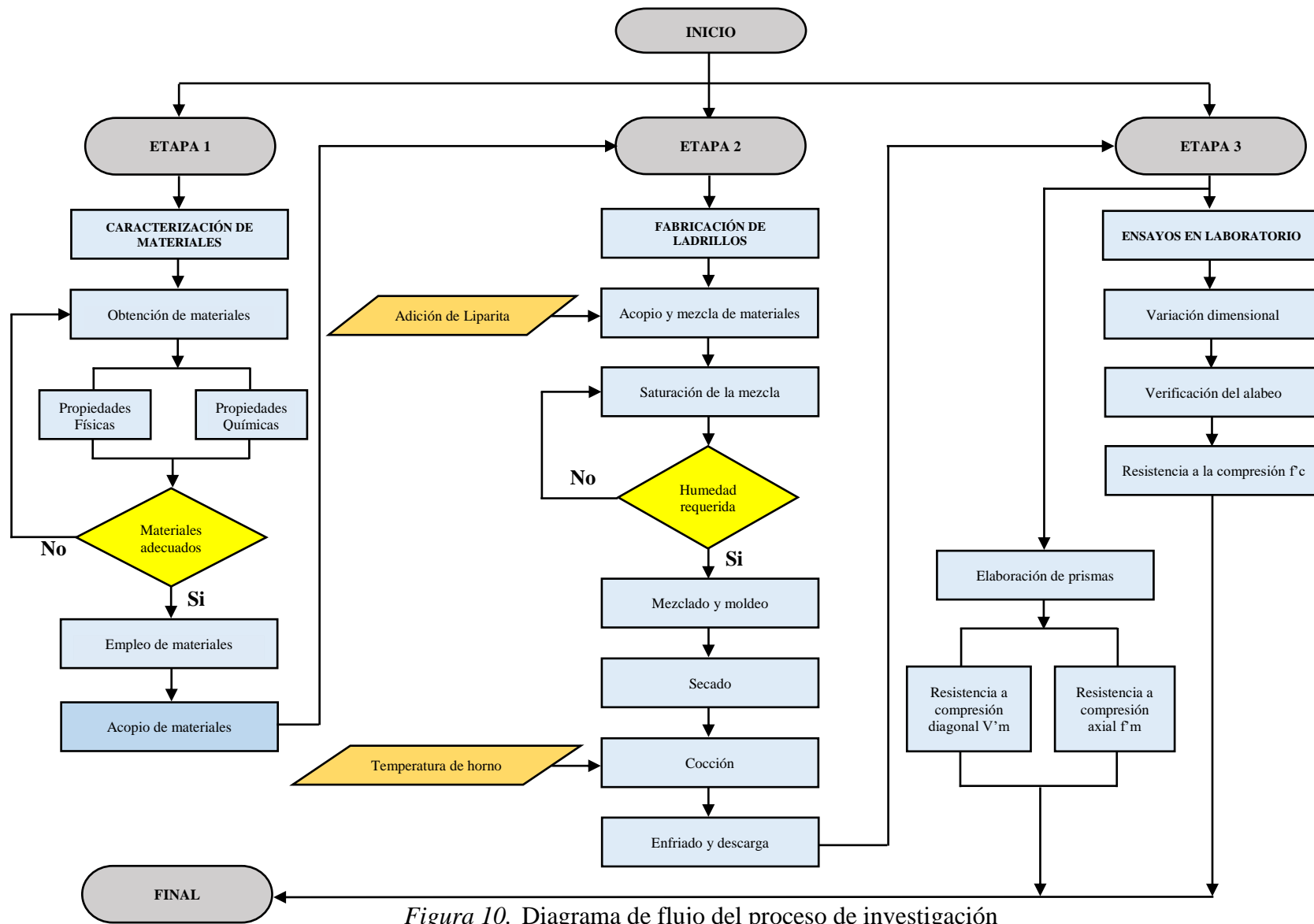


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de investigación




4.1.2. Caracterización de materiales

En esta primera etapa se recolectaron muestras de los materiales principales como la Liparita y la Arcilla, los cuales fueron caracterizados mediante los ensayos químicos y físicos en laboratorio, esto con la finalidad de determinar compatibilidades entre materiales y a su vez conocer las propiedades químicas de la Liparita y con base a esos datos analizar la causa de los posibles efectos en los ladrillos macizos. A continuación, se describe al detalle la obtención de los materiales y caracterización de los materiales en mención.

4.1.1.1. Obtención del material Liparita

Para obtener la Liparita o puzolana de Pómez, se realizaron visitas de campo a tres canteras ubicadas en distintos lugares, de donde se extrajeron muestras para la elección del material y su posterior análisis químico. En la tabla 10 se presenta los detalles de las canteras y el tipo de material.

Tabla 10. Canteras para la obtención de la Liparita

Nombre	Ubicación		Coordenadas UTM	Material Liparita	Imagen referencial
	Distrito	Localidad			
Cantera 01	Paucarpata	P. San Antonio	239545.6560E 8184125.493N	Bolonería	
Cantera 02	Chiguata	Chiguata	240617.5580E 8185185.320N	Granulada	
Cantera 03	Chiguata	Chiguata	242662.9830E 8184680.712N	Granulada (≤5 mm)	

Fuente: Propia

Selección de cantera: Según la tabla 10 y con base a lo observado en cada una de las canteras, se optó por emplear como material de adición en la elaboración de ladrillos al material (Liparita) extraído de la Cantera 01, ya que en dicha cantera el material está disponible en forma de bolones, lo que la hace conveniente para su uso debido a que esta menos contaminada con materiales orgánicos que pudieran influir en los resultados finales.

Accesibilidad a la Cantera 01: La accesibilidad a la Cantera 01 es por carretera, a unos 17 kilómetros desde la Plaza de Armas de la ciudad de Arequipa en el distrito de Paucarpata, por la zona denominada Planicie de San Antonio. El tiempo es un aproximado de 42 minutos en vehículo motorizado (ver figura 11).

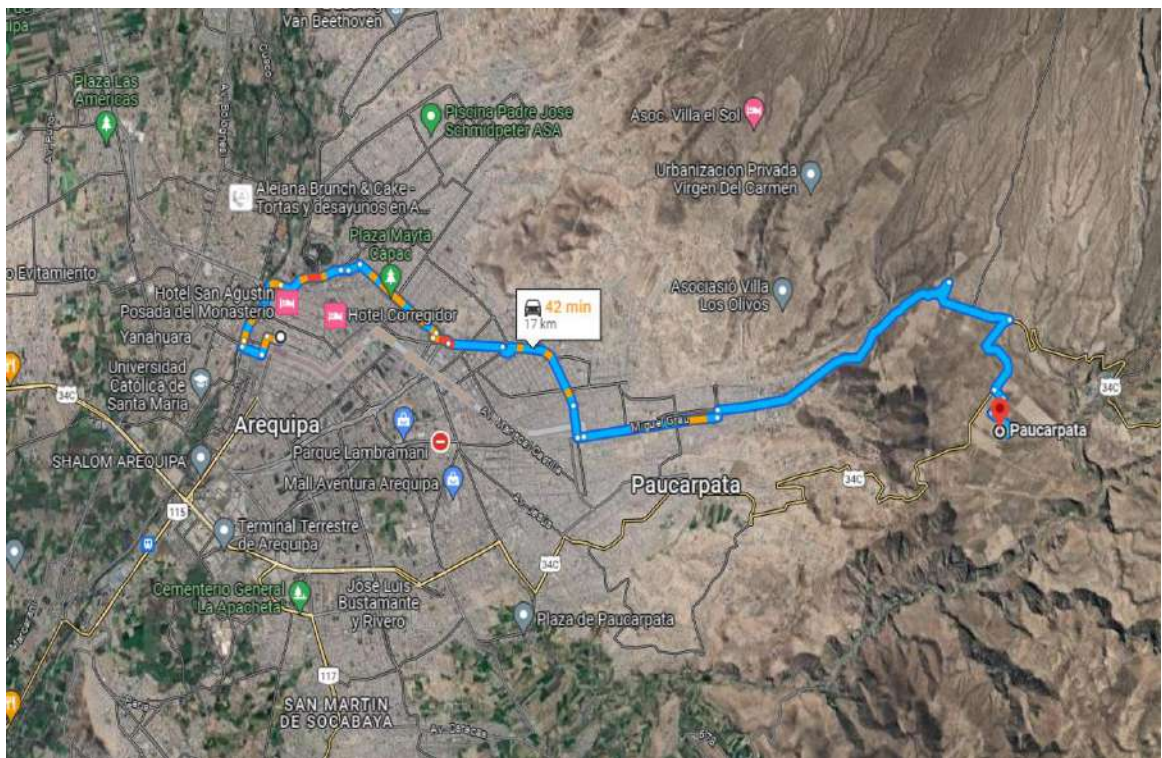


Figura 11. Acceso a la Cantera 01 de Liparita en el distrito de Paucarpata
Fuente: Google Earth (2023).

4.1.1.2. Obtención de la Arcilla

Para la obtención de este material, se realizaron visitas a las canteras en el distrito de Yarabamba, donde se tienen disponibles las canteras de arcilla. Estas son las únicas autorizadas para su explotación y se encuentran a unos 13 km de la fábrica de ladrillos “Yuca”. Aprovechando el acarreo de materiales por los trabajadores de la mencionada ladrillera se

procedió a extraer muestras de este material para su análisis en laboratorio. Los detalles de ubicación de la cantera y su accesibilidad se presentan en la tabla 11 y figura 12.

Tabla 11. Detalles de ubicación de la cantera de arcilla

Datos	Descripción
País:	Perú
Región:	Arequipa
Provincia:	Arequipa
Distrito:	Yarabamba
Coordenadas:	16°27'13.74"S - 71°36'50.83"O
Altura:	1677 msnm.

Fuente: Propia.



Figura 12. Acceso a la cantera de arcilla en el distrito de Yarabamba
Fuente: Google Earth (2023).

4.1.1.3. Determinación de la composición química de la Liparita y la arcilla

Los ensayos fueron realizados por el Laboratorio de la Facultad de Química de la UNSA. Los resultados se presentan en las tablas 12 y 13. En cuanto a los certificados de estos ensayos debidamente firmados por los especialistas se muestran En el Anexo A1.

Tabla 12. Composición química de la Liparita

Nombre	Óxidos	Concentración
Oxido de silicio.	SiO ₂	71.49%
Oxido de aluminio.	AL ₂ O ₃	14.13%
Óxido de potasio.	K ₂ O	4.16%
Óxido de sodio.	Na ₂ O	3.60%
Óxido de calcio.	CaO	3.35%
Óxido de azufre.	SO ₃	2.57%
Óxido de magnesio.	MgO	0.69%

Fuente: Laboratorio de Química UNSA.

Tabla 13. Composición química de la Arcilla

Nombre	Óxidos	Concentración
Oxido de silicio.	SiO ₂	50.05%
Oxido de aluminio.	AL ₂ O ₃	26.21%
Óxido de hierro.	Fe ₂ O ₃	17.63%
Óxido de magnesio.	MgO	2.01%
Óxido de potasio	K ₂ O	1.71%
Óxido de calcio	CaO	1.35%
Óxido de titanio	TiO ₂	1.05%

Fuente: Laboratorio de Química UNSA.

Según los datos de las tablas 12 y 13, los óxidos predominantes en ambos materiales son el Óxido de Silicio (SiO₂) y Oxido de Aluminio (AL₂O₃), por lo que se deduce que ambos materiales podrían ser compatibles y la sustitución de la arcilla por Liparita puede ser posible ya que no tendría efectos negativos en el producto final.

4.1.1.3. Determinación de las características físicas de la arcilla

Se efectuaron las pruebas correspondientes a la arcilla extraída de la Cantera de Yarabamba. Estas muestras fueron sometidas a los ensayos correspondientes en las instalaciones del laboratorio de la carrera de Ingeniería Civil de la UCSP, obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 14. Resumen de características físicas de la Arcilla de Yarabamba

Característica	Descripción
Clasificación SUCS	CL-ML
Arcilla y limo	69.12%
Arena	30.88%
Grava	0.00%

Fuente: Propia.

Según los valores de la tabla 13, se afirma que se trata de una Arcilla fina arenosa y limo de baja compresibilidad. La concentración de arcilla y limo es del 69.12%, este valor está dentro del rango del 25% al 75% del total requerido para el empleo de ladrillos de arcilla cocida. Del mismo modo, la concentración de arena es del 30.88%, lo que indica que se tendrá un control adecuado de agrietamientos, ya que Robusté (1969) afirma que se debe contar con un mínimo del 30% de arena. El certificado firmado por el especialista se presenta en el anexo A2.

4.1.2. Proceso de fabricación de ladrillos con Liparita

Esta etapa corresponde a trabajos de campo, por lo que se inició con la selección de la ladrillera donde se realizará la fabricación de ladrillos, posteriormente se efectuaron todos los procesos correspondientes a la fabricación de los especímenes, donde se inició con el acopio y dosificación de materiales, la saturación de la mezcla, mezclado y moldeo, secado, cocción de especímenes y finalmente con el enfriado y descarga de los ladrillos. A continuación, se describen con detalle cada proceso mencionado.

4.1.2.1. Selección de ladrillera artesanal

Se realizó visitas de campo al distrito de Mollebaya, donde se ubican la gran mayoría de las fábricas de ladrillos artesanales y se procedió a seleccionar la fábrica que más se ajustaba a las necesidades de la presente investigación. Por lo que la fábrica seleccionada fue la Ladrillera “Yucra”. Sus datos generales y su ubicación se presentan en las figuras 13 y 14 respectivamente.

Descripción	Datos	Ubicación
Fábrica	Ladrillera "Yucra"	
Ubicación	Mollebaya	
Propietario	Sr. Clemente Yucra	
Capacidad	60 mil unid.	
Tipos de ladrillos	King Kong macizo	
Coordenadas	16°29'43.7"S 71°30'22.6"W	
Zona	19 K	

Figura 13. Información general de la fábrica de ladrillos

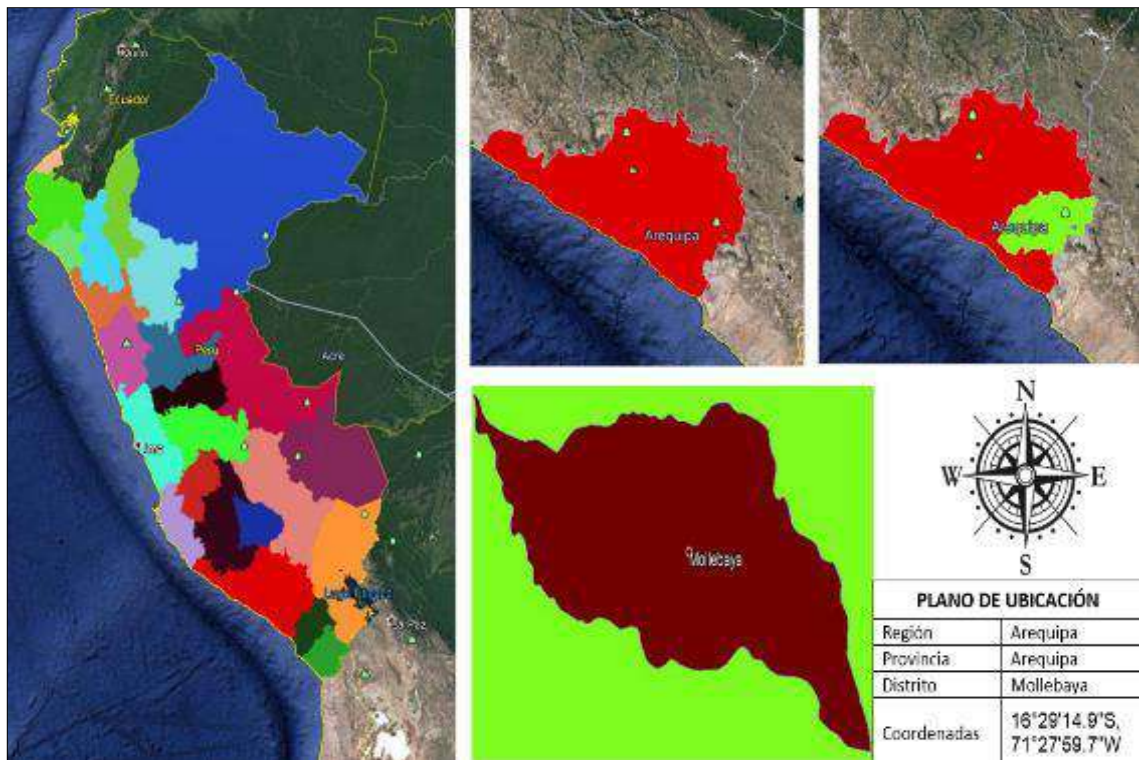


Figura 14. Ubicación geográfica de la fábrica de ladrillos
Fuente: Elaboración propia.

Accesibilidad: El acceso a la fábrica de ladrillos es por carretera, a unos 15 kilómetros desde el centro de la ciudad de Arequipa, en un aproximado de 33 minutos. Se puede acceder por movilidad particular, taxi o transporte público (ver figura 15).



Figura 15. Rutas de acceso a la fábrica de ladrillos

4.1.2.2. Acopio y dosificación de materiales

Los materiales como la arcilla, arena y tierra amarilla necesarios para la fabricación de ladrillos, fueron acopiados de las canteras seleccionadas a criterio de la Ladrillera “Yucra”. Estos materiales fueron tamizados por zarandas artesanales y posteriormente triturarlos (arcilla y tierra amarilla), esto con la finalidad de homogenizar los tamaños y facilitar la dosificación y mezcla de materiales (ver figura 16). Previamente se determinó la dosificación de acuerdo con los criterios y experiencia de la Ladrillera “Yucra”, tal como se muestra en las tablas 15, 16 y 17.



Figura 16. Acopio de materiales
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Dosificación para ladrillos con el 2% de Liparita

N°	Material	Cantidad	Unidad	Porcentajes
1	Liparita	2.576	kilos	0.50%
2	Arcilla	126.246	kilos	24.43%
3	Arena	59.04	kilos	11.42%
4	Agua	268	Litros	51.86%
5	Tierra amarilla	60.96	kilos	11.80%

Fuente: Propia.

Tabla 16. Dosificación para ladrillos con el 5% de Liparita

N°	Material	Cantidad	Unidad	Porcentajes
1	Liparita	6.441	kilos	1.23%
2	Arcilla	122.381	kilos	23.45%
3	Arena	58.90	kilos	11.29%
4	Agua	273	Litros	52.32%
5	Tierra amarilla	61.10	kilos	11.71%

Fuente: Propia.

Tabla 17. Dosificación para ladrillos con el 10% de Liparita

N°	Material	Cantidad	Unidad	Porcentajes
1	Liparita	12.882	kilos	2.45%
2	Arcilla	115.940	kilos	22.01%
3	Arena	58.74	kilos	11.15%
4	Agua	278	Litros	52.77%
5	Tierra amarilla	61.26	kilos	11.63%

Fuente: Propia.

4.1.2.3. Saturación y mezcla de materiales

En un pozo rectangular de unos 5 x 3 metros y con profundidad de 50 cm, se procedió a saturar la arcilla, esto con el propósito de eliminar o reducir los grumos (ver figura 17), para luego añadir los demás componentes de la mezcla, esto según lo indicado en las tablas 14, 15 y 16.



Figura 17. Saturación y mezcla de materiales

4.1.2.4. Mezclado y moldeo

Transcurrido 24 horas, los materiales saturados fueron removidos manualmente dos veces con el empleo de palas (ver figura 18). Posteriormente, las mezclas con diferentes dosificaciones fueron cubiertas con plásticos dejando reposar por 12 horas adicionales, esto con la finalidad de un adecuado macerado de las mezclas. Posteriormente, se dio inicio al moldeo, para lo cual se emplearon gaveras metálicas. Para identificar los ladrillos con distintas adiciones, estos fueron marcados con símbolos (ver figura 19).



Figura 18. Mezclado de materiales para su maceración



Figura 19. Moldeo de la mezcla

4.1.2.5. Secado del ladrillo crudo

Este proceso tuvo dos subprocesos: el pre secado y secado final. En el caso del primero, los ladrillos moldeados inicialmente estuvieron dispuestos en soga durante 24 horas, posteriormente fueron dispuestos de canto y permanecieron en esa posición por otras 24 horas más (ver figura 20).



Figura 20. Pre secado del ladrillo crudo

Terminado el primer subproceso, el secado final consistió en apilar de forma trabada a los ladrillos crudos, con separaciones de 4 a 5 cm y filas de hasta 10, para que de esta manera se pueda facilitar la circulación del aire (ver figura 21), permaneciendo así 4 días más.



Figura 21. Secado final del ladrillo crudo

4.1.2.6. Cocción del ladrillo

Este proceso es el más importante, ya que en esta etapa es donde el ladrillo adquirirá sus propiedades resistentes. Consistió en someter a los ladrillos crudos a altas temperaturas (600 a 1000 °C), para lo cual se empleó un horno del tipo volcán o románico (ver figura 22), donde se apilaron los ladrillos, para luego a encender el horno, con leña y briquetas de carbón. La cocción duró aproximadamente de 20 horas.



Figura 22. Cocción de ladrillos

4.1.2.7. Enfriado y descarga

Terminada la cocción, el enfriado en el mismo horno fue gradual con una duración de 03 días, ya que según Rojas (2020), el enfriamiento adecuado de ladrillos debe estar entre 2 a 6 días. Posteriormente, los ladrillos fueron descargados, de los cuales los especímenes de

control, con adición del 2%, 5% y 10% de Liparita fueron trasladados a las instalaciones de los respectivos laboratorios para efectuar los ensayos (ver figura 23).



Figura 23. Enfriado y descarga de ladrillos

4.1.3. Ensayos en laboratorio

En esta etapa se realizaron los ensayos en diferentes tiempos, agrupados en: propiedades físico- mecánicas de la unidad de albañilería y propiedades mecánicas de muretes y pilas. El primer grupo de ensayos fue realizado en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil de la UCSP, mientras que el segundo grupo de ensayos fueron efectuados en el Laboratorio de Materiales COAQUIRA Hnos. S.R.L. A continuación, se describen los detalles del procedimiento de cada ensayo.

4.1.3.1. Ensayo de variación dimensional

Fue realizado de acuerdo con los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 399.613 (2017) y la Norma E.070 (2020), donde se establece que esta prueba deberá efectuarse en 10 ladrillos. En ese sentido el procedimiento fue el siguiente:

- Los especímenes fueron secados en un horno con temperatura promedio de 110° C por 24 horas.
- Seguidamente, las muestras fueron retiradas y enfriadas a temperatura ambiente durante 5 horas.
- Con una regla de acero se midieron la longitud del largo de las unidades de forma individual, registrando los datos en la ficha correspondiente. Del mismo modo, se

procedió a medir el ancho de ambas caras, para luego medir la altura a través de ambas caras (ver figura 24).

- Estas 4 medidas promediadas fueron reemplazadas en la ecuación de la variación dimensional ($VD = ((Me - Mp) / Me) \times 100$) y los resultados fueron expresados en porcentajes.
- Los resultados se muestran en el capítulo 4 y los certificados refrendados se presentan en el Anexo B1.



Figura 24. Ensayo de variación dimensional

4.1.3.2. Ensayo de alabeo

Este ensayo fue realizado según los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 399.613 (2017, p. 21) y la Norma E.070 (2020) donde se establece que el ensayo de alabeo deberá efectuarse en 10 unidades. En ese sentido el procedimiento fue el siguiente:

- Se efectuó con el empleo de una cuña metálica divididas en milímetros y con una longitud de 60 milímetros y grosor de 12.5 milímetros en uno de los extremos (ver figura 25).
- La concavidad fue determinada con el empleo de una regla de 30 centímetros, esta fue dispuesta diagonalmente y se eligió la mayor abertura.
- Se continuó posicionando de la misma forma que el anterior paso sobre la superficie convexa. Con el uso de la cuña metálica milimétrica se midió la convexidad.
- Los resultados se muestran en el capítulo 4 y los certificados otorgados por el laboratorio se presentan en el Anexo B2.



Figura 25. Ensayo de alabeo

4.1.3.3. Ensayo de absorción

Este ensayo fue realizado de acuerdo con los lineamientos de la Norma NTP 339.066 (2017, p. 8) y la Norma E.070 (2020) donde se establece que el ensayo de absorción deberá efectuarse en 5 unidades. En ese sentido el procedimiento fue el siguiente:

- Las muestras se pesaron en una balanza.
- El peso en seco (W_d) de cada espécimen fue registrado para luego saturarlos con agua potable por 24 horas según la NTP 399.613 (ver figura 26).
- Pasado el tiempo, los especímenes fueron secados a temperatura ambiente por 3 horas y, por último, fueron pesados para calcular el peso saturado (W_s).
- En la norma E.070 se indica que la absorción del ladrillo no deberá exceder el 22%.
- Los resultados obtenidos fueron expresados en porcentajes y se calculó mediante la ecuación de la absorción.
- Los resultados se muestran en el capítulo 4 y los certificados otorgados por el laboratorio se presentan en el Anexo B3.



Figura 26. Ensayo de absorción

4.1.3.4. Ensayo de resistencia a la compresión simple (f'_{cb})

Este ensayo fue realizado de acuerdo con los lineamientos de la NTP 339.066 (2017, p. 5) y la Norma E.070 (2020) donde se establece que el ensayo de resistencia f'_{cb} deberá efectuarse en 5 unidades. En ese sentido el procedimiento fue el siguiente:

- Se efectuó en 5 especímenes, los cuales fueron secados y medidos (ver figura 27).
- Se procedió a ensayarlos en la máquina universal para ensayos de compresión (ver figura 27).
- Se registraron las cargas máximas resistidas por cada unidad.
- La capacidad resistente f_{cb} se calculó dividiendo la carga aplicada (rotura) entre el área bruta del espécimen.
- Los resultados se exponen en el capítulo 4 y los certificados otorgados por el laboratorio se presentan en el Anexo B5.



Figura 27. Prueba de resistencia a la compresión

4.1.3.5. Determinación de la resistencia a la compresión diagonal de muretes (V'_m)

Este ensayo fue realizado con la finalidad de determinar la capacidad de carga y resistencia a fuerzas diagonales o cortantes de muretes, para lo cual se adoptó el procedimiento estipulado en la NTP 399.621:2004 (2015). Se elaboraron prismas de albañilería, los cuales fueron sometidos a cargas diagonales y de esta manera cumplir con los requerimientos de la Norma E.070. El procedimiento fue el siguiente:

- **Elaboración de muretes de albañilería:**

Se elaboraron 12 muretes de prueba representativa (con 0%, 2%, 5% y 10% de adición de Liparita en las unidades), los cuales tuvieron las siguientes medidas: 67 mm x 67 mm, usando para ello mortero convencional 1:5 (ver diseño de mortero en anexo B5).

En la figura 28 se muestran los muretes, los cuales fueron hidratados (curado) hasta alcanzar la resistencia máxima del mortero, es decir a los 28 días.



Figura 28. Muretes para ensayo de compresión diagonal

- **Ensayo de resistencia a compresión diagonal:**

Seguidamente la máquina de carga diagonal fue calibrada por los especialistas del Laboratorio de Materiales COAQUIRA Hnos. S.R.L. seguidamente se acondicionó de forma segura el murete en la maquina en mención y de esta manera evitar movimientos durante la prueba. Las placas de carga y el dispositivo de carga diagonal fueron posicionados de manera que la carga se aplique diagonalmente al murete (ver figura 29).



Figura 29. Ensayo de compresión diagonal

Posteriormente, la carga fue aplicada de forma gradual y constante hasta observar los indicios de falla del murete (rotura). Durante este proceso, se registraron los valores de carga y deformación. Con estos datos se realizaron los cálculos en gabinete y los resultados fueron expresados en Kg/cm^2 y se presentan en el capítulo IV de resultados, mientras que los certificados del ensayo debidamente refrendados por el laboratorio se muestran en el apartado de anexos (ver Anexo B5).

4.1.3.6. Determinación de la resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería

Este ensayo fue realizado con la finalidad de determinar la capacidad de carga y resistencia a fuerzas o cargas verticales o por gravedad de muros de albañilería, para lo cual se adoptó el procedimiento establecido en la NTP 399.605. Se elaboraron pilas de albañilería, los cuales fueron sometidos a cargas de compresión axial o carga vertical y de esta manera cumplir con los requerimientos de la Norma E.070. El procedimiento fue el siguiente:

- **Elaboración de pilas:**

Se elaboraron 12 pilas de prueba representativa (con 0%, 2%, 5% y 10% de adición de Liparita en las unidades), los cuales tuvieron las siguientes medidas: 30.5 cm de altura x 13 cm de espesor, usando para ello mortero convencional 1:5 (ver diseño de mortero en anexo B4). En la figura 30 se muestran las pilas, los cuales fueron hidratados (curado) hasta alcanzar la resistencia máxima del mortero, es decir a los 28 días.



Figura 30. Pilas para el ensayo de compresión axial

- **Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas:**

Para obtener resultados más fiables, la máquina de carga axial fue calibrada por los especialistas del Laboratorio de Materiales COAQUIRA Hnos. S.R.L. seguidamente se acondicionó de forma segura las pilas de albañilería en la maquina y de esta manera evitar movimientos durante la prueba (ver figura 31).



Figura 31. Ensayo de compresión axial

Posteriormente, la carga fue aplicada de forma gradual y constante con una duración de 4 a 5 minutos por cada prueba hasta observar los indicios de falla de la pila de albañilería (rotura). Durante este proceso, se registraron los valores de carga y con estos datos se realizaron los cálculos correspondientes y los resultados fueron expresados en Kg/cm^2 . Los resultados finales se exponen en el capítulo IV, mientras que los certificados del ensayo refrendados por el laboratorio se muestran en el Anexo B5.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

Se realizaron las pruebas para caracterizar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos artesanales con adición de Liparita correspondientes al primer y segundo objetivo específico respectivamente. Del mismo modo, se efectuaron las pruebas de las propiedades mecánicas de muros de albañilería elaborados con ladrillos tratados con Liparita, los cuales corresponden al tercer objetivo específico. A continuación, se presentan los resultados, los cuales son interpretados y analizados para determinar los efectos que produce la adición del material puzolánico.

5.1.1. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería

5.1.1.1 Resultados de la prueba de variación dimensional

El resumen de resultados de la prueba de la variación de dimensiones de los ladrillos artesanales elaborados con adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita se presentan en la tabla 18 y figura 32.

Tabla 18. Variación dimensional de ladrillos con adición de Liparita

Grupos de medición	Lados	Dimensiones del fabricante	Dimensión promedio	Desviación estándar	Variación dimensional	Tipo
Grupo de control	Largo	22 centímetros	21.93 cm	0.194	0.34%	V
	Ancho	13 centímetros	12.99 cm	0.107	0.12%	V
	Altura	8 centímetros	7.70 cm	0.142	3.75%	IV
Grupo con adición del 2%	Largo	22 centímetros	21.87 cm	0.113	0.58%	V
	Ancho	13 centímetros	12.96 cm	0.077	0.31%	V
	Altura	8 centímetros	7.75 cm	0.090	3.19%	IV
Grupo con adición del 5%	Largo	22 centímetros	21.87 cm	0.117	0.58%	V
	Ancho	13 centímetros	12.95 cm	0.097	0.42%	V
	Altura	8 centímetros	7.74 cm	0.080	3.25%	V
Grupo con adición del 10%	Largo	22 centímetros	21.95 cm	0.224	0.23%	V
	Ancho	13 centímetros	12.97 cm	0.082	0.21%	V
	Altura	8 centímetros	7.81 cm	0.072	2.44%	V

Fuente: Propia.

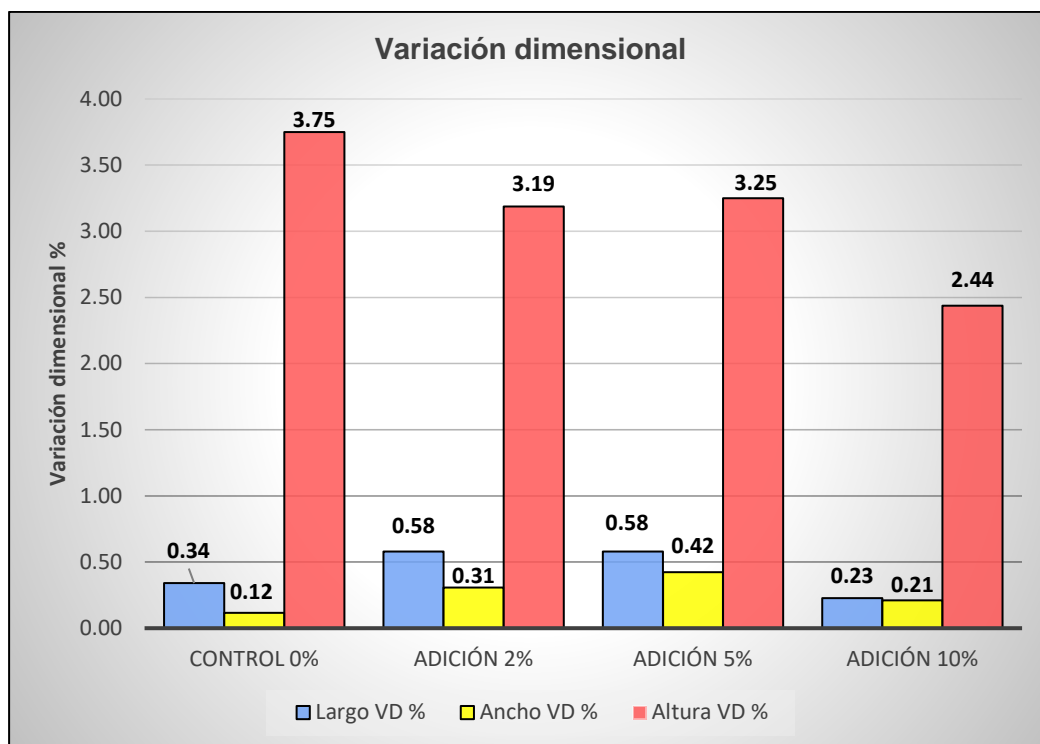


Figura 32. Comparación de resultados de la variación dimensional de ladrillos

Interpretación y análisis: En la tabla 18 y figura 32 se evidencia que con respecto a las dimensiones proporcionadas por el fabricante (22x13x8 cm), ninguno de los especímenes alcanza estas dimensiones, ya que se tienen longitudes de 21.93 cm (control), 21.87 cm (2 y 5% de adición) y 21.95 cm (10% de adición). Estos valores indican que se tienen variaciones de 0.34%, 0.58% y 0.23% respectivamente. Del mismo modo, en cuanto a la dimensión “ancho”, se tienen variaciones ligeras del 0.12% (control), 0.31% (adición del 2%), 0.42% (adición del 5%) y 0.21% (adición del 10%). Sin embargo, los valores más críticos se evidencian en la dimensión “altura o espesor”, donde las variaciones van de 2.44% (adición del 10%) hasta 3.75% (control).

No obstante, si bien no existe una uniformidad exacta, estas variaciones están dentro de lo establecido en la Norma E.070, por lo que clasifican como ladrillos de tipo IV y V. Cabe mencionar que según Barrenzuela (2014), la adición de un material en la elaboración de ladrillos no afecta significativamente en el incremento o disminución de la variación dimensional, debido a que esta característica es inherente a la etapa del moldeado y secado de ladrillos crudos, sin embargo, en el caso de ladrillos con adición de un material poroso (Liparita) puede que se haya generado contracciones mínimas durante la cocción, lo que podría haber conllevado a la disminución de las medidas establecidas por el fabricante.

5.1.1.2 Resultados de la prueba de alabeo

El resumen de resultados de la prueba de alabeo de los ladrillos artesanales elaborados con adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita se muestran en la tabla 19 y figura 33.

Tabla 19. Resultados del alabeo de ladrillos con adición de Liparita

Grupos de medición	Promedio Concavidad	Promedio Convexidad	Tipo
Grupo de control	1.35 mm	1.40 mm	V
Grupo con adición del 2%	1.10 mm	1.25 mm	V
Grupo con adición del 5%	1.20 mm	0.85 mm	V
Grupo con adición del 10%	0.70 mm	1.15 mm	V

Fuente: Propia.

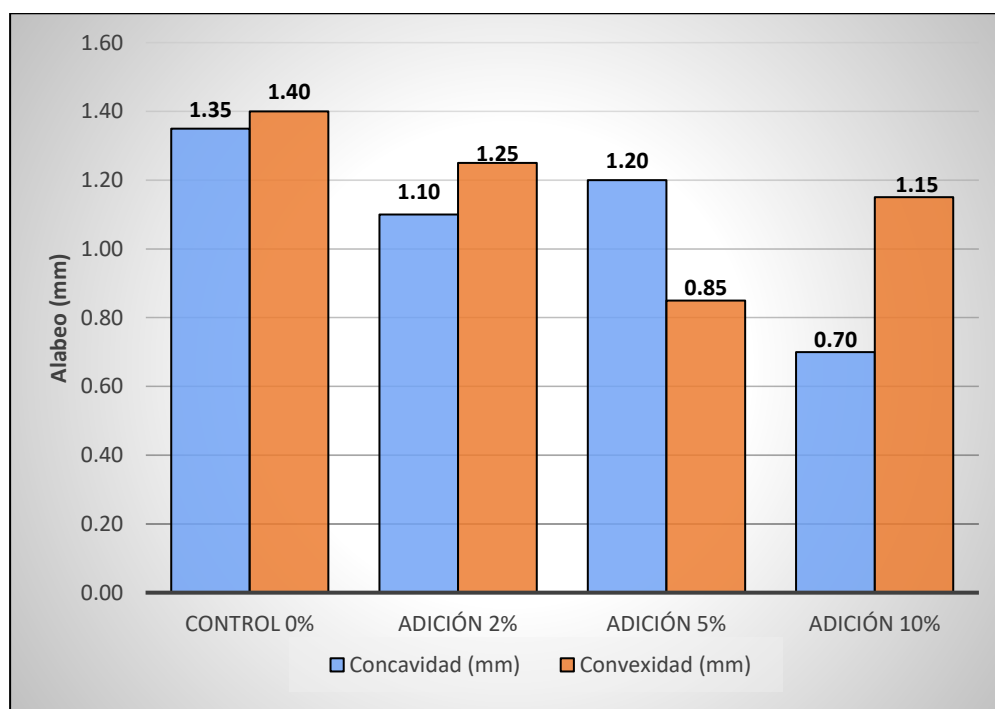


Figura 33. Comparación de resultados del alabeo de ladrillos

Interpretación y análisis: Según la tabla 19 y figura 33, se evidencia que el alabeo (concavidad y convexidad) más críticos se evidencian en los especímenes de control, con valores de 1.35 mm y 1.40 mm respectivamente, seguido por especímenes con adición del 2% de Liparita (1.10mm y 1,25 mm) y finalmente los especímenes con adición del 5% y 10% presentan concavidades y convexidades mínimas. No obstante, estos valores están muy por debajo del límite establecido en la Norma E.070, por lo que todos clasifican como ladrillos de tipo V, ya que no superan los 2 milímetros.

5.1.1.3 Resultados de la prueba de absorción

El resumen de resultados de la prueba de absorción de los ladrillos elaborados con adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita se presentan en la tabla 20 y figura 34.

Tabla 20. Resultados de la prueba de absorción de ladrillos con adición de Liparita

Grupos de medición	Espécimen	Absorción (%)	Absorción promedio	Absorción <= 22
Grupo de control	X0-01	16.17%	16.11%	Cumple con la normativa
	X0-02	16.65%		
	X0-03	16.07%		
	X0-04	15.71%		
	X0-05	15.91%		
Grupo con adición del 2%	X2-01	15.41%	16.23%	Cumple con la normativa
	X2-02	16.32%		
	X2-03	16.74%		
	X2-04	16.78%		
	X2-05	15.96%		
Grupo con adición del 5%	X5-01	16.17%	16.25%	Cumple con la normativa
	X5-02	16.17%		
	X5-03	16.35%		
	X5-04	16.38%		
	X5-05	16.20%		
Grupo con adición del 10%	X10-01	16.17%	16.32%	Cumple con la normativa
	X10-02	16.08%		
	X10-03	16.12%		
	X10-04	16.45%		
	X10-05	16.78%		

Fuente: Elaboración propia.

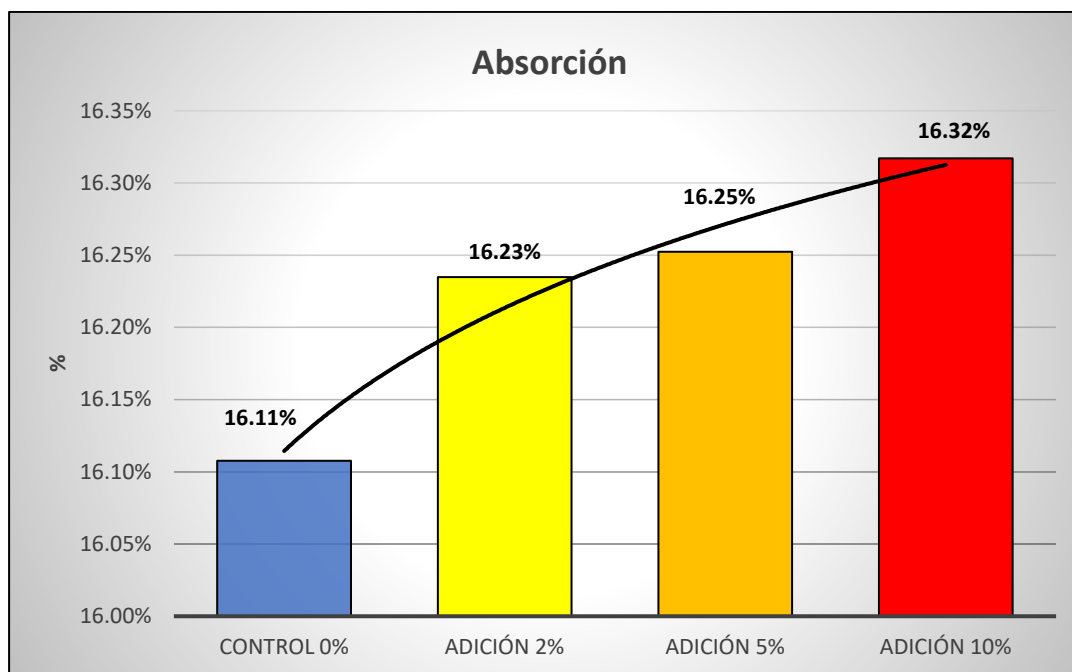


Figura 34. Comparación de resultados de la absorción

Interpretación y análisis: Según el resumen de resultados de la tabla 20 y figura 34, se puede afirmar que los especímenes del grupo con adición del 10% de Liparita presentan una absorción máxima de 16.32%, seguido por especímenes con adición de 5% y 2% de Liparita (16.25% y 16.23% de absorción respectivamente). Estos valores demuestran que a medida que se incorpora más porcentaje de Liparita la absorción se incrementa, por lo que se deduce que es directamente proporcional. Esto podría deberse a las propiedades porosas y la naturaleza altamente absorbente de la Liparita (pómez), ya que al ser de origen volcánico presenta una estructura porosa lo que proporcionan una red de poros adicionales dentro del ladrillo, lo que facilita la entrada y retención de agua, actuando, así como una esponja que absorbe agua. Por otro lado, los especímenes sin tratamiento (control) son los que presentan valores de absorción mucho menores que el resto de los grupos experimentales. No obstante, todos los especímenes presentan una absorción muy por debajo del valor límite (22%) establecido en la Norma E.070 (2020).

5.1.1.4 Resultados de la prueba de resistencia a la compresión simple (f'_b)

El resumen de resultados de la prueba de resistencia a la compresión f'_b de los ladrillos elaborados con adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita se presentan en la tabla 21 y figura 35.

Tabla 21. Resultados de la prueba de resistencia a la compresión simple $f'b$

Grupos de medición	Unidad	Carga (Kgf)	$f'b$ (kg/cm ²)	Promedio $f'b$	Tipo
Grupo de control	X0-01	14680	47.27	51.19 kg/cm ²	II
	X0-02	14510	47.16		
	X0-03	16800	54.27		
	X0-04	16780	54.62		
	X0-05	16280	52.64		
Grupo con adición del 2%	X2-01	13970	49.79	51.28 kg/cm ²	II
	X2-02	15150	51.10		
	X2-03	14463	48.26		
	X2-04	15610	51.71		
	X2-05	15630	55.54		
Grupo con adición del 5%	X5-01	14920	50.34	53.49 kg/cm ²	II
	X5-02	15980	53.06		
	X5-03	15575	51.95		
	X5-04	16585	55.89		
	X5-05	16770	56.19		
Grupo con adición del 10%	X10-01	14320	48.42	53.52 kg/cm ²	II
	X10-02	15452	52.01		
	X10-03	16269	55.35		
	X10-04	16685	56.76		
	X10-05	16450	55.06		

Fuente: Propia.

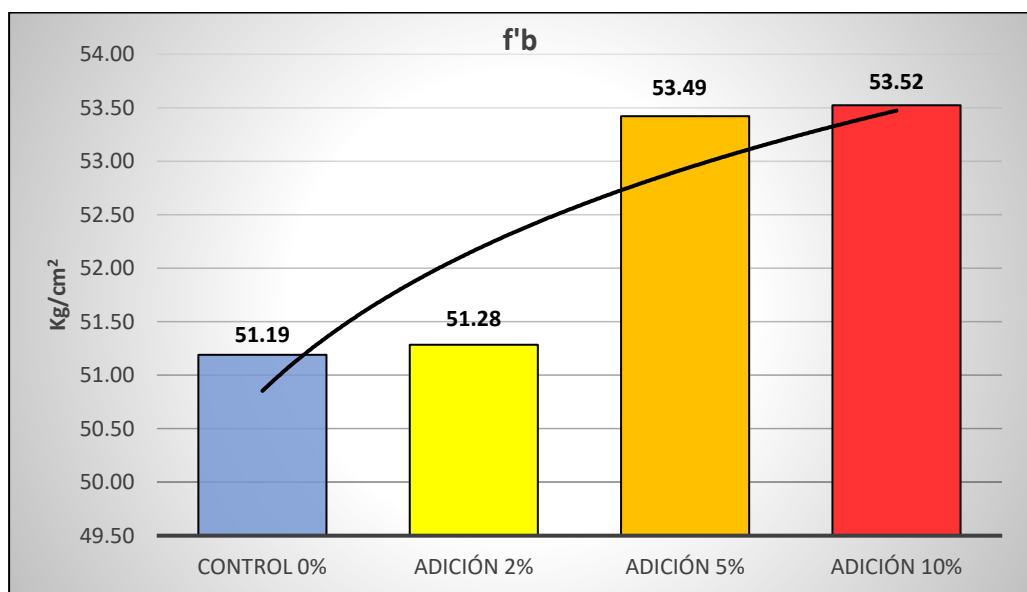


Figura 35. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión $f'b$

Interpretación y análisis: De acuerdo con la tabla 21 y figura 35, se evidencia que los especímenes del grupo de control alcanzan una resistencia a la compresión promedio de 51.19 Kg/cm², seguido por el grupo de especímenes con adición del 2% de Liparita, los cuales presentan un ligero incremento de f^{'b} (51.28 kg/cm²), mientras que con adición del 5% de Liparita el valor de la resistencia se incrementa abruptamente hasta en un 16.2% (53.49 kg/cm²) con respecto a los anteriores grupos. Asimismo, el valor más alto de resistencia a la compresión simple se logra con adición del 10% de Liparita con un promedio de 53.52 kg/cm². Sin embargo, este último valor representa un incremento muy ligero con respecto al grupo de especímenes con el 5% de adición. Por lo que todos los especímenes clasifican como ladrillos de tipo II de buena resistencia, demostrando así que el material adicionado influye en el incremento de las características mecánicas del ladrillo.

5.1.2. Resultados de las propiedades mecánicas de muros de albañilería

5.1.2.1 Resultados de la prueba de resistencia a la compresión diagonal de muretes

El resumen de resultados de la prueba de resistencia a compresión diagonal de muretes elaborados con ladrillos artesanales tipo King Kong tratados con adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita se presentan en la tabla 22 y figura 36.

Tabla 22. Resultados de la resistencia a la compresión diagonal de muretes V'm

Grupos de medición	Murete	Área cm ²	Carga (N)	Resistencia característica V'm	V'm promedio
Grupo de control	M0-01	855	308323	2.50	2.12 MPa
	M0-02	803	210648	1.71	
	M0-03	793	265958	2.16	
Grupo con adición del 2%	M2-01	785	244677	1.99	2.15 MPa
	M2-02	807	263996	2.14	
	M2-03	805	287631	2.34	
Grupo con adición del 5%	M5-01	779	259681	2.11	2.18 MPa
	M5-02	810	216630	1.76	
	M5-03	796	329309	2.67	
Grupo con adición del 10%	M10-01	786	267331	2.17	2.22 MPa
	M10-02	814	292338	2.37	
	M10-03	788	260368	2.11	

Fuente: Propia.

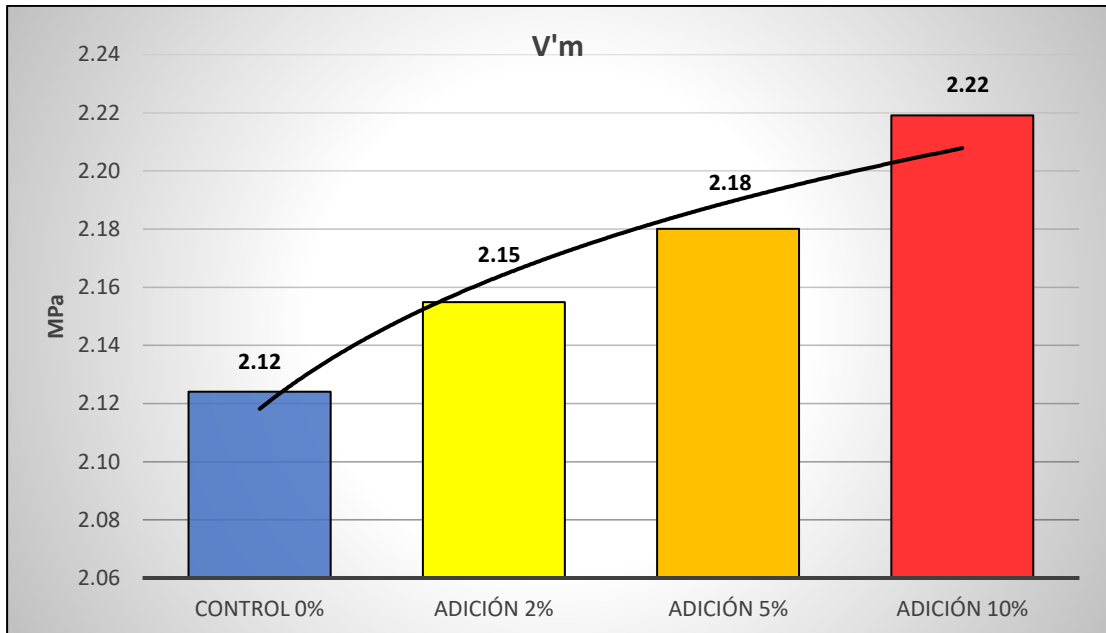


Figura 36. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión diagonal V'm

Interpretación y análisis: Según los resultados mostrados en la tabla 22 y figura 36, los muros elaborados con ladrillos tratados con 10% de Liparita presentan la resistencia más alta (2.22 MPa), seguido por los muros de ladrillos tratados con el 5% (2.18 MPa), de similar forma, los muros con ladrillos tratados con el 2% alcanzan una resistencia de 2.15 MPa, mientras que el valor de la resistencia más baja corresponde a los muretes con ladrillos sin tratamiento (2.12 MPa). Esto demuestra que la relación es directamente proporcional, ya que mientras más se adicione Liparita en el ladrillo, incrementará la resistencia a la tracción diagonal. Cabe destacar que, todos los muretes presentan resistencias muy superiores a lo estipulado en la Norma E.070, donde indica que el valor mínimo de resistencia a compresión diagonal deberá ser de 0.5 MPa.

Estos valores altos de la resistencia $v'm$, puede deberse a dos factores: la alta resistencia $f'b$ que presentan los ladrillos y la resistencia $f'c$ del mortero con el cual fueron elaborados los muretes, ya que este último fue diseñado para una $f'c$ de 140 kg/cm².

5.1.2.2 Resultados de la prueba de resistencia a la compresión axial de pilas

El resumen de resultados de la prueba de compresión axial de pilas elaborados con ladrillos artesanales tipo King Kong tratados con adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita se presentan en la tabla 23 y figura 37.

Tabla 23. Resultados de la resistencia a la compresión axial de pilas f'm

Grupos de medición	Pilas	Área cm ²	Carga (Kg)	Resistencia característica f'm	f'm promedio
Grupo de control	P0-01	292	13970	36.97	35.54 kg/cm ²
	P0-02	297	12740	33.16	
	P0-03	294	13910	36.48	
Grupo con adición del 2%	P 2-01	293	14420	37.99	39.00 kg/cm ²
	P 2-02	290	14530	38.75	
	P 2-03	292	15220	40.28	
Grupo con adición del 5%	P 5-01	292	18020	47.69	47.50 kg/cm ²
	P 5-02	292	17530	46.33	
	P 5-03	290	18210	48.49	
Grupo con adición del 10%	P 10-01	294	17930	47.02	47.67 kg/cm ²
	P 10-02	292	18770	49.60	
	P 10-03	294	17690	46.39	

Fuente: Propia.

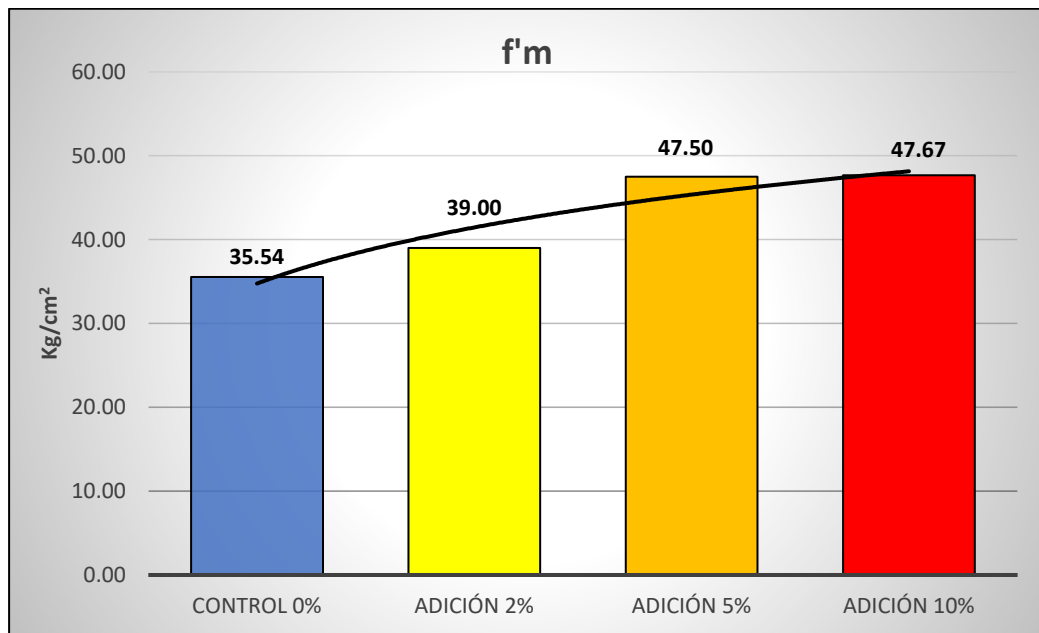


Figura 37. Comparación de resultados de la resistencia a la compresión axial f'm

Interpretación y análisis: De acuerdo con los valores presentados en la tabla 23 y figura 37 se evidencia que las pilas elaboradas con ladrillos tratados con el 10% de Liparita presenta la resistencia f'm más alta (47.67 kg/cm²). Del mismo modo, pero con una mínima variación, las pilas elaboradas con ladrillos tratados con el 5% de Liparita presentan una resistencia f'm de 47.50 kg/cm². Sin embargo, las pilas con la adición del 2% de Liparita sufren una disminución notable en su resistencia f'm (39 kg/cm²), llegando a disminuir hasta en un

18.19% con respecto al valor de la resistencia de las pilas con tratamiento del 10% de Liparita. En cuanto a las pilas del grupo de control presentan una $f'm$ promedio de 35.54 kg/cm². Por lo que todos los valores de $f'm$ superan el valor mínimo (35 kg/cm²) establecido en la Norma.

5.2. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se realizó con la aplicación de la estadística inferencial con el software IBM SPSS V26. Donde se empleó la prueba paramétrica ANOVA, en la cual se incluye la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y la prueba Post Hoc de Tukey.

5.2.1. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal

HE2: Las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita mejoran las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023. Para lo cual se determinaron las pruebas de normalidad de Shapiro Wilk (para datos menores o iguales a 50), varianza ANOVA y Post Hoc de Tukey. A continuación, se describen las pruebas estadísticas para para comprobar si ocasiona algún efecto la manipulación de la variable independiente (adición de Liparita) en la variable dependiente (propiedades mecánicas).

5.2.1.1 Resultados de la prueba de hipótesis para resistencia a la compresión simple $f'b$

Se planteó las siguientes sub hipótesis:

- a) **Ho (hipótesis nula):** No existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión simple del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.
- b) **H1 (hipótesis alternativa):** Existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión simple del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “Adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.

Tabla 24. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para Resistencia a compresión simple

Propiedad	Grupos de medición	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión simple $f'b$	Control	0.804	5	0.081
	Adición de 2%	0.946	5	0.711
	Adición de 5%	0.917	5	0.512
	Adición de 10%	0.906	5	0.442

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la tabla 24, los resultados presentan una distribución normal, ya que se tienen significancias mayores a 0.05, por lo que es posible emplear la prueba ANOVA.

Tabla 25. Prueba de varianza ANOVA para Resistencia a compresión simple

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	25.719	3	8.573	0.887	0.469
Dentro de grupos	154.704	16	9.669		
Total	180.422	11			

Fuente: Propia.

Interpretación: En la tabla 25, se observa que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.469, este valor es mayor a 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis alternativa (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), ya que no existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión simple (f^b) del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “Adición de Liparita”.

Tabla 26. Prueba Post Hoc de Tukey para Resistencia f^b

Grupos de medición	N	Subconjunto para alfa=0.05
		1
Control	5	51.1920
Adición de 2%	5	51.2800
Adición de 5%	5	53.4860
Adición de 10%	5	53.5200
Sig.		0.645

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la prueba de Tukey de la tabla 26, los valores promedio de la f^b tanto del grupo de ladrillos “Control” y grupo de ladrillos con “Adición de Liparita” son agrupados en un solo nivel, esto es debido a que estos valores no presentan diferencias significativas entre las mismas, ya que las variaciones de los valores son ligeros. No obstante, se afirma que existe evidencia suficiente de que los ladrillos elaborados con adición del 2, 5 y 10% de Liparita incrementan ligeramente su f^b con respecto a los ladrillos sin adición de Liparita, por lo que se acepta parcialmente la segunda hipótesis específica planteada, ya que se logra mejoras en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería.

5.2.2.2 Resultados de la prueba de hipótesis para la absorción

Se planteó las siguientes sub hipótesis:

- a) **H₀ (hipótesis nula):** No existen diferencias significativas entre los valores de la absorción del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.
- b) **H₁ (hipótesis alternativa):** Existen diferencias significativas entre los valores de la absorción del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “Adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.

Tabla 27. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la Absorción

Propiedad	Grupos de medición	Estadístico	gl	Sig.
Absorción	Control	0.952	5	0.752
	Adición de 2%	0.918	5	0.517
	Adición de 5%	0.795	5	0.074
	Adición de 10%	0.852	5	0.200

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la tabla 27, los resultados presentan una distribución normal, ya que se tienen significancias mayores a 0.05, por lo que es posible emplear la prueba ANOVA

Tabla 28. Prueba de varianza ANOVA para la Absorción

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Inter grupos	0.126	3	0.042	0.305	0.821
Intra grupos	2.202	16	0.138		
Total	2.328	19			

Fuente: Propia.

Interpretación: En la tabla 28, se evidencia que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.821, este valor es mayor a 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis alternativa (H₁) y se acepta la hipótesis nula (H₀), ya que no existen diferencias significativas entre los valores promedio de la absorción del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “Adición de Liparita”.

Tabla 29. Prueba Post Hoc de Tukey para la absorción

Grupos de medición	N	Subconjunto para alfa=0.05
		1
Control	5	16.1020
Adición de 2%	5	16.2420
Adición de 5%	5	16.2540
Adición de 10%	5	16.3200
Sig.		0.790

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la prueba de Tukey de la tabla 29, los valores promedio de la absorción tanto del grupo de ladrillos “Control” y grupo de ladrillos con “Adición de Liparita” son agrupados en un solo nivel, esto es debido a que estos valores no presentan diferencias significativas entre las mismas, ya que las variaciones de los valores son mínimos. Razones por las cuales, se afirma que existe evidencia suficiente de que los ladrillos con adición del 2, 5 y 10% de Liparita incrementan su absorción con respecto a los ladrillos sin adición de Liparita, por lo que se rechaza parcialmente la segunda hipótesis específica planteada, ya que no se logra mejoras en la propiedad de absorción del ladrillo. No obstante, los valores de absorción están dentro de permitido en la normativa correspondiente.

5.2.2. Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas de muros de albañilería

HE3: Las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita incrementan significativamente las resistencias características de los muros de albañilería de ladrillo artesanal tipo King Kong producido en la ciudad de Arequipa – 2023. Para lo cual se determinaron las pruebas de normalidad de Shapiro Wilk (para datos menores o iguales a 50), varianza ANOVA y Post Hoc de Tukey. A continuación, se describen las pruebas estadísticas para para comprobar si ocasiona algún efecto la manipulación de la variable independiente (adición de Liparita) en la variable dependiente (propiedades mecánicas de muros).

5.2.2.1 Resultados de la prueba de hipótesis para resistencia a la compresión diagonal

Se planteó las siguientes sub hipótesis:

- a) **Ho (hipótesis nula):** No existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión diagonal del grupo de muretes “Control” y grupos de muretes con “adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.

- b) **H1 (hipótesis alternativa):** Existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión diagonal del grupo de muretes “Control” y grupos de muretes con “Adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.

Tabla 30. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para Resistencia a compresión diagonal

Propiedad	Grupos de medición	Estadístico	gl	Sig.
v'm	Control	0.994	3	0.847
	Adición de 2%	0.993	3	0.843
	Adición de 5%	0.983	3	0.747
	Adición de 10%	0.912	3	0.424

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la tabla 30, los resultados presentan una distribución normal, ya que se tienen significancias mayores a 0.05, por lo que es posible emplear la prueba ANOVA

Tabla 31. Prueba de varianza ANOVA para Resistencia a compresión diagonal

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.014	3	0.005	0.044	0.987
Dentro de grupos	0.834	8	0.104		
Total	0.848	11			

Fuente: Propia.

Interpretación: En la tabla 31, se observa que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.987, este valor es mayor a 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis alternativa (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), ya que no existen diferencias significativas entre los valores promedio de la resistencia a la compresión diagonal (v'm) del grupo de ladrillos “Control” y grupos de ladrillos con “Adición de Liparita”.

Tabla 32. Prueba Post Hoc de Tukey para Resistencia a compresión diagonal

Grupos de medición	N	Subconjunto para alfa=0.05	
			1
Control	3		2.1233
Adición de 2%	3		2.1567
Adición de 5%	3		2.1800
Adición de 10%	3		2.2167
Sig.			0.984

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la prueba de Tukey de la tabla 32, los valores promedio de la resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) tanto del grupo de ladrillos “Control” y grupo de ladrillos con “Adición de Liparita” son agrupados en un solo nivel, esto es debido a que estos valores no presentan diferencias significativas entre las mismas, ya que las variaciones de los valores son mínimas. No obstante, se afirma que existe evidencia suficiente de que los muros de albañilería (muretes) elaborados con ladrillos tratados con Liparita incrementan ligeramente su resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) con respecto a los muretes del grupo de “Control”, por lo que se acepta parcialmente la tercera hipótesis específica planteada, ya que se logra mejoras en las propiedades mecánicas de muros de albañilería.

5.2.2.1 Resultados de la prueba de hipótesis para resistencia a la compresión axial

Se planteó las siguientes sub hipótesis:

- a) **Ho (hipótesis nula):** No existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión axial del grupo de pilas “Control” y grupos de muretes con “adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.

- b) **H1 (hipótesis alternativa):** Existen diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión axila del grupo de pilas “Control” y grupos de pilas con “Adición del 2%, 5% y 10% de Liparita”.

Tabla 33. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para Resistencia a compresión axial

Propiedad	Grupos de medición	Estadístico	gl	Sig.
$f'm$	Control	0.845	3	0.226
	Adición de 2%	0.964	3	0.634
	Adición de 5%	0.978	3	0.716
	Adición de 10%	0.890	3	0.356

Fuente: Propia.

Interpretación: Con base a los datos de la tabla 33, se afirma que los valores de la resistencia a la compresión axial presentan una distribución normal, ya que según la prueba de Shapiro-Wilk se tienen significancias mayores a 0.05, por lo que es factible usar la prueba paramétrica ANOVA.

Tabla 34. Prueba de varianza ANOVA para Resistencia a compresión axial

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Promedio	F	Sig.
Entre grupos	337.301	3	112.434	46.163	0.000
Dentro de grupos	19.485	8	2.436		
Total	356.785	11			

Fuente: Propia.

Interpretación: En la tabla 34, se observa que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.000, este valor es considerablemente menor a 0.05. Razón por la cual se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1), ya que existen diferencias significativas entre los valores promedio de la resistencia a la compresión axial (f'm) de pilas de ladrillos tratados con Liparita con respecto a pilas del grupo de “control”.

Tabla 35. Prueba Post Hoc de Tukey para Resistencia a compresión axial

Grupos de medición	N	Subconjunto para alfa=0.05	
		1	2
Control	3	35.5367	
Adición de 2%	3	39.0067	
Adición de 5%	3		47.5033
Adición de 10%	3		47.6700
Sig.		0.098	0.999

Fuente: Propia.

Interpretación: Según la prueba Post Hoc de Tukey de la tabla 35, los valores promedio de la resistencia a la compresión axial (f'm) del grupo de ladrillos “Control” y grupo de ladrillos con “Adición del 2% Liparita” son agrupados en el primer nivel, esto es debido a que estos valores promedio de estos dos grupos no presentan diferencias significativas entre las mismas, ya que las variaciones de los valores son mínimas. Por otro lado, los valores promedio de la resistencia a la compresión axial (f'm) del grupo de ladrillos con “Adición del 5% y 10% de Liparita” son agrupados en el segundo nivel, esto es debido a que estos valores promedio de estos dos grupos no presentan diferencias significativas entre las mismas, pero si evidencian diferencias significativas con respecto a los dos primeros. Por lo que, se afirma que existe evidencia suficiente de que los muros de albañilería (pilas) elaborados con ladrillos tratados con Liparita incrementan significativamente su resistencia a la compresión axial (f'm) con respecto a los muros (pilas) del grupo de “Control”, por lo que se acepta la tercera hipótesis específica planteada, ya que se logra incrementar las propiedades mecánicas de muros de albañilería.

5.3. Discusión

5.3.1. Discusión de las propiedades físicas de ladrillos con adición de Liparita

Los resultados de las propiedades físicas (variación dimensional y alabeo) de ladrillos con adición de Liparita, se discuten con los hallazgos de los autores que forman parte de los antecedentes del presente estudio.

Variación dimensional y alabeo: Con base a los resultados presentados, se afirma que ninguno de los especímenes cumple a cabalidad con las dimensiones proporcionadas por el fabricante (22x13x8 cm), ya que en la longitud (L) se evidencian variaciones de 0.23% a 0.58%. Del mismo modo, en cuanto a la dimensión “Ancho”, se tienen variaciones ligeras del 0.12% a 0.42%. Sin embargo, las variaciones más notorias se evidencian en la dimensión “altura o espesor”, donde las variaciones van de 2.44% (adición del 10%) hasta 3.75% (control). Sin embargo, estas variaciones son mínimas, por lo que clasifican como ladrillos de tipo IV y V. Con respecto al alabeo, presentan concavidades y convexidades mínimas, por lo que están muy por debajo del límite establecido en la Norma E.070, clasificándose como ladrillos de tipo V. Estos resultados tienen similitud con los hallazgos de Iriarte y Palomino (2018), quienes en su investigación que tuvieron como objetivo “determinar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de 18 huecos con adición de piedra Pómez, en Cusco”, indican que en lo referido a las propiedades físicas como la variación dimensional y el alabeo de los ladrillos tratados con el 6, 9, 12 y 15% de piedra Pómez no sufrieron cambios con respecto al ladrillos patrón, por lo que infieren que estas características dependen más por el proceso productivo que del material adicionado, por lo que todos clasifican como ladrillos de tipo V. Por otra parte, Rodríguez y Salazar (2020) en su investigación que tuvo como objetivo “determinar la influencia de la adición de ceniza de arroz en las propiedades del ladrillo artesanal en Moyobamba” donde afirman que los ladrillos con adición del 20% presentaron una variación significativa con respecto al ladrillo sin tratamiento, no obstante, infieren que estas variaciones son producto del inadecuado del proceso productivo. En ese sentido, se afirma que existe similitud entre todos los resultados, debido a que en todos los casos el moldeo de ladrillos es manual, lo que significa que la uniformidad de la forma podría ser complicado de alcanzar. Del mismo modo, la manipulación de los ladrillos crudos durante el pre secado puede ocasionar deformaciones o cambiar ligeramente de forma al ser transportados y apilados.

5.3.2. Discusión de las propiedades mecánicas de ladrillos con adición de Liparita

Los resultados de las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y absorción) de ladrillos con adición de Liparita, se discuten con los hallazgos de los autores que forman parte de los antecedentes del presente estudio.

Resistencia a la compresión simple (f^b): De acuerdo con los resultados obtenidos, se afirma que la resistencia f^b de los ladrillos con tratamiento evidencia un incremento ligero, ya que los especímenes del grupo de control alcanzan una f^b promedio de 51.19 Kg/cm², mientras que los grupos experimentales (adición del 2%, 5% y 10% de Liparita) presentan un f^b de 51.28 kg/cm², 53.49 kg/cm² y 53.52 kg/cm² respectivamente. Por lo que todos los especímenes clasifican como ladrillos de tipo I de buena resistencia. Estos resultados se discuten con los hallazgos de Colque (2021), quien en su investigación tuvo como objetivo “mejorar la calidad estructural del ladrillo con inclusión de cenizas de aserrín en Puno”, donde obtuvo una f^b de 64.37 Kg/cm² con adición del 5%, por lo que clasifican como ladrillos de tipo II. Esta similitud se debe a que en ambos casos se adicionan materiales puzolánicos, ya que en el presente caso se emplea la Liparita (puzolana natural), mientras que en el caso de Colque (2021), emplea una puzolana artificial, ya que el aserrín fue sometida a temperaturas elevadas, obteniendo así un material inerte. Ambos materiales contienen alta concentración óxido de Silicio (SiO₂) (más del 70%), lo que facilita su correcto moldeo, además, el contenido del óxido de aluminio (Al₂O₃) contribuye a la refractariedad (Barrenzuela, 2014).

Por otra parte, se afirma que existe discrepancia con los resultados obtenidos por Rodríguez y Salazar (2020), quienes en su investigación que tuvo como objetivo: determinar las propiedades físicas de ladrillos artesanales con adición de ceniza de cascara de arroz, concluyen que los valores de la f^b no son muy alentadores, ya que la resistencia f^b máxima fue de 21.37 kg/cm² con adición del 20% de ceniza de cascara de arroz, por lo que no alcanzan la resistencia mínima establecida en la Norma y que solo podrían ser empleados para tabiquería. Esta diferencia significativa se debe principalmente al material empleado como aditivo, ya que en el caso de la presente investigación se usó la Liparita, el cual es una puzolana natural con resistencia a altas temperaturas y bastante durable, mientras que en el caso de Rodríguez y Salazar (2020), emplearon la ceniza de cascara de arroz, si bien este material podría tener un comportamiento similar a puzolanas artificiales, su proceso de obtención fue deficiente, ya que según el proceso de obtención de la ceniza, la cascara de arroz fue incinerado de la manera más rustica, consecuentemente la ceniza resultante aún podría contener restos orgánicos, por lo que

al ser usados en la fabricación de ladrillos calcinados a altas temperaturas, este material aditivo terminó de calcinarse por completo, lo que conllevó a dejar vacíos en las unidades, lo cual afectó finalmente en su resistencia ocasionando fracturas.

Absorción: Según los resultados, la totalidad de especímenes (grupo de control y grupos experimentales) presentan una absorción muy por debajo del valor límite (22%) establecido en la Norma E.070, ya que el grupo de control presenta una absorción de 16.11%, mientras que los grupos experimentales (adición del 2, 5 y 10% de Liparita) tienen absorciones de 16.23%, 16.25% y 16.32% respectivamente. No obstante, se evidencia un incremento ligero a medida que se va adicionando más porcentaje de Liparita, es decir: existe una relación directamente proporcional. Estos resultados coinciden con los hallados por Iriarte y Palomino (2019), quienes obtuvieron una absorción promedio de 16% en ladrillos con adiciones de 6, 9, 12 y 15% de piedra triturada de Pómez, por lo que concluyen que la absorción se encuentra dentro de los parámetros de la Norma E.070, pero siguen una tendencia de aumento, es decir: a mayor adición de piedra Pómez el % de absorción aumenta. Esta coincidencia de resultados es debido a que ambos materiales provienen de la misma zona, ya que si bien el estudio de Iriarte y Palomino (2020) fue realizado en Cusco y con los materiales base de esa localidad, la piedra Pómez fue extraída de las canteras de la región Arequipa y trasladada hasta la región Cusco. Por otro lado, esta relación directamente proporcional de los resultados de ambos estudios, podría deberse a las propiedades porosas y la naturaleza altamente absorbente de la Liparita.

5.3.3. Discusión de las propiedades mecánicas de muros de albañilería

Los resultados de las propiedades mecánicas de muros de albañilería (resistencia a la compresión diagonal y axial) elaborados con ladrillos con adición de Liparita, se discuten con los hallazgos de los autores que forman parte de los antecedentes del presente estudio.

Resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) y resistencia a compresión axial ($f'm$):
Con respecto a la resistencia a compresión diagonal, todos los muros de albañilería del grupo de “Control” y los grupos con “Adición de Liparita” presentan valores de $v'm$ muy altos con respecto al mínimo (0.5 MPa) exigido en la Norma E.070, ya que los muretes con 10%, 5% y 2% de Liparita presentan las resistencias de 2.22 MPa, 2.18 MPa y 2.15 MPa respectivamente, mientras que la menor resistencia (2.12 MPa) corresponde a los muretes del grupo de “Control”. Esto demuestra que la relación es directamente proporcional, ya que mientras más se adicione

Liparita en el ladrillo, incrementará la resistencia $v'm$. De similar forma, los resultados de la resistencia $f'm$ de pilas de albañilería, evidencian que todas las pilas elaboradas con ladrillos tratados con el 10%, 5% y 2% de Liparita presentan resistencias de 47.67 kg/cm², 47.50 kg/cm² y 39 kg/cm² respectivamente. En cuanto las pilas del grupo de “Control” presentan una $f'm$ promedio de 35.54 kg/cm². Por lo que todos los valores de $f'm$ superan el valor mínimo (35 kg/cm²) establecido en la Norma E.070. Estos resultados se discuten con Terrones (2020), ya que en su estudio que tuvo como objetivo: determinar las propiedades mecánicas de muros de ladrillos artesanales con adición de ceniza de tallo de algodón, infiere que con el adicionado de un 15% de ceniza se consiguió la mayor resistencia la compresión diagonal (4.020 kg/cm²) y la mayor resistencia al compresión axial (44.260 kg/cm²). Estos valores son superiores a las resistencias de los muros con tratamientos menores al 15%. No obstante, el autor menciona que con adiciones superiores al 15%, las propiedades mecánicas ($f'm$ y $V'm$) tienden a menguar. En ese sentido, se afirma que existe cierta similitud con los resultados de la presente investigación, ya que, si bien la resistencia de muros se incrementan a medida que se adiciona más Liparita, se afirma que las adiciones superiores al 10% podrían conllevar a que las resistencias $f'b$, $v'm$ y $f'm$ disminuyan, ya que en los resultados se evidencia que la máxima resistencia presentan los especímenes con adición del 10%, sin embargo, estos valores no distan mucho de los grupos anteriores (especímenes con adición del 5%, 2% y 0%), a pesar de que significa una adición que dobla y triplica el porcentaje de adición.

CONCLUSIONES

Conclusiones del objetivo general: Se determinaron los efectos que produce en las propiedades mecánicas de muros de albañilería la adición de Liparita en ladrillos. Los resultados demuestran que con la adición del 2%, 5% y 10% se logran mejoras ligeras a significativas en cuanto a la capacidad resistente de las unidades y muros, ya que según la prueba ANOVA, el “p valor” es menor a 0.05, por lo que se infiere que es posible emplear la Liparita como aditivo, lo que permitiría la obtención de ladrillos resistentes y con ello lograr muros de gran durabilidad. Además, la composición química de la arcilla y la Liparita son similares, porque contienen en gran medida el SiO_2 y Al_2O_3 , por lo que la Liparita tiene potencial para el empleo como aditivo en la elaboración de ladrillos de alta resistencia, lo que conllevaría a la seguridad estructural de la edificación. En cuanto a costos sería conveniente, ya que estos tienen costos de S/. 0.52 (con 2% de Liparita), S/. 0.56 (con 5%) y S/. 0.61 (con 10%). Dichos valores evidencian un incremento del 1.96%, 9.8% y 19.61% frente a S/. 0.51 del costo de ladrillos tradicionales. Sin embargo, la percepción de calidad de estos justifica su precio.

Conclusión del primer objetivo específico: Se determinó los efectos que produce la adición del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades físicas de los ladrillos, donde se infiere que la adición de Liparita no influye en estas propiedades, ya que estas son inherentes al proceso de fabricación, que en el presente caso fue artesanal, lo que significa que la uniformidad en las formas podría ser difíciles de alcanzar. Razones por las cuales los resultados de la prueba de variación de dimensiones indican que todos los especímenes no alcanzan las medidas establecidas por el fabricante. No obstante, estas variaciones están por debajo de lo estipulado en la Norma E.070. Con respecto al alabeo se evidenciaron concavidades y convexidades mínimas en todos los especímenes clasificándose como ladrillos de tipo V, por lo que, al ser usados para muros, se disminuirá la formación de vacíos entre el ladrillo y el mortero.

Conclusión del segundo objetivo específico: Se determinó los efectos que produce la adición del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades mecánicas de los ladrillos, donde se infiere que la adición de Liparita influye en la resistencia f'_b de la unidad de albañilería, ya que los especímenes con adición del 2%, 5% y 10% de Liparita incrementaron ligeramente su f'_b (51.28 kg/cm^2 , 53.42 kg/cm^2 y 53.52 kg/cm^2 respectivamente) con respecto a los del grupo de “Control” (51.19 Kg/cm^2), por lo que todos clasifican como ladrillos de tipo II de buena resistencia, esto se debe a que la Liparita es una puzolana natural con concentraciones altas de

SiO₂ y Al₂O₃. En cuanto a la absorción, los resultados demuestran que la totalidad de ladrillos evidencian una absorción moderada, ya que el grupo de control presenta una absorción de 16.11%, mientras que los grupos experimentales tienen absorciones de 16.23%, 16.25% y 16.32%. Estos valores están muy por debajo del límite (22%), por lo tanto, no presentan porosidad excesiva, lo que influirá positivamente en el fraguado del mortero.

Conclusión del tercer objetivo específico: Se determinaron los efectos que producen las adiciones del 2%, 5% y 10% de Liparita en las propiedades mecánicas de muros de albañilería, donde se demuestra que la resistencia $v'm$ de todos los muretes presentan valores altos con respecto al mínimo (0.5 MPa) exigido, ya que con 10%, 5% y 2% de Liparita presentan resistencias $v'm$ de 2.22 MPa, 2.18 MPa y 2.15 MPa respectivamente, mientras que la menor resistencia (2.12 MPa) corresponde a los del grupo de “Control”. De similar forma, los resultados de la resistencia $f'm$ de pilas experimentales (con ladrillos del 10%, 5% y 2% de Liparita) presentan resistencias de 47.67 kg/cm², 47.5 kg/cm² y 39 kg/cm² respectivamente. En cuanto a las del grupo de “Control” presentan resistencias $f'm$ promedio de 35.54 kg/cm², por lo que todos los valores de $f'm$ superan al mínimo (35 kg/cm²) exigido.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones experimentales relacionadas con la mejora de la calidad del ladrillo artesanal se recomienda efectuar adiciones en porcentajes consecutivos o en su defecto en intervalos mínimos, ya que solo de esta manera se podrá evidenciar el verdadero comportamiento de las características mecánicas de los ladrillos artesanales.

Con respecto a los porcentajes de adición de Liparita, se recomienda adiciones de hasta un 15%, ya que es posible que con adiciones mayores al 10% la capacidad resistente del ladrillo se incremente ligeramente sin ser significativo y que a partir del 15% estas propiedades disminuyan drásticamente a tal punto de no cumplir con las exigencias mínimas. Tal como demostraron los estudios de Thalmaier et al. (2022), quienes concluyen que una adición superior al 15% de residuos de caliza conllevan a la disminución de la capacidad resistente del ladrillo hasta en un 55%. Del mismo modo Nanayakkara et al. (2022) indican que la adición del 10% al 15% de diatomita en ladrillos, la resistencia a la compresión disminuye (menor a 25.5 MPa). De igual forma Iriarte y Palomino (2018), concluyen que la resistencia (f^b) de los ladrillos con adiciones del 12% al 15% de piedra pómez sufren incrementos mínimos a insignificantes.

Por otro lado, para realizar adiciones en la elaboración de ladrillos con la finalidad de mejorar sus propiedades, se recomienda evaluar la disponibilidad de los materiales de adición teniendo en cuenta también un aprovechamiento responsable.

En cuanto a las propiedades físicas del ladrillo, se recomienda a las ladrilleras artesanales mejorar algunas etapas, ya que en gran medida estas propiedades dependen de la técnica de fabricación. En ese sentido, para reducir las variaciones de las dimensiones y el alabeo de ladrillos, se recomienda elaborar una mezcla homogénea y para el moldeo emplear gaveras metálicas de hasta dos moldes como máximo. Asimismo, se recomienda controlar el secado, para lo cual el pre secado deberá ser gradual en una zona protegida de los rayos solares.

En el caso de considerar la producción masiva de ladrillos con adición de Liparita propuesto en el presente, se recomienda la dosificación del 5% del material en mención, esto debido a que con adiciones superiores los ladrillos presentan incrementos de resistencias muy

ligeras, por lo que adicionar más de este porcentaje no sería conveniente, ya que los costos de producción se incrementan hasta en un 19.61% con respecto al costo del ladrillo tradicional.

Finalmente, se recomienda a las entidades correspondientes realizar capacitaciones a los artesanos en las mejores prácticas de fabricación y seguridad laboral, de esta manera fomentar una cultura de calidad en el proceso de producción de ladrillos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ RISCO, A., 2020. Justificación de la Investigación. *Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas - Universidad de Lima* [en línea], Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10821>.
- AMIEL, J., 2007. Las variables en el método científico. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], vol. 73, pp. 171-177. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v73n3/a07v73n3.pdf>.
- ANDRADE, A., CASTILLO, T., PAREDES, M., GIMÉNEZ, E. y GARCIA, V., 2022. Geopolymer Designed with Pumice Stone from Ecuador. *Civil Engineering and Architecture*, vol. 5, pp. 1864-1880. DOI 10.13189/cea.2022.100513.
- ARIAS, F., 2012. *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* [en línea]. Sexta Edic. Caracas: EDITORIAL EPISTEME. ISBN 980-07-8529-9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION.
- BAIG, A. y SALEEM, S., 2023. Manufacturing of Clay Bricks Using Hybrid Waste Marble Powder and Sugarcane Bagasse Ash: A Sustainable Building Unit. *Sustainability*, vol. 15, pp. 146. DOI 10.3390/su152014692.
- BANK, T.W., 2023. Desarrollo Urbano. *Población urbana mundial* [en línea]. Disponible en: [https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Today%2C some 56%25 of the,people will live in cities](https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Today%2C%20some%2056%25%20of%20the%20people%20will%20live%20in%20cities).
- BARREZUELA, J., 2014. *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Region Piura* [en línea]. Piura, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf.
- CANBAZ, M. y ALBAYRAK, U., 2018. Properties of ancient style handmade clay bricks using bottom ash. *ANADOLU UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY A - Applied Sciences and Engineering*, vol. 19, pp. 1. DOI 10.18038/aubtda.332855.
- CHALCO, D., 2021. ¿Qué tan grave es el problema de la autoconstrucción en el país? *Universidad Católica San Pablo - Arequipa* [en línea]. Disponible en: <https://ucsp.edu.pe/que-tan-grave-problema-autoconstruccion-pais/>.

- CHAMBI, E., 2021. *Evaluación de calidad de unidades de albañilería en ladrillos king kong producidos de manera artesanal en la Ciudad de Arequipa* [en línea]. S.l.: Tesis de Licenciatura, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/6054>.
- COLQUE, J., 2021. *Mejora de la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla para viviendas autoconstruidas del distrito de Puno*. Puno, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- DÍAZ, A. y RAMÍREZ, J., 2012. *Estudio Geológico-Económico de Rocas y Minerales Industriales de Arequipa y Alrededores* [en línea]. Lima: INGEMMET. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/215>.
- GUEVARA, G., VERDESOTO, A. y CASTRO, N., 2020. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, vol. 4, pp. 163-173. DOI 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173.
- HERNÁNDEZ, R., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta Edic. México D.F.: McGRAW-HILL. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- IRIARTE, J. y PALOMINO, J., 2018. *Influencia de la adición de piedra pómez triturada en porcentajes de 6%, 9%, 12% y 15% de volumen, en el comportamiento físico-mecánico de las unidades de albañilería king kong 18 huecos elaborados en el sector de Piñipampa, Cusco* [en línea]. S.l.: Tesis de Licenciatura, Universidad Andina del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/2801?show=full>.
- KARAMAN, S., GUNAL, H. y ERSAHIN, S., 2008. Quantitative Analysis of Pumice Effect on Some Physical and Mechanical Properties of Clay Bricks. *Journal of Applied Sciences*, vol. 8. DOI 10.3923/jas.2008.1340.1345.
- KHANAL, D. y PAUDEL, M., 2023. Quality assessment of bricks produced in Chitwan District, central Nepal. *Journal of Nepal Geological Society*, vol. 65, pp. 141-150. DOI 10.3126/jngs.v65i01.57773.
- LAZO, C., 2018. *Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla artesanal usando mortero con y sin cal*. S.l.: Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte.
- MORENO, Á. y BRAVO, S., 2017. El Proceso de Investigación Científica. *Cultura Científica en el Contexto Ecuatoriano de Educación Superior* [en línea]. S.l.: s.n., pp. . 83-160. ISBN 978-9978-395-32-2. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332551040_El_Proceso_Investigacion_Cientifica.

- MORENO, M., 2021. *Comportamiento mecánico de muros de albañilería mecanizada con adición de puzolanas de ichu en el mortero, Juliaca, Puno* [en línea]. S.l.: Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59898>.
- MURILLO, O., 2017. El 80% de construcciones en Arequipa es informal. *Costos y Soluciones* [en línea]. Disponible en: <https://noticias-legacy.costosperu.com/noticias/usmp-80-construcciones-arequipa-informal/>.
- NANAYAKKARA, R., GUNATHILAKE, C., DASSANAYAKE, R. y NANAYAKKARA, A., 2022. Suitability of Reusing the Spent Diatomaceous Earth in Brick Production: A Review. *Advances in Technology*, pp. 151-166. DOI 10.31357/ait.v2i2.5529.
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la Investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de Tesis* [en línea]. Quinta. Bogotá: Ediciones de la U. ISBN 978-958-762-876-0. Disponible en: <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigaciocc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redacciocc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>.
- PALELLA, S. y MARTINS, F., 2012. *Metodología de investigación cuantitativa* [en línea]. Sexta. Caracas: s.n. ISBN 980-273-445-4. Disponible en: <https://metodologiaecs.files.wordpress.com/2015/09/metodologic3ada-de-la-investigacic3b3n-cuantitativa-3ra-ed-2012-santa-palella-stracuzzi-feliberto-martins-pestana.pdf>.
- PIÑA, A., NIETO, D. y ROBLES, F., 2016. Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 32, pp. 141-151. DOI 10.20937/RICA.2016.32.05.10.
- RAMOS, C., 2020. Los alcances de una investigación. *CienciAmeria* [en línea], vol. 9, pp. 23-29. DOI <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>. Disponible en: <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/336>.
- RHODES, D., 1990. *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Madrid: Ediciones CEAC.
- ROJAS, L., 2015. *Fabricación y evaluación del desempeño de quince ladrillos refractarios elaborados con ceniza volante producto de la combustión del carbón en las calderas de la central Termozipa a diferentes temperaturas, de acuerdo a la Norma ASTM C113*. Bogotá, Colombia: Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- SAGAR, S., DARSHAN, M.M., ROJA, M. y KALAPPA, U.P., 2021. Partial Replacement of Pumice Stone (Liparite) in Concrete As Coarse Aggregate Material. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2089, pp. 12061. DOI 10.1088/1742-6596/2089/1/012061.
- SUNDARI, K., SUBARI y ERLANGGA, B., 2022. Characterization of Buleleng clay and improvement of its ceramic properties. *Mining of Mineral Deposits*, vol. 16, pp. 29-33. DOI 10.33271/mining16.04.029.
- TERRONES, J., 2020. *Comportamiento mecánico de muros de albañilería con ladrillos artesanales con adición de cenizas de tallo de algodón Cañete; Lima 2020*. Cañete, Perú: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo.
- THALMAIER, G., COBÎRZAN, N., BALOG, A.-A., CONSTANTINESCU, H., CECLAN, A., VOINEA, M. y MARINCA, T., 2022. Assessment of Limestone Waste Addition for Fired Clay Bricks. *Materials*, vol. 15, pp. 4263. DOI 10.3390/ma15124263.
- VALDERRAMA, S., 2009. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica* [en línea]. Primera. Lima: San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván. ISBN 978-9972-34-289-9. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/s81e8ss>.
- WILHELMSSON, M., 2023. Evaluating the price effects of multifamily and single-family housing construction on surrounding single-family homes in Stockholm: a difference-in-difference analysis. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, vol. 16, pp. 103-126. DOI 10.1108/IJHMA-05-2023-0064.

ANEXOS

Anexo A1: Certificado de la Composición química de la Liparita y Arcilla

	UNSA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA	Facultad de Ingeniería de Procesos Centro de Microscopía Electrónica
RESULTADOS N° 004-2023 CME – UNSA		
1. Datos del solicitante		
NOMBRE DEL SOLICITANTE	:	EDDYGAZULHUAQUISTOPORILLO - ANGIEMONTESINOS TICONA
DNI	:	73712221 - 76321971
CORREO ELECTRONICO	:	eddy.huaquisto@ucsp.edu.pe
CELULAR	:	954261775
2. FECHA		
RECEPCION DE LA MUESTRA	:	15 de junio 2023
EMISION DEL RESULTADO	:	16 de junio 2023
3. CARACTERIZACIÓN SOLICITADA: MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO		
4. MUESTRA DE MATERIAL		
a) MATERIAL:		
• MINERAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Material ARCILLA LIPARITA, Caracterización de la muestra observada mediante la morfología y la detección analítica de los elementos. Para el proyecto EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.
• METALICO	<input type="checkbox"/>	
• CERÁMICO	<input type="checkbox"/>	
• POLIMERO	<input type="checkbox"/>	
• BIOLÓGICO	<input type="checkbox"/>	
• COMPUESTO	<input type="checkbox"/>	
b) DATOS DE LA MUESTRA:		
• ANALISIS QUIMICOS	<input checked="" type="checkbox"/>	
• DIFRACCION DE RAYOS X	<input checked="" type="checkbox"/>	
• OTROS	<input type="checkbox"/>	
5. LUGAR DE RECEPCION		
Centro de Microscopia Electrónica edificio 09 av. Independencia S/N Área Ingenierías		
6. EQUIPO UTILIZADO PARA LA CARACTERIZACION DE LA MUESTRA		
Microscopio electrónico de barrido - FIB – SEM Sios 2 LoVac	<input checked="" type="checkbox"/>	
Microscopio electrónico de transmisión - Talos F 200i	<input type="checkbox"/>	
7. RESULTADOS		
Entregado en un DVD que contiene:		
Micro fotografías	<input checked="" type="checkbox"/>	
Análisis químico EDS	<input checked="" type="checkbox"/>	
		 ING. EDWIN URDAY URDAY DIRECTOR CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA/FIP LHT.-
<hr/> <small>Ciudad Universitaria, Área de Ingenierías, Av. Independencia s/n – Teléfono 524825 E-mail: fip_cme@unsa.edu.pe – Arequipa, Perú.</small>		

**MICROSCOPIA ELECTRÓNICO DE
BARRIDO A LA MUESTRA DE
LIPARITA EN EL PUNTO 2**

Project: Cme unsa eds edi huaquisto

Mineral(4)

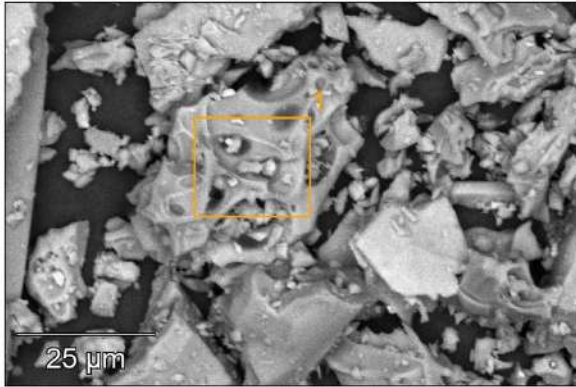
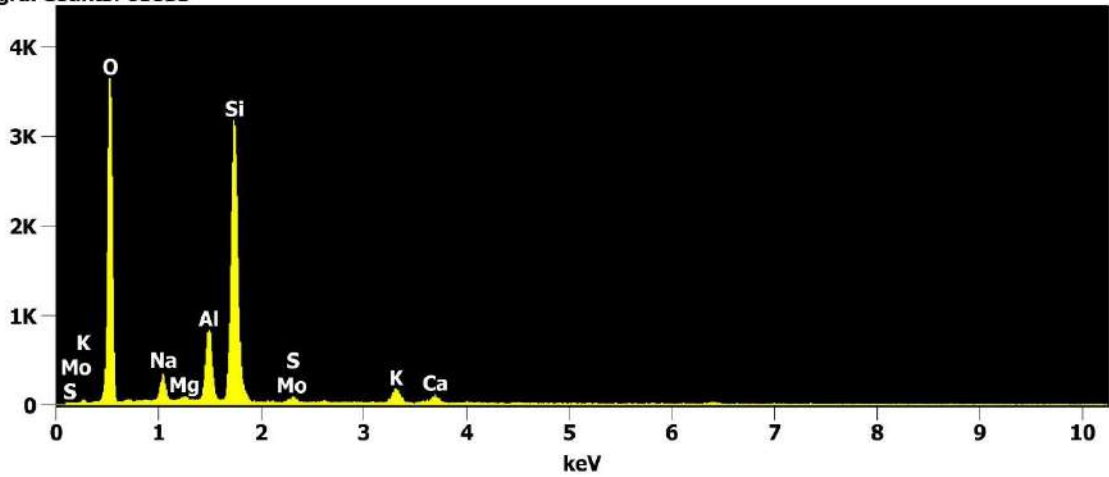


Image Name: Mineral(4)
Image Resolution: 1024 by 682
Image Pixel Size: 0.10 µm
Acc. Voltage: 15.0 kV
Magnification: 2000

Full scale counts: 3643
Integral Counts: 68835

Mineral(4)_pt1



Project: Cme unsa eds edi huaquisto

Weight %									
	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Mo
Mineral(4)_pt1	49.14	2.67	0.42	7.48	33.42	1.03	3.45	2.40	0.00

Atom %									
	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Mo
Mineral(4)_pt1	63.30	2.39	0.35	5.71	24.52	0.66	1.82	1.23	0.00

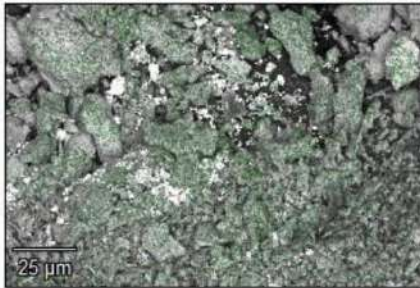
Formula									
	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Mo
Mineral(4)_pt1		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	MoO ₃

Compound %									
	O	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	MoO ₃
Mineral(4)_pt1	0.00	3.60	0.69	14.13	71.49	2.57	4.16	3.35	0.00

**MICROSCOPIA ELECTRÓNICO DE
BARRIDO A LA MUESTRA DE
ARCILLA GLOBAL**

Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)



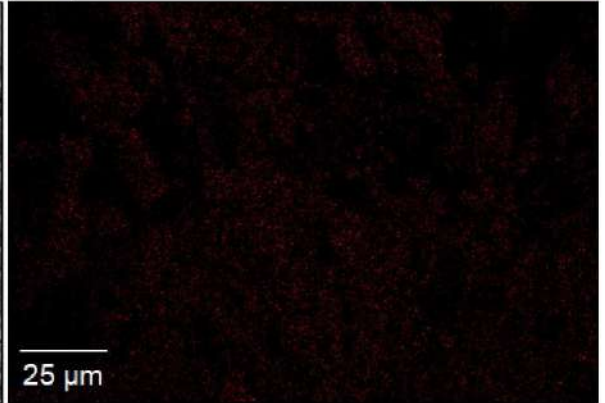
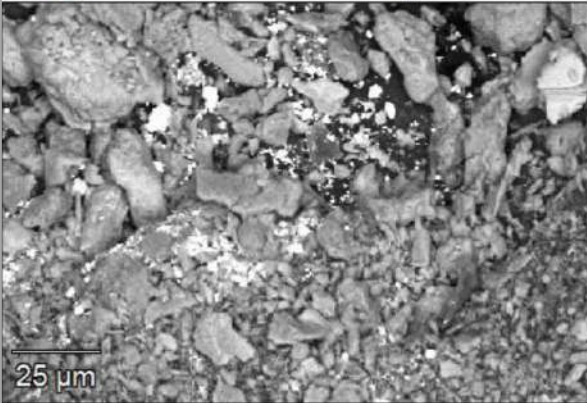
■ Si K

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 μm

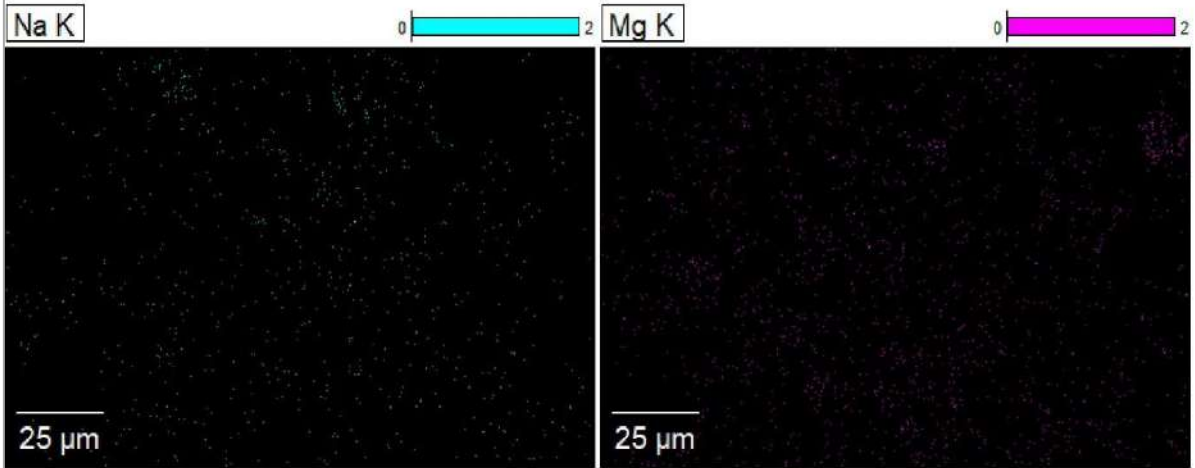
Grey



OK

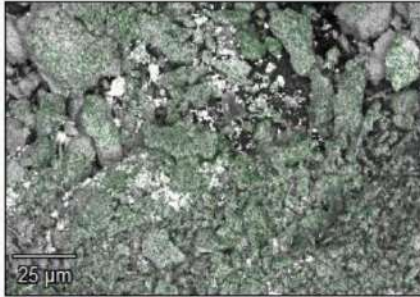


Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto



Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)



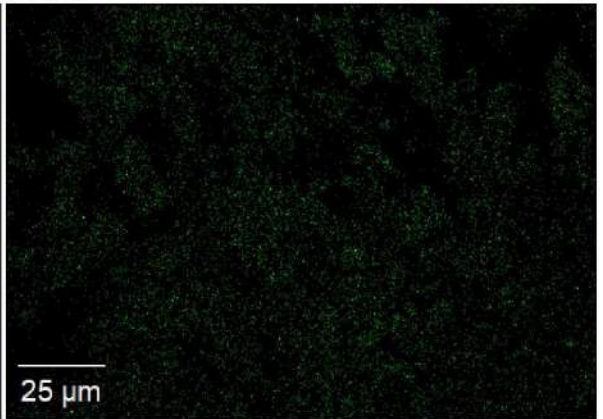
■ Si K

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 μm

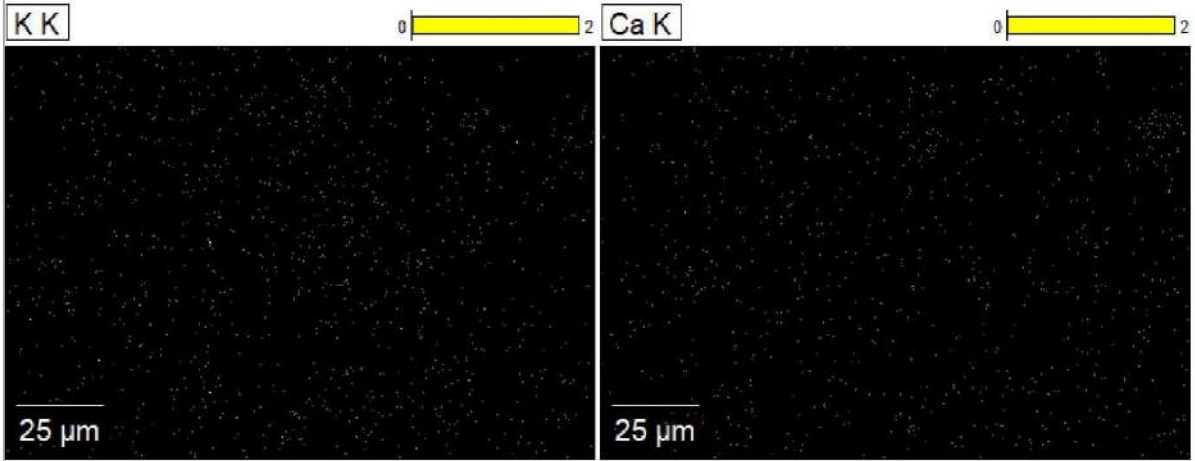
Al K



Si K

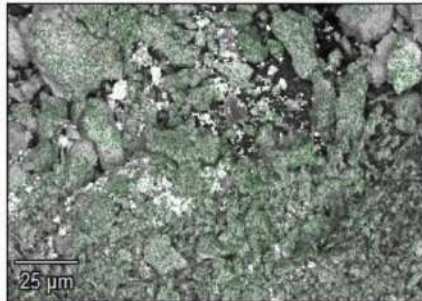


Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto



Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)



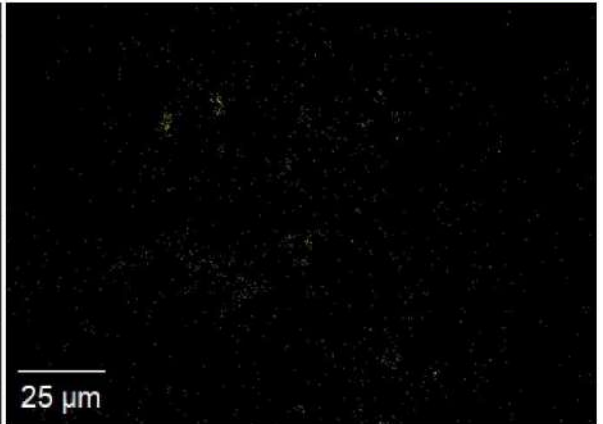
■ Si K

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 µm

Fe K

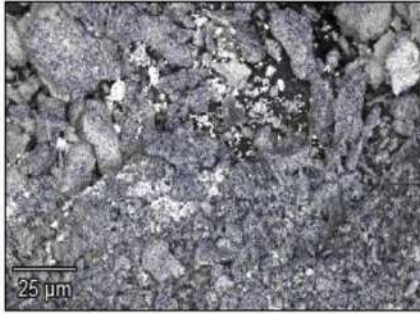


Mo L



Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)

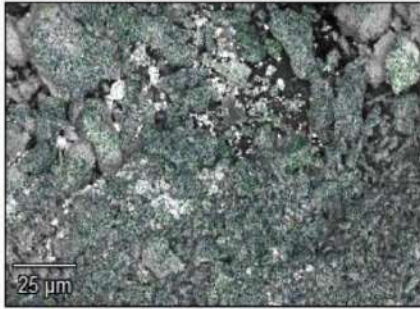


■ Al K

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 µm

Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)



■ Al K
■ Si K

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 µm

Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)

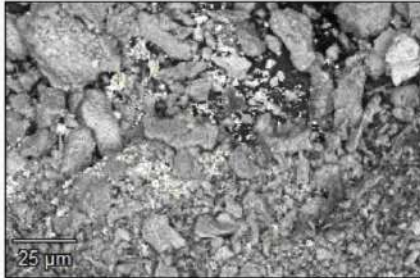


■ Al K
■ Si K
■ O K

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 µm

Project: Cme unsa eds Eddy huaquisto

Mineral(2)



Mo L

Data Type: Counts
Map Resolution: 512 by 340
Map Pixel Size: 0.33 μm

Project: Cme unsa eds edi huaquisto

Mineral royer(1)

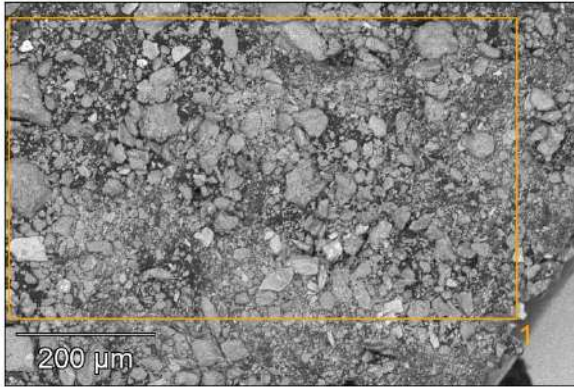
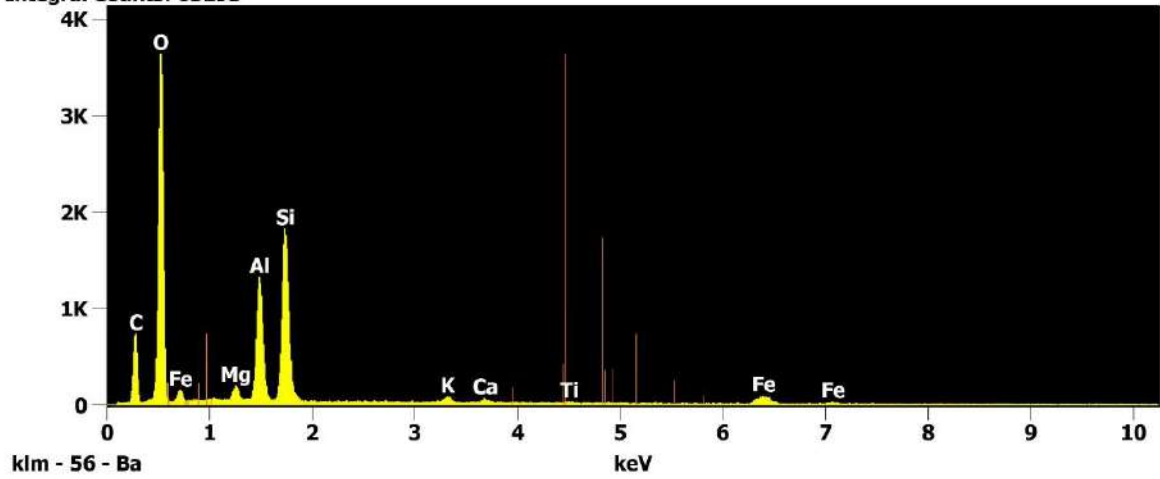


Image Name: Mineral royer(1)
Image Resolution: 1024 by 682
Image Pixel Size: 0.82 µm
Acc. Voltage: 15.0 kV
Magnification: 250

Full scale counts: 3635
Integral Counts: 65295

Mineral royer(1)_pt1



Project: Cme unsa eds edi huaquisto

Weight %

	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Mineral royer(1)_pt1	46.18S	1.21	13.87	23.39	1.42	0.97	0.63	12.33

Atom %

	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Mineral royer(1)_pt1	63.06	1.09	11.23	18.20	0.79	0.53	0.29	4.82

Formula

	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Mineral royer(1)_pt1		MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃

Compound %

		MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Mineral royer(1)_pt1	0.00	2.01	26.21	50.05	1.71	1.35	1.05	17.63

Anexo A2: Certificado de las características físicas de la Arcilla



Universidad Católica
San Pablo

Departamento de
Ingeniería Civil

Laboratorio de Concreto y Ensayo
de Materiales de Construcción

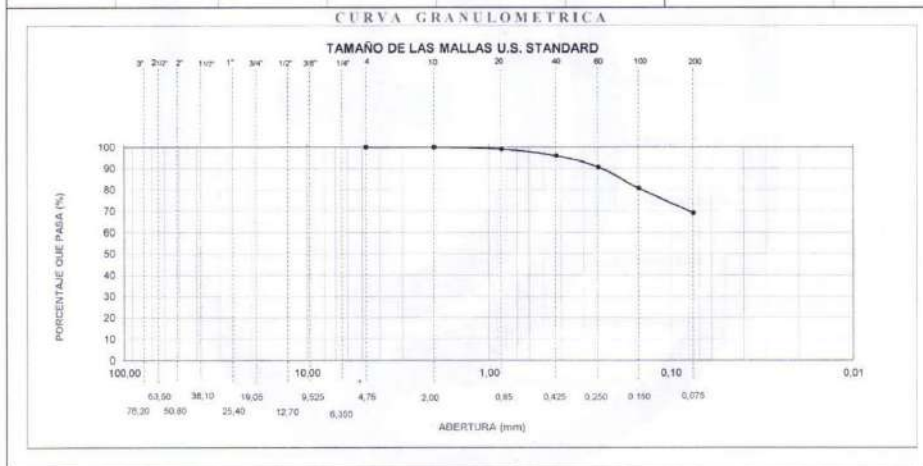
INFORME DE ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NORMAS ASTM D-422 N.T.P. 339,128

N° DE EXPEDIENTE
LC 5784-23 / UCSP
Página 01 de 1
Fecha de emisión: 13/09/2023

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO / ANGIE MONTESINOS TICONA
PROYECTO : EFECTOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICION DE LIPARITA EN LADRILLOS
ARESANAS PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA

CARACTERISTICA DE LA MUESTRA
DESCRIPCIÓN : MATERIAL ARCILLOSO
PROCEDENCIA : CANTERA "HORNILLOS"
UBICACIÓN CANTERA : YARABAMBA - AREQUIPA

GRANULOMETRIA					DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
TAMICES ASTM	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	PESO ORIGINAL (g)	784,4
1/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	PESO LAVADO SECO (g)	275,0
N° 4	0,00	0,00	0,00	100,00	PÉRDIDA P LAVADO (PL)	509,4
N° 10	0,27	0,03	0,03	99,97		
N° 20	6,80	0,87	0,90	99,10	GRAVA	0,00%
N° 40	24,93	3,18	4,08	95,92	ARENA	30,88%
N° 60	40,97	5,22	9,30	90,70	FINOS	69,12%
N° 100	77,03	9,82	19,12	80,88		
N° 200	92,19	11,75	30,88	69,12		
< N° 200 + PL	542,21	69,12	100,00	0,00		



OBSERVACION : - La muestra fue proporcionada e identificada por el solicitante



Fernando Garnica Cuba
FERNANDO GARNICA CUBA
Jefe de Laboratorios de Ingeniería Civil
Ingeniero Civil
CIP. N° 115035

Laboratorios:
Calle Sucre N°601, Cercado - Arequipa, Perú
Telf: (054) 605630 anexo: 281 - Cel: 971351240
Email: labcivil@ucsp.edu.pe

INDECOSO
INSTITUTO PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO SOCIAL
Av. Salaverry 301, Cercado - Arequipa

Anexo B1: Certificado del ensayo de variación de dimensiones



INFORME DE ENSAYO

ANÁLISIS DE VARIACION DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 399.613

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO/ANGIE MONTESINOS TICONA
 EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN
 PROYECTO : LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
 UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA
 MUESTRA : LADRILLOS CON 0% DE LIPARITA

Especimen N°	LARGO 0%				
	L1	L2	L3	L4	Lp
XO-01	21.80	22.00	21.90	21.90	21.90
XO-02	21.90	21.90	22.00	21.90	21.93
XO-03	21.80	21.70	21.70	21.80	21.75
XO-04	21.70	21.70	21.60	21.60	21.65
XO-05	22.00	21.70	21.80	21.70	21.80
XO-06	22.00	21.80	22.20	21.80	21.95
XO-07	22.00	22.20	22.00	22.10	22.08
XO-08	22.10	22.00	22.00	21.90	22.00
XO-09	22.20	22.60	22.90	21.70	22.35
XO-10	21.90	21.80	22.00	21.70	21.85
Medida promedio	21.93				
Medida de Fabricante	22.00				
Desviación Estandar	0.19				
Variación dimensional	0.34				

% LADRILLO TIPO V

Especimen N°	ANCHO 0%				
	A1	A2	A3	A4	Ap
XO-01	12.90	12.90	13.00	12.90	12.93
XO-02	13.00	13.00	12.90	13.00	12.98
XO-03	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90
XO-04	12.90	12.80	12.90	12.90	12.88
XO-05	13.20	13.20	13.10	13.20	13.18
XO-06	13.00	12.90	13.00	13.00	12.98
XO-07	12.90	13.00	12.90	13.00	12.95
XO-08	13.10	13.10	13.10	13.30	13.15
XO-09	12.80	12.90	12.80	13.00	12.88
XO-10	13.00	13.20	13.00	13.00	13.05
Medida promedio	12.99				
Medida de Fabricante	13.00				
Desviación Estandar	0.11				
Variación dimensional	0.12				

% LADRILLO TIPO V

Especimen N°	ESPESOR 0%				
	E1	E2	E3	E4	Ep
XO-01	7.70	7.60	7.80	7.70	7.70
XO-02	7.70	7.70	7.90	8.00	7.83
XO-03	7.90	8.00	7.80	7.70	7.85
XO-04	7.70	7.60	7.70	7.70	7.68
XO-05	7.50	7.40	7.50	7.40	7.45
XO-06	7.50	8.00	7.70	7.50	7.68
XO-07	7.40	7.80	7.80	7.00	7.50
XO-08	8.00	7.70	7.60	8.00	7.83
XO-09	8.00	7.40	7.70	7.50	7.65
XO-10	8.00	8.00	7.70	7.70	7.85
Medida promedio	7.70				
Medida de Fabricante	8.00				
Desviación Estandar	0.14				
Variación dimensional	3.75				

% LADRILLO TIPO IV

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO/ANGIE MONTESINOS TICONA
 PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
 UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA
 MUESTRA : LADRILLOS CON 2% DE LIPARITA

Especimen N°	LARGO 2%				
	L1	L2	L3	L4	Lp
XO-01	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
XO-02	22.00	21.80	22.00	21.70	21.88
XO-03	22.00	21.80	22.00	21.40	21.80
XO-04	22.00	22.10	22.00	21.50	21.90
XO-05	21.00	22.10	22.00	21.50	21.65
XO-06	22.00	22.00	22.00	21.40	21.85
XO-07	21.80	22.00	22.00	21.40	21.80
XO-08	21.80	21.90	22.00	22.10	21.95
XO-09	21.80	21.90	21.90	21.80	21.85
XO-10	22.10	22.10	22.00	22.00	22.05

Medida promedio	21.87
Medida de Fabricante	22.00
Desviación Estandar	0.11
Variación dimensional	0.58

% LADRILLO TIPO V

Especimen N°	ANCHO 2%				
	A1	A2	A3	A4	Ap
XO-01	13.00	13.10	13.10	13.00	13.05
XO-02	12.80	12.90	13.00	13.20	12.98
XO-03	12.70	12.80	12.90	13.00	12.85
XO-04	13.00	13.10	13.00	12.80	12.98
XO-05	13.10	12.70	13.10	13.00	12.98
XO-06	12.70	13.10	12.90	12.80	12.88
XO-07	13.00	13.00	13.10	13.00	13.03
XO-08	13.00	12.70	12.90	13.00	12.90
XO-09	12.90	12.80	12.90	13.00	12.90
XO-10	13.10	13.10	13.00	13.10	13.08

Medida promedio	12.96
Medida de Fabricante	13.00
Desviación Estandar	0.08
Variación dimensional	0.31

% LADRILLO TIPO V

Especimen N°	ESPESOR 2%				
	E1	E2	E3	E4	Ep
XO-01	7.50	7.50	7.50	8.00	7.63
XO-02	8.00	7.50	7.70	7.70	7.73
XO-03	8.00	7.50	7.70	7.70	7.73
XO-04	7.70	7.60	7.80	7.70	7.70
XO-05	7.60	7.70	8.00	7.80	7.78
XO-06	8.00	7.70	7.30	7.60	7.65
XO-07	8.10	8.00	7.90	7.80	7.95
XO-08	7.80	7.90	7.70	7.80	7.80
XO-09	7.80	7.70	7.80	7.80	7.78
XO-10	7.70	7.80	7.60	7.80	7.73

Medida promedio	7.75
Medida de Fabricante	8.00
Desviación Estandar	0.09
Variación dimensional	3.19

% LADRILLO TIPO IV

NTP 399.613

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO/ANGIE MONTESINOS TICONA
 EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN
 PROYECTO : LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
 UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA
 MUESTRA : LADRILLOS CON 5% DE LIPARITA

Especimen N°	LARGO 5%				
	L1	L2	L3	L4	Lp
X0-01	22.00	21.90	22.10	22.10	22.03
X0-02	22.00	22.00	21.80	22.00	21.95
X0-03	21.60	21.90	21.80	21.80	21.78
X0-04	21.60	21.70	21.90	21.80	21.75
X0-05	21.90	22.00	21.80	21.90	21.90
X0-06	21.40	22.50	22.40	21.90	22.05
X0-07	22.00	22.00	22.00	21.30	21.83
X0-08	21.70	21.80	22.00	21.30	21.70
X0-09	22.00	21.80	22.00	21.90	21.93
X0-10	21.70	22.00	22.00	21.60	21.83
Medida promedio	21.87				
Medida de Fabricante	22.00				
Desviación Estandar	0.12				
Variación dimensional	0.58				

% LADRILLO TIPO V

Especimen N°	ANCHO 5%				
	A1	A2	A3	A4	Ap
X0-01	13.10	13.10	13.20	13.10	13.13
X0-02	12.70	13.00	12.70	13.00	12.85
X0-03	13.00	13.00	13.00	12.80	12.95
X0-04	13.00	13.00	13.00	12.90	12.98
X0-05	13.10	13.00	13.10	12.70	12.98
X0-06	12.80	13.10	12.90	13.00	12.95
X0-07	12.90	13.00	13.10	13.20	13.05
X0-08	12.80	12.70	12.90	13.00	12.85
X0-09	13.00	12.80	12.90	13.00	12.93
X0-10	12.70	12.90	12.70	12.90	12.80
Medida promedio	12.95				
Medida de Fabricante	13.00				
Desviación Estandar	0.10				
Variación dimensional	0.42				

% LADRILLO TIPO V

Especimen N°	ESPESOR 5%				
	E1	E2	E3	E4	Ep
X0-01	8.00	7.90	7.70	7.80	7.85
X0-02	7.90	7.70	7.60	7.70	7.73
X0-03	7.80	7.70	7.80	7.80	7.78
X0-04	7.80	7.80	7.80	7.70	7.78
X0-05	7.90	7.80	7.60	7.90	7.80
X0-06	7.60	8.00	8.00	7.60	7.80
X0-07	8.00	7.60	7.50	7.60	7.68
X0-08	7.80	7.60	7.50	7.80	7.68
X0-09	7.70	8.00	7.70	7.60	7.75
X0-10	7.50	7.50	7.80	7.50	7.58
Medida promedio	7.74				
Medida de Fabricante	8.00				
Desviación Estandar	0.08				
Variación dimensional	3.25				

% LADRILLO TIPO V

NTP 399.613

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO/ANGIE MONTESINOS TICONA
 PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
 UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA
 MUESTRA : LADRILLOS CON 10% DE LIPARITA

Especimen Nº	LARGO 10%				
	L1	L2	L3	L4	Lp
XO-01	22.20	22.00	22.50	22.20	22.23
XO-02	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30
XO-03	22.10	22.50	22.00	22.30	22.23
XO-04	22.00	22.00	22.10	21.80	21.98
XO-05	21.70	21.50	21.90	22.00	21.78
XO-06	22.00	21.80	21.90	21.70	21.85
XO-07	21.90	21.70	21.80	21.50	21.73
XO-08	22.10	21.80	21.90	21.70	21.88
XO-09	22.00	22.10	21.70	21.70	21.88
XO-10	21.60	21.80	21.70	21.60	21.68
Medida promedio					21.95
Medida de Fabricante					22.00
Desviación Estandar					0.22
Variación dimensional					0.23

% LADRILLO TIPO V

Especimen Nº	ANCHO 10%				
	A1	A2	A3	A4	Ap
XO-01	13.00	13.20	13.20	13.30	13.18
XO-02	13.00	13.10	13.10	12.90	13.03
XO-03	13.00	12.90	12.80	13.00	12.93
XO-04	13.00	13.00	13.10	12.90	13.00
XO-05	12.90	13.00	13.00	12.80	12.93
XO-06	13.00	12.90	12.90	12.80	12.90
XO-07	12.80	13.00	13.00	13.00	12.95
XO-08	13.00	13.10	12.80	12.90	12.95
XO-09	13.00	13.20	12.90	12.80	12.98
XO-10	12.70	12.90	13.00	13.00	12.90
Medida promedio					12.97
Medida de Fabricante					13.00
Desviación Estandar					0.08
Variación dimensional					0.21

% LADRILLO TIPO V

Especimen Nº	ESPESOR 10%				
	E1	E2	E3	E4	Ep
XO-01	8.00	8.00	7.80	7.80	7.90
XO-02	7.70	8.00	7.90	7.80	7.85
XO-03	7.50	8.00	8.20	8.00	7.93
XO-04	8.00	7.80	7.60	8.00	7.85
XO-05	7.70	7.90	7.80	7.70	7.78
XO-06	7.80	7.70	7.80	7.70	7.75
XO-07	7.60	7.60	8.00	8.00	7.80
XO-08	7.60	7.70	7.70	8.00	7.75
XO-09	7.50	8.00	7.80	7.60	7.73
XO-10	7.80	7.80	7.60	7.70	7.73
Medida promedio					7.81
Medida de Fabricante					8.00
Desviación Estandar					0.07
Variación dimensional					2.44

% LADRILLO TIPO V

Anexo B2: Certificado del ensayo de alabeo



INFORME DE ENSAYO ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO/ANGIE MONTESINOS TICONA.
PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA

MUESTRA : LADRILLOS CON 0% DE LIPARITA

Especimen N°	CARA A (mm)		CARA B (mm)	
	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
X0-01	2.00	1.00	1.00	3.00
X0-02	1.00	1.00	1.00	2.00
X0-03	1.00	1.00	1.00	1.00
X0-04	3.00	2.00	1.00	1.00
X0-05	2.00	1.00	2.00	2.00
X0-06	2.00	1.00	2.00	4.00
X0-07	1.00	1.00	2.00	2.00
X0-08	1.00	0.00	1.00	1.00
X0-09	1.00	1.00	1.00	1.00
X0-10	0.00	1.00	1.00	1.00
PROMEDIO	1.40	1.00	1.30	1.80
Precisión de la cuña : 1mm		1.35	1.40	LADRILLO TIPO V

MUESTRA : LADRILLOS CON 2% DE LIPARITA

Especimen N°	CARA A (mm)		CARA B (mm)	
	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
X0-01	1.00	1.00	1.00	2.00
X0-02	0.00	1.00	1.00	1.00
X0-03	0.00	0.00	1.00	3.00
X0-04	0.00	2.00	1.00	2.00
X0-05	2.00	1.00	1.00	1.00
X0-06	1.00	1.00	1.00	1.00
X0-07	1.00	2.00	2.00	1.00
X0-08	1.00	2.00	2.00	1.00
X0-09	1.00	1.00	2.00	1.00
X0-10	1.00	1.00	2.00	0.00
PROMEDIO	0.80	1.20	1.40	1.30
Precisión de la cuña : 1mm		1.10	1.25	LADRILLO TIPO V

MUESTRA : LADRILLOS CON 5% DE LIPARITA

Especimen N°	CARA A (mm)		CARA B (mm)	
	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
X0-01	1.00	1.00	1.00	2.00
X0-02	2.00	2.00	2.00	2.00
X0-03	1.00	1.00	2.00	2.00
X0-04	1.00	0.00	2.00	2.00
X0-05	1.00	0.00	2.00	1.00
X0-06	1.00	0.00	2.00	1.00
X0-07	1.00	0.00	1.00	1.00
X0-08	1.00	0.00	1.00	0.00
X0-09	1.00	1.00	0.00	0.00
X0-10	1.00	1.00	0.00	0.00
PROMEDIO	1.10	0.60	1.30	1.10
Precisión de la cuña : 1mm		1.20	0.85	LADRILLO TIPO V

MUESTRA : LADRILLOS CON 10% DE LIPARITA

Especimen N°	CARA A (mm)		CARA B (mm)	
	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
X0-01	1.00	1.00	0.00	2.00
X0-02	1.00	1.00	0.00	1.00
X0-03	1.00	1.00	0.00	2.00
X0-04	1.00	1.00	0.00	2.00
X0-05	1.00	2.00	1.00	2.00
X0-06	1.00	2.00	0.00	0.00
X0-07	2.00	2.00	1.00	1.00
X0-08	1.00	0.00	1.00	1.00
X0-09	1.00	0.00	1.00	1.00
X0-10	0.00	0.00	0.00	1.00
PROMEDIO	1.00	1.00	0.40	1.30
Precisión de la cuña : 1mm		0.70	1.15	LADRILLO TIPO V

Anexo B3: Certificado del ensayo de absorción



INFORME DE ENSAYO ENSAYO DE ABSORCIÓN

NTP 399.613

SOLICITANTE : EDDY HUAQUISTO PORTILLO/ANGIE MONTESINOS TICONA
PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA

MUESTRA : LADRILLOS CON 0% DE LIPARITA

Especimen N°	Peso Muestra Seca	Peso muestra SSS	Absorción
X0-01	3522.80	4092.40	16.17%
X0-02	3604.20	4204.30	16.65%
X0-03	3534.20	4102.10	16.07%
X0-04	3407.10	3942.20	15.71%
X0-05	3349.40	3882.30	15.91%
PROMEDIO	3483.54	4044.66	16.11%
Desviación Estandar			0.35%

MUESTRA : LADRILLOS CON 2% DE LIPARITA

Especimen N°	Peso Muestra Seca	Peso muestra SSS	Absorción
X2-01	3657.60	4221.30	15.41%
X2-02	3537.80	4115.10	16.32%
X2-03	3498.40	4084.20	16.74%
X2-04	3554.60	4151.20	16.78%
X2-05	3741.90	4339.20	15.96%
PROMEDIO	3598.06	4182.20	16.23%
Desviación Estandar			0.57%

MUESTRA : LADRILLOS CON 5% DE LIPARITA

Especimen N°	Peso Muestra Seca	Peso muestra SSS	Absorción
X5-01	3659.20	4251.00	16.17%
X5-02	3440.40	3996.80	16.17%
X5-03	3379.00	3931.30	16.35%
X5-04	3431.00	3992.90	16.38%
X5-05	3627.50	4215.30	16.20%
PROMEDIO	3507.42	4077.46	16.25%
Desviación Estandar			0.10%

MUESTRA : LADRILLOS CON 10% DE LIPARITA

Especimen N°	Peso Muestra Seca	Peso muestra SSS	Absorción
X10-01	3702.30	4301.00	16.17%
X10-02	3644.30	4230.20	16.08%
X10-03	3655.80	4245.00	16.12%
X10-04	3663.30	4265.80	16.45%
X10-05	3585.70	4187.50	16.78%
PROMEDIO	3650.28	4245.90	16.32%
Desviación Estandar			0.30%

Anexo B4: Certificado de diseño de mezcla



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios »
Análisis y Ensayos de Materiales »
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frío y Caliente »
Análisis Químicos de Suelos y Agua »
Control de Calidad en Obras Civiles en General »
Alquiler de Equipos de Laboratorio »

Informe N° 163 - 0465 de Trabajo LABCO- LAC 23.07.23

A : Bachiller Eddy Gazul Huaquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos Ticona DNI: 76321971

De : COAQUIRA HNOS. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto.

Asunto: Resultados de ensayo de laboratorio Diseño de mortero 1:5.

Fecha : Arequipa, 20 de julio del 2023.

Tengo el agrado de dirigirme a Uds. Con el fin de entregarle adjunto al presente; los resultados de los ensayos mencionados en el Asunto.

Se realizó los siguientes ensayos para la obra: "EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".

Adjunto cálculo de resultados, de los ensayos de laboratorio.

Es cuanto cumpla con informar a Uds. Para los fines del caso.

Atentamente


Carlos Alberto Coaquira Esquicha
G. Gral. de Laboratorio Coaquira Hnos.

LABCO-465-2023

URB. NUEVO PERU MZ." O" -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615
Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -
coaquirahnos.lab.srl@gmail.com



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios »
Análisis y Ensayos de Materiales »
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frio y Caliente »
Análisis Químicos de Suelos y Agua »
Control de Calidad en Obras Civiles en General »
Alquiler de Equipos de Laboratorio »

DISEÑO DE MORTERO

OBRA	:"EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".
UNIVERSIDAD	:"SAN PABLO AREQUIPA"
SOLICITANTE	:"Bachiller Eddy Gazul Huaquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos Ticona DNI: 76321971"
CANTERA ARENA	:"CHIGUATA"
FECHA	:"20/07/2023"

**INFORME DE RESULTADOS
DISEÑO DE MORTERO**

F' C 200

Características físicas del agregado

	Arena	Cemento	Agua
Densidad (g/mL)	2.567	2.8	1000
Absorción (%)	1.64	--	--
Humedad (%)	3.77	--	--
Factor de humedad (%)	2.13	--	--
Peso vol. Suelto	1542	1970	--
Peso vol. Compacto	1735	--	--

- 1) Relacion A/C **0.62**
- 2) % de Vacios 29.64
- 3) Calculo de la pasta de cemento 0.0152
- 4) Cantidad de cemento para 1 m3 303.4
- 5) Cantidad de agua para 1 m3 188.1 Its
- 6) Dosificacion final 1:5

Vol. Pasta	296.43	H2O Arena	P. H Arena	1844.4
Vol. Arena	703.57	38.4	P. S. Arena	1805.9

DOSIFICACION

Diseño del concreto	Diseño Seco	Volumen	Diseño humedo	Volumen	42.5	Parte por Vol.	Vol. Pic3/Bols.
Materiales	kg/m3	L/m3	kg/m3	L/m3	kg		
Cemento	303.4	108.3	303	108.3	12.89	0.1540	1.0
Arena	1805.9	703.6	1844.4	718.5	78.39	1.1713	6.1
Agua	188.1	188.1	149.6	149.6	6.36	0.1881	21.0
TOTAL	2297.4	1030	2297	1006.5			

LABCO-465-2023

Observaciones:

* Se realizaron pruebas en laboratorio para una mejor aceptacion.

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL. CIP-317929

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

César Alvar Aquino Choque
ING. CIVIL - CIP. 54642

URB. NUEVO PERU MZ." O" -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615
Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -
coaquirahnos.lab.srl@gmail.com



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

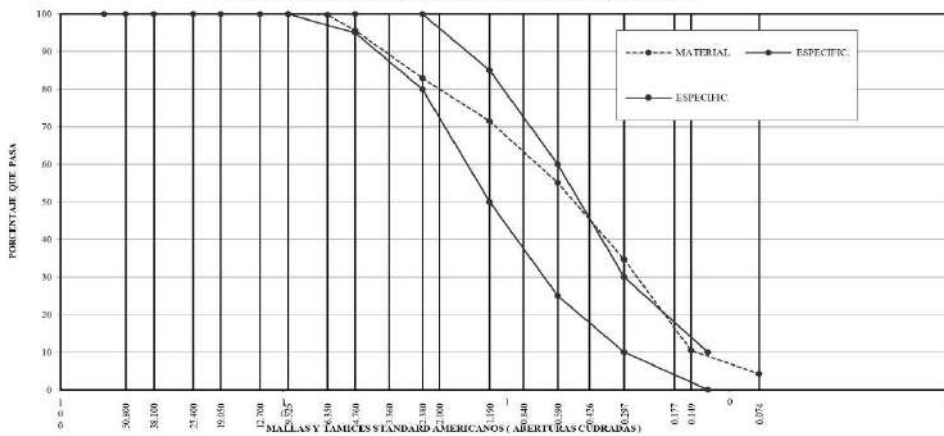
Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios »
Análisis y Ensayos de Materiales »
Diseño de Mezcla de Concretos Adalto en Frio y Caliente »
Análisis Químicos de Suelos y Agua »
Control de Calidad en Obras Civiles en General »
Alquiler de Equipos de Laboratorio »

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM C-136 - NTP 400.012

PROYECTO : "EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".
UNIVERSIDAD: SAN PABLO AREQUIPA
SOLICITANTE: Bachiller Eddy Gazal Huaquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos Ticona DNI: 76321971
CANTERA : CHIGUATA

FRACCIONES	MALLAS AMERICANA	ABERTURA EN M.M.	PESO RETENIDO	%	RETENIDO ACUMULADO	%	ESPECÍFICO QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
								ARENA GRUESA	ARENA FINA
FRACCIONES GRUESA	3"	76.200						MUESTRA N°	01
	2 1/2"	63.500						ANALIZADO POR	C. COAQUIRA E.
	2"	50.800						FECHA EN QUE SE ANALIZO	20/07/2023
	1 1/2"	38.100							
	1"	25.400							
	3/4"	19.050						PESO ORIGINAL	562,2
	1/2"	12.700						PESO LAVADO SECO	538,4
	3/8"	9.525				100,0	100	PASANTE TAMIZ #200 (%)	4,2
	1/4"	6.350	1,1	0,2	0,2	99,8		MÓDULO DE FINEZA	2,50
	Nº 4	4.750	23,3	4,1	4,3	95,7	95 - 100	PESO ESPECÍFICO	2,61
FRACCIONES FINA	Nº 6	3.350					80 - 100	% DE ABSORCIÓN	1,65
	Nº 8	2.350	71,6	12,7	17,1	82,9		PESO UNITARIO SUJETO	1,542
	Nº 10	2.000						% DE HUMEDAD	3,77
	Nº 16	1.190	64,1	11,4	28,5	71,5	50 - 85		
	Nº 20	0.840							
	Nº 30	0.590	92,2	16,4	44,9	55,1	25 - 60		
	Nº 40	0.426							
	Nº 50	0.297	115,1	20,5	65,4	34,6	10 - 30		
	Nº 80	0.177							
	Nº 100	0.149	136,1	24,2	89,6	10,4	2 - 10		
Nº 200	0.075	34,9	6,2	95,8	4,2				
Nº 250		23,8	4,2	100,0	-				

GRÁFICO DE GRADUACION DE LOS AGREGADOS



LABCO-465-2023

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL - CIP-317929

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

César Abel Aquino Choque
ING. CIVIL - CIP. 54642

URB. NUEVO PERU MZ. " O " -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615
Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -
coaquirahnos.lab.srl@gmail.com



COAQUIRA HNOS.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios »
Análisis y Ensayos de Materiales »
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frio y Caliente »
Análisis Químicos de Suelos y Agua »
Control de Calidad en Obras Civiles en General »
Alquiler de Equipos de Laboratorio »

PESO UNITARIO DEL AGREGADO
ASTM C-29 NTP 400.017

PROYECTO : "EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ALBANILERIA
UBICACIÓN : CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN
LA CIUDAD DE AREQUIPA".
UNIVERSIDAD : SAN PABLO AREQUIPA
SOLICITA : Bachiller Eddy Gazul Huaquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero
Montesinos Ticona DNI: 76321971
CANTERA ARENA: CHIGUATA
FECHA : 20/07/2023

1. PESO UNITARIO SUELTO ARENA

PESO DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (kg.)	9,327	9,365	9,306
PESO DEL RECIPIENTE (kg.)	6067	6067	6067
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	3260	3298	3239
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	2,118	2,118	2,118
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1,539	1,557	1,529
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		1,542	

2. PESO UNITARIO COMPACTADO ARENA

PESO DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (kg.)	9,748	9,764	9,713
PESO DEL RECIPIENTE (kg.)	6067	6067	6067
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	3681	3697	3646
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	2,118	2,118	2,118
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1,738	1,746	1,721
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		1,735	

Nota las muestras fueron entregadas al laboratorio por el solicitante

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL CIP-317929

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

César Abel Aquino Choque
ING. CIVIL - CIP 54642

URB. NUEVO PERU MZ." O" -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615
Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -
coaquirahnos.lab.srl@gmail.com

LABCO-465-2023



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios »
Análisis y Ensayos de Materiales »
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frio y Caliente »
Análisis Químicos de Suelos y Agua »
Control de Calidad en Obras Civiles en General »
Alquiler de Equipos de Laboratorio »

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

PROYECTO : "EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".
UNIVERSIDAD : SAN PABLO AREQUIPA
SOLICITA : Bachiller Eddy Gazul Huaquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos Ticona DNI: 76321971
CANTERA ARENA : CHIGUATA
FECHA : 22/07/2023

ASTM C-128 -NTP 400.022

AGREGADO FINO

IDENTIFICACION		AGREGADO FINO		
FIOLA N°		1		5
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (FN AIRE) gr.	500.0		500.0
B	PESO FRASCO + H2O gr.	654.4		550.2
C	PESO FRASCO + H2O + A gr.	1154.4		1050.2
D	PESO DEL MAT. + H2O EN EL FRASCO gr.	962.5		858.8
E	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = C-D	191.9		191.4
F	PESO MAT. SECO EN ESTUFA gr.	491.9		492.0
G	VOL. DE MASA = E - (A-F)	183.8		183.4
	P.e. BULK (BASE SECA) = F/E	2.56	2.57	2.57
	P.e. BULK (BASE SATURADA) = A/E	2.61		2.61
	P.e. APARENTE (BASE SECA) = F/G	2.68		2.68
	% de ABSORCION = ((A-F)/F) x 100	1.65	-1.64	1.64

Nota las muestras fueron entregadas al laboratorio por el solicitante

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL CIP-317929

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO

César Abel Aquino Choque
ING. CIVIL - CIP. 64642

URB. NUEVO PERU MZ." O" -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615
Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -
coaquirahnos.lab.srl@gmail.com

LABCO-465-2023

Anexo B5: Certificado del ensayo de resistencia a compresión f'_b , v'_m y f'_m



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios »
Análisis y Ensayos de Materiales »
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frio y Caliente »
Análisis Químicos de Suelos y Agua »
Control de Calidad en Obras Civiles en General »
Alquiler de Equipos de Laboratorio »

Informe N° 170- 0465 de Trabajo LABCO- LAC 24.08.23

A : Bachiller Eddy Gazul Huaquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos
Ticona DNI: 76321971

De : COAQUIRA HNOS. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto.

Asunto: Resultados de ensayo de laboratorio De Propiedades mecánicas f'_b , v'_m f'_m .

Fecha : Arequipa, 24 de agosto del 2023.


Tengo el agrado de dirigirme a Uds. Con el fin de entregarle adjunto al presente; los resultados de los ensayos mencionados en el Asunto.

Se realizó los siguientes ensayos para la obra: "EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA".

Adjunto cálculo de resultados, de los ensayos de laboratorio.

Es cuanto cumplo con informar a Uds. Para los fines del caso.

Atentamente


Carlos Alberto Coaquira Esquicha
G. Gral. de Laboratorio Coaquira Hnos.

COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

URB. NUEVO PERU MZ." O" -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615

Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -

coaquirahnos.lab.srl@gmail.com



COAQUIRA HNOS.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

- Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios
- Análisis y Ensayos de Materiales
- Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frio y Caliente
- Análisis Químicos de Suelos y Agua
- Control de Calidad en Obras Civiles en General
- Alquiler de Equipos de Laboratorio

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO
César Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL - CIP. 64642



LABCO-473-2023

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO
Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL CIP-317929

URB. NUEVO PERU MZ. "O" -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC: 20603264615
Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -
coaquirahnos.lab.srl@gmail.com



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO S.R.L.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios
Análisis y Ensayos de Materiales
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Tiro y Caliente
Análisis Químicos de Suelos y Agua
Control de Calidad en Obras Civiles en General
Alquiler de Equipos de Laboratorio

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE (f_b)
(NORMA NTP 335.621)

PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ALBAÑILERIA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.

UBICACIÓN : AREQUIPA

TESTISTAS : Bachiller Eddy Gazul Huesquisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos Ticona DNI: 76321971

DATOS ADICIONALES : UNIDADES DE ALBAÑILERIA

MUESTRA : ADICION DE LIPARITA AL 0%, 2%, 5%, 10%.

UNIDADES DE ALBAÑILERIA
LADRILLO CON ADICION DEL 0%

PROBETA (o) ELEMENTO	FECHA		ESPESOR (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	h/t	FACTOR DE CORRECCION	AREA (cm ²)	TIPO DE LADRILLO	CARGA APLICADA (Kgf)	RESISTENCIA CORREGIDA f _b (Kg/cm ²)	RESISTENCIA CORREGIDA f _b (Mpa)
	VACIADO	ROTURA										
M1	21/05/2023	24/08/2023	13.20	22.80	7.80	1.69	0.969	301.4	-	14680	48.78	47.27
M2	21/05/2023	24/08/2023	13.20	22.40	8.20	1.61	0.961	296	-	14510	49.07	47.16
M3	21/05/2023	24/08/2023	13.40	22.50	7.70	1.74	0.974	302	II	16800	55.72	53.32
M4	21/05/2023	24/08/2023	13.30	22.45	7.75	1.72	0.972	299	II	16780	56.20	54.62
M5	21/05/2023	24/08/2023	13.40	22.48	7.70	1.74	0.974	301	II	16280	54.04	52.64
PROMEDIO											51.19	5.02

LADRILLO CON ADICION DEL 2%

PROBETA (I)	21/05/2023	24/08/2023	13.00	21.00	7.50	1.73	0.973	273	-	13970	51.17	48.79
M1	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.00	7.60	1.72	0.972	288	II	15150	52.57	51.10
M2	21/05/2023	24/08/2023	13.00	22.20	8.00	1.63	0.963	289	-	14463	50.11	48.26
M3	21/05/2023	24/08/2023	13.00	22.50	7.70	1.69	0.969	293	II	16610	53.37	51.71
M4	21/05/2023	24/08/2023	13.00	21.00	7.65	1.70	0.970	273	II	15630	57.25	55.54
M5	21/05/2023	24/08/2023	13.10	21.00	7.65	1.70	0.970	273	II	15630	57.25	55.54
PROMEDIO											51.28	5.03

LADRILLO CON ADICION DEL 5%

PROBETA (II)	21/05/2023	24/08/2023	13.10	21.90	7.80	1.68	0.968	287	-	14920	52.01	50.34
M1	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.30	7.70	1.70	0.970	282	II	15680	54.70	53.06
M2	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.20	7.70	1.74	0.974	291	-	15575	53.56	51.95
M3	21/05/2023	24/08/2023	13.10	21.95	7.75	1.69	0.969	288	II	16585	57.68	56.89
M4	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.10	7.70	1.70	0.970	290	II	16770	57.93	56.19
M5	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.10	7.70	1.70	0.970	290	II	16770	57.93	56.19
PROMEDIO											53.49	5.25

LADRILLO CON ADICION DEL 10%

PROBETA (-)	21/05/2023	24/08/2023	13.00	22.00	7.80	1.67	0.967	286	-	14320	50.07	48.42
M1	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.00	7.70	1.70	0.970	288	II	15452	53.62	52.01
M2	21/05/2023	24/08/2023	13.00	22.00	7.50	1.73	0.973	286	II	16269	56.88	55.35
M3	21/05/2023	24/08/2023	13.00	22.00	7.50	1.73	0.973	286	II	16685	58.34	56.76
M4	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.10	7.75	1.69	0.969	290	II	16450	56.92	55.06
M5	21/05/2023	24/08/2023	13.10	22.10	7.75	1.69	0.969	290	II	16450	56.92	55.06
PROMEDIO											53.62	5.26

COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
César Abel Aquino Choque
ING. CIVIL - CIP 64642

Carlos Alberto Cosquira Esquicha
ING. CIVIL, CIP-317929

LABCO-473-2023

URB. NUEVO PERU MZ. " O " -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC:
20603264615

Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -



COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE MEZCLA DE STEELAS, CONCRETO Y ASFALTO S.A.S.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios
Análisis y Ensayos de Materiales
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Frio y Caliente
Análisis Químicos de Suelos y Agua
Control de Calidad en Obras Civiles en General
Alquiler de Equipos de Laboratorio

ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES (V'm)
(NORMA NTP 398 621)

PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ALBANILERIA CON ADICION DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES
PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.

UBICACION : AREQUIPA
Bachiller Eddy Gazul Huaculisto Portillo DNI: 73712221 - Bachiller Angie Luero Montesinos Ticona DNI: 76321971

TESTISTAS : ADICION DE LIPARITA AL 0%, 2%, 5%, 10%.

DATOS ADICIONALES : LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA

MUESTRA : LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA

PROBETA (o)	ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	ESPESOR (mm)	LARGO (mm)	ALTURA (mm)	DIAGONAL (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA APLICADA (N)	ESFUERZO CORTANTE V'm (Mpa)
		ASENTADO	ROTURA								
M1		26/07/2023	23/08/2023	28	131.50	650.00	650.00	920.00	854.75	308323	2.55
M2		26/07/2023	23/08/2023	28	131.50	650.00	600.80	855.00	82240	210648	1.81
M3		26/07/2023	23/08/2023	28	131.50	650.00	613.50	845.50	83075	265958	2.26

PROBETA (I)	ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	ESPESOR (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	DIAGONAL (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA APLICADA (N)	ESFUERZO CORTANTE V'm (Mpa)
		VACIADO	ROTURA								
M1		26/07/2023	23/08/2023	28	131.00	599.30	595.50	836.50	78521	244677	2.20
M2		26/07/2023	23/08/2023	28	131.00	616.00	605.50	854.60	80008	283996	2.33
M3		26/07/2023	23/08/2023	28	132.00	610.00	596.40	846.00	79820	287631	2.55

PROBETA (II)	ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	ESPESOR (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	DIAGONAL (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA APLICADA (N)	ESFUERZO CORTANTE V'm (Mpa)
		VACIADO	ROTURA								
M1		27/07/2023	24/08/2023	28	130.50	587.30	597.00	837.00	77948	258681	2.36
M2		27/07/2023	24/08/2023	28	132.00	613.90	613.50	861.50	81035	216630	1.89
M3		27/07/2023	24/08/2023	28	131.00	607.80	605.10	857.50	79822	326309	2.92

PROBETA (-)	ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	ESPESOR (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	DIAGONAL (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA APLICADA (N)	ESFUERZO CORTANTE V'm (Mpa)
		VACIADO	ROTURA								
M1		27/07/2023	24/08/2023	28	130.50	602.00	600.20	850.70	78561	267331	2.41
M2		27/07/2023	24/08/2023	28	134.50	695.30	607.50	864.50	81413	292338	2.54
M3		27/07/2023	24/08/2023	28	130.20	605.40	605.40	841.50	79823	260368	2.34

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE MEZCLA DE STEELAS, CONCRETO Y ASFALTO

Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL - CIP-317929

COAQUIRA Hnos.
LABORATORIO DE MEZCLA DE STEELAS, CONCRETO Y ASFALTO
César Abel Coaquira Coaque
ING. CIVIL - CIP 64642

LABCO-473-2023

URB. NUEVO PERU MZ. " O " -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC:
20603264615

Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -



COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO S.A.S.

Estudio de Suelos para Carreteras, Puentes y Edificios
Análisis y Ensayos de Materiales
Diseño de Mezcla de Concretos Asfalto en Tiro y Caliente
Análisis Químicos de Suelos y Agua
Control de Calidad en Obras Civiles en General
Alquiler de Equipos de Laboratorio

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL (Fm)
(NORMA NTP 339 521)

PROYECTO : EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.
UBICACIÓN : AREQUIPA
TESISTAS : Bachiller Eddy Gazul Huarquiolo Portillo DNI: 73172221 - Bachiller Angie Lucero Montesinos. Ticonet DNI: 70321971
DATOS ADICIONALES : PILAS DE ALBAÑILERÍA
MUESTRA : MUESTRA PATRON

**3 PILAS ENSAYADAS A COMPRESIÓN AXIAL:
LADRILLO CON ADICIÓN DEL 0%**

PROBETA (0)	ELEMENTO	FECHAVAGIADO	FECHAROTURA	EDAD DIAS	h(mm)	L(mm)	h(mm)	A(cm2)	hvt	Facil/Correc	Carga(KN)	Prom. (KN)	Kgf	f _m (Kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (Mpa)	D(%)
P1-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	221	277	292	2.10	1.006	104.8502	101.68	10890	36.66	36.97	3.63	5.01
P2-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	133	223	297	297	2.08	1.006	95.5048	101.68	9776	32.56	33.16	3.25	
P3-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	223	277	294	2.10	1.006	104.9394	101.68	10653	35.19	36.48	3.56	

LADRILLO CON ADICIÓN DEL 2%

PROBETA (1)	ELEMENTO	FECHAVAGIADO	FECHAROTURA	EDAD DIAS	h(mm)	L(mm)	h(mm)	A(cm2)	hvt	Facil/Correc	Carga (KN)	Prom. (KN)	Kgf	f _m (Kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (Mpa)	D(%)
P4-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	222	272	293	2.06	1.006	108.5548	110.47	11077	37.80	37.86	3.73	
P5-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	131	221	273	290	2.08	1.006	103.2896	110.47	11152	38.52	38.75	3.80	2.45
P6-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	221	288	292	2.16	1.014	113.9524	110.47	11888	39.72	40.28	3.95	

LADRILLO CON ADICIÓN DEL 5%

PROBETA (11)	ELEMENTO	FECHAVAGIADO	FECHAROTURA	EDAD DIAS	h(mm)	L(mm)	h(mm)	A(cm2)	hvt	Facil/Correc	Carga (KN)	Prom. (KN)	Kgf	f _m (Kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (Mpa)	D(%)
P7-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	221	281	292	2.13	1.010	164.45	168.29	13774	47.22	47.66	4.68	
P8-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	131	223	280	292	2.14	1.014	170.52	168.29	13346	45.69	46.33	4.54	1.98
P9-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	130	223	284	290	2.16	1.014	169.90	168.29	13863	47.82	48.40	4.76	

LADRILLO CON ADICIÓN DEL 10%

PROBETA (1)	ELEMENTO	FECHAVAGIADO	FECHAROTURA	EDAD DIAS	h(mm)	L(mm)	h(mm)	A(cm2)	hvt	Facil/Correc	Carga (KN)	Prom. (KN)	Kgf	f _m (Kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (kgf/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO Fm (Mpa)	D(%)
P10-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	223	284	294	2.15	1.012	174.28	174.75	13877	46.46	47.02	4.61	
P11-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	131	223	282	292	2.15	1.012	171.86	174.75	14318	49.01	49.60	4.86	1.91
P12-3H		27/07/2023	24/08/2023	28	132	223	281	294	2.13	1.010	175.30	174.75	13520	45.93	46.39	4.56	

COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Jueves, 24 de agosto de 2023

COAQUIRA HNOS.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ING. CIVIL - CIP: 64642

Carlos Alberto Coaquira Esquicha
ING. CIVIL CIP-317929

LABCO-473-2023

URB. NUEVO PERU MZ. " O " -LT. 7 DISTRITO DE PAUCARPATA - AREQUIPA RUC:
20603264615

Teléfono: 054 466587 Celular : 959128655 - 986373245 correo: Coaquira_cace@hotmail.com -

Anexo C1: Análisis de costos

Listado de Insumos

Proyecto EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Sub Presupuesto **01 - PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 0% DE LIPARITA**
Ciente ANGIE MONTESINOS TICONA Y EDDY HUAQUISTO PORTILLO
Ubicación AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a : Octubre - 2023**

IU Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
<u>MANO DE OBRA</u>					
47 00009	PEON	HH	0.01	18.75	0.19
					0.19
<u>MATERIALES</u>					
04 07010	ARCILLA	kg	1.06	0.17	0.18
04 07008	ARENA	kg	0.60	0.10	0.06
04 07011	TIERRA AMARILLA	kg	0.62	0.10	0.06
05 07014	AGUA	M3	0.003	3.50	0.01
					0.31
<u>EQUIPO</u>					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			0.01
					0.01
COSTO DIRECTO					0.51

Son : CERO CON 00/100 SOLES

Listado de Insumos

Proyecto EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Sub Presupuesto **02 - PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 2% DE LIPARITA**
Ciente ANGIE MONTESINOS TICONA Y EDDY HUAQUISTO PORTILLO
Ubicación AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a : Octubre - 2023**

IU Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
<u>MANO DE OBRA</u>					
47 00009	PEON	HH	0.01	18.75	0.19
					0.19
<u>MATERIALES</u>					
04 07010	ARCILLA	kg	1.00	0.17	0.17
04 07008	ARENA	kg	0.59	0.10	0.06
04 07011	TIERRA AMARILLA	kg	0.61	0.10	0.06
05 07014	AGUA	M3	0.003	3.50	0.01
05 07012	LIPARITA TRITURADA	kg	0.02	0.90	0.02
					0.32
<u>EQUIPO</u>					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			0.01
					0.01
COSTO DIRECTO					0.52

Son : CERO CON 00/100 SOLES

Listado de Insumos

Proyecto EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Sub Presupuesto **03 - PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 5% DE LIPARITA**

Cliente ANGIE MONTESINOS TICONA Y EDDY HUAQUISTO PORTILLO

Ubicación AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a : Octubre - 2023**

IU Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
<u>MANO DE OBRA</u>					
47 00009	PEON	HH	0.01	18.75	0.19
					0.19
<u>MATERIALES</u>					
04 07010	ARCILLA	kg	1.00	0.17	0.17
04 07008	ARENA	kg	0.59	0.10	0.06
04 07011	TIERRA AMARILLA	kg	0.61	0.10	0.06
05 07014	AGUA	M3	0.003	3.50	0.01
05 07012	LIPARITA TRITURADA	kg	0.07	0.90	0.06
					0.36
<u>EQUIPO</u>					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			0.01
					0.01
COSTO DIRECTO					0.56

Son : CERO CON 00/100 SOLES

Listado de Insumos

Proyecto EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Sub Presupuesto **04 - PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 10% DE LIPARITA**

Cliente ANGIE MONTESINOS TICONA Y EDDY HUAQUISTO PORTILLO

Ubicación AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a : Octubre - 2023**

IU Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
<u>MANO DE OBRA</u>					
47 00009	PEON	HH	0.01	18.75	0.19
					0.19
<u>MATERIALES</u>					
04 07010	ARCILLA	kg	0.94	0.17	0.16
04 07008	ARENA	kg	0.59	0.10	0.06
04 07011	TIERRA AMARILLA	kg	0.61	0.10	0.06
05 07014	AGUA	M3	0.003	3.50	0.01
05 07012	LIPARITA TRITURADA	kg	0.13	0.90	0.12
					0.41
<u>EQUIPO</u>					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			0.01
					0.01
COSTO DIRECTO					0.61

Son : CERO CON 00/100 SOLES

Resumen del Presupuesto

Proyecto EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CON ADICIÓN DE LIPARITA EN LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Cliente ANGIE MONTESINOS TICONA Y EDDY HUAQUISTO PORTILLO

Departamento AREQUIPA

Provincia AREQUIPA

Distrito AREQUIPA

Costo a : Octubre - 2023

Item	Descripción Sub presupuesto	Costo Directo
01	PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 0% DE LIPARITA	0.51
02	PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 2% DE LIPARITA	0.52
03	PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 5% DE LIPARITA	0.56
04	PREPARACION DE UNIDADES DE LADRILLO DE ALBAÑILERIA CON ADICION DE 10% DE LIPARITA	0.61
SUB TOTAL COSTO DIRECTO		2.20
		Mano de Obra 0.76
		Materiales 1.40
		Equipo 0.04
COSTO DIRECTO		2.20

Son : CERO CON 00/100 SOLES

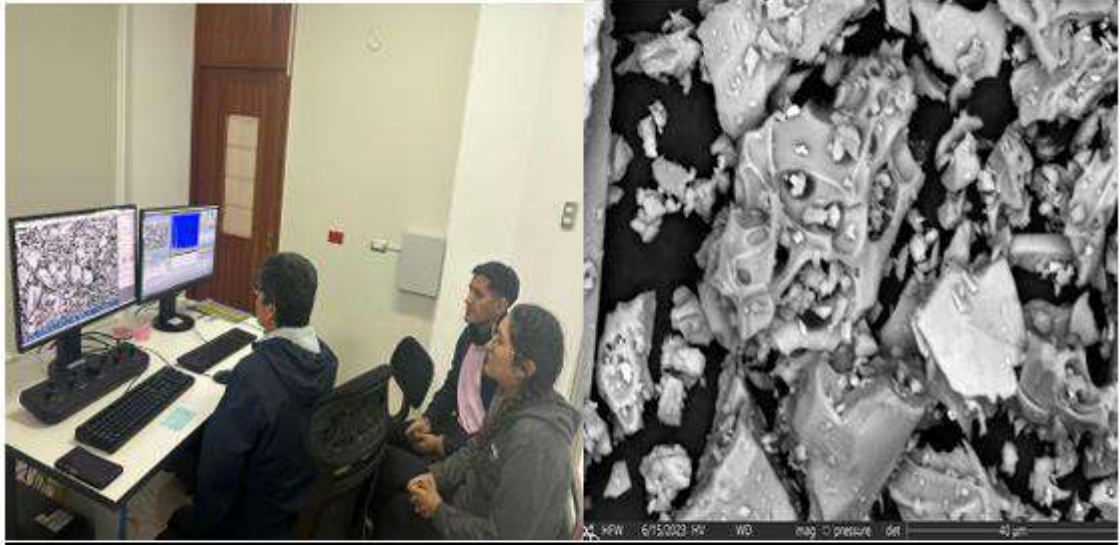
Anexo D1: Panel fotográfico



DESCRIPCIÓN: Se realizó la visita a tres canteras de liparita ubicados 1. Planicie de San Antonio Paucarpata 239545.6560E, 8184125.493N 2). Carretera hacia Chiguata 240617.5580E, 8185185.320N 3). carretera hacia la plaza de Chiguata 242662.9830E, 8184680.712N, esta imagen pertenece a la Cantera 3.



DESCRIPCIÓN: La arcilla extraída de la cantera los Ornillos Yarabamba 240861.74E 8165770.95S, puesta en ladrillera...



DESCRIPCIÓN: Se realizó el ensayo de microscopía electrónica de barrido en el laboratorio de la UNSA, a muestras inalteradas de arcilla y liparita para obtener las propiedades químicas de los mismos.



DESCRIPCIÓN: Proceso de dosificación de materiales para arcilla y liparita según cada grupo de prueba con la adición correspondiente de liparita molida para cada Porcentaje X₀, X₂, X₅, X₁₀.



DESCRIPCIÓN: Proceso de Mezclado de Materiales entre arcilla, porcentaje de liparita, arena y agua hasta llegar a una homogeneidad y que la mezcla sea moldeable, se realizo este proceso para los cuatro grupos de prueba G₀, G₂, G₅, G₁₀.



DESCRIPCIÓN: Proceso de Moldeo en gaveras metalicas, se realizo el moldeo para los cuatro grupos de prueba G₀, G₂, G₅, G₁₀, así mismo se identifico cada grupo de muestra con una marca para diferenciarlos entre sí.



DESCRIPCIÓN: Proceso de Secado a cielo abierto, se realizó el moldeo para los cuatro grupos de prueba G₀, G₂, G₅, G₁₀, así mismo se identificó cada grupo de muestra con una marca para diferenciarlos entre sí.



DESCRIPCIÓN: Una vez secado se realiza, el perfilado de los ladrillos y se gira el ladrillo para el correcto proceso de secado.



DESCRIPCIÓN: Proceso de perfilado y apilado de los ladrillos para el correcto secado de los mismo.



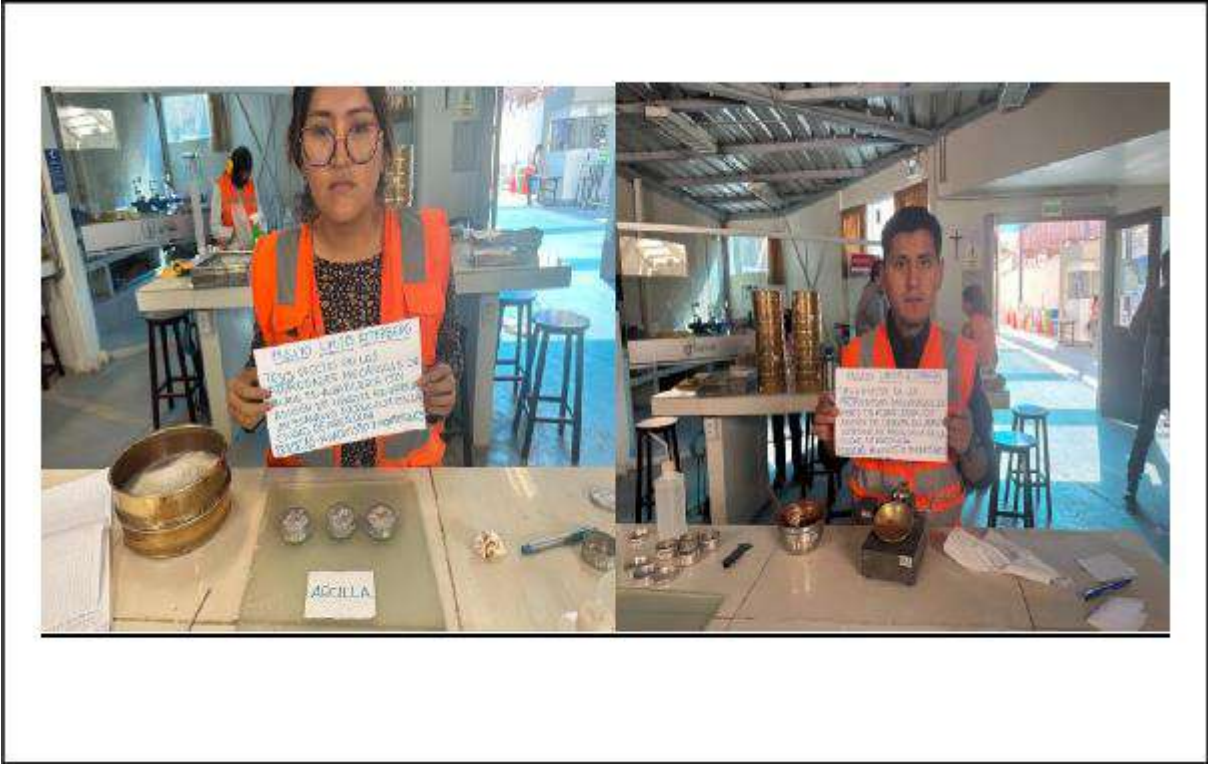
DESCRIPCIÓN: Cocción de los ladrillos, este proceso dura una periodo para la correcta cocción de los ladrillos a una temperatura constante para la uniformidad de los mismo ladrillos.



DESCRIPCIÓN: Enfriamiento de los ladrillos y traslado de los mismo al laboratorio de la UCSP y COAQUIRA EIRL.



DESCRIPCIÓN: Se realizó el ensayo de granulometría por lavado para arcillas y granulometría estándar para la liparita molida, así mismo se realizó el ensayo de contenido de humedad para ambas muestras.



DESCRIPCIÓN: Se realizó los ensayos de variación dimensional y alabeo a muestra representativas según la norma NTP 399.613.



DESCRIPCIÓN: Se realizó el ensayo de absorción a muestras representativas según la norma NTP 399.613



DESCRIPCIÓN: Se realiza la saturación de las unidades de albañilería según norma NTP 399.613. durante 24 horas.



DESCRIPCIÓN: Se realizó el diseño de mortero para luego preparar la mezcla para el asentado de los ladrillos.



DESCRIPCIÓN: Se realiza el asentado de las pilas y muretes con mortero según el diseño de mezclas.



DESCRIPCIÓN: Se realizó el asentado de ladrillos para el ensayo de compresión diagonal respetando la norma E.070.



DESCRIPCIÓN: Se realizó una capa de diablo fuerte para las unidades de albanilería en ambas caras para que la carga sea uniforme, se procede a medir las dimensiones de las unidades de albanilería con una capa de diablo fuerte y las dimensiones de las pilas de albanilería con medidas promedio según sus lados.



DESCRIPCIÓN: Se procede a medir también los 12 muretes con datos promedios según sus lados para proceder a realizar la compresión diagonal a la unidad de murete.



DESCRIPCIÓN: Se realizó el ensayo de compresión simple a la unidad de albanilería con una capa de diablo fuerte para uniformizar la carga según NTP 399.604.



DESCRIPCIÓN: Se realizó un ensayo de compresión axial a las pilas de albañilería a una edad de 28 días según NTP399.605.



DESCRIPCIÓN: Se realizó el ensayo de compresión diagonal a los muretes de albañilería a una edad de 28 días según NTP 399.621.