

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CERÁMICOS CAJAMARCA (SHUDAL) Y CERÁMICOS LARK (LAMBAYEQUE) EN RELACIÓN A LA NORMA TÉCNICA E.070 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. CUBAS DÍAZ YOEL

ASESOR:

Dr. Ing. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS

CAJAMARCA - PERÚ

2023



CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CERÁMICOS CAJAMARCA (SHUDAL) Y CERÁMICOS LARK (LAMBAYEQUE) EN RELACIÓN A LA NORMA TÉCNICA E.070 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**, realizada por el Bachiller en Ingeniería Civil **Yoel Cubas Díaz** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas con el software antiplagio Urkund que indica **15% (quince por ciento)** de índice de similitud, asignándole el código D173331673.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 04 de setiembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dra. Yvonne Katherine Fernández León
DIRECTORA

Cc.
Archivo
c10323yc

DEDICATORIA

A Dios por darle sentido a mi vida, orientarme siempre por el sendero del buen camino, darme la vitalidad para alcanzar cada uno de mis sueños y anhelos.

Con amor y cariño a mis padres Carlos Cubas y Zenaida Díaz, por su gran sacrificio y apoyo incondicional que me brindan cada día.

A mis hermanos Yaneth, Darlyn y Hames; de igual manera a mi abuelita Delia. A cada uno de ellos los aprecio mucho por compartir mis aciertos y desatinos en la vida, y siempre enseñarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por guiar mis pasos, darme la fuerza espiritual para ser perseverante, brindarme en todo momento la fortaleza necesaria para cumplir cada uno de mis objetivos, por otorgarme salud y esperanza para continuar día a día. A mi familia por su constante ayuda incondicional que me permite permanecer en pie de lucha y poder seguir adelante.

A la Universidad Nacional de Cajamarca - Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil y a cada uno de los docentes que se involucraron en mi formación profesional y haberme brindado valiosos conocimientos.

Quiero expresar un profundo agradecimiento a mi asesor Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas, por su apoyo moral y oportuna motivación en mi formación profesional y durante el desarrollo de la presente investigación.

Finalmente quiero agradecer a mi cumpa Jhóssender Irigoín, amigos, familiares y todas las personas que colaboraron en este trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Alcances De La Investigación.	3
1.5. Justificación de la Investigación.....	3
1.6. Delimitaciones y Limitaciones De La Investigación.....	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación.....	5
2.2. Marco Normativo Peruano	8
2.3. Bases Teóricas	9
2.4. Definición De Términos Básicos.....	19
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO.....	20
3.1. Materiales y Equipos.	20
3.2. Metodología.....	21
3.3. Procedimiento de la investigación.	24
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	36
4.1. Ensayos clasificatorios en las unidades de albañilería	36
4.2. Ensayos no clasificatorios en las unidades de albañilería	39
4.3. Prismas de albañilería	41
4.4. Contrastación de la hipótesis	47
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1. Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	50
ANEXO 1.0. ENSAYOS CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	52

ANEXO 2.0. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	57
ANEXO 3.0. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO.....	59
ANEXO 4.0. DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO.....	64
ANEXO 5.0. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERÍA Y CRITERIOS DE FALLA.....	68
ANEXO 6.0. FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO.....	76
ANEXO 7.0. PANEL FOTOGRÁFICO.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Tabla 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	14
Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	15
Tabla 3. Factores de corrección f^m por esbeltez	18
Tabla 4. Número de muestras según la NTP 331.019	23
Tabla 5. Número de especímenes por cada ladrillera.....	23
Tabla 6. Resultados de Variación dimensional del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	36
Tabla 7. Resultados de Variación dimensional del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca.....	37
Tabla 8. Resultados de albeo del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	37
Tabla 9. Resultados de albeo del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	37
Tabla 10. Resultados de compresión simple del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	38
Tabla 11. Resultados de compresión simple del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	39
Tabla 12. Resultados de succión del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	40
Tabla 13. Resultados de succión del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	40
Tabla 14. Resultados de absorción del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	40
Tabla 15. Resultados de absorción del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	41
Tabla 16. Resultados de la compresión axial en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	41
Tabla 17. Resultados de la compresión axial en pilas del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca.....	42
Tabla 18. Módulo de elasticidad teórico en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	43
Tabla 19. Módulo de elasticidad real en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	43
Tabla 20. Módulo de elasticidad teórico en pilas del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca.....	43
Tabla 21. Módulo de elasticidad real en pilas del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca.....	44
Tabla 22. Resultados del peso volumétrico en muros del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	44

Tabla 23. Resultados del peso volumétrico en muros del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	45
Tabla 24. Resultados de la compresión diagonal en muros del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	45
Tabla 25. Resultados de la compresión diagonal en muros del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	46
Tabla 26. Resultados de la resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 7 días	46
Tabla 27. Resultados de la resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 28 días	46
Tabla 28. Variación dimensional del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	52
Tabla 29. Variación dimensional del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	53
Tabla 30. Alabeo del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	54
Tabla 31. Alabeo del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca.....	54
Tabla 32. Compresión simple del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	55
Tabla 33. Compresión simple del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	56
Tabla 34. Succión del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark	57
Tabla 35. Succión del King Kong 18 huecos, de ladrillos.....	57
Tabla 36. Absorción del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	58
Tabla 37. Absorción del King Kong 18 huecos, de ladrillos	58
Tabla 38. Análisis granulométrico del agregado fino- Ensayo N°01	59
Tabla 39. Análisis granulométrico del agregado fino- Ensayo N°02	59
Tabla 40. Análisis granulométrico del agregado fino- Ensayo N°03	60
Tabla 41. Módulo de finura del Agregado Fino	60
Tabla 42. Peso específico del agua.....	62
Tabla 43. Factor <i>f</i> del molde para el peso unitario del agregado fino.	62
Tabla 44. Peso unitario seco suelto del agregado fino.	62
Tabla 45. Peso unitario seco compactado o varillado del agregado fino.	63
Tabla 46. Peso específico del Agregado Fino.	63
Tabla 47. Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino.	64
Tabla 48. Contenido de humedad del agregado fino.....	64
Tabla 49. Compresión axial de especímenes cilíndricos de mortero, a la edad de 7 días.	67
Tabla 50. Compresión axial de especímenes cilíndricos de mortero, a la edad de 28 días.....	67
Tabla 51. Resistencia de compresión axial en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	68
Tabla 52. Resistencia de compresión axial en pilas del King Kong 18 huecos, de cerámicos Cajamarca	68
Tabla 53. Área y alto en pilas del King Kong de 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	69
Tabla 54. Deformación unitaria y esfuerzo en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark.....	69
Tabla 55. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo en pilas de ladrillo King Kong de 18 huecos, de Cerámicos Lark	71
Tabla 56. Área y alto en pilas de ladrillo King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	71
Tabla 57. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo en pilas de ladrillo de King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	71
Tabla 58. Deformación unitaria y esfuerzo en pilas del King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca	72

Tabla 59. <i>Peso volumétrico en muretes del ladrillo King Kong de 18 huecos, de cerámicos Lark</i>	74
Tabla 60. <i>Peso volumétrico en muretes del ladrillo King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca</i>	74
Tabla 61. <i>Ensayo a la resistencia de corte en muretes de Cerámicos Lark</i>	74
Tabla 62. <i>Ensayo a la resistencia de corte en muretes de Cerámicos Cajamarca</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. <i>Medida de concavidad y convexidad en el ladrillo</i>	12
Figura 2. <i>Prisma (pila) estándar para el ensayo de compresión</i>	17
Figura 3. <i>Tipo de fallas de un espécimen (murete)</i>	19
Figura 4. <i>Fábrica industrial de Cerámicos Lark</i>	21
Figura 5. <i>Fábrica Semiindustrial de Cerámicos Cajamarca.</i>	21
Figura 6. <i>Curvas de distribución granulométrica del agregado fino y huso granulométrico</i>	61
Figura 7. <i>Gráfico de esfuerzo Vs. Deformación unitaria en pilas del ladrillo King Kong de 18 huecos, de Cerámicos Lark</i>	70
Figura 8. <i>Gráfico de esfuerzo Vs. Deformación unitaria en pilas del ladrillo King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca</i>	73
Figura 9. <i>Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería</i>	77
Figura 10. <i>Curado de muretes de albañilería</i>	77
Figura 11. <i>Ensayo de contenido de humedad, análisis granulométrico, peso unitario, peso específico y absorción del agregado fino</i>	78
Figura 12. <i>Ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200</i>	78
Figura 13. <i>Mezclado, ensayo de Slump y elaboración de especímenes de mortero</i>	79
Figura 14. <i>Ensayo de variación dimensional de cerámicos Lark</i>	79
Figura 15. <i>Ensayo de variación dimensional de cerámicos Cajamarca</i>	80
Figura 16. <i>Ensayo de alabeo</i>	80
Figura 17. <i>Refrendado de unidades de albañilería</i>	81
Figura 18. <i>Ensayo de compresión simple de unidades de albañilería</i>	81
Figura 19. <i>Ensayo de succión</i>	82
Figura 20. <i>Secado de las unidades de albañilería para el ensayo de absorción</i>	82
Figura 21. <i>Ensayo de absorción</i>	83
Figura 22. <i>Construcción de los prismas de albañilería</i>	83
Figura 23. <i>Refrendado de los prismas de albañilería</i>	84
Figura 24. <i>Registro de largo, ancho y alto de los prismas de albañilería</i>	84
Figura 25. <i>Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería</i>	85
Figura 26. <i>Elaboración de muertes de albañilería</i>	85
Figura 27. <i>Asesor, asesorado, técnico de laboratorio y personal de apoyo</i>	86
Figura 28. <i>Falla por tensión diagonal en el murete 1, de cerámicos Cajamarca</i>	86
Figura 29. <i>Falla por tensión diagonal en el murete 3 y 4, de cerámicos Cajamarca</i>	87
Figura 30. <i>Falla de los muretes de cerámicos Lark</i>	87

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo, estudiar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque) tomando como base la norma técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. En la metodología se consideró las Normas Técnicas Peruanas; NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613, NTP 399.621 y E.070 del RNE; normas encargadas de la selección de muestras, ensayos de especímenes y clasificación según el tipo de unidad de albañilería destinada para fines estructurales. Se obtuvo como resultado; que las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería producidas por cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque) cumplen con los requisitos clasificatorios establecidos para unidades de albañilería del Tipo II. Concluyendo que los ladrillos de cerámicos Lark y cerámicos Cajamarca son de Tipo II.

Palabras clave: Estudio, propiedades físico-mecánicas, unidad de albañilería, Norma Técnica E.070.

ABSTRACT

The objective of this study is to study the physical-mechanical properties of ceramic Cajamarca (Shudal) and Lark (Lambayeque) ceramic masonry units based on the technical standard E.070 of the National Building Regulations. In the methodology, the Peruvian Technical Standards were considered; NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613, NTP 399.621 and E.070 of the RNE; norms in charge of the selection of samples, tests of specimens and classification according to the type of masonry unit destined for structural purposes. It was obtained as a result; that the physical-mechanical properties of the masonry units produced by Cajamarca ceramics (Shudal) and Lark ceramics (Lambayeque) meet the classification requirements established for Type II masonry units. Concluding that the Lark ceramic and Cajamarca ceramic bricks are Type II.

Keywords: Study, physical-mechanical properties, masonry unit, Technical Standard E.070.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización

Las unidades de albañilería son la materia básica para la construcción de edificios de albañilería. Se compone de diversas materias primas como; arcilla, concreto de cemento portland y mezcla de sílice con cal son las principales. Los ladrillos se forman mediante el moldeo empleando en combinación con diferentes procedimientos de compactación, o por extrusión. Finalmente, se producen en condiciones extremadamente disímiles: en modernas fábricas bajo un riguroso control industrial o en limitadas canchas muchas veces provisionales, incluso en la misma obra en la que será utilizada, mediante técnicas básicas y sin ningún control de calidad. Es por eso, que la forma, tipos, dimensiones y pesos de las diferentes unidades presenten una ilimitada variedad, y que la calidad de las unidades medida por el valor y por el coeficiente de sus propiedades significativas cubra toda la categoría desde pésimo hasta excelente. (Gallegos & Casabonne, 2005)

La fabricación de ladrillos de manera semi-industrial, no sigue un riguroso control al momento de su producción comparados con unidades fabricadas de manera industrial; la producción del ladrillo industrial se lo realiza con maquinaria y hornos sofisticados que permiten llevar un control de temperatura en la fase de cocción en cambio la producción semi-industrial incluye procedimientos manuales, uso de maquinaria elemental y hornos no sofisticados. (Abanto, 2017)

1.1.2. Descripción del problema

En la región de Cajamarca, distrito de Cajamarca se encuentran empresas productoras de ladrillos las cuales se dedican a la elaboración de diferentes tipos de ladrillos para la construcción, el ladrillo casi no es elaborado de forma adecuada y respetando los criterios establecidos en las normas técnicas peruanas respecto a su calidad.

En la ciudad de Cajamarca el ladrillo es uno de los materiales más utilizados en la construcción de edificaciones principalmente en muros portantes, parapetos o tabiques, albañilería confinada, etc. La comercialización de ladrillos en la ciudad de Cajamarca y lugares aledaños en su mayoría son los que se producen de manera artesanal, semi-industrial y pocas veces son ladrillos industriales. Muchas personas adquieren estos materiales propios del lugar para la construcción de sus viviendas debido a que tienen bajo costo o no cuentan con un asesoramiento adecuado; esto provoca que sus construcciones no tengan la calidad requerida, ni el tiempo de vida esperado; además estas construcciones no serían las más resistentes en caso de sismos, lo que pondría en riesgo la integridad de las personas que habitaran en ellas.

1.1.3. Formulación del problema.

El tema objeto de la presente investigación se puede sintetizar en la siguiente interrogante:

¿Cuál es la calidad de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos lark (Lambayeque) según los estándares establecidos en la Norma Técnica Peruana E.070?

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis general

Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque); cumplen los requisitos y exigencias mínimas de la norma técnica E. 070 del reglamento nacional de edificaciones

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque) en relación a la norma técnica E.070 del reglamento nacional de edificaciones.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación dimensional, resistencia a la compresión y alabeo de las unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque) según la norma NTP.399.613 y NTP.399.604.
- Comparar los resultados de compresión simple, variación dimensional y alabeo con la Norma Técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Determinar la succión y absorción de las unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque) según la norma NTP.399.613 y NTP.399.604.

1.4. Alcances De La Investigación.

Debido a la demanda de ladrillos por el incremento del sector construcción se hace conocer a las instituciones públicas, privadas y población de Cajamarca sobre la calidad de las unidades producidas de manera semi-industrial por cerámicos Cajamarca y la calidad de las unidades comercializadas en la ciudad de Cajamarca producidas industrialmente por cerámicos Lark. Especialmente el ladrillo King Kong de 18 huecos.

La presente investigación brinda información acerca de las propiedades físico-mecánicas de las unidades producidas por cerámicos Cajamarca (Shudal); perteneciente al distrito y provincia de Cajamarca y cerámicos Lark (Lambayeque) comercializados en la ciudad de Cajamarca, determinando si cumplen los requisitos y exigencias mínimas de la Norma Técnica E.070.

1.5. Justificación de la Investigación

El presente trabajo determina si los ladrillos King Kong de 18 huecos fabricados por Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark cumplen los estándares de calidad fijados en la Norma Técnica Peruana E.070 y son recomendables para fines estructurales.

1.6. Delimitaciones y Limitaciones De La Investigación.

1.6.1. Delimitaciones

La investigación incluirá utilización de los siguientes materiales.

- Ladrillos King Kong de 18 huecos provenientes de cerámicos Cajamarca pertenecientes al distrito, provincia y departamento de Cajamarca
- Ladrillos King Kong de 18 huecos de cerámicos Lark perteneciente a la provincia y departamento de Lambayeque
- Cemento Portland Tipo I Pacasmayo de la norma ASTM C-150 para la preparación del mortero
- Agregado fino de origen fluvial para la preparación de mortero proveniente de la cantera: “Doña Ramona”

1.6.2. Limitaciones

- El uso de la unidad de albañilería para fines estructurales se limita solamente para la construcción de muros confinados de 1 a 3 pisos de acuerdo a la norma E.070, por ser un ladrillo solido industrial y encontrarse en la zona sísmica 3.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Puentes (2021), en su tesis denominada “*Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia*” realizada en el departamento del Valle del Cauca – Colombia, el autor tenía como finalidad realizar un análisis comparativo de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo, procedentes de un conjunto de ladrilleras de producción a pequeña escala. Para dicha evaluación tomo como parámetros de calidad los establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205), de la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas logró determinar que para uso estructural ninguna de las ladrilleras en estudio cumple en su totalidad con este parámetro, adicionalmente a ello se obtuvieron valores muy dispersos entre sí; para uso no estructural, encontró que el 100% de los ladrillos ensayados cumplen con los valores mínimos establecidos.

Martínez (2018), en su tesis “*Influencia del empleo de ladrillo artesanal de Guayaquil en el comportamiento sísmico de edificaciones de albañilería confinada de mediana altura*” realizada en Guayaquil - Colombia, planteó proyectar un edificio con albañilería confinada empleando ladrillo artesanal y comprender su comportamiento sísmico. Para cumplir con su objetivo, utilizó el programa Etabs e idealizo tres edificaciones ubicadas en diferentes perfiles de suelo de la ciudad. Previo al modelado realizó un pre dimensionamiento y determino la cantidad de muros necesarios en cada sentido. Con el modelado verifico los máximos desplazamientos, control de deriva, masas participativas y modos de vibrar de la estructura; adicionalmente en base al análisis sísmico de las edificaciones planteadas, el modo de vibrar de las estructuras influyo directamente en las magnitudes de los esfuerzos demandantes de corte y momento flector, dejando en evidencia que las características del suelo no son la única variable demandante de esfuerzos.

Afanador, Guerrero, & Monroy (2012), en su artículo; “*Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillos Macizos Cerámicos Para Mampostería*”, mencionan que los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña, aplicando en primer lugar ensayos de caracterización física de la arcilla utilizada como materia prima, para luego ejecutar ensayos de control de calidad tanto no destructivos y destructivos de los ladrillos de mampostería que se seleccionaron entre los diferentes chircales o unidades productivas del sector, dichos investigadores emplearon, la norma técnica Colombiana NTC - 4017, “Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla”, dicha norma les permitió conocer las características y propiedades de los materiales que integran los elementos estructurales, analizando especialmente el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión, como parámetros que afectan directamente a la rigidez de la edificación. De esta manera determinaron que los ladrillos producidos en Ocaña, no cumplen las resistencias establecidas para Colombia; la tasa inicial de absorción (TIA) promedio es de 0.387 g/cm²/mín, además mencionan que las piezas de ladrillos deberán tener un pre - humedecimiento mínimo de 24 horas y la absorción final (AF) promedio es de 17.41%, apropiado para muros interiores, pero excede en 4.41% el valor máximo para su utilización en muros exteriores porque su absorción máxima permitida es de 13%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Román (2021), es su tesis denominada “*Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo – 2021*” comparó las propiedades del ladrillo artesanal Roy y ladrillo industrial Pirámide elaborado en Carabayllo, la comparación lo realizó en base a los resultados obtenidos de los ensayos en sus propiedades físicas y mecánicas. Llegó a clasificar al ladrillo Pirámide como Tipo V y el ladrillo artesanal Roy como Tipo II.

Seminario (2013), en su tesis denominada “*Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura*”, evaluó la variabilidad en las propiedades de los ladrillos King Kong de 18 huecos comprados en los principales centros comerciales de la ciudad de Piura”. Para ello realizó un muestreo estadístico, con toma de muestras quincenales en cinco proveedores mas grandes de la ciudad. De las muestras seleccionadas analizó las propiedades de variabilidad dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, resistencia a la compresión y eflorescencia.

De la evaluación realizada determinó que existe variabilidad de resultados entre unidades de una misma marca, entre marcas y por centro comercial. Dicha variabilidad se evidencia en los valores elevados de coeficientes de variación, en sus propiedades más importantes, por lo tanto, conlleva al no cumplimiento de las especificaciones técnicas mínimas estipuladas en las Normas Peruanas, por tal motivo el investigador concluye que no se presenta calidad en las unidades de albañilería de 18 huecos comercializadas como industriales en la ciudad de Piura.

Cornejo (2019), en su tesis “*Evaluación comparativa de las características físico – mecánicas de unidades de ladrillo tipo king kong de 18 huecos elaboradas en la ladrillera Latesan con arcillas y arenas de las canteras de Piñipampa y san Jerónimo-Cusco según la Norma E.070*” la presente investigación evaluó comparativamente las características físico mecánicas de la unidad de ladrillo, ladrillo King Kong de 18 huecos de dimensiones 24x12x9”, elaboradas con arcilla y arena provenientes de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo, usando la tecnología utilizada en la ladrillera Latesan, utilizando la dosificación base (70% de arena y 30% de arcilla) y combinando material de ambas canteras. Para llevar a cabo su investigación elaboro unidades de albañilería huecas y realizó cuatro tipos unidades de albañilería tipo A, tipo B, tipo C y tipo P. De los resultados obtenidos de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería concluyó que las unidades de albañilería elaboradas con las distintas canteras, en sus propiedades físicas cumplen con los parámetros de una unidad de albañilería tipo IV y en sus propiedades mecánicas cumplen los parámetros de una unidad de albañilería Tipo I, según la Norma Técnica Peruana E.070.

2.1.3. Antecedentes locales

Aliaga (2017), en su tesis “*Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendín*” hace mención que, para mejorar las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería producidas en la ciudad de Celendín, es necesario estudiar las unidades de albañilería y clasificarlas según la norma E-070. Para ello determinó las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendín. Determinó que el ladrillo de arcilla cocida elaborado artesanalmente en la ciudad de Celendín, clasificó como ladrillo de tipo I según la resistencia a compresión y según su alabeo y variación dimensional clasifica como un tipo IV y V respectivamente según la norma E-070. El investigador concluyó que el ladrillo artesanal de Celendín se clasifica como un ladrillo de Tipo I.

Cruzado (2017), en su investigación *“Estudio de las propiedades físico mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca”* menciona que el ladrillo se ha convertido en la mejor alternativa de la construcción de las edificaciones y que los ladrillos elaborados de manera artesanal son los más usados sin importar si cumple o no con la norma técnica. Por tanto, se determinó las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, para clasificarlo de acuerdo a la norma E-070. Llegó a clasificar al ladrillo artesanal como Tipo I y II de acuerdo a la norma E – 070 y concluye que los ladrillos no cumplieron con las especificaciones proporcionados por el fabricante, pero si se calificaron como unidades sólidas de albañilería aptas para fines estructurales hasta de dos pisos, ya que Bambamarca se encuentra en la zona sísmica 3 de acuerdo a la Norma E – 030.

Cortez (2018), en su tesis *“Determinación del comportamiento mecánico, de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en el centro poblado de Santa Bárbara, distrito de Baños del Inca – Cajamarca”* la presente investigación realizó el estudio de las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas artesanalmente en el C.P.M Santa Bárbara del distrito Baños del Inca Cajamarca. De acuerdo con los ensayos realizados, concluye que el ladrillo cocido elaborado artesanalmente en el C.P.M Santa Bárbara del distrito de los Baños del Inca, se clasifica como ladrillo Tipo II según la resistencia a la compresión axial de las unidades y según su variación dimensional y alabeo se clasifican como tipo IV y V respectivamente. Llegando a clasificar los ladrillos del C.P.M Santa Bárbara en general como Tipo II, (según la Norma Técnica Peruana E-70).

2.2. Marco Legal

2.2.1. Norma Técnica Peruana

Las normas NTP 331.019, 331.017 y 331.018, establecen los métodos y técnica de muestreo, requisitos y condiciones que debe cumplir el ladrillo para ser usado en la albañilería y los ensayos que deben realizarse para calcular propiedades físicas y mecánicas como variabilidad dimensional, alabeo y compresión simple.

2.2.2. Norma Técnica Peruana E-070

Establece las limitaciones y exigencias mínimas para las unidades de albañilería, que serán empleadas en la construcción de muros portantes y no portantes. Además, también establece criterios mínimos para el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería confinada y muros armados

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Unidad de albañilería

Según Norma E070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la unidad de albañilería es aquella cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano; en su elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal y pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares, además se fabrican de manera artesanal o industrial.

2.3.2. Clasificación De Las Unidades De Albañilería

Para la clasificación de las unidades de albañilería se realizan ensayos clasificatorios como variación dimensional, alabeo y la resistencia característica a la compresión; para determinar dichas propiedades se debe seguir estrictamente los procedimientos por las normas técnicas peruanas NTP 331.019, NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.604, NTP 399.613 además de la norma E-070.

2.3.2.1 Por Su Dimensión

- **Los ladrillos:** La Norma Técnica Peruana 331.017, 2003. Denomina al ladrillo como la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema). Son de arcilla cocida en forma de paralelepípedo triangular usadas para construir muros y paredes, tienen por característica principal su peso y dimensiones pequeñas que hace que se pueda manejar con una sola mano, en el proceso de asentado. Una pieza tradicional debe tener un ancho de 11cm a 14cm, un largo de 23cm a 29cm y una altura de 6cm a 9cm; con un peso oscilante de 3kg a 6kg.

- **Los bloques:** A diferencia de los ladrillos de arcilla, estos están hechos para ser manejados por las dos manos y puede llegar a pesar hasta los 15 kilogramos, su ancho no está determinado pues variara por los alveolos o huecos que tienen para ser

manejados, claro que también son usados para la armadura o el concreto líquido; por lo general estos son usados como albañilería en tabiquería mas no como albañilería estructural capaz de soportar cargas verticales.

2.3.2.2. Por su materia prima y fabricación

Las unidades de albañilería por su materia prima se clasifican en:

A. De arcilla.

“Los ladrillos sólidos, perforados y tubulares o cerámicos de arcilla cocida, elaborado de manera artesanal, semi-industrial o industrial, el color varía de acuerdo a la arcilla, que va de amarillento a rojizo” (San Bartolome, 1994)

2.3.2.3. Por Sus Alveolos

Según alude San Bartolomé (1994); que la presente clasificación se basa en el área neta de la unidad, respecto a la superficie bruta de la cara y las características de los alveolos, existen dos tipos:

- **Solidas o macizas:** Se considera bloque solido o macizo cuando la cantidad de alveolos ocupa un área no mayor al 30% del área de asentado. Para la aplicación de cálculos en este tipo de unidades se usa el área por completo, es decir, se le considera como una unidad solida completamente sin vacíos.
- **Alveolares o huecas:** Dichas unidades presentan un porcentaje de alveolos o vacíos mayor al 30% del área bruta, ésta áreas de vacíos al momento de la construcción por lo general son rellenadas por concreto líquido y armaduras de acero. En la aplicación de cálculos en este tipo de unidades debe restarse el área de vacíos o área alveolar ya que esta no desempeña una función estructural y es de gran importancia ya sea como alveolos grandes o alveolos reducidos y en gran cantidad.

2.3.3. Propiedades de las Unidades de Albañilería.

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. El conocimiento de las propiedades fisico-mecánicas de las unidades nos da un cierto criterio sobre la resistencia de la albañilería, así como de la durabilidad ante el intemperismo. Estos dos motivos y la relativa facilidad de los ensayos sobre las unidades hacen de ellos un indicador utilizado frecuentemente (San Bartolome, 1994).

2.3.3.1. Propiedades físicas

A. Variación dimensional

Norma E-070 del RNE. Las dimensiones de la unidad, se expresan como: largo x ancho x altura, en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales – comerciales – usualmente incluyen 1cm de junta.

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión.

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

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

$$V (\%) = \frac{ME-MP}{ME} \quad (2.1)$$

Dónde:

V (%) = Variación dimensional en porcentaje

ME: Medida especificada por el fabricante (mm).

MP: Medida promedio (mm).

B. Alabeo

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

la unidad. Existen deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de la albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

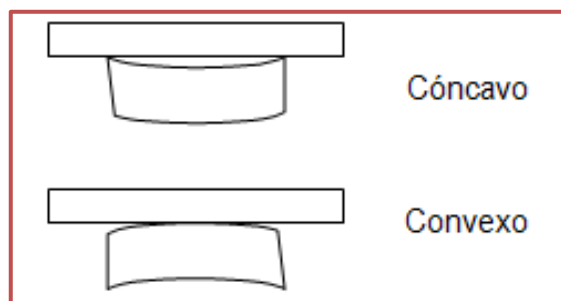


Figura 1. Medida de concavidad y convexidad en el ladrillo
Fuente: Gallegos & Casabonne, 2005

C. Absorción

Los autores de Gallegos & Casabonne (2005), denominan que la absorción y absorción máxima; es la diferencia en peso que existe, entre la unidad mojada y la unidad seca dicho valor es expresado en porcentaje del peso de la unidad seca.

Según la E. 070 (2006), menciona que la absorción es la medida de la permeabilidad en la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe exceder el 22%, ya que las unidades de albañilería con absorción mayor al 22% serán más porosas, y absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado proceso de adherencia entre mortero y unidad al momento del asentado, lo que influye directamente en la disminución de la resistencia del muro.

D. Succión

La Norma E. 070 (2006), menciona que la succión es la medida de la avidez del agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interfase de contacto y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería.

E. Porcentaje de vacíos

Es el cálculo del área equivalente de vacíos, al plano paralelo a la superficie de asiento con un valor menor al 30%, como indica la Norma E-070.

F. Textura de la cara de asiento

Las texturas de las caras de las unidades de albañilería se miden de manera referente, es decir al tacto y la vista.

2.3.3.2. Propiedades mecánicas.

A. Resistencia a la compresión,

La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería (f'm). En general, unos valores altos de resistencia a la compresión es símbolo de una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, reflejan que las unidades producirán albañilería poco resistente y poco durable (San Bartolome, 1994).

2.3.2.3. Resumen de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería.

Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3. *Propiedades clasificatorias y no clasificatorias de las unidades de albañilería*

Propiedades clasificatorias	Propiedades no clasificatorias
- Variabilidad Dimensional	- Ensayo de Succión
- Alabeo	- Ensayo de Absorción
- Compresión Simple	- Área de Hueco, entre otras

Fuente: RNE, Norma Técnica E.070 Cap. II

2.3.4. Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales

Al margen del valor de la resistencia a la compresión, de las unidades de los diversos tipos de ladrillo, la desigualdad del comportamiento radica en la fragilidad de la falla. Las unidades sólidas son las únicas que muestran un comportamiento razonablemente dúctil, sin fallas explosivas, mientras que todas las otras presentan fallas explosivas o frágiles, ya sea como unidades individuales o como componentes de un muro. La consecuencia de este hecho es que las unidades huecas y perforadas son admitidas con condiciones, y las tubulares no son admitidas para construcciones de muros portantes, particularmente en zonas sísmicas. Cuando las unidades huecas se llenan con concreto

líquido su comportamiento en la falla se modifica, ductilizándose, entonces pueden ser admitidas para la construcción de muros portantes (Gallegos & Casabonne, 2005).

En 3.1.2 del Capítulo II de la Norma Técnica E. 070 (2006), del Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma clasifica las unidades de albañilería para fines estructurales según las siguientes características:

Tabla 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100m m	Hasta 150mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6 (180)
Bloque P(1)	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP(2)	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Fuente: RNE, Norma Técnica E.070 Cap. II

- **Ladrillo I.** Resistencia y durabilidad muy baja. Apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- **Ladrillo II.** Resistencia y durabilidad bajas. Apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.
- **Ladrillo III.** Resistencia y durabilidad media. Aptas construcciones de albañilería de uso general.
- **Ladrillo IV.** Resistencia y durabilidad alta. Apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio riguroso.
- **Ladrillo V.** Resistencia y durabilidad muy alta. Apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente riguroso.

2.3.5 Limitaciones en su aplicación

Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

Tipo	Zona Sísmica 2 Y 3		Zona Sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Si, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

Fuente: RNE, Norma Técnica E.070 Cap. II

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil

2.3.6. Aceptación de la unidad

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%.
- La unidad de albañilería no debe presentar materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.

2.3.7. Propiedades de la albañilería simple

2.3.7.1. Modelaje, especímenes y ensayos.

La resistencia de la albañilería a la compresión, tracción y corte, define el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería ante la acción de solicitaciones reales (cargas gravitacionales, sismo y viento). El comportamiento de los especímenes, cuando se somete a ensayo, es el producto de la acción heterogénea de los componentes de la albañilería (unidad, mortero o líquido), imitando o modelando la reacción cuando es sometido a cargas iguales a las del ensayo. El modelaje es complejo por las características de la albañilería y porque en la práctica las cargas no se presentan como en el ensayo. En el ensayo de especímenes se debe escoger las orientaciones siguientes (Gallegos & Casabonne, 2005):

- Para ensayos de compresión la aplicación de la carga es coplanar o perpendicular a la hilada. Esta orientación es prioritaria, pues corresponde a la acción gravitacional en muros horizontales.
- Los ensayos de tracción por flexión se aplica carga perpendicular al plano, para generar flexiones paralelas y perpendiculares a la hilada, lo que permite la determinación de los módulos de ruptura de la albañilería en estas direcciones principales.
- Para evaluar la resistencia al corte se utiliza el ensayo de cizalle en la junta horizontal del mortero. Esta junta, sometida al mismo tiempo de corte en su plano y compresión vertical, puede ser el plano de falla de los muros, ya sea de albañilería simple como albañilería confinada.

2.3.7.2. Naturaleza de la albañilería y criterios de falla.

La albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotrópico, en el que los planos de debilidad coinciden con las juntas verticales y horizontales y en el que se integran, en un comportamiento único, materiales con características disimiles. Las juntas horizontales, debido a su naturaleza continua, dividen a la albañilería en capas (hiladas), dando la apariencia de un material compuesto laminado.

La elaboración de criterios de fallas, en cargas coplanares, debe contemplar los posibles modos de falla en tracción y en corte por cizalle a lo largo de las juntas horizontales y verticales; en este último caso, debe tener en cuenta el efecto de las compresiones perpendiculares a la junta. Además, es necesario que se considere los efectos de tracción transversal generados las características elásticas diferentes de los materiales componentes. La descripción cuantitativa de la falla en albañilería no puede basarse en un único criterio general, sino en los diversos modos en que esta puede ocurrir en un material compuesto (Gallegos & Casabonne, 2005)

2.3.7.3. Ensayo de prismas (pilas)

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra (Figura 14). Los prismas se llenan con concreto líquido (unidades huecas), asentadas o apiladas (Gallegos & Casabonne, 2005).

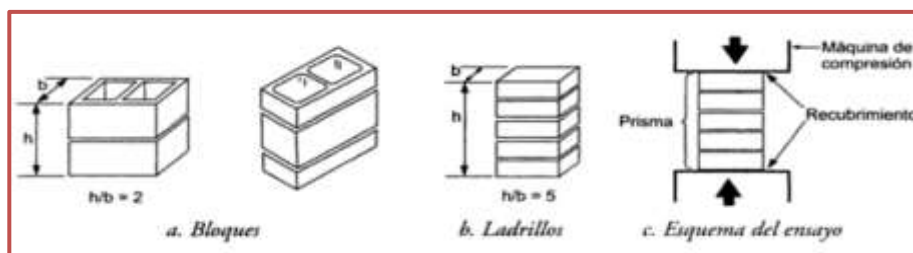


Figura 2. Prisma (pila) estándar para el ensayo de compresión
Fuente: Gallegos & Casabonne, 2005

La esbeltez y la altura mínima de los prismas de albañilería dependen si son ladrillos o de bloques. Los prismas elaborados con ladrillos tendrán una relación alto - ancho que estará comprendido entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. En el caso de las pilas de bloques, la esbeltez estará entre 1.3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm (Gallegos & Casabonne, 2005) .

La Norma E-070 de albañilería, menciona que la resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre. El valor $f'm$ se calcula contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 7.

Tabla 3. Factores de corrección $f'm$ por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: NTP E – 070

2.3.7.4. Ensayo de muretes

Murete es un testigo de forma cuadrada cuyo lado nominal debe medir 1.00 m. debe ser de albañilería cuyas características se requiere determinar y del espesor del muro investigado. Se puede ensayar especímenes de menor dimensión, esto es posible siempre y cuando se calibren los resultados, ya que producen mayores resultados para la misma albañilería (Gallegos & Casabonne, 2005).

El ensayo consiste, en cargar diagonalmente al murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la rotura. El dispositivo de transferencia de la carga del espécimen produce concentración de esfuerzos y debe transferir la carga uniformemente a las superficies de contacto de la albañilería para evitar fallas localizadas. El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tracción diagonal es, el de corte o compresión diagonal, fallando en forma escalonada a través de las juntas, o cortando las unidades, lo último se produce cuando se desarrolla una buena adherencia entre el mortero y la unidad (Gallegos & Casabonne, 2005).

La resistencia característica ($v'm$) en muretes, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar. El valor de $v'm$ para diseño no será mayor de $0.319 \sqrt{f'm}$ MPa ($\sqrt{f'm}$ Kg/cm²) (NTP E-070, 2006).

La predicción de la resistencia a cortante del espécimen sometido a compresión diagonal depende de la solución de un problema de elasticidad bidimensional para un material no homogéneo y del conocimiento de la envolvente de falla biaxial de la albañilería. Sin embargo, si se conoce las limitaciones de las teorías de falla aplicables a materiales isotrópicos y homogéneos cuando el espécimen falla por las juntas, estas teorías tradicionales son útiles para evaluaciones cualitativas y comparativas.

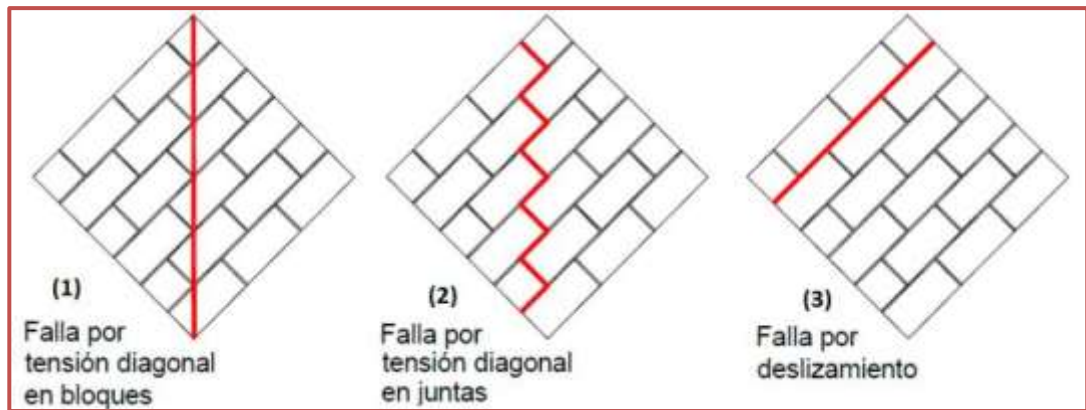


Figura 3. Tipo de fallas de un espécimen (murete)

Fuente: Gallegos & Casabonne, 2005

2.4. Definición De Términos Básicos.

- **Unidad de Albañilería.** Ladrillos de arcilla cocida producidos de manera artesanal o industrial; pueden ser sólidas, huecas.
- **Propiedades físicas:** es la estructura del material, que se define mediante la observación y medición. Dentro de estas propiedades se tiene a la variación dimensional, alabeo, succión y absorción.
- **Propiedades mecánicas:** es el comportamiento de un material sólido cuando se le aplica una fuerza externa. Se tiene propiedad mecánica a la compresión axial

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Materiales y Equipos.

3.1.1. Materiales

- Ladrillo industrializado de cerámicos Lark (Lambayeque)
- Ladrillo Semi-industrial de cerámicos Cajamarca (Shudal)

3.1.2. Equipos

- Mallas ASTM N° 4, 8,16, 30, 50,100 y 200.
- 02 probetas graduadas de 1000 ml.
- 01 balanza con capacidad de 5000 g y aproximación de 0.1 g.
- 01 balanza con capacidad de 3000 g y aproximación de 0.01 g.
- 01 escuadra metálica graduada al 1 mm.
- 01 regla metálica graduada al 1 mm.
- 02 bandejas de 30*50 cm.
- 02 Deflectómetros.
- 01 vernier.
- 01 horno ventilado de 110 °C a 115 °C.
- 01 maquina universal para ensayos de compresión uniaxial.
- 01 plomada
- 01 nivel de carpintero
- 01 plancha
- 01 máquina de compresión axial

3.2. Metodología

3.2.1. Ubicación geográfica de la investigación

FÁBRICA INDUSTRIAL DE CERÁMICOS LARK

Ubicación: Car. Panamericana Norte km. 799 Z.I. – Lambayeque - Lambayeque

Coordenadas UTM (Datum: WGS84):

Este: 620985.00

Norte: 9261295.00

Cota: 15 m.s.n.m

Zona UTM: 17 M.



Figura 4. Fábrica industrial de Cerámicos Lark

FÁBRICA SEMIINDUSTRIAL DE CERÁMICOS CAJAMARCA

Ubicación: C.P. Shudal, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, región de Cajamarca

Coordenadas UTM (Datum: WGS84):

Este: 776016.00

Norte: 9203518.00

Cota: 2840.00 m.s.n.m

Zona UTM: 17 M.



Figura 5. Fábrica Semiindustrial de Cerámicos Cajamarca.

CANTERA DE AGREGADO FINO “DOÑA RAMONA”

Ubicación: Cauce del río Condebamba, hacia el lado izquierdo de la progresiva Km. 1209+370 de la Carretera Longitudinal de la Sierra, Ruta PE-3N.

Este: 815276 m E

Norte: 9161811 m S

Zona: 17M

Altitud: 2094 m.s.n.m

Zona UTM: 17 M.

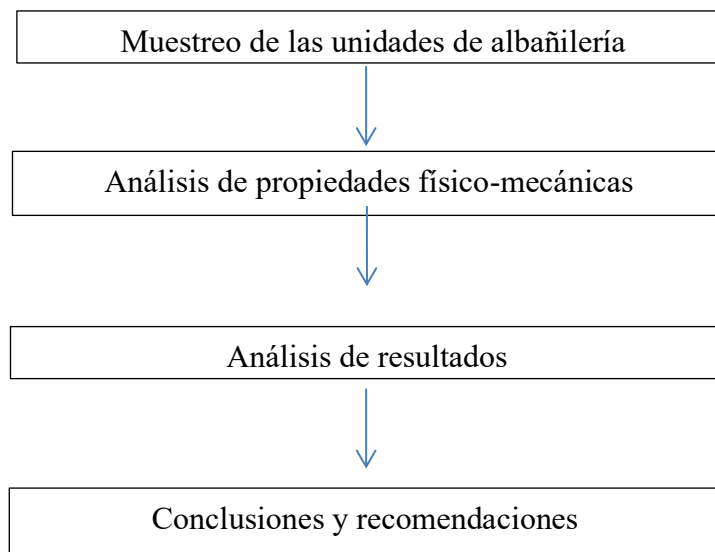
3.2.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo

- Según el propósito es **investigación aplicada**, donde se utilizó información bibliográfica para poder realizar la investigación y posteriormente dar propuestas de solución al problema.
- Según el enfoque es **investigación cuantitativa**
- Según el ámbito de la investigación es **investigación no experimental** porque no se ha manipulado la variable independiente; solo se comparó los resultados obtenidos de las propiedades físico-mecánicas con la norma técnica E.070.
- Según el periodo de ejecución es **investigación transversal**.
- Según el alcance es **investigación descriptiva** porque se determinan y describen los resultados de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería.

3.2.2. Procedimiento

El procedimiento de la investigación se detalla a continuación.



3.2.3. Variables

- **Variable independiente:** Ladrillos de cerámicos Lark (Lambayeque) y ladrillos de cerámicos Cajamarca (Shudal)
- **Variable dependiente:** Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería que comprende los siguientes indicadores: variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión simple.

3.2.4. Población.

Se tomó como población de estudio, a las unidades de albañilería producidas en los hornos de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque)

3.2.5. Muestra

Para la presente investigación se ha tomado en cuenta los criterios que brinda la Norma Técnica Peruana NTP 331.019 la cual indica que, para cada lote en exceso de 50 000 ladrillos, se realizara la secuencial “A” para los 50 000 y la secuencial “B” de ensayos, por cada grupo adicional de 100 000 ladrillos o fracción.

Tabla 4. *Número de muestras según la NTP 331.019*

ENSAYOS	SECUENCIAL “A”	SECUENCIAL “B”
Dimensiones y alabeo	10	5
Resistencia a la compresión	5	3
Absorción y absorción máxima	5	3
Succión	5	3

Fuente: NTP 331.019

En la Tabla 5 se presenta la cantidad necesaria de unidades por cada ladrillera, para los diversos ensayos.

Tabla 5. *Número de especímenes por cada ladrillera*

Ensayos	Ladrilleras	
	Cajamarca (SHUDAL)	Lambayeque (LARK)
Variación dimensional	15	15
Alabeo	15	15
Resistencia a la Compresión	15	15
Absorción	10	10
Succión	10	10
Ensayo de compresión en pilas	10	10
Ensayo de compresión en muretes	5	5
Total de unidades o especímenes	160	

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.2. Características de los agregados para mortero.

3.3.2.1. Peso específico y absorción del agregado fino

Se utilizó el procedimiento establecido en la NTP 400.02 en correlación con la ASTM C 128.

A) Materiales.

Muestra extraída en cantera según la ASTM C 79 y cuarteada según la ASTM C 702 (agregado fino)

B) Procedimiento.

- De la muestra obtenida con humedad natural, se cuarteó y pesó 2 kg.
- Se vertió en un depósito metálico con agua hasta que la muestra quede totalmente sumergida y se lo dejó durante 24h.
- Después de la 24h se colocó la muestra sobre un cartón, y se expuso al ambiente para que esta pierda humedad (pierda el agua libre).
- Para comprobar si se ha evaporado el agua libre, se realizó un ensayo con un pequeño cono; el cual consistió en llenar la tercera parte y dar 8 golpes con la varilla, el mismo procedimiento para la siguiente capa. Y finalmente se llenó y se dio 9 golpes. En seguida se enrasó con la varilla y se levantó verticalmente el cono; a la cual la arena se desboronó, de no ser el caso se sigue secando hasta lograr lo cometido.
- Del material en condición de saturado superficialmente seco, se pesó 500g el cual corresponde al peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (1° peso).
- Con la ayuda de un embudo se introdujo el material en una fiola, se vertió agua hasta que sepulte a la muestra; posteriormente se movió por un período de 2 minutos hasta que salgan todas las burbujas de aire atrapadas en el material. Luego se agregó agua hasta los 500 cm³ cúbicos.
- Se anotó el peso de la muestra sumergida en el agua; el cual corresponde al peso sumergido en agua de la muestra saturada superficialmente seca (2° peso).

- El material de la fiola se depositó en un recipiente y se llevó al horno durante 24 horas; después de ese tiempo se obtuvo el (3° peso) importante de la muestra (peso seco al horno de la arena).

C) Cálculos.

C.1) Peso específico de la masa:

$$Pe = \frac{W_0}{V-Va} \quad (3.1)$$

C.2) Peso específico de la masa saturada con superficie seca.

$$P_{SSS} = \frac{500}{V-Va} \quad (3.2)$$

C.3) Peso específico aparente

$$Pea = \frac{W_0}{(V-Va)-(500-W_0)} \quad (3.3)$$

C.4) Porcentaje de absorción.

$$Abs (\%) = \frac{500-W_0}{W_0} * 10 \quad (3.4)$$

En dónde:

W₀= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (g)

V= Volumen del Frasco (cm³)

V_a= Peso en (g) o Volumen (cm³) del Agua añadida al frasco

P_{s.s.s.}= Peso específico de masa saturada con superficie.

Pea = Peso específico aparente

Los cálculos y resultados se encuentran en el **anexo 3**.

3.3.2.2. Análisis granulométrico del agregado fino

Se realizó según el procedimiento establecido en la NTP 400.012 y la ASTM C 136

A) Preparación de la muestra.

La muestra extraída de acuerdo a la NTP 400.010, y se redujo según la N.T.P 400.043

B) Procedimiento.

- Se secó la muestra a una temperatura de 110 °C
- El material a tamizarse se colocó en la malla superior de mayor abertura (Tamiz N°4), los demás tamices estaban dispuestos en orden decreciente según su tamaño de abertura.
- Se registro el peso de material retenido en cada tamiz

C) Resultados y requisitos granulométricos

El resultado del tamizado se expresó indicando el porcentaje retenido en cada tamiz referido al total de la muestra; los porcentajes se aproximó a números enteros. Los resultados y cálculos se detallan en el **anexo 3**

3.3.2.3. Módulo de Finura

El módulo de finura se calculó sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y se dividió la suma entre 100.

A) Cálculo

Se determinó la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, dividida entre 100

$$MF = \frac{\Sigma \% PAR(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \quad (3.5)$$

3.3.2.4. Peso Unitario o densidad bruta del agregado fino

El ensayo se realizó según la NTP 400.017 en relación con la ASTM C 29

A) Preparación de la muestra.

La muestra se extrajo de acuerdo a NTP 400.010, y se redujo según la N.T.P 400.043

B) Procedimiento

B.1. Determinación de la densidad del agua

- Se llenó el picnómetro hasta la línea de calibración
- Se pesó del picnómetro con agua
- Se pesó el picnómetro con agua

B.2. Calibración del recipiente

El recipiente se calibró determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua (kg. /m²) y el peso del agua necesario para llenarlo.

B.3. Determinación del peso unitario seco suelto

- El recipiente se llenó con una pala hasta rebosar, descargando el agregado fino desde una altura no mayor de 50mm. por encima de la parte superior del recipiente.
- El agregado sobrante se eliminó con una regla.
- Se determinó el peso neto del agregado contenido el recipiente.

B.4. Determinación del peso unitario seco compactado

Se llenó la tercera parte del recipiente y se niveló la superficie con la mano, posteriormente se apisonó la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, este procedimiento se realizó para las dos capas siguientes.

C) Cálculos.

C.1. Densidad del agua. Se calcula con la siguiente expresión.

$$D = \frac{P1-P2}{V} \quad (3.6)$$

Dónde:

D = Densidad del agua a la temperatura trabajada (g/cm³)

P1 = Masa del picnómetro más agua hasta el menisco (g)

P2 = Masa del picnómetro (g)

V = Volumen del picnómetro hasta la línea de calibración (cm³)

C.2. Volumen y factor del recipiente. Se calcula con la siguiente expresión.

$$f = \frac{D}{M} \quad (3.7)$$

Dónde:

D = Densidad del agua a la temperatura trabajada (Kg /m³)

M = masa del agua en el recipiente (Kg)

f = factor para el recipiente ($1/m^3$)

C.3. Peso unitario: La expresión es útil para el cálculo del peso unitario seco suelto y compactado

$$\mathbf{PU = (G - T) * f} \quad \mathbf{(3.8)}$$

Dónde:

PU = Peso Unitario del agregado en kg/m^3

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T = Peso del recipiente de medida en kg.

f = Factor de la medida en m^{-3}

3.3.2.5. Contenido de humedad del agregado fino.

Realizado según el procedimiento de la norma NTP 339.185.

A) Preparación de la muestra

La muestra fue extraída de acuerdo a NTP 400.010, reducida según la N.T.P 400.043

B) Procedimiento

- Se registró la masa del recipiente (tara)
- Se colocó la muestra en el recipiente y registro su masa.
- Luego se llevó a un proceso de secado en el horno por un tiempo de 24 h a la temperatura aproximada de $110^{\circ}C$.
- Luego de 24 h se registró la masa del recipiente con la muestra seca.

C) Cálculo

Se expresa como.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad \mathbf{(3.9)}$$

Dónde:

W_w: Peso del agua

W_s: Peso del agregado seco

3.3.2.6. Materiales que pasan por el tamiz N°200 del agregado fino.

Se realizó según la NTP 400.018/ASTM C117.

A) Materiales.

Muestra extraída según la ASTM C 79 y cuarteada según la ASTM C 702

B) Procedimiento.

- Se colocó la muestra en la estufa a una temperatura de 110 °C
- Se tomó 500g de la muestra seca y se lavó por el tamiz N° 200.
- El material lavado se colocó en un recipiente y se puso a secar en la estufa a una temperatura de 110 °C y posteriormente se registró su masa.

C) Cálculos.

$$\% \text{ de finos} = ((W \text{ inicial} - W \text{ seco lavado}) / W \text{ seco lavado}) * 100 \quad (3.10)$$

3.3.3. El cemento utilizado.

Cemento Pacasmayo Portland Tipo I de la norma ASTM C-150/ NTP 334.009, utilizado para la elaboración de mortero. En el **anexo 6** se presenta la ficha técnica

3.3.4. Agua para mortero.

El agua empleada en la elaboración de mortero, curado de pilas y muretes; fue agua del campus de la universidad nacional de Cajamarca, cumple con los requisitos de calidad indicado en la norma NTP 339.088.

3.3.5. Diseño de mortero

El diseño de mortero se realizó analíticamente; con los datos obtenidos de las propiedades físicas del agregado fino, peso específico del Cemento Tipo I y agua. La proporción en volumen absoluto de cemento, agregado fino es de 1: 4.5 y volumen de agua de 0.92 lt

3.3.6. Ensayos clasificatorios del ladrillo

3.3.6.1. Variación dimensional

El ensayo se realizó según la Norma NTP 399.613

A) Materiales.

Unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento.

- Se secó las unidades en la estufa a una temperatura de 110 °C, por 24 horas
- Después del secado se dejó enfriar a temperatura de ambiente, por un periodo de 6 horas
- Se limpió las aristas y los lados de las unidades, para eliminar las partículas sueltas y salientes
- Con una regla metálica y un vernier graduado al milímetro, se registró el largo, ancho y alto, a la mitad de las aristas que limitan cada cara, realizándose 4 medidas por cada una de las dimensiones

C) Cálculos.

$$V (\%) = \frac{ME-MP}{ME} \quad (3.11)$$

Dónde:

V (%) = Variación dimensional en porcentaje

ME: Medida especificada por el fabricante (mm).

MP: Medida promedio (mm).

3.3.6.2. Alabeo

El ensayo se realizó según la Norma NTP 399.613

A) Materiales.

Unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento.

- Se situó los ladrillos en una superficie plana
- Luego se registró los valores de alabeo, dependiendo si era cóncavo o convexo.

C) Cálculos

Se registraron los valores de concavidad o convexidad

3.3.6.3. Compresión simple

El ensayo se realizó según la Norma NTP 399.613

A) Materiales.

Unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento.

- Se registró el peso, así como también medidas de largo, ancho y alto
- Las muestras se refrendaron en ambas caras del ensayo; cada capa de refrendado no excedió en 3mm. Este refrendado se lo realizó 24 horas antes de ser ensayadas las muestras
- La resistencia a compresión fb se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta; y la resistencia a compresión característica $f'b$ se obtuvo restando la desviación estándar al promedio de los resultados, según como indica la Norma E-070.

C) Cálculos

$$fb = \frac{\text{Carga Bruta}}{\text{Area bruta}} \quad (3.12)$$

$$f'b = fb - \sigma \quad (3.13)$$

Dónde:

fb = Resistencia a la compresión promedio

$f'b$ = Resistencia a la compresión

σ = Desviación estándar

3.3.7. Ensayos no clasificatorios del ladrillo

3.3.7.1. Ensayo de succión

El ensayo se realizó según la Norma NTP 399.613

A) Materiales

Unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento

- Las unidades fueron secadas al horno a una temperatura de 110° C por 24 horas
- Se registró el peso seco reiteradas veces hasta no obtener variaciones
- Se preparó una bandeja de metal con agua potable y se coloca sobre éstas, dos barras lisas de acero de ½” que sirvieron de apoyo para el ladrillo. La prueba consistió en pesar los ladrillos secos, colocarlos sobre las barras durante 1 minuto y llenar la bandeja con la finalidad de mantener el nivel de agua original. Luego la unidad húmeda se peso

C) Cálculos

La succión esta expresada en gramos (g) por minuto en un área normalizada de 200 cm², como indica la Norma E-070 y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{200(P_{suc} - P_{sec})}{Area\ bruta} \quad (3.14)$$

Dónde:

S: Succión

***P_{suc}*:** Peso (g) de la unidad luego de ser sumergido en agua durante 1 minuto.

***P_{sec}*:** Peso seco (g) de la unidad luego de permanecer en el horno.

Área bruta = Largo*Ancho (cm²)

3.3.7.2. Ensayo de Absorción

En ensayo se realizó según la Norma NTP 399.613

A) Materiales

Unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento

- Las unidades, se secaron en el horno a una temperatura de 110°C y se pesaron a las 24 horas
- Se registró el peso reiteradas veces hasta que no exista variaciones.
- Se dejo enfriar los ladrillos durante 8 horas y se sumergen en un recipiente lleno con agua potable durante 24 horas, registrando el peso

C) Cálculos

Los resultados se expresan en porcentaje según la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(P_{sat} - P_{seco})}{P_{seco}} \quad (3.15)$$

Dónde:

A: Absorción (%)

Ps: Peso saturado (g)

Pseco: Peso seco (g)

3.3.8. Prismas de albañilería

3.3.8.1. Prismas de albañilería

A) Materiales

Mortero, Unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento

- Se construyeron 20 pilas de 3 hiladas, 10 pilas por cada ladrillera, con un espesor de mortero de 12 a 15 mm. Al momento de la construcción se controló la altura con un escantillón, y la verticalidad con un nivel y plomada.
- Se realizó el curado según lo indicado en la Norma E-070.
- Las pilas 24 horas antes del ensayo a compresión axial se refrendaron con una capa de yeso de 2 mm aproximadamente en la parte inferior y superior para uniformizar la superficie. El ensayo de compresión se efectuó cuando los especímenes cumplieron los 28 días de edad.
- Se registró el peso de las pilas, también se tomaron medidas de altura (H) y el espesor efectivo (t).
- Se colocó manualmente en la máquina de compresión axial, posteriormente se aplicó la carga, adicional a eso se tomó lectura de las deformaciones producidas cada 10 KN de carga aplicada. Con los valores obtenidos se construyó las gráficas Esfuerzo Vs. Deformación unitaria

C) Cálculos

La resistencia a compresión axial, se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$A = \frac{(PM_{\text{máx.}})}{\text{Area}} \quad (3.16)$$

Dónde:

f_m: Resistencia a compresión axial (Kg/cm²)

P_{máx}: Fuerza máxima que resiste la pila (Kg)

Área: Área bruta transversal a la fuerza (cm²)

Se corrigió *f_m* según el factor de corrección por esbeltez de la pila, expresados en la Tabla 3. El factor resultó de interpolar la esbeltez que indica la Norma Técnica E-070.

La resistencia característica se obtuvo restando la desviación estándar a la resistencia promedio.

$$f'm = fm - \sigma \quad (3.17)$$

Dónde:

f_m: Resistencia a compresión (Kg/cm²)

f'm: Resistencia característica a compresión (Kg/cm²)

σ: Desviación estándar.

3.3.8.2. Cálculo del módulo de elasticidad en pilas

Para calcular el módulo de elasticidad, se lo realizó en base a la gráfica de esfuerzo Vs. deformación unitaria, tomando el 50% del esfuerzo y restando al 20 % del mismo, dividido al 50 % de la deformación unitaria menos el 20 % de esta. Para el cálculo del módulo de elasticidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$Em = \frac{(P50\% - P20\%) / A}{(\epsilon50\% - \epsilon20\%) / Li} \quad (3.18)$$

Dónde:

P50%* y *P20%: Carga axial al 50% y al 20%.

ε50%* y *ε20%: Deformación al 50% y al 20%.

A: Área de la sección transversal.

Li: longitud inicial.

Em: Módulo de elasticidad.

3.3.8.3. Muretes de albañilería

A) Materiales

- Mortero, unidades de albañilería de Cerámicos Cajamarca y Cerámicos Lark

B) Procedimiento

- Se construyeron 10 especímenes de 0.60 * 0.60 m, 5 muretes por cada ladrillera, con espesor de junta de mortero de 12 mm a 15 mm aproximadamente.
- Al momento de la construcción se controló la verticalidad con un nivel y plomada.
- Se curó según lo indicado en la Norma E-070.
- La final de la construcción de los muretes se colocó una capa de yeso de 2 mm aproximadamente en las esquinas opuestas con la finalidad de uniformizar la superficie de contacto con los cabezales (angulares) del dispositivo de ensayo.
- El ensayo de compresión se efectuó a los 28 días de edad.

C) Cálculos

La resistencia al corte puro resultó de dividir la carga máxima entre el área diagonal comprimida.

$$Vm = \frac{(PM_{\text{máx.}})}{Ad} \quad (3.17)$$

Dónde:

vm: Resistencia al corte (Kg/cm²)

P máx.: Máxima Fuerza que resiste en murete (Kg)

Ad: Área diagonal (diagonal del murete x espesor) (cm²)

La resistencia característica (**v'm**); es la resistencia al corte promedio menos la desviación estándar (Norma Técnica E-070).

$$v'm = vm - \sigma \quad (3.18)$$

Dónde:

vm: Resistencia al corte (Kg/cm²).

v'm: Resistencia característica al corte (Kg/cm²).

σ: Desviación estándar.

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Ensayos clasificatorios en las unidades de albañilería

A. Propiedades físicas de las unidades de albañilería

- Resultados de Variación dimensional

En la tabla siguiente se muestra los resultados de la variación dimensional que existe respecto a las medidas indicadas en la ficha técnica de cerámicos lark.

Tabla 6. Resultados de Variación dimensional del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Característica	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)
Medida de fabricante (mm) :	230.00 mm	125.00 mm	90.00 mm
Desviación estándar (σ mm) :	0.74	1.15	0.88
Medidas promedio (mm) :	230.03 mm	125.67 mm	91.26 mm
Coefficiente de variación (Cv %) :	0.32	0.91	0.96
Variación dimensional (V%) :	-0.01	-0.53	-1.40

Según la Norma Técnica E – 070; brinda intervalos de variación de las dimensiones (en mm) de los ladrillos para albañilería; clasificándolos en cinco tipos. De acuerdo a los resultados obtenidos, las unidades de albañilería producidas por Cerámicos Lark; llegan a clasificar según su variación dimensional hasta Tipo IV; dichos resultados son comparados con los valores máximos permitidos de la Norma E.070

La tabla siguiente presenta los resultados de variación dimensional que existe respecto a las medidas brindadas por el fabricante de cerámicos Cajamarca.

Tabla 7. Resultados de Variación dimensional del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Característica	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)
Medida de fabricante (mm) :	220.00 mm	120.00 mm	90.00 mm
Desviación estándar (σ mm) :	0.86	0.51	0.86
Medidas promedio (mm) :	224.48 mm	124.03 mm	91.32 mm
Coefficiente de variación (Cv %) :	0.48	0.41	0.94
Variación dimensional (V%) :	-2.04	-3.35	-1.47

Según los resultados obtenidos las unidades de albañilería producidas por cerámicos Cajamarca; llegan a clasificar por su variación dimensional hasta Tipo III.

- **Alabeo**

El siguiente parámetro está referido a la convexidad o concavidad que presentan las caras de asiento de las unidades de albañilería, los resultados obtenidos para las unidades de Cerámicos Lark y cerámicos Cajamarca; se presentan a continuación.

Tabla 8. Resultados de albeo del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Alabeo	Cóncavo	0.72 mm
	Convexo	0.40mm

El máximo valor obtenido es de 0.72mm; y representa a la concavidad. Las unidades de albañilería producidas por Cerámicos Lark; se clasifican según su alabeo como Tipo V. El resultado fue comparado con el valor de 2mm; valor máximo de alabeo para un ladrillo Tipo V según la Norma E.070.

Tabla 9. Resultados de albeo del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Alabeo	Cóncavo	0.87 mm
	Convexo	0.23 mm

El máximo valor obtenido es de 0.87mm; y dicho valor representa a la concavidad. Las unidades de albañilería producidas por cerámicos Cajamarca; se clasifican según su alabeo como Tipo V. El resultado fue comparado con el valor de 2mm; valor máximo de alabeo para un ladrillo Tipo V según la Norma E070.

Es importante que las unidades de albañilería presenten valores mínimos en su alabeo; porque dicho valor afecta directamente al espesor de junta. También se debe tener presente que el espesor de junta mínimo es 10mm y máximo 15mm; si los valores de alabeo son demasiados altos; el espesor de la junta se vería afectada.

B. Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería

- Compresión simple

Los resultados obtenidos de compresión simple para las unidades de albañilería en estudio son los que se muestran en la Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 10. Resultados de compresión simple del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Característica	Mpa	Kg/Cm ²
Resistencia a la compresión promedio (f_b) :	10.16 Mpa	103.60 Kg/Cm²
Desviación estándar (σ) :	1.23 Mpa	12.54 Kg/Cm²
Resistencia a la compresión (f'_b) :	8.93 Mpa	91.06 Kg/Cm²
Coefficiente de variación (Cv) :	12.10%	12.10%

El ladrillo King Kong 18 huecos de Cerámicos Lark; presenta una resistencia a la compresión simple promedio de 8.93 Mpa (91.06 kg/cm²), logrando clasificarlo como **Tipo II**. El resultado fue comparado con el valor de 6.9 Mpa (70.00 kg/cm²); valor mínimo de resistencia a compresión simple para un ladrillo Tipo II según la Norma E. 070

Tabla 11. Resultados de compresión simple del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Característica	Mpa	Kg/Cm ²
Resistencia a la compresión promedio (f_b) :	8.72 Mpa	88.85 Kg/Cm²
Desviación estándar (σ) :	1.19 Mpa	12.17 Kg/Cm²
Resistencia a la compresión (f'_b) :	7.52 Mpa	76.67 Kg/Cm²
Coefficiente de variación (Cv) :	13.70%	13.70%

El ladrillo King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca; presenta una resistencia a la compresión simple de 7.52 Mpa (76.67 kg/cm²), logrando clasificarlo como **Tipo II**. El resultado fue comparado con el valor de 6.9 Mpa (70.00 kg/cm²); valor mínimo de resistencia a compresión simple para un ladrillo Tipo II según la Norma E. 070

Teniendo en cuenta los parámetros de clasificación de la norma E. 070 los cuales son, variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión simple. El ladrillo King Kong 18 huecos de Cerámicos Lark; es clasificado como **Tipo II**.

Según los indicadores de clasificación que se mencionan en la norma E. 070; los cuales son, variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión simple. El ladrillo King Kong popular 18 huecos de Cerámicos Cajamarca; se clasifica como **Tipo II**.

4.2. Ensayos no clasificatorios en las unidades de albañilería

Estos ensayos adicionales se realizaron con la finalidad de conocer algunos parámetros característicos, y así escoger las medidas adecuadas para el tratamiento de las unidades antes de ser asentadas. Los resultados obtenidos son los que se detallan a continuación en los siguientes ítems.

A. Propiedades físicas

- Succión

Los resultados de succión obtenidos para las unidades en mención, se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 12. Resultados de succión del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Característica	gr/200cm² - min
Succión promedio:	35.17 gr/200cm² - min
Desviación estándar (σ):	4.54 gr/200cm² - min
Succión:	30.63 gr/200cm² - min
Coefficiente de variación (Cv) :	12.92%

El ladrillo King Kong popular 18 huecos de Cerámicos Lark; presenta una succión de 30.63 gr/200cm² – min. Según el valor obtenido se recomienda regar las unidades por media hora, un día antes de su asentado, debido a que la norma técnica E. 070 menciona que si la succión es mayor a 20 g/200cm² – min debe realizarse dicho proceso.

Tabla 13. Resultados de succión del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Característica	gr/200cm² - min
Succión promedio:	36.44 gr/200cm² - min
Desviación estándar (σ):	3.87 gr/200cm² - min
Succión:	32.57 gr/200cm² - min
Coefficiente de variación (Cv):	10.62%

El ladrillo King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca; presenta una succión de 32.57 gr/200cm² – min. De acuerdo al valor obtenido se recomienda regar las unidades por media hora, un día antes de su asentado

- **Absorción**

El resultado de absorción se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 14. Resultados de absorción del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Característica	%
Absorción:	9.94%
Desviación estándar (σ):	0.41%
Coefficiente de variación (Cv):	4.14%

Tabla 15. Resultados de absorción del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Característica	%
Absorción:	11.19%
Desviación estándar (σ):	0.54%
Coefficiente de variación (Cv):	4.83%

La norma técnica E. 070, menciona que la absorción para unidades de arcilla; no debe ser mayor al 22%. El valor de absorción del King Kong 18 huecos de Cerámicos Lark es de 9.94% y para las unidades de cerámicos Cajamarca 11.19% por tanto, los valores obtenidos están por debajo del valor máximo permisible por la norma técnica E. 070

4.3. Prismas de albañilería

Ensayos adicionales que se realizó con la finalidad de observar el comportamiento estructural de las unidades de albañilería y procedimiento de construcción.

A. Ensayo en pilas

- Compresión axial

Tabla 16. Resultados de la compresión axial en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/Cm²)
LARK-01	57.70 Kg/Cm ²
LARK-02	60.90 Kg/Cm ²
LARK-03	53.01 Kg/Cm ²
LARK-04	51.15 Kg/Cm ²
LARK-05	50.41 Kg/Cm ²
LARK-06	53.66 Kg/Cm ²
LARK-07	55.16 Kg/Cm ²
LARK-08	57.25 Kg/Cm ²
LARK-09	43.52 Kg/Cm ²
LARK-10	49.86 Kg/Cm ²
Promedio (fm) :	53.26 Kg/Cm²
Desviación estándar (σ) :	4.91 Kg/Cm²
Resistencia a la compresión (f'm) :	48.35 Kg/Cm²
Coefficiente de variación (Cv) :	9.21%

Las pilas elaboradas con King Kong 18 huecos de Cerámicos Lark; presenta una resistencia a la compresión $f'm = 48.35 \text{ kg/cm}^2$, dicho valor es cercano a la resistencia característica de la albañilería ($f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$) establecida por la norma E-070 para King Kong industrial.

Tabla 17. Resultados de la compresión axial en pilas del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/Cm²)
CECAJ-01 :	49.11 Kg/Cm ²
CECAJ-02 :	49.42 Kg/Cm ²
CECAJ-03 :	46.20 Kg/Cm ²
CECAJ-04 :	41.07 Kg/Cm ²
CECAJ-05 :	39.79 Kg/Cm ²
CECAJ-06 :	40.17 Kg/Cm ²
CECAJ-07 :	49.65 Kg/Cm ²
CECAJ-08 :	51.46 Kg/Cm ²
CECAJ-09 :	51.36 Kg/Cm ²
CECAJ-10 :	47.58 Kg/Cm ²
Promedio (fm) :	46.58 Kg/Cm²
Desviación estándar (σ) :	4.59 Kg/Cm²
Resistencia a la compresión (f'm) :	42.00 Kg/Cm²
Coefficiente de variación (Cv) :	9.84%

La resistencia a la compresión axial de la albañilería elaborada con King Kong popular 18 huecos de Cerámicos Cajamarca es $f'm = 42.00 \text{ kg/cm}^2$; dicho valor es inferior a la resistencia característica de la albañilería ($f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$) establecido por la norma E-070.

Los resultados obtenidos de la resistencia de la albañilería a compresión axial, en ambos casos son inferiores a lo establecido por la norma E-070. Se recomienda para un diseño conservador realizar ensayos de compresión axial en pilas y no recurrir a tablas o registros históricos de las unidades.

- Cálculo del módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad teórico (E_m) en pilas de albañilería, según la Norma Técnica E-070, relaciona a la resistencia de compresión axial de cada pila, según la formula $E_m = 500 f'm$ para unidades de arcilla.

En el Anexo 5; se presenta las gráficas de los ensayos esfuerzo vs deformación unitaria, la gráfica permitió determinar el módulo de elasticidad real y el comportamiento ante la carga.

Tabla 18. *Módulo de elasticidad teórico en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark*

Espécimen	Módulo de elasticidad Em (Kg/cm²)
LARK-01:	29292.71 Kg/cm ²
LARK-02:	28118.59 Kg/cm ²
LARK-03:	25323.70 Kg/cm ²
LARK-04:	24009.96 Kg/cm ²
LARK-05:	26574.29 Kg/cm ²
Promedio (Em) :	26663.9 Kg/cm²
Desv. Estándar (σ) :	1726.0 Kg/cm ²
Coef. de Variación (Cv) :	6.47%

Tabla 19. *Módulo de elasticidad real en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark*

Espécimen	Módulo de elasticidad Em (Kg/cm²)
LARK-01:	12739.6 Kg/cm ²
LARK-02:	10362.5 Kg/cm ²
LARK-03:	11086.3 Kg/cm ²
LARK-04:	11171.1 Kg/cm ²
LARK-05:	12334.1 Kg/cm ²
Promedio (Em) :	11538.7 Kg/cm²
Desv. Estándar (σ) :	795.6 Kg/cm ²
Coef. de Variación (Cv) :	6.90%

El módulo de elasticidad teórico para las pilas construidas con ladrillos King Kong 18 huecos de Cerámicos Lark es **26663.9 Kg/cm² (2.66639E+04 Tn/m²)** y el módulo de elasticidad real determinado a partir de las gráficas de esfuerzo vs deformación unitaria es **11538.7 Kg/cm² (1.15387E+04 Tn/m²)**. Según los resultados obtenidos el módulo de elasticidad real es inferior al módulo de elasticidad teórico señalado en la Norma E.070; para efectos de diseño, se debe utilizar el valor mínimo

Tabla 20. *Módulo de elasticidad teórico en pilas del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca*

Espécimen	Módulo de elasticidad Em (Kg/cm²)
CECAJ-01:	23634.05 Kg/cm ²
CECAJ-02:	23699.79 Kg/cm ²
CECAJ-03:	21955.00 Kg/cm ²
CECAJ-04:	19288.15 Kg/cm ²
CECAJ-05:	19102.86 Kg/cm ²
Promedio (Em) :	21536.0 Kg/cm²
Desv. Estándar (σ) :	1836.3 Kg/cm ²
Coef. de Variación (Cv) :	8.53%

Tabla 21. *Módulo de elasticidad real en pilas del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca*

Espécimen	Módulo de elasticidad Em (Kg/cm²)
CECAJ-01:	10038.3 Kg/cm ²
CECAJ-02:	9745.2 Kg/cm ²
CECAJ-03:	10859.1 Kg/cm ²
CECAJ-04:	10437.5 Kg/cm ²
CECAJ-05:	10798.2 Kg/cm ²
Promedio (Em) :	10375.7 Kg/cm²
Desv. Estándar (σ) :	393.2 Kg/cm ²
Coef. de Variación (Cv) :	3.79%

El módulo de elasticidad teórico de la albañilería de Cerámicos Cajamarca es **21536 Kg/cm² (2.15369E+04 Tn/m²)** y el módulo de elasticidad real es **10375.7 Kg/cm² (1.03757E+04 Tn/m²)**. Para este tipo de ladrillos también se observa que el módulo de elasticidad real es menor al módulo de elasticidad teórico; por tanto, para efectos de un diseño conservador se recomienda utilizar el valor mínimo.

B. Ensayo en muretes de albañilería

- Peso volumétrico de muretes

El peso volumétrico de muretes de Cerámicos Lark y cerámicos Cajamarca; se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 22. *Resultados del peso volumétrico en muros del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark*

Espécimen	Peso volumétrico Kg/m³
LARK-01 :	1515.24 Kg/m ³
LARK-02 :	1560.74 Kg/m ³
LARK-03 :	1469.74 Kg/m ³
LARK-04 :	1506.09 Kg/m ³
LARK-05 :	1525.30 Kg/m ³
Promedio :	1515.42 Kg/m³

Tabla 23. Resultados del peso volumétrico en muros del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Espécimen	Peso volumétrico Kg/m ³
CECAJ -01 :	1551.50 Kg/m ³
CECAJ -02 :	1517.92 Kg/m ³
CECAJ -03 :	1505.56 Kg/m ³
CECAJ -04 :	1527.82 Kg/m ³
CECAJ -05 :	1530.05 Kg/m ³
Promedio :	1526.57 Kg/m³

Los muretes construidos con unidades de cerámicos Lark Lambayeque, tienen un peso volumétrico de 1515.42 Kg/m³ y los construidos con unidades de cerámicos Cajamarca tienen un valor de 1526.57 Kg/m³. Según los valores obtenidos; se determina que no existe variación considerable del peso volumétrico entre ambos cerámicos.

- Compresión diagonal

La compresión diagonal en muros no confinados se realizó con la finalidad de examinar su comportamiento estructural de las unidades de albañilería, tipo de falla, calidad de mano de obra y materiales.

Tabla 24. Resultados de la compresión diagonal en muros del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Espécimen	Resistencia al corte (kg/Cm ²)
LARK-01 :	10.68 Kg/Cm ²
LARK-02 :	12.89 Kg/Cm ²
LARK-03 :	12.21 Kg/Cm ²
LARK-04 :	12.68 Kg/Cm ²
LARK-05 :	12.23 Kg/Cm ²
Promedio ($V'm$) :	12.46 Kg/Cm ²
Desviación estándar (σ) :	0.32 Kg/Cm ²
Resistencia al corte ($V'm$) :	12.14 Kg/Cm ²
Coefficiente de variación (Cv) :	2.53%

La resistencia al corte ($V'm$) mediante compresión diagonal de muretes para las unidades de Cerámicos Lark es 12.14 Kg/Cm²; para las unidades de Cerámicos Cajamarca se obtuvo un valor de 9.82 Kg/Cm². Según los valores se determinó; que las unidades de cerámicos Lark presentan mayor resistencia al corte con respecto a las unidades producidas por cerámicos Cajamarca

Tabla 25. Resultados de la compresión diagonal en muros del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Espécimen	Resistencia al corte (kg/Cm ²)
CECAJ -01 :	12.53 Kg/Cm ²
CECAJ -02 :	11.57 Kg/Cm ²
CECAJ -03 :	10.51 Kg/Cm ²
CECAJ -04 :	10.22 Kg/Cm ²
CECAJ -05 :	12.19 Kg/Cm ²
Promedio (Vm) :	11.21 Kg/Cm ²
Desviación estándar (σ) :	1.39 Kg/Cm ²
Resistencia al corte ($V'm$) :	9.82 Kg/Cm ²
Coefficiente de variación (Cv) :	12.38%

C. Mortero

Para lograr un comportamiento monolítico en la estructura al momento de construir las pilas y muretes; la resistencia del mortero debe ser similar a la resistencia promedio de las unidades de albañilería. Según el diseño de mortero realizado la proporción en volumen es 1:4.5:0.92 (cemento/arena/agua).

De esta proporción se preparó una tanda y se ensayaron a compresión axial a la edad de 7 y 28 días de curado; los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 26. Resultados de la resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 7 días

Característica	Resistencia Kg/Cm ²	Resistencia Mpa
Promedio	62.48 Kg/cm ²	6.13 Mpa
Desviación estándar	4.11 Kg/ cm ²	0.40 Mpa
Coefficiente de Variación	6.58%	6.68%

Tabla 27. Resultados de la resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 28 días

Característica	Resistencia Kg/Cm ²	Resistencia Mpa
Promedio	83.01 Kg/cm ²	8.14 Mpa
Desviación estándar	5.50 Kg/ cm ²	0.54 Mpa
Coefficiente de Variación	6.62%	6.62%

4.4. Contrastación de la hipótesis

La hipótesis planteada es que las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque); cumplen los requisitos y exigencias mínimas de la norma técnica E. 070 del reglamento nacional de edificaciones

En concordancia con la norma técnica E-070 y/o normas predecesoras, mencionadas en el capítulo II. Apartado 2.3.5. Tabla 2; se logró determinar que el ladrillo King Kong 18 huecos de Cerámicos Lark; cumple con los requisitos mínimos y máximos establecidos en lo que respecta a variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión simple para unidades de albañilería del **Tipo II**. En cambio, sus propiedades clasificatorias del ladrillo King Kong popular 18 huecos producido por Cerámicos Cajamarca (CECAJ) cumple para unidades de albañilería del **Tipo II**. De esta manera se determinó que dichas unidades son de **Tipo II** como lo menciona la norma técnica E 070 vigente.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Las unidades de albañilería de Cerámicos Lark, tiene una variación dimensional de largo = **-0.01%**, ancho = **-0.53%**, alto = **-1.40%**; alabeo en el sentido **cóncavo** = **0.72mm**, en el sentido **convexo** = **0.40mm**; compresión simple $f' b=8.93 \text{ Mpa}$ (**91.06 kg/cm²**). Cumple los requerimientos clasificatorios (variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión simple) establecidos para unidades de albañilería del **Tipo II** según la Norma Técnica E.070.
2. Las unidades de albañilería elaboradas por cerámicos Cajamarca presentan una variación dimensional a lo largo = **-2.04 %**, ancho = **-3.35%**, alto = **-1.47%**; Alabeo en el sentido **cóncavo** = **0.87mm**, en el sentido **convexo** = **0.23mm**; compresión simple $f' b=7.52 \text{ Mpa}$ (**76.67kg/cm²**), sus propiedades clasificatorias cumplen para clasificar como unidades de albañilería del **Tipo II** según la Norma Técnica E.070
3. Las unidades de albañilería de cerámicos Lark clasificadas como **Tipo II** presentan menor variación dimensional y alabeo con respecto a las unidades de cerámicos Cajamarca y tienen mayor resistencia a la compresión axial; de esta manera se establece que las unidades de cerámicos Lark cumplen mejor los requerimientos de Norma Técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
4. La succión de los ladrillos Lark y Cerámicos Cajamarca es de 30.63 g/cm²/min y 32.57 g/cm²/min; sin embargo, la norma recomienda que la succión al instante de asentar las unidades este comprendida entre los 10 y 20 g/200cm²-min, por tanto, se recomienda regar por media hora un día antes de su asentado.

5. La absorción de los ladrillos Lark es 9.94% y de los Cerámicos Cajamarca 11.19%. La norma E.070 menciona que para unidades de arcilla no será mayor al 22%, los valores determinados cumplen.

5.2. Recomendaciones

1. Realizar investigaciones para evaluar las características mecánicas de la albañilería elaborada con ladrillos de cerámicos Cajamarca (Shudal) y cerámicos Lark (Lambayeque), por ser ladrillos de procedencia industrial y semi-industrial.
2. Realizar investigaciones del proceso productivo y calidad de materiales empleados para la elaboración de ladrillos de arcilla por cerámicos Cajamarca (Shudal)

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- NTP 400.017. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Perú.
- Abanto, T. F. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Perú: San Marcos.
- Afanador, N., Guerrero, G., & Monroy, R. (2012). Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillos Macizos Cerámicos Para Mampostería. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 43-58.
- Aliaga, G. H. (2017). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendin*. Cajamarca.: UNC.
- Averardo, M. (2009). *Ladrillo - Orígenes y Desarrollo*. Argentina. Argentina: FAU-UNNE
- Cornejo, A. (2019). *Evaluación comparativa de las características físico – mecánicas de unidades de ladrillo tipo king kong de 18 huecos elaboradas en la ladrillera latesan con arcillas y arenas de las canteras de piñipampa y san jerónimo-cusco según la norma E.070*. Cusco: UAC.
- Cortez, L. Y. (2018). *Determinación del comportamiento mecánico, de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en el centro poblado de santa bárbara, distrito de baños del inca – Cajamarca*. Cajamarca: UNC.
- Cruzado, J. W. (2017). *Estudio de las propiedades físico mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca*. Cajamarca: UNC.
- Cubas, C. (2017). *determinación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo*. Cajamarca, Perú: UNC.
- E. 070. (2009). *Reglamento Nacional De Edificaciones Norma E.070 Albañilería*. Lima: El Peruano.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* . Lima: PUCP.

- Martinez, W. S. (2018). *Influencia del empleo de ladrillo artesanal de guayaquil en el comportamiento sísmico de edificaciones de albañilería confinada de mediana altura*. Guayaquil: UG.
- NTP 339.088. (1982). *Hormigón (Concreto). Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos*. Perú: Indecopi.
- NTP 339.185. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado*. Perú: Indecopi.
- NTP 400.017. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Perú: Indecopi.
- NTP 400.018. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (200) por lavado en agregados*. Perú: Indecopi.
- NTP 400.022. . (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Perú: Indecopi.
- Puentes, D. A. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia*. Colombia: UAS.
- Roman, I. D. (2021). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo – 2021*. Lima: UCV.
- San Bartolome, A. (1994). *Construcciones de Albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Perú: Fondo Edit. PUCP.
- Seminario, C. (2013). *Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura*. Piura: UDEP.
- Takeuchi, C. P. (2012). *Comportamiento en la mampostería estructural*. Colombia.

ANEXO 1.0. ENSAYOS CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

A. Propiedades físicas

✓ Variación dimensional

Tabla 28. Variación dimensional del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Espécimen	Largo(mm)					Ancho(mm)					Alto(mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp		
LARK-01	230.2	229.8	231.8	231.5	230.8	126.8	126.4	127.6	126.8	126.9	91.0	90.5	90.4	90.8	90.7		
LARK-02	231.0	230.8	231.5	232.0	231.3	125.7	125.3	125.8	125.3	125.5	90.4	90.9	90.0	90.6	90.5		
LARK-03	230.2	231.0	230.8	230.2	230.6	128.5	126.8	127.0	127.6	127.5	91.6	92.9	92.1	93.0	92.4		
LARK-04	230.5	229.8	228.5	230.1	229.7	122.1	123.0	123.8	123.2	123.0	92.1	92.3	90.2	90.7	91.3		
LARK-05	229.6	229.8	230.2	230.0	229.9	124.0	125.1	124.6	124.5	124.6	91.5	92.5	92.8	93.9	92.7		
LARK-06	229.8	228.4	228.8	229.2	229.1	125.2	125.3	125.7	124.2	125.1	91.0	91.3	90.8	89.6	90.7		
LARK-07	228.2	228.6	228.3	228.0	228.3	125.3	124.8	126.4	125.4	125.5	90.4	90.2	91.4	91.0	90.8		
LARK-08	231.4	231.2	230.0	230.2	230.7	126.4	126.8	127.0	127.1	126.8	90.1	90.8	91.5	91.6	91.0		
LARK-09	230.5	230.2	229.8	229.2	229.9	126.7	125.4	126.2	125.7	126.0	91.2	90.9	90.6	90.7	90.9		
LARK-10	230.8	231.0	229.9	229.0	230.2	124.5	125.3	124.2	125.1	124.8	92.3	92.4	90.9	90.6	91.6		
LARK-11	230.5	229.9	228.8	230.0	229.8	126.4	126.5	127.1	126.2	126.6	90.6	90.2	89.8	89.5	90.0		
LARK-12	230.1	230.2	230.5	230.0	230.2	124.2	125.7	125.2	125.0	125.0	91.0	91.2	94.1	93.9	92.6		
LARK-13	229.2	230.0	229.8	229.5	229.6	125.2	125.1	126.1	125.2	125.4	90.8	90.7	89.9	89.2	90.2		
LARK-14	230.6	229.9	231.0	230.0	230.4	126.8	127.2	126.4	127.2	126.9	91.3	91.9	91.6	91.3	91.5		
LARK-15	229.1	230.0	230.2	230.9	230.1	125.3	125.1	126.3	125.1	125.5	92.0	91.4	93.2	92.6	92.3		
Largo de fabr. (mm):					230.00	Ancho fabr.:					125.00	Alto fabr.:					90.00
Largo prom. (mm):					230.03	Ancho prom.:					125.67	Alto prom.:					91.26
σ (mm):					0.74	σ (mm):					1.15	σ (mm):					0.88
Var. dimensional (%):					-0.01	V (%):					-0.53	V (%):					-1.40
C.v.(%):					0.32	C.v.(%):					0.91	C.v.(%):					0.96

Tabla 29. Variación dimensional del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Especimen	Largo(mm)					Ancho(mm)					Alto(mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp		
CECAJ-01	224.5	225.1	224.8	224.7	224.8	124.8	124.4	124.6	124.8	124.7	92.4	91.9	92.2	91.8	92.1		
CECAJ-02	224.9	224.2	224.4	223.8	224.3	123.8	123.0	124.4	124.0	123.8	88.8	89.2	90.6	91.9	90.1		
CECAJ-03	224.8	225.2	225.0	225.6	225.2	124.8	123.3	124.2	125.1	124.4	91.0	91.0	92.0	92.1	91.5		
CECAJ-04	225.2	225.0	225.2	226.0	225.4	124.8	124.2	124.4	124.4	124.2	90.6	90.4	90.7	91.0	90.7		
CECAJ-05	223.9	224.0	224.1	225.0	224.3	123.5	124.0	123.8	124.8	124.0	90.2	92.1	90.3	90.0	90.7		
CECAJ-06	224.8	224.5	225.5	225.0	225.0	124.7	123.0	123.6	122.9	123.6	92.5	92.7	90.6	90.1	91.5		
CECAJ-07	223.5	223.8	224.9	225.0	224.3	123.9	123.6	123.9	123.7	123.8	91.5	91.8	90.8	90.0	91.0		
CECAJ-08	223.6	224.0	223.5	224.8	224.0	122.9	123.4	123.4	123.4	123.3	91.4	89.8	90.2	89.9	90.3		
CECAJ-09	225.0	224.1	223.4	223.8	224.1	123.8	124.4	124.8	124.0	124.3	91.9	91.9	91.6	92.4	92.0		
CECAJ-10	222.1	222.5	223.0	223.0	222.7	123.1	123.1	123.4	123.6	123.3	91.4	91.0	93.6	93.4	92.4		
CECAJ-11	224.0	224.5	225.0	223.4	224.2	123.4	123.6	124.8	123.9	123.9	91.2	91.9	91.9	92.3	91.8		
CECAJ-12	223.5	223.8	224.1	223.5	223.7	124.5	124.0	123.4	123.8	123.9	89.9	89.6	91.2	91.0	90.4		
CECAJ-13	225.0	225.2	225.1	229.5	226.2	125.0	124.8	125.1	125.3	125.1	90.0	91.2	92.2	92.8	91.6		
CECAJ-14	225.1	224.8	224.5	224.0	224.6	125.1	124.3	124.3	125.0	124.7	90.3	89.9	91.5	91.0	90.7		
CECAJ-15	224.5	224.0	223.9	224.8	224.3	124.1	123.8	123.0	123.6	123.6	93.5	93.4	92.8	92.9	93.2		
Largo de fabr. (mm):					220.00	Ancho fabr.:					120.00	Alto fabr.:					90.00
Largo prom. (mm):					224.46	Ancho prom.:					124.03	Alto prom.:					91.32
σ (mm):					0.80	σ (mm):					0.51	σ (mm):					0.86
Var. dimensional (%):					-2.03	V (%)					-3.35	V (%)					-1.47
C.v.(%):					0.36	C.v.(%):					0.41	C.v.(%):					0.94

✓ Alabeo

Tabla 30. Alabeo del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Especimen	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
LARK-01	3.00	0.00	1.00	0.00
LARK-02	0.00	2.00	2.00	0.00
LARK-03	3.00	0.00	1.00	0.00
LARK-04	2.50	0.00	0.00	1.00
LARK-05	3.00	0.00	1.00	0.00
LARK-06	2.50	0.00	0.00	1.00
LARK-07	0.00	0.00	2.00	0.00
LARK-08	3.00	0.00	0.00	0.00
LARK-09	0.00	2.00	0.00	1.00
LARK-10	4.00	0.00	0.00	2.00
LARK-11	1.00	0.00	1.00	0.00
LARK-12	0.00	2.00	0.00	0.00
LARK-13	1.00	0.00	0.00	1.00
LARK-14	3.00	0.00	1.00	0.00
LARK-15	2.00	0.00	2.00	0.00
Promedio (mm)	Cóncavo		0.72	
	Convexo		0.40	

Tabla 31. Alabeo del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Especimen	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
CECAJ-02	1.00	0.00	1.00	0.00
CECAJ-03	1.00	0.00	2.00	0.00
CECAJ-04	2.00	0.00	2.00	0.00
CECAJ-05	3.00	0.00	2.00	0.00
CECAJ-06	2.00	0.00	1.00	0.00
CECAJ-07	1.00	0.00	1.00	0.00
CECAJ-08	0.00	3.00	3.00	0.00
CECAJ-09	0.00	2.00	2.00	0.00
CECAJ-10	2.00	0.00	3.00	0.00
CECAJ-11	1.00	0.00	2.00	0.00
CECAJ-12	1.00	0.00	1.00	0.00
CECAJ-13	3.00	1.00	0.00	1.00
CECAJ-14	1.00	0.00	3.00	0.00
CECAJ-15	2.00	0.00	2.00	0.00
Promedio (mm)	Cóncavo		0.87	
	Convexo		0.23	

B. Propiedades mecánicas

✓ **Compresión simple**

Tabla 32. *Compresión simple del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark*

Especímen	Largo(mm)		Ancho(mm)		Alto(mm)		Peso Amb. (gr)	Carga Máxima (KN)	Área (cm ²)	fb Kg/Cm ²	fb Mpa	
	L1	L2	A1	A2	H1	H2						
LARK - 01	232	230	126	127	91	91	2786	308.34	292.2	107.57	10.55	
LARK - 02	232	231	125	126	91	90	2836	310.19	290.1	109.00	10.69	
LARK - 03	231	231	127	129	93	92	2839	280.42	294.7	96.98	9.51	
LARK - 04	229	230	123	122	91	92	2783	280.12	280.8	101.68	9.97	
LARK - 05	230	230	125	124	94	92	2788	270.09	286.5	96.11	9.43	
LARK - 06	229	228	125	125	90	91	2812	321.30	286.3	114.39	11.22	
LARK - 07	228	229	125	125	91	90	2769	254.35	285.7	90.76	8.90	
LARK - 08	230	231	127	126	92	90	2791	271.29	291.9	94.73	9.29	
LARK - 09	230	230	125	127	91	91	2802	358.51	289.9	126.06	12.37	
LARK - 10	230	231	125	125	91	92	2755	297.87	287.8	105.49	10.35	
LARK - 11	229	230	127	126	90	91	2831	362.53	290.0	127.43	12.50	
LARK - 12	231	230	126	124	94	91	2736	260.46	287.8	92.25	9.05	
LARK - 13	230	230	125	125	89	91	2780	249.88	287.7	88.53	8.68	
LARK - 14	231	230	127	127	91	91	2828	323.73	292.7	112.75	11.06	
LARK - 15	230	230	125	125	93	92	2752	255.09	288.1	90.26	8.85	
								<i>f_m</i> :	103.6	Kg/Cm ²	10.16	Mpa
								<i>σ</i> :	12.54	Kg/Cm ²	1.23	Mpa
								<i>f'_m</i> :	91.1	Kg/Cm²	8.93	Mpa
								<i>C_v</i> :	12.10%			

Tabla 33. Compresión simple del King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Especimen	Largo(mm)		Ancho(mm)		Alto(mm)		Peso Amb. (gr)	Carga Máxima (KN)	Área (cm ²)	fb Kg/Cm ²	fb Mpa
	L1	L2	A1	A2	H1	H2					
CECAJ- 01	225	225	125	125	92	92	2810	231.33	280.5	84.06	8.25
CECAJ- 02	224	224	124	124	89	91	2700	212.22	278.6	77.65	7.62
CECAJ- 03	225	225	124	125	91	92	2753	224.80	280.6	81.67	8.01
CECAJ- 04	225	225	124	124	90	91	2833	273.42	280.0	99.53	9.76
CECAJ- 05	224	224	124	125	92	90	2847	238.21	278.5	87.19	8.55
CECAJ- 06	225	226	124	123	93	91	2801	226.71	277.3	83.34	8.18
CECAJ- 07	224	225	124	124	92	91	2812	245.33	277.7	90.04	8.83
CECAJ- 08	224	224	123	123	90	90	2735	241.35	276.1	89.10	8.74
CECAJ- 09	224	223	125	124	92	92	2748	242.00	278.3	88.63	8.69
CECAJ- 10	223	223	123	124	91	94	2699	339.09	275.1	125.65	12.33
CECAJ- 11	225	225	125	124	92	92	2760	232.42	279.5	84.77	8.32
CECAJ- 12	224	224	123	124	90	91	2788	192.64	276.8	70.94	6.96
CECAJ- 13	225	225	125	125	91	92	2741	255.00	281.9	92.21	9.05
CECAJ- 14	225	225	124	125	90	92	2717	253.64	280.0	92.33	9.06
CECAJ- 15	224	224	123	124	93	93	2739	231.74	276.1	85.55	8.39
								<i>f_m</i> :	88.8	Kg/Cm ²	8.72 Mpa
								<i>σ</i> :	12.17	Kg/Cm ²	1.19 Mpa
								<i>f'_m</i> :	76.7	Kg/Cm ²	7.52 Mpa
								<i>C_v</i> :	13.70%		

ANEXO 2.0. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

A. Propiedades Físicas

✓ Ensayo de succión

Tabla 34. *Succión del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark*

Espécimen	Peso		Peso Suc.	A	L	Área	S
	Amb.	Peso Seco					
	(gr)	(gr)	(gr)	(mm)	(mm)	(Cm2)	(gr/min)
LARK-01	2786	2699	2722	125.4	229.5	143.8	31.99
LARK-02	2836	2768	2789	124.6	230.4	143.1	29.35
LARK-03	2839	2756	2782	125.0	230.2	143.8	36.17
LARK-04	2793	2735	2759	126.1	229.8	145.8	32.93
LARK-05	2688	2646	2667	125.5	230.1	144.8	29.01
LARK-06	2756	2712	2740	124.6	228.9	141.2	39.66
LARK-07	2845	2796	2822	124.5	229.7	142.0	36.63
LARK-08	2792	2754	2778	124.0	231.1	142.6	33.67
LARK-09	2753	2708	2737	125.2	230.2	144.2	40.22
LARK-10	2811	2762	2792	124.7	229.8	142.6	42.09
Succión promedio :					35.171	gr/200cm ² - min	
Desviación estándar :					4.543	gr/200cm ² - min	
Succión :					30.628	gr/200cm² - min	
Coeficiente de Variación :					12.917%		

Tabla 35. *Succión del King Kong 18 huecos, de ladrillos*

Espécimen	Peso		Peso Suc.	A	L	Área	S
	Amb.	Peso Seco					
	(g)	(g)	(g)	(mm)	(mm)	(Cm2)	(gr/min)
CECAJ-01	2809	2793	2815	124.4	224.6	135.4	32.50
CECAJ-02	2701	2694	2720	123.6	223.9	132.7	39.17
CECAJ-03	2754	2733	2757	124.6	224.1	135.2	35.50
CECAJ-04	2832	2774	2798	127.5	225.5	143.5	33.45
CECAJ-05	2846	2839	2865	125.5	224.4	137.6	37.78
CECAJ-06	2748	2725	2751	123.5	224.8	133.6	38.91
CECAJ-07	2712	2681	2710	124.7	225.3	136.9	42.35
CECAJ-08	2687	2673	2701	125.1	225	137.5	40.73
CECAJ-09	2655	2649	2671	124.6	223.6	134.6	32.69
CECAJ-10	2762	2753	2774	123.8	224.7	134.2	31.30
Succión promedio :					36.439	gr/200cm ² - min	
Desviación estándar :					3.868	gr/200cm ² - min	
Succión :					32.570	gr/200cm² - min	
Coeficiente de Variación :					10.62%		

✓ **Ensayo de absorción**

Tabla 36. *Absorción del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark*

Espécimen	Peso Amb. (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Sat. (gr)	Absorción
LARK-01	2773	2738	3011	9.97%
LARK-02	2824	2787	3072	10.23%
LARK-03	2826	2781	3067	10.28%
LARK-04	2780	2728	2988	9.53%
LARK-05	2676	2647	2911	9.97%
LARK-06	2745	2712	2980	9.88%
LARK-07	2834	2805	3075	9.63%
LARK-08	2779	2741	2991	9.12%
LARK-09	2741	2719	3000	10.33%
LARK-10	2798	2757	3044	10.41%
Absorción promedio:				9.94%
Desviación estándar:				0.41%
Coefficiente de variación:				4.14%

Tabla 37. *Absorción del King Kong 18 huecos, de ladrillos*

Espécimen	Peso Amb. (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Sat. (gr)	Absorción
CECAJ-01	2826	2803	3089	10.20%
CECAJ-02	2758	2733	3046	11.45%
CECAJ-03	2749	2718	3039	11.81%
CECAJ-04	2849	2821	3153	11.77%
CECAJ-05	2863	2848	3156	10.81%
CECAJ-06	2765	2746	3042	10.78%
CECAJ-07	2695	2673	2981	11.52%
CECAJ-08	2770	2743	3049	11.16%
CECAJ-09	2638	2618	2924	11.69%
CECAJ-10	2745	2727	3020	10.74%
Absorción promedio:				11.19%
Desviación estándar:				0.54%
Coefficiente de variación:				4.83%

ANEXO 3.0. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO

A. Análisis granulométrico del agregado fino proveniente de la cantera “Doña Ramona”

Tabla 38. Análisis granulométrico del agregado fino- *Ensayo N°01*

Tamiz	Abertura Tamiz (mm.)	Peso Retenido Parcial (g.)	Porcentaje Reteniendo		Porcentaje que Pasa	Requisito Granulométrico del Agregado Fino Según la E.070	
			Parcial (%)	Acumulado (%)			
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°8	2.36	23.00	1.77	1.77	98.23	95	100
N°16	1.18	330.00	25.38	27.15	72.85	70	100
N°30	0.60	370.00	28.46	55.62	44.38	40	75
N°50	0.30	291.00	22.38	78.00	22.00	10	35
N°100	0.15	185.00	14.23	92.23	7.77	2	15
N°200	0.075	87.00	6.69	98.92	1.08	0	2
Cazoleta	.-	14.00	1.08	100.00	0.00	Módulo de Finura	
Peso total de muestra		1300.00				2.548	

Tabla 39. Análisis granulométrico del agregado fino- *Ensayo N°02*

Tamiz	Abertura Tamiz (mm.)	Peso Retenido Parcial (g.)	Porcentaje Reteniendo		Porcentaje que Pasa	Requisito Granulométrico del Agregado Fino Según la E.070	
			Parcial (%)	Acumulado (%)			
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°8	2.36	21.00	1.62	1.62	98.38	95	100
N°16	1.18	329.00	25.31	26.92	73.08	70	100
N°30	0.60	373.00	28.69	55.62	44.38	40	75
N°50	0.30	294.00	22.62	78.23	21.77	10	35
N°100	0.15	170.00	13.08	91.31	8.69	2	15
N°200	0.075	98.00	7.54	98.85	1.15	0	2
Cazoleta	.-	15.00	1.15	100.00	0.00	Módulo de Finura	
Peso total de muestra		1300.00				2.537	

Tabla 40. Análisis granulométrico del agregado fino- Ensayo N°03

Tamiz	Abertura Tamiz (mm.)	Peso Retenido Parcial (g.)	Porcentaje Reteniendo		Porcentaje que Pasa	Requisito Granulométrico del Agregado Fino Según la E.070	
			Parcial (%)	Acumulado (%)			
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°8	2.36	25.00	1.92	1.92	98.08	95	100
N°16	1.18	327.00	25.15	27.08	72.92	70	100
N°30	0.60	359.00	27.62	54.69	45.31	40	75
N°50	0.30	302.00	23.23	77.92	22.08	10	35
N°100	0.15	171.00	13.15	91.08	8.92	2	15
N°200	0.075	106.00	8.15	99.23	0.77	0	2
Cazoleta	.-	10.00	0.77	100.00	0.00	Módulo de Finura	
Peso total de muestra		1300.00				2.527	

El gráfico de la figura 6; representa la curva granulométrica del agregado fino de la cantera Doña Ramona. Se observa que las curvas granulométricas se encuentran dentro del huso granulométrico para morteros, estipulado en la norma E.070 del reglamento de edificaciones

B. Módulo de finura del Agregado Fino

De los tres ensayos granulométricos realizados para el agregado fino; a continuación, se presenta un resumen en la siguiente tabla.

Tabla 41. Módulo de finura del Agregado Fino

Módulo de Finura	
Ensayo N° 01:	2.548
Ensayo N° 02:	2.537
Ensayo N° 03:	2.527
Promedio:	2.537

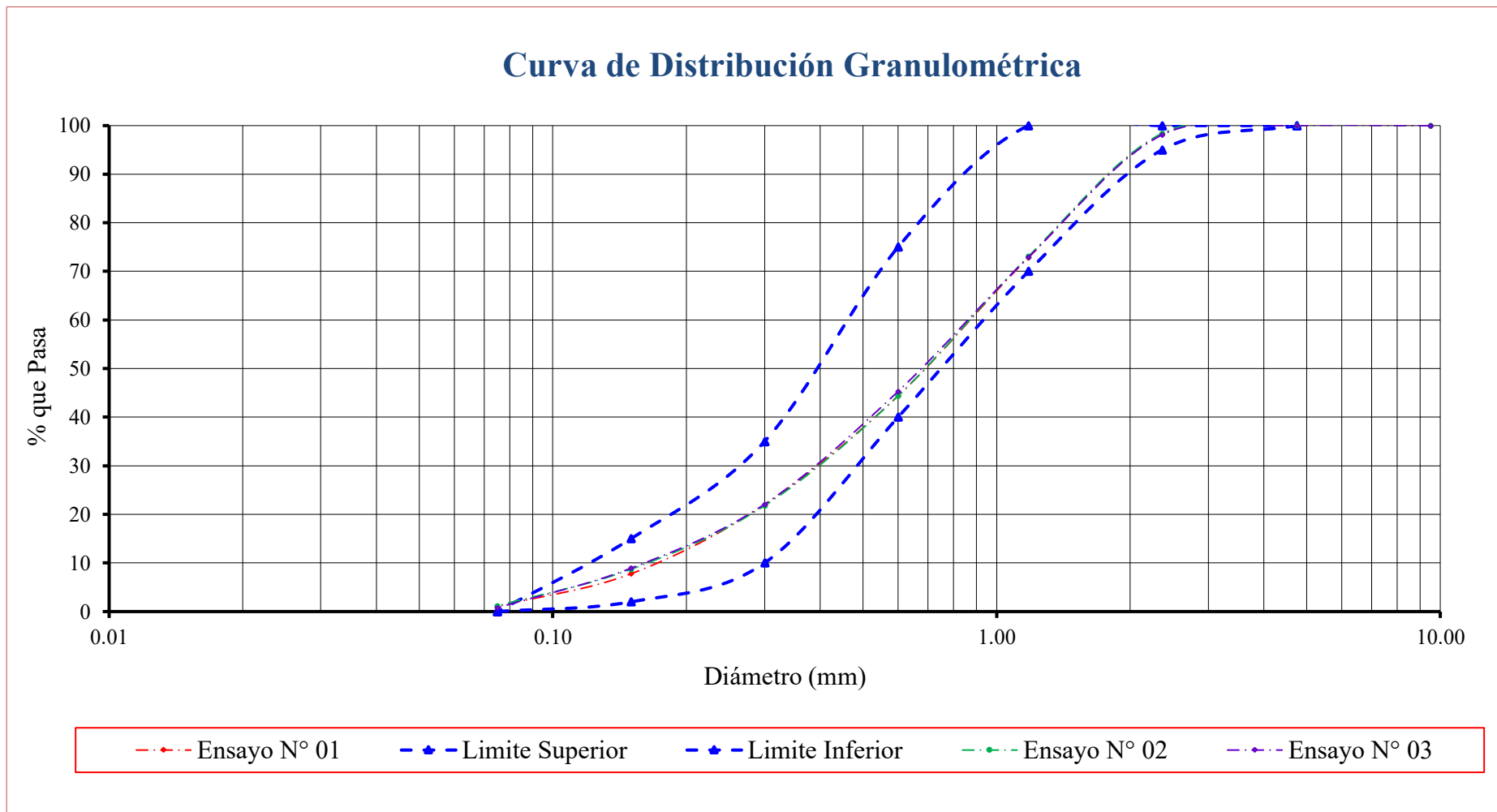


Figura 6. Curvas de distribución granulométrica del agregado fino y huso granulométrico

C. Ensayo de peso específico del agua, cálculo del factor f, peso unitario seco suelto y compactado.

Tabla 42. *Peso específico del agua.*

ÍTEM	Ensayo - N°1	Ensayo – N°2	Ensayo – N°3
Peso de fiola + agua (g)	649.3	649.4	649.35
Peso de fiola (g)	151.20	151.20	151.20
Peso de agua (g)	498.1	498.2	498.15
Volumen fiola (cm ³)	500.00	500.00	500.00
Peso específico=W/V (g/cm ³)	0.99620	0.99640	0.99630
Promedio	996.30 Kg/m³		

Tabla 43. *Factor f del molde para el peso unitario del agregado fino.*

ÍTEM	Ensayo - N°1	Ensayo – N°2	Ensayo – N°3
Peso específico del agua (kg/m ³)	996.30	996.30	996.30
Peso del Cilindro (g)	3885.00	3885.00	3885.00
Peso del Cilindro + Agua (g)	6850.00	6851.00	6852.00
Peso Agua	2.9650	2.9660	2.9670
f (1/m ³)	336.020	335.907	335.794
Promedio	335.91 (1/m³)		

Tabla 44. *Peso unitario seco suelto del agregado fino.*

ÍTEM	Ensayo - N°1	Ensayo - N°2	Ensayo - N°3
Peso del recipiente (g)	3885.00	3885.00	3885.00
Peso del recipiente + muestra (g)	8670.00	8679.00	8665.00
Peso de muestra (g)	4785.00	4794.00	4780.00
f (1/m ³)	335.91	335.91	335.91
PUSS (g/m ³)	1.607	1.610	1.606
Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m³): 1608			

PUSS: Peso unitario seco suelto.

Tabla 45. *Peso unitario seco compactado o varillado del agregado fino.*

ÍTEM	Ensayo - N°1	Ensayo - N°2	Ensayo - N°3
Peso del recipiente (g)	3885.00	3885.00	3885.00
Peso de muestra compactada + recipiente (g)	9012.00	8996.00	9004.00
Peso de muestra (g)	5127.00	5111.00	5119.00
f (1/m ³)	335.907	335.907	335.907
PUSC (g/m ³)	1.722	1.717	1.720
Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m³): 1720			

PUSC: Peso unitario seco compactado.

D. Peso específico y absorción del agregado Fino.

Tabla 46. *Peso específico del Agregado Fino.*

ÍTEM	E - N°1	E - N°2	E - N°3
W Agregado SSS (g)	500.00	500.00	500.00
W Fiola. (g)	151.2	151.2	151.2
W Agregado + fiola (g)	649.45	649.45	649.45
W Fiola + agregado + agua (g)	962.40	962.70	963.10
WO=Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	494.00	494.10	494.40
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00
Va=Peso en (g) o volumen del agua añadida al frasco (g)	310.20	310.50	310.90
a. Peso específico de masa Pem=Wo/(V-Va)	2.603	2.607	2.614
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca Pesss=500/(V-Va)	2.634	2.639	2.644
c. Peso específico aparente Pea=Wo/((V-Va) -(500-Wo))	2.688	2.691	2.694
d. Absorsión Abs=((500-Wo) /Wo)*100	1.215	1.194	1.133
Promedio Peso Específico de Masa (g/cm³): 2.608			
Promedio Peso Específico de Masa sss (g/cm³): 2.639			
Promedio Peso Específico de Aparente (g/cm³): 2.691			
Promedio absorción (%): 1.181			

E. Porcentaje que pasa la malla N^a 200 del agregado fino

Tabla 47. Porcentaje que pasa la malla N^a 200 del agregado fino.

ÍTEM	Ensayo - N°1	Ensayo - N° 2	Ensayo - N°3
Peso seco de la muestra original (g)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (g)	482.00	483.00	481.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (g)	18.00	17.00	19.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	3.60%	3.40%	3.80%
PROMEDIO:		3.60 %	

F. Contenido de humedad del agregado fino

Tabla 48. Contenido de humedad del agregado fino.

ÍTEM	Ensayo - N° 1	Ensayo - N°2	Ensayo - N° 3
Peso de tara (g)	115.00	108.00	103.00
Peso de tara + muestra húmeda (g)	1815.00	1742.00	1781.00
Peso de tara + muestra seca (g)	1738.00	1665.00	1706.00
Contenido de humedad (%)	4.74	4.95	4.68
Promedio (W%):		4.789	

ANEXO 4.0. DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO

A. Diseño del mortero para una proporción en volumen de 1:4.5

1. especificaciones

- Se desea determinar las proporciones de los materiales integrantes de un mortero de f'c igual a 80 Kg/cm²
- Asentamiento: Mortero de (5" – 8")

2. Materiales

A) Cemento.

- Cemento Portland Tipo I - Pacasmayo de la norma ASTM C-150/ NTP 334.009
- Peso específico3.12 g/cm³

B) Agua.

- Potable, de la red de servicio de la ciudad universitaria
- Peso específico1.000 g/cm³

C) Agregado fino

Se tomaron las propiedades del agregado fino descritas en las tablas del anexo 3.0.

3. Proporción en volumen utilizado

Se utilizó una proporción en volumen absoluto según lo descrito en la (NTP E-070 ÍTEM 6.4) de **1 : 4.5** y **un volumen de agua de 0.92 lts.** El volumen de agua fue determinado con ensayos experimentales hasta obtener la consistencia deseada

4. Transformación de volumen absoluto a peso de los materiales:

Cemento = 1pie ³	42.50 kg
Arena = 4.5pie ³ *(1m ³ /35.315pie ³) *1608.....	204.90 kg
Agua de diseño = 0.92*42. 50.....	39.10 Lt
<hr/>	
Colada.....	286.50 kg

5. Cálculo del rendimiento de la mezcla:

Cemento = 42.50 kg/ 3120 kg/m ³	0.013621 m ³
Arena = 204.90 kg/2608 kg/m ³	0.078559 m ³
Agua = 39.10 kg/1000 kg/m ³	0.039100 m ³
Aire atrapado = 4.0%*0.131369/100.....	0.000525 m ³
<hr/>	
Total.....	0.131805 m³

6. Factor Cemento

$$\text{Factor cemento} = 1/0.131805 = 7.58 \text{ Bolsas/m}^3$$

7. Cantidad de materiales de diseño por metro cúbico.

Cemento = $7.58 * 42.5$	322.15 Kg
Arena = $7.58 * 204.90$	1553.1 Kg
Agua = $7.58 * 39.10$	296.4 litros
Aire total.....	4.0%

8. Cantidad de materiales corregidos por humedad por metro cúbico.

Cemento.....	311.10 Kg
Arena = $1553.1 * (1 + 4.789/100)$	1627 Kg
Agua = $259.7 - 1553.1 * (4.789 - 1.181) / 100$	240.4 Litros
Aire total.....	4.0 %

B. Ensayo de compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de mortero de 4” de diámetro por 8” de altura de la proporción de 1: 4.5

Tabla 49. *Compresión axial de especímenes cilíndricos de mortero, a la edad de 7 días*

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (tn)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)
1	7	MO - 01	5.00	9.99	63.79
2	7	MO - 02	4.50	9.97	57.64
3	7	MO - 03	4.75	10.01	60.36
4	7	MO - 04	5.00	10.02	63.41
5	7	MO - 05	5.25	10.02	66.58
6	7	MO - 06	4.50	9.98	57.53
7	7	MO - 07	4.50	10.05	56.73
8	7	MO - 08	5.25	10.06	66.05
9	7	MO - 09	5.50	10.03	69.61
10	7	MO - 10	5.00	10.04	63.16
Promedio: 62.48 Kg/cm²					
Desviación estándar: 4.11 Kg/ cm²					
Coefficiente de Variación: 6.58%					

Tabla 50. *Compresión axial de especímenes cilíndricos de mortero, a la edad de 28 días*

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (tn)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)
1	28	MO - 11	7.00	10.04	88.42
2		MO - 12	6.75	10.00	85.94
3	28	MO - 13	6.00	9.98	76.70
4	28	MO - 14	6.25	9.97	80.06
5	28	MO - 15	6.75	9.95	86.81
	28	MO - 16	6.25	10.02	79.26
7	28	MO - 17	5.75	10.01	73.07
8	28	MO - 18	6.50	10.02	82.43
9	28	MO - 19	6.75	10.04	85.26
10	28	MO - 20	7.25	10.01	92.13
Promedio: 83.01 Kg/cm²					
Desviación estándar: 5.50 Kg/ cm²					
Coefficiente de Variación: 6.62 %					

ANEXO 5.0. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERÍA Y CRITERIOS DE FALLA

A. Ensayo en pilas

- Compresión axial

Tabla 51. Resistencia de compresión axial en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

Especimen	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P(Max) KN	Área Cm2	fm Kg/Cm2	Factor de Corrección	fm	
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						Kg/Cm2	Corregido
LARK-01	229	124.5	294	2.361	206.63	285.11	73.88	0.781	57.70	
LARK-02	231	126.2	302	2.393	221.86	291.52	77.58	0.785	60.90	
LARK-03	230	126.5	295	2.332	194.96	290.95	68.31	0.776	53.01	
LARK-04	231	126.1	298	2.363	187.14	291.29	65.49	0.781	51.15	
LARK-05	228	125.9	303	2.407	180.37	287.05	64.05	0.787	50.41	
LARK-06	232	126.3	301	2.383	196.73	293.02	68.44	0.784	53.66	
LARK-07	229	124.7	298	2.390	196.84	285.56	70.27	0.785	55.16	
LARK-08	229	124.0	297	2.395	203.17	283.96	72.93	0.785	57.25	
LARK-09	230	126.0	300	2.381	158.02	289.80	55.58	0.783	43.52	
LARK-10	228	123.9	302	2.437	174.70	282.49	63.04	0.791	49.86	
								fm :	53.26	Kg/Cm2
								σ :	4.91	Kg/Cm2
								f'm :	48.35	Kg/Cm2
								Cv:	9.21%	

Tabla 52. Resistencia de compresión axial en pilas del King Kong 18 huecos, de cerámicos Cajamarca

Especimen	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P(Max) KN	Área Cm2	fm Kg/Cm2	Factor de Corrección	fm	
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						Kg/Cm2	Corregido
CECAJ-01	223	126.2	299	2.369	173.37	281.43	62.80	0.782	49.11	
CECAJ-02	224	124.5	298	2.394	172.23	278.88	62.95	0.785	49.42	
CECAJ-03	225	125.1	301	2.406	162.08	281.48	58.70	0.787	46.20	
CECAJ-04	224	123.2	304	2.468	139.86	275.97	51.66	0.795	41.07	
CECAJ-05	219	125.1	297	2.374	136.76	273.97	50.88	0.782	39.79	
CECAJ-06	223	124.4	302	2.428	138.38	277.41	50.85	0.790	40.17	
CECAJ-07	223	124.9	301	2.410	172.39	278.53	63.09	0.787	49.65	
CECAJ-08	224	122.8	296	2.410	176.43	275.07	65.38	0.787	51.46	
CECAJ-09	225	124.5	301	2.418	179.12	280.13	65.18	0.788	51.36	
CECAJ-10	224	124.0	297	2.395	165.17	277.76	60.62	0.785	47.58	
								fm :	46.58	Kg/Cm2
								σ :	4.59	Kg/Cm2
								f'm :	42.00	Kg/Cm2
								Cv:	9.84%	

Tabla 53. Área y alto en pilas del King Kong de 18 huecos, de Cerámicos Lark

Espécimen	LARK-01	LARK-02	LARK-03	LARK-04	LARK-05
Área (cm²)	285.11	291.52	290.95	291.29	287.05
Alto (mm)	294	302	295	298	303

Tabla 54. Deformación unitaria y esfuerzo en pilas del King Kong 18 huecos, de Cerámicos Lark

LARK-01				LARK-02				LARK-03	
Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
0.001	5.58	0.001	5.49	0.000	5.44	0.001	5.47	0.001	5.59
0.001	11.17	0.001	10.98	0.001	10.88	0.001	10.93	0.001	11.18
0.001	16.75	0.001	16.47	0.001	16.31	0.001	16.40	0.002	16.77
0.002	22.34	0.002	21.96	0.002	21.75	0.001	21.86	0.003	22.36
0.003	27.92	0.002	27.45	0.003	27.19	0.003	27.33	0.003	27.95
0.003	33.51	0.003	32.94	0.003	32.63	0.003	32.80	0.004	33.54
0.004	39.09	0.004	38.43	0.004	38.06	0.004	38.26	0.004	39.13
0.004	44.68	0.005	43.92	0.005	43.50	0.005	43.73	0.005	44.72
0.005	50.26	0.006	49.41	0.005	48.94	0.005	49.20	0.006	50.41
0.005	55.85	0.007	54.90	0.007	53.01	0.006	51.15	0.007	48.91
0.006	57.70	0.008	60.90	0.009	47.58	0.007	48.10	0.008	41.92
0.008	55.01	0.009	57.64	0.011	40.78	0.009	44.28	--	--
0.009	51.94	0.010	53.53	--	--	--	--	--	--

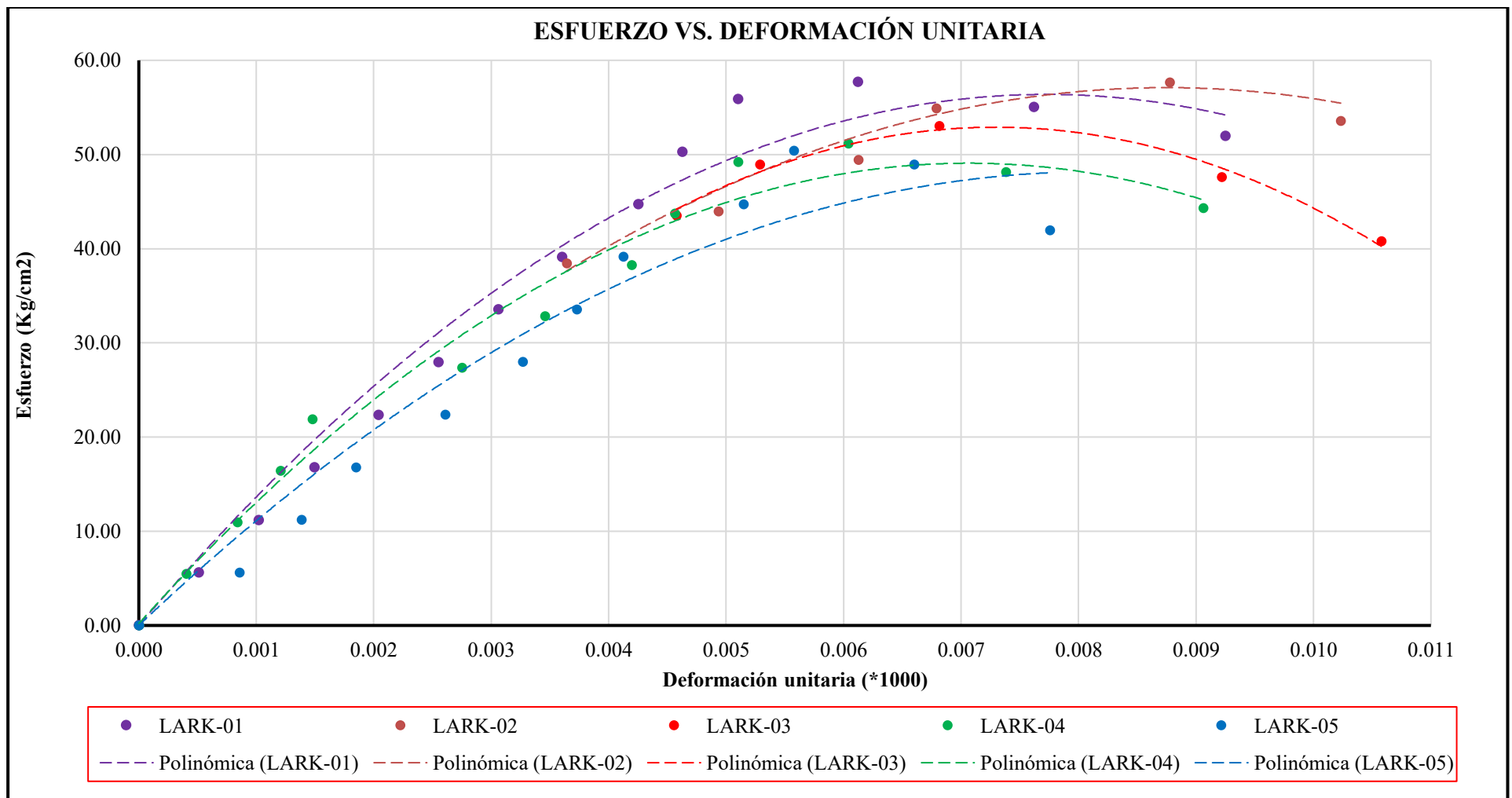


Figura 7. Gráfico de esfuerzo Vs. Deformación unitaria en pilas del ladrillo King Kong de 18 huecos, de Cerámicos Lark

Tabla 55. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo en pilas de ladrillo King Kong de 18 huecos, de Cerámicos Lark

Espécimen	Def. unitaria (al 20%)	Def. unitaria (al 50%)	Esf. 20% (kg/cm ²)	Esf. 50% (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (Kg/cm ²)
LARK-01:	0.00101	0.0023850	11.72	29.29	12739.59
LARK-02:	0.00078	0.0024106	11.25	28.12	10362.54
LARK-03:	0.00082	0.0021954	10.13	25.32	11086.29
LARK-04:	0.00072	0.0020062	9.60	24.01	11171.12
LARK-05:	0.00130	0.0025878	10.63	26.57	12334.06
Promedio (Em) :					11538.72 Kg/cm²
Desv. estándar (σ) :					795.60 Kg/cm²
Coef. de variación (Cv) :					0.07 Kg/cm²

Tabla 56. Área y alto en pilas de ladrillo King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Espécimen	CECAJ-01	CECAJ-02	CECAJ-03	CECAJ-04	CECAJ-05
Área (cm ²)	281.43	278.88	281.48	275.97	273.97
Alto (mm)	299	298	301	304	297

Tabla 57. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo en pilas de ladrillo de King Kong popular 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

Espécimen	Def. unitaria (al 20%)	Def. unitaria (al 50%)	Esf. 20% (kg/cm ²)	Esf. 50% (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (Kg/cm ²)
CECAJ-01:	0.00077	0.00219	9.45	23.63	10038.26
CECAJ-02:	0.00078	0.00224	9.48	23.70	9745.19
CECAJ-03:	0.00068	0.00189	8.78	21.96	10859.07
CECAJ-04:	0.00059	0.00170	7.72	19.29	10437.54
CECAJ-05:	0.00056	0.00162	7.64	19.10	10798.23
Promedio (Em) :					10375.66 Kg/cm²
Desv. estándar (σ) :					393.15 Kg/cm²
Coef. de variación (Cv) :					0.04 Kg/cm²

Tabla 58. Deformación unitaria y esfuerzo en pilas del King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

CECAJ-01		CECAJ-02		CECAJ-03		CECAJ-04		CECAJ-05	
Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm2)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
0.000	5.66	0.000	5.74	0.000	5.70	0.000	5.87	0.000	5.82
0.001	11.33	0.001	11.48	0.001	11.40	0.001	11.75	0.001	11.64
0.002	16.99	0.001	17.22	0.001	17.10	0.002	17.62	0.001	17.46
0.002	22.66	0.002	22.95	0.002	22.80	0.003	23.49	0.002	23.28
0.003	28.32	0.003	28.69	0.003	28.50	0.003	29.37	0.003	29.10
0.004	33.99	0.004	34.43	0.003	34.20	0.004	35.24	0.004	34.92
0.005	39.65	0.005	40.17	0.005	39.90	0.005	41.07	0.004	39.79
0.006	45.32	0.006	45.91	0.006	46.19	0.006	39.64	0.006	37.82
0.007	49.11	0.006	49.42	0.007	43.61	0.007	38.18	0.007	36.37
0.008	47.02	0.008	48.21	0.008	41.61	0.008	36.71	0.009	34.92
0.010	45.32	0.010	47.34	--	--	--	--	--	--

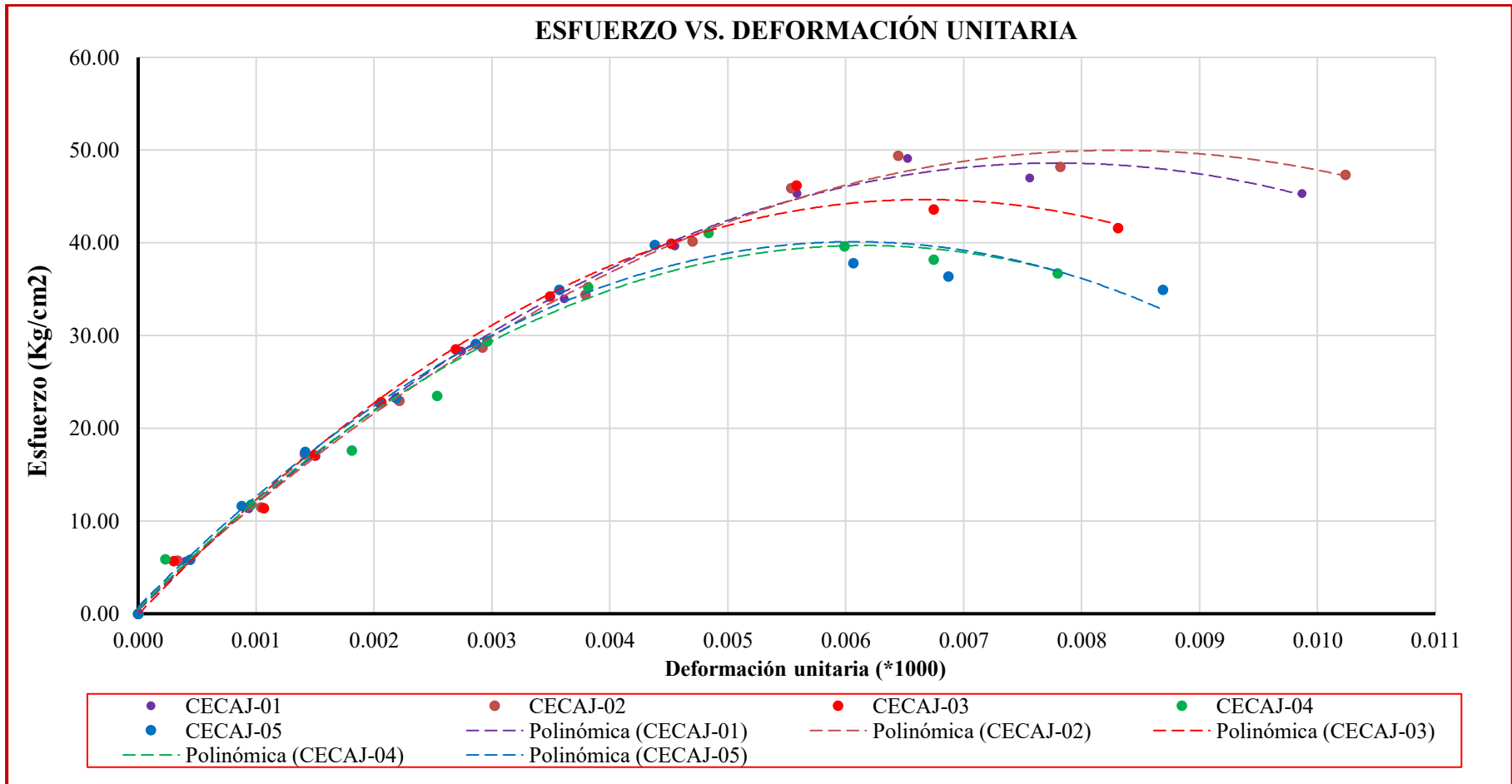


Figura 8. Gráfico de esfuerzo Vs. Deformación unitaria en pilas del ladrillo King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca

B. Ensayo en muretes

- Peso volumétrico

Tabla 59. *Peso volumétrico en muretes del ladrillo King Kong de 18 huecos, de cerámicos Lark*

Especímen	Dimensiones			Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Volumétrico (Ton/m3)	Promedio
	L (mm)	t(mm)	H(mm)				
LARK-01	606	124	606	69.000	0.04554	1.515	
LARK-02	608	125	607	72.000	0.04613	1.561	
LARK-03	604	126	599	67.000	0.04559	1.470	1.515
LARK-04	602	125	600	68.000	0.04515	1.506	
LARK-05	605	124	603	69.000	0.04524	1.525	

Tabla 60. *Peso volumétrico en muretes del ladrillo King Kong popular de 18 huecos, de Cerámicos Cajamarca*

Especímen	Dimensiones			Peso (Kg)	Volumen (m3)	Peso Volumétrico (Ton/m3)	Promedio
	L (mm)	t(mm)	H(mm)				
CECAJ-01	610	124	605	71.000	0.045762	1.551	
CECAJ-02	604	123	603	68.000	0.044798	1.518	
CECAJ-03	602	123	601	67.000	0.044502	1.506	1.527
CECAJ-04	604	124	603	69.000	0.045162	1.528	
CECAJ-05	610	125	600	70.000	0.04575	1.530	

- Compresión diagonal

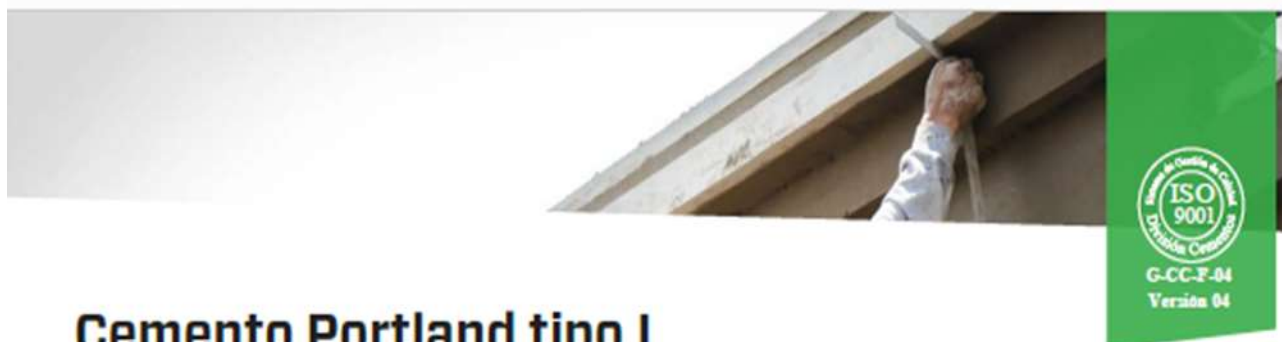
Tabla 61. *Ensayo a la resistencia de corte en muretes de Cerámicos Lark*

Especímen	Dimensiones				P máx. (Kg)	Área (Cm2)	Vm (Kg/Cm2)
	L (mm)	t(mm)	H(mm)	D (mm)			
LARK-01	606	124	606	850	11260	1054.00	10.6831
LARK-02	608	125	607	855	13780	1068.75	12.8936
LARK-03	604	126	599	854	13140	1076.04	12.2114
LARK-04	602	125	600	853	13520	1066.25	12.6800
LARK-05	605	124	603	852	12925	1056.48	12.2340
<i>Vm Promedio:</i>						12.46	(Kg/Cm2)
<i>s:</i>						0.32	(Kg/Cm2)
<i>V'm:</i>						12.14	(Kg/Cm2)
<i>Cv:</i>						2.53%	

Tabla 62. Ensayo a la resistencia de corte en muretes de Cerámicos Cajamarca

Especimen	Dimensiones				P máx. (Kg)	Área (Cm2)	Vm (Kg/Cm2)
	L (mm)	t(mm)	H(mm)	D (mm)			
CECAJ-01	610	124	605	852	13240	1056.48	12.5322
CECAJ-02	604	123	603	852	12120	1047.96	11.5653
CECAJ-03	602	123	601	857	11080	1054.11	10.5112
CECAJ-04	604	124	603	855	10840	1060.20	10.2245
CECAJ-05	610	125	600	860	13100	1075.00	12.1860
<i>Vm Promedio:</i>						11.21	(Kg/Cm2)
<i>s:</i>						1.39	(Kg/Cm2)
<i>V'm:</i>						9.82	(Kg/Cm2)
<i>Cv:</i>						12.38%	

ANEXO 6.0. FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO.



Cemento Portland tipo I

Requisitos Normalizados

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

Resultado promedio de nuestros productos.

Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.7
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7

Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3810
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.12
Densidad (g/ml.)	A	3.12
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	A	15.8
3 días	12.0	30.3
7 días	19.0	37.0
28 días ⁽¹⁾	28.0	42.1
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	110
Final, no mayor que:	375	238

A No especifica.

(1) Requisito opcional.

ANEXO 7.0. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 9. Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería



Figura 10. Curado de muretes de albañilería



Figura 11. Ensayo de contenido de humedad, análisis granulométrico, peso unitario, peso específico y absorción del agregado fino



Figura 12. Ensayo para determinar el material más fino que pasa por el tamiz N° 200



Figura 13. Mezclado, ensayo de Slump y elaboración de especímenes de mortero



Figura 14. Ensayo de variación dimensional de cerámicos Lark



Figura 15. Ensayo de variación dimensional de cerámicos Cajamarca



Figura 16. Ensayo de alabeo



Figura 17. Refrendado de unidades de albañilería



Figura 18. Ensayo de compresión simple de unidades de albañilería



Figura 19. Ensayo de succión



Figura 20. Secado de las unidades de albañilería para el ensayo de absorción



Figura 21.Ensayo de absorción



Figura 22. Construcción de los prismas de albañilería



Figura 23. Refrendado de los prismas de albañilería



Figura 24. Registro de largo, ancho y alto de los prismas de albañilería



Figura 25. Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería



Figura 26. Elaboración de mueres de albañilería



Figura 27. Asesor, asesorado, técnico de laboratorio y personal de apoyo



Figura 28. Falla por tensión diagonal en el murete 1, de cerámicos Cajamarca



Figura 29. Falla por tensión diagonal en el murete 3 y 4, de cerámicos Cajamarca



Figura 30. Falla de los muretes de cerámicos Lark