Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTE, MOYOBAMBA 2024

Línea de investigación:
Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Vásquez Plasencia, Ricardo Rafaél

Asesor

Tapia Julca, Elías Teodoro

ORCID: 0009-0002-6221-3098

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Quintanilla Huayta, Dario

Lima - Perú

2025

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTE, MOYOBAMBA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	9%	3%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
7	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (PLA) basadas en la incorporación de derivados de la colofonia", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1%
8	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTE, MOYOBAMBA 2024

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Vásquez Plasencia, Ricardo Rafaél

Asesor

Tapia Julca, Elías Teodoro

ORCID: 0009-0002-6221-3098

Jurado:

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Quintanilla Huayta, Dario

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Augusto Vásquez y Elcira Plasencia, cuyo incansable esfuerzo ha sido una inspiración constante en mi vida. Todo el sacrificio y dedicación que han brindado para mí y mis hermanas están dando frutos hoy en día. Su amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en cada paso de este camino académico. A ustedes, con todo mi cariño y gratitud, va dedicado este logro. Sin su ejemplo y aliento, no habría sido posible llegar hasta aquí. Gracias por ser mi mayor inspiración y motor de perseverancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de corazón a Dios Padre, por ser mi refugio en los días de incertidumbre y la fuerza silenciosa que me sostuvo cuando sentí que ya no podía más. En cada paso difícil, sentí su presencia guiándome y dándome el valor para continuar.

A mis hermanas, por estar ahí incluso cuando no lo pedía, por creer en mí cuando ni yo lo hacía, y por recordarme siempre de dónde vengo. Su apoyo incondicional ha sido mi abrigo en los momentos de soledad.

A Claudia, por llegar a mi vida en medio del caos y convertirse en paz. Por sus palabras, su ternura y su forma tan suya de estar presente, incluso en silencio. Gracias por acompañarme con amor y paciencia en esta etapa tan intensa; tu compañía ha hecho que este logro tenga aún más sentido.

Asimismo, deseo expresar mi reconocimiento al Sr. Carlomagno Tello Valles por haberme brindado la oportunidad de realizar la fabricación de ladrillos en las instalaciones de su ladrillera, contribuyendo así al desarrollo de la presente tesis. Su generosidad y apoyo han sido fundamentales para la realización de este trabajo académico.

ÍNDICE

Resumen.....i

Abstract.....ii

I. INTRODUCCIÓN.....3

1.1. Descripción y formulación del problema.....4

1.1.1. Descripción del problema.....4

1.1.2. Problema general.....6

1.1.3. Problemas específicos.....7

1.2. Antecedentes.....7

1.3. Objetivos.....11

1.3.1. Objetivo general.....11

1.3.2. Objetivos específicos.....11

1.4. Justificación.....12

1.5. Hipótesis.....15

1.5.1. Hipótesis general.....15

1.5.2. Hipótesis específicas.....15

II. MARCO TEÓRICO.....16

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....16

2.1.1. Base teórica de la Absorción de Agua (%).....16

2.1.2. Base teórica de la Densidad Aparente (g/cm³).....17

2.1.3. Base teórica de la Porosidad Aparente (%).....17

2.1.4. Base teórica de la Resistencia a la Compresión de la Unidad de Albañilería (f'b) …… 18

2.1.5. Base teórica de la Resistencia a la Compresión en Pilas (f'm)..... 18

2.2. Definición de conceptos claves..... 19

2.2.1. Modelo de producción:..... 19

2.2.2. Unidad de albañilería:..... 19

2.2.3. Ladrillo no portante:..... 20

2.2.4. Material reciclado de construcción (RCD):..... 20

2.2.5. Propiedades físico-mecánicas:..... 20

2.2.6. Normas técnicas:..... 24

2.3. Revisión de literatura relacionada..... 25

2.4. Fundamento normativo..... 28

III. MÉTODO..... 31

3.1. Tipo investigación..... 31

3.1.1. Método..... 31

3.1.2. Tipo..... 31

3.1.3. Enfoque..... 31

3.1.4. Nivel o alcance..... 32

3.1.5. Diseño..... 32

3.2. Ámbito temporal y espacial..... 33

3.3. Variables..... 33

3.3.1. Variable independiente..... 33

3.3.2. Variable dependiente. *33*

3.3.3. Operacionalización de variables. *34*

3.4. Población y muestra. 36

3.4.1. Población. *36*

3.4.2. Muestra. *36*

3.5. Instrumentos 37

3.6. Procedimientos. 38

3.7. Análisis de datos. 40

IV. RESULTADOS 41

4.1. Características Físicas de los ladrillos 41

4.1.1. Absorción en las unidades de albañilería *41*

4.1.2. Densidad en las unidades de albañilería *49*

4.1.3. Porosidad aparente en las unidades de albañilería *56*

4.2. Características Mecánicas de los ladrillos 63

4.2.1. Resistencia a la fuerza de compresión del ladrillo convencional. *63*

4.2.2. Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillo con 30% de material reciclado de construcción. *64*

4.2.3. Resistencia a la fuerza de compresión del ladrillo con 32.5% de material reciclado de construcción. *65*

4.2.4. Resistencia a la fuerza de compresión ladrillo con 32.5% de material reciclado de construcción. *66*

4.3. Comparación de la resistencia a la fuerza de compresión (f'b) entre el ladrillo de arcilla estándar y el ladrillo de arcilla con adición del 30%, 32.5% y 35% de material reciclado de construcción. 67

4.4. Resistencia a la compresión de prismas de unidades de albañilería estándar y con la incorporación de material reciclado de construcción en diferentes proporciones 30%, 32.5% y 35%. 68

4.4.1. Resistencia a la fuerza de compresión de prismas f'm del ladrillo estándar. 68

4.4.2. Resistencia a la fuerza de compresión de prismas f'm del ladrillo con adición de 30% de material reciclado de construcción. 70

4.4.3. Resistencia a la compresión de prismas f'm del ladrillo con adición de 32.5% de material reciclado de construcción. 72

4.4.4. Resistencia a la fuerza de compresión de prismas f'm del ladrillo con adición de 35% de material reciclado de construcción. 74

4.5. Comparación de la resistencia a la fuerza de compresión de prismas (f'm) entre el ladrillo de arcilla estándar y el ladrillo de arcilla con adición del 30%, 32.5% y 35% de material reciclado de construcción. 75

4.6. Características Económicas en la fabricación de los ladrillos 76

4.7. Análisis de las características físicas de la arcilla. 79

4.7.1. Análisis granulométrico de la arcilla por tamizado (ASTM D – 422). 79

4.7.2. Contenido de humedad de la arcilla (ASTM D – 2216). 80

4.7.3. Límite de consistencia de la arcilla (ASTM D – 4318). 80

4.8. Diseño de los ladrillos. 81

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 82

VI. CONCLUSIONES 91

VII. RECOMENDACIONES 95

VIII. REFERENCIAS 97

IX. ANEXOS 110

Anexo A. MATRIZ DE CONSISTENCIA 111

Anexo B. RESULTADOS DE LABORATORIO 114

Anexo C. PANEL FOTOGRÁFICO 121

Anexo D. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN 129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resistencia a las fuerzas de compresión en unidades de albañilería conforme a la norma E.070. 21

Tabla 2 Valores mínimos del módulo de ruptura según la clasificación del ladrillo. 21

Tabla 3 Resistencia a la compresión en pilas conforme a la norma E.070 de albañilería 22

Tabla 4 Requisitos obligatorios según la NTP 331.017. 23

Tabla 5 Variación de dimensiones conforme a la norma E.070. 24

Tabla 6 Operacionalización de la variable independiente. 34

Tabla 7 Operacionalización de la variable dependiente. 35

Tabla 8 Cantidad de muestras que se tomarán para los ensayos de las unidades de albañilería. 37

Tabla 9 Absorción en ladrillo estándar 41

Tabla 10 Absorción en ladrillo con 30% de MRC 43

Tabla 11 Absorción en ladrillo con 32.5% de MRC 44

Tabla 12 Absorción en ladrillo con 35% MRC 46

Tabla 13 Resumen de las pruebas para el porcentaje de absorción 48

Tabla 14 Densidad en ladrillo estándar 49

Tabla 15 Densidad en ladrillo con 30% de MRC 51

Tabla 16. Densidad en ladrillo con 32.5% de MRC 52

Tabla 17 Densidad en ladrillo con 35% de MRC 53

Tabla 18 Resumen de los promedios para las pruebas de densidad 55

Tabla 19 Porosidad aparente en ladrillo estándar 56

Tabla 20 Porosidad aparente en ladrillo con 30% de MRC 57

Tabla 21 Porosidad aparente en ladrillo con 32.5% de MRC 59

Tabla 22 Porosidad aparente en ladrillo con 35% de MRC 60

Tabla 23 Resumen de los promedios para las pruebas de porosidad aparente 62

Tabla 24 Resistencia a la fuerza de compresión del ladrillo tradicional..... 63

Tabla 25 Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillos que contienen un 30% de material reciclado de construcción..... 64

Tabla 26 Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillos que contienen un 32.5% de material reciclado de construcción..... 65

Tabla 27 Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillos que contienen un 35% de material reciclado de construcción..... 66

Tabla 28 Evaluación de la resistencia a la compresión de los bloques de ladrillo. 67

Tabla 29 Resistencia a la fuerza de compresión de bloques de ladrillo estándar. 68

Tabla 30 Comparación de resultados de primas de ladrillo estándar..... 69

Tabla 31 Resistencia a la fuerza de compresión de prismas de ladrillo con adición de 30% de MRC..... 70

Tabla 32 Comparación de resultados de primas de ladrillo con adición de 30% de MRC.... 71

Tabla 33 Resistencia a la compresión de prismas de ladrillo con adición de 32.5% de MRC. 72

Tabla 34 Comparación de resultados de primas de ladrillo con adición de 32.5% de MRC.. 73

Tabla 35 Resistencia a la fuerza de compresión de prismas de ladrillo con adición de 35% de MRC..... 74

Tabla 36 Comparación de resultados de primas de ladrillo con adición de 35% de MRC..... 75

Tabla 37 Análisis de la resistencia a la compresión de los prismas..... 75

Tabla 38 Materia prima para la fabricación de un lote de 50,000 ladrillos estándar. 76

Tabla 39 Materia prima necesaria para fabricar un lote de 50,000 ladrillos, incorporando un 30% de material reciclado de construcción. 77

Tabla 40 Materia prima necesaria para fabricar un lote de 50,000 ladrillos, incorporando un 32.5% de material reciclado de construcción. 78

Tabla 41 Materia prima necesaria para fabricar un lote de 50,000 ladrillos, incorporando un 35% de material reciclado de construcción. 79

Tabla 42 Composición de la tierra arcillosa. 80

Tabla 43 Contenido de humedad. 80

Tabla 44 Límites de consistencia. 81

Tabla 45 Composición de los ladrillos. 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Porcentaje de absorción en ladrillo estándar 41

Figura 2 Porcentaje de absorción en ladrillo con 30% de MRC 43

Figura 3 Porcentaje de absorción en ladrillo con 32.5% de MRC 45

Figura 4 Porcentaje de absorción en ladrillo con 35% de MRC 46

Figura 5 Porcentaje de absorción de las unidades de albañilería 48

Figura 6 Densidad en ladrillo estándar 49

Figura 7 Densidad en ladrillo con 30% de MRC 51

Figura 8 Densidad en ladrillo con 32.5% de MRC 52

Figura 9 Densidad en ladrillo con 35% de MRC 54

Figura 10 Densidad de las unidades de albañilería 55

Figura 11 Porosidad aparente en ladrillo estándar 56

Figura 12 Porosidad aparente en ladrillo con 30% de MRC 58

Figura 13 Porosidad aparente en ladrillo con 32.5% de MRC 59

Figura 14 Porosidad aparente en ladrillo con 35% de MRC 61

Figura 15 Porosidad Aparente de las unidades de albañilería 62

Figura 16 Resistencia a la compresión de unidades de ladrillos estándar 63

Figura 17 Resistencia a la compresión de ladrillos con 30% de MRC 64

Figura 18 Resistencia a la compresión de ladrillos con 32.5% de MRC 65

Figura 19 Resistencia a la compresión de ladrillos con 35% de MRC 66

Figura 20 Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería 68

Figura 21 Resistencia a la compresión en pilas de ladrillos estándar 69

Figura 22 Resistencia a la compresión de pilas de ladrillos con 30% de MRC 70

Figura 23 Resistencia a la compresión de pilas de ladrillos con 32.5% de MRC 72

Figura 24 Resistencia a la compresión de pilas de ladrillos con 35% de MRC 74

Figura 25 Resistencia a la compresión de pilas 76

Resumen

Objetivo: Evaluar de qué manera la inclusión de materiales reciclados en la fabricación de ladrillos no portantes artesanales en Moyobamba ayuda a disminuir los costos de producción, mejorar las propiedades físicas y mecánicas, y reducir el impacto ambiental, además de fortalecer la viabilidad económica y la sostenibilidad de las ladrilleras artesanales. **Método:** Esta investigación se desarrolla bajo el enfoque del método del tipo aplicada y enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y diseño experimental porque se ajustará la proporción de ladrillo y mortero reciclado con el objetivo de evaluar las variaciones que estas modificaciones producen en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería. Variable independiente: Incorporación de material reciclado de construcción en la producción de ladrillos no portantes artesanales. Variable dependiente: Producción de ladrillos no portantes artesanales. Justificación: La presente investigación busca el desarrollo de un modelo de producción de ladrillo artesanal optimizando costos y reduciendo el impacto ambiental. **Resultados:** Considerando la producción de 50 millares de ladrillos por cada dosificación se obtiene un ahorro del 16.45% adicionando 30% de material reciclado de construcción, 17.8% de ahorro adicionando 32.5% y 20.2% adicionando 35% respectivamente. **Conclusiones:** El uso de material reciclado en proporciones del 30%, 32.5% y 35% mejora las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos no portantes y reduce significativamente los costos de fabricación, alcanzando hasta un 20.2% de ahorro. Esta estrategia resulta técnica y económicamente viable para la producción artesanal, con potencial de optimización al aumentar la proporción de residuos.

Palabras clave: Ladrillos no portantes, material reciclado de construcción, propiedades físico-mecánicas, reducción de costos, sostenibilidad ambiental.

Abstract

Objective: To evaluate how the inclusion of recycled materials in the production of non-load-bearing handmade bricks in Moyobamba helps to reduce production costs, improve physical and mechanical properties, and reduce environmental impact, as well as strengthen the economic viability and sustainability of artisanal brickyards. **Method:** This research is developed under an applied type of method and quantitative approach, with an explanatory scope and experimental design, since the proportion of recycled brick and mortar will be adjusted to evaluate the variations that these modifications produce in the physical and mechanical properties of the masonry units. Independent variable: Incorporation of recycled construction material in the production of non-load-bearing handmade bricks. Dependent variable: Production of non-load-bearing handmade bricks. Justification: This research seeks the development of a production model for handmade bricks, optimizing costs and reducing environmental impact. **Results:** Considering the production of 50 thousand bricks for each dosage, cost savings of 16.45% were obtained by adding 30% recycled construction material, 17.8% by adding 32.5%, and 20.2% by adding 35%, respectively. **Conclusions:** The use of recycled material in proportions of 30%, 32.5%, and 35% improves the physical-mechanical properties of non-load bearing bricks and significantly reduces manufacturing costs, reaching up to 20.2% savings. This strategy is technically and economically feasible for artisanal production, with optimization potential by increasing the proportion of waste.

Keywords: Non-load-bearing bricks, recycled construction material, physical-mechanical properties, cost reduction, environmental sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de analizar el impacto de la incorporación de materiales reciclados en la construcción de unidades de albañilería en el distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, región San Martín 2025, se realizó una investigación destinada a explorar opciones para la producción de ladrillos que integren adiciones de material reciclado, asegurando al mismo tiempo un rendimiento físico y mecánico satisfactorio.

Históricamente, los ladrillos han sido de los materiales empleados en la construcción más resistentes y duraderos, presentando características que determinan su uso, ya que cumplen con ciertos criterios, como la resistencia mecánica. En líneas generales, estos materiales no siempre satisfacen todos los estándares de calidad exigidos; sin embargo, en los últimos años, al igual que en el ámbito de la construcción civil, se ha notado un progreso considerable en la evolución de estos materiales, lo que ha facilitado inversiones importantes, especialmente en el sector de la infraestructura (Blanco, 2018). Además, la reducción de recursos naturales ha impulsado la exploración de nuevas opciones en el ámbito de la construcción e impulsa la investigación para crear métodos innovadores, que en ciertos casos se enfocan en prácticas sostenibles y en la aplicación de tecnología manual. La tierra, un material fundamental en la construcción y legado de nuestros antepasados, sigue siendo esencial (Quintero, 2016).

Por otro lado, la creciente solicitud de insumos en el sector de la construcción, causada por la extracción de recursos naturales del tipo no renovables, está generando impactos ambientales significativos. Esto, a su vez, transforma el paisaje en las áreas donde se encuentran las canteras de piedra, arena o agregados, materiales principales del sector construcción (Mundaca, 2019).

1.1. Descripción y formulación del problema.

1.1.1. Descripción del problema.

Actualmente, a nivel local se enfrenta uno de los problemas más significativos que también afecta a diversas regiones del Perú y del mundo: la informalidad en la producción de ladrillos artesanales. Esta situación se genera debido al poco conocimiento técnico en el proceso de fabricación, así como en la comercialización y gestión del sector. Por ello, es esencial entender tanto las características como las propiedades estructurales de los ladrillos fabricados de forma artesanal, asegurando un control de calidad que se rija con la NTP y la ANSI/ASTM, las cuales definen los criterios relacionados con la absorción, la abrasión y la resistencia a la compresión que estos productos deben satisfacer.

Un dato relevante para el sector dedicado a la producción de ladrillos hechos a mano es que, en 2023, la Municipalidad Provincial de Moyobamba recoge diariamente alrededor de 65 toneladas de residuos sólidos, convirtiéndose en una de las áreas con mayor acumulación de basura en las diferentes calles de la ciudad. En la Región San Martín, la producción de residuos sólidos excede las 615 toneladas diarias. Lo preocupante es que entre estos residuos se encuentran restos de materiales de construcción y demolición, que representan entre el 30% y el 40% del total de desechos generados, lo que aumenta la gravedad de la contaminación ambiental en la zona, que está aumentando de manera alarmante y pone en peligro la salud de los habitantes de la zona, exponiéndola a diversas enfermedades. Ante esta situación, se está promoviendo la concientización de la ciudadanía frente a la contaminación por materiales sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos. Asimismo, la municipalidad desempeña un papel crucial al establecer vertederos adecuados para la gestión de residuos de construcción y demolición.

A nivel nacional, las estructuras más frecuentes que encontramos son edificaciones de albañilería confinada, las cuales resisten fuerzas sísmicas mediante muros estructurales construidos con ladrillos artesanales. Estas estructuras presentan problemas históricos, como su baja resistencia durante eventos sísmicos, lo cual se debe a una deficiencia en el control de calidad adecuado y a la ausencia de la aplicación de conocimientos técnicos sobre las propiedades de este material en situaciones de catástrofe, así como los daños que pueden causar a la edificación (Altamirano, 2016). Además, es fundamental que los materiales de construcción posean características esenciales, como durabilidad y resistencia, y que, según su uso y combinación, satisfagan adecuadamente las necesidades de protección y refugio del ser humano (Piñero, 2011).

A nivel global, la generación de residuos sólidos urbanos constituye un desafío socioambiental, resultado de las actividades humanas que abarcan desde la producción de bienes hasta su consumo, generando efectos adversos para el planeta. En este escenario, las ladrilleras artesanales, al fabricar sus productos, ocasionan efectos adversos en el medio ambiente, ya que su proceso abarca la extracción manual de materiales, la utilización de métodos mecánicos básicos, el almacenamiento de los materiales básicos, así como la combinación de agua y arcilla, el prensado, el secado, la cocción y, finalmente, el almacenamiento. Por consiguiente, incumplen con lo que dice en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que define las características que deben tener los ladrillos, ni con las normas ANSI/ASTM que establecen los criterios de absorción y la capacidad de resistencia a la compresión. En tiempos recientes, el sector de construcción está experimentando un crecimiento impulsado por la reinversión tanto interna como externa, así como por el poder de negociación de la población peruana. Además, el avance de este sector ha sido favorecido por la investigación de nuevas mezclas de materiales en la producción de concreto y ladrillos de cemento, incluyendo el ladrillo rojo artesanal, con el fin de aumentar ganancias en las empresas

del ámbito de la construcción y constructoras, al mismo tiempo que se busca minimizar la huella ecológica de los materiales empleados en la construcción.

En cuanto a los costos, el reciclaje de residuos que vienen de la construcción de edificaciones y demolición se configura como una alternativa efectiva para disminuir los gastos relacionados con la producción de ladrillos artesanales. Esto se consigue aprovechando los recursos disponibles y disminuyendo la dependencia de materias primas naturales. Al incorporar estos residuos, se minimiza la extracción, transformación y transporte de arcilla, esto implica a una notable disminución de los costos operativos. Asimismo, el menor consumo energético durante el proceso de fabricación contribuye a reducir el costo total de producción. Este enfoque también tiene como objetivo desviar los desechos de la construcción de los vertederos, mitigando así el impacto ambiental y sanitario que estos pueden ocasionar, y fomentando prácticas más sostenibles y económicas en la elaboración de ladrillos.

Ante el problema de los elevados costos en la producción y elaboración de ladrillos tradicionales, En este estudio se sugiere optimizar en algunos aspectos las características físicas y mecánicas de las estructuras de albañilería mediante la incorporación de ladrillos y morteros reciclados en proporciones específicas. Este método no solo optimiza el uso de los recursos existentes, reduciendo la dependencia de materias primas naturales, sino que también disminuye los costos operativos al emplear materiales reciclados derivados de residuos de obras y demoliciones. Además, se busca disminuir en cierta medida los gastos relacionados con la fabricación artesanal del ladrillo tradicional, promoviendo así una alternativa más económica y sostenible.

1.1.2. Problema general

¿Cómo la adición de material reciclado de construcción influye en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante?

1.1.3. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la adición de material reciclado de construcción en el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante fabricadas artesanalmente en Moyobamba?
- ¿De qué manera varía la densidad aparente (g/cm^3) de las unidades de albañilería no portante al incorporar material reciclado de construcción en distintas proporciones?
- ¿Qué efecto produce la adición de material reciclado de construcción en la porosidad aparente (%) de los ladrillos no portantes producidos artesanalmente en Moyobamba?
- ¿Cómo afecta la incorporación de material reciclado de construcción la resistencia a la compresión (fb, kg/cm^2) de las unidades de albañilería no portante?
- ¿Cuál es el efecto de la adición de material reciclado de construcción en la resistencia a la compresión en pilas (f'm, kg/cm^2) de elementos de albañilería no portante?

1.2. Antecedentes

Cruz (2019) desarrolló un estudio orientado a determinar cómo la incorporación de cenizas industriales influye en las propiedades físicas y mecánicas de adoquines tipo II, haciendo especial énfasis en el comportamiento de la absorción de agua. El autor trabajó con un diseño experimental puro, en el cual elaboró mezclas con distintos porcentajes de ceniza (5%, 10%, 15%, 20% y 25%) y las sometió a ensayos técnicos normalizados. Los resultados mostraron que la inclusión de residuos altera la microestructura interna del material, favoreciendo la formación de vacíos interconectados y modificando así la capacidad de absorción. Se observó que ciertos porcentajes óptimos pueden mejorar la compactación y reducir la absorción, mientras que incrementos excesivos tienden a elevarla. Este antecedente es particularmente relevante, ya que evidencia que la absorción es un indicador directamente influenciado por el tipo y proporción de material reciclado, lo cual guarda una relación directa

con el análisis que realiza la presente investigación sobre ladrillos no portantes con desechos de construcción.

En otro estudio, Fernández y Delgado (2020) analizaron ladrillos artesanales fabricados con sustitución parcial de arcilla por residuos de cerámica triturada en proporciones del 10%, 20% y 30%. A través de ensayos de laboratorio, comprobaron que la absorción de agua no solo depende de la cantidad de residuo incorporado, sino también de su granulometría, su nivel de poros internos y su capacidad de compactación. Su investigación demostró que, cuando el residuo cerámico presenta mayor rigidez y menor absorción inherente que la arcilla original, la absorción total de la pieza puede disminuir; sin embargo, cuando el residuo presenta microfisuras o textura irregular, los valores de absorción incrementan progresivamente. Este antecedente refuerza la importancia de analizar la absorción de manera directa en materiales reciclados, debido a su sensibilidad frente a cambios en la composición de la mezcla.

Salazar y Rodriguez (2020) evaluaron ladrillos artesanales con sustitución parcial de arcilla por ceniza de cascarilla de arroz en niveles del 10% y 20%, observando una tendencia constante a la disminución de la densidad aparente conforme aumentaba el porcentaje de material reciclado. Este comportamiento se atribuyó a que la ceniza posee una masa específica considerablemente menor que la arcilla natural, generando piezas más livianas y con mayor presencia de vacíos microscópicos. Los autores concluyeron que la densidad es un indicador fundamental para determinar la eficiencia y el comportamiento mecánico del ladrillo, ya que piezas con menor densidad pueden presentar cambios en la resistencia, absorción y porosidad. Estos aportes fundamentan el análisis realizado en esta tesis, donde la densidad es uno de los indicadores clave para evaluar la eficacia del material reciclado.

Mendoza y Vargas (2018) estudiaron ladrillos ecológicos producidos con incorporación progresiva de escombros cerámicos triturados en proporciones del 15%, 25% y 35%. A lo largo

de los ensayos, detectaron que la densidad disminuía de forma proporcional al incremento del residuo en la mezcla, debido a la menor compacidad del material reciclado frente a la arcilla tradicional. Además, identificaron que la reducción de densidad también se relaciona con la estructura granulada del residuo, el cual genera zonas de baja cohesión que influyen directamente en el peso final del ladrillo. Los resultados son relevantes para la presente investigación porque evidencian que el comportamiento de la densidad no es lineal y depende del equilibrio entre el porcentaje de residuo y la calidad de compactación lograda en el proceso artesanal.

García y Pinto (2017) estudiaron ladrillos artesanales fabricados con distintos porcentajes de residuos de arcilla cocida triturada, con el objetivo de analizar cómo la incorporación de este material afecta la porosidad aparente. Su diseño experimental permitió observar que cuando el residuo presenta buena granulometría y adecuada distribución, la compactación del ladrillo mejora y la porosidad puede reducirse ligeramente; sin embargo, cuando el residuo presenta micro fisuras o partículas irregulares, aumenta la presencia de vacíos internos que incrementan la porosidad. Los resultados evidencian que este indicador tiene una alta sensibilidad a la calidad del material reciclado, lo que resulta fundamental para investigaciones como la presente, donde diferentes dosificaciones de escombros pueden alterar significativamente la estructura interna del ladrillo.

Arenas et al. (2021) desarrollaron un ladrillo ecológico incorporando entre un 30% y 40% de cenizas de bagazo de caña, evaluando indicadores como absorción, variación dimensional, densidad y porosidad aparente. Su investigación reveló que la porosidad aumenta o disminuye en función del tamaño y textura del residuo incorporado, debido a que los materiales reciclados alteran la compactación interna y la distribución de partículas dentro del ladrillo. Los autores indicaron que este fenómeno influye directamente en la absorción de agua

y en la densidad, lo que demuestra que la porosidad es un indicador transversal que afecta múltiples propiedades físicas. Este hallazgo fundamenta técnicamente la inclusión de la porosidad en la presente investigación.

Además de analizar propiedades físicas, Cruz (2019) investigó la resistencia a la compresión de adoquines con distintos porcentajes de material reciclado, concluyendo que la incorporación del 10% de cenizas generó un valor máximo de 385.29 kg/cm², superando ampliamente los requerimientos normativos. Este comportamiento se atribuyó a la adecuada interacción entre la ceniza y el mortero base, lo cual permitió una mejor compactación y una reducción controlada de la porosidad. Sus resultados confirman que la resistencia a la compresión es un indicador directamente afectado por la proporción de material reciclado, y que existen niveles óptimos de sustitución que mejoran significativamente el desempeño mecánico, lo que se relaciona estrechamente con el análisis de resistencia en los ladrillos de la presente investigación.

Pizarro (2021) evaluó ladrillos de concreto con adición de silicato de sodio, y reportó incrementos significativos del 22.25% en la resistencia individual a la compresión. Su investigación demostró que la incorporación de materiales alternativos puede modificar positivamente la resistencia, siempre que se mantenga un control adecuado de la mezcla y de las proporciones utilizadas. Aunque el tipo de insumo es distinto al material reciclado de construcción evaluado en esta tesis, sus resultados validan el principio fundamental de que la resistencia mecánica mejora cuando la estructura interna del ladrillo se compacta adecuadamente gracias al material añadido. Este antecedente refuerza la pertinencia de estudiar la resistencia a la compresión en unidades de albañilería con residuos de construcción.

Lulichac (2015) realizó una evaluación completa de ladrillos artesanales en Cajamarca mediante ensayos de resistencia a la compresión en unidades y en pilas, comprobando que los

valores obtenidos en pilas eran significativamente menores debido a la variabilidad del mortero, la irregularidad dimensional y la baja homogeneidad de las piezas. El autor subrayó que la resistencia en pilas (f'm) es un indicador más representativo del comportamiento real del ladrillo dentro de un sistema constructivo, pues incorpora la interacción entre unidades y juntas de mortero. Este antecedente es fundamental para la presente investigación porque valida la necesidad de ensayar pilas y no solo unidades, especialmente cuando se trabaja con materiales reciclados.

Torres y Estela (2018) estudiaron muretes producidos con ladrillos fabricados con residuos cerámicos triturados, evaluando la resistencia a la compresión en pilas. Sus resultados demostraron que la resistencia aumenta cuando las unidades poseen menor porosidad, mayor densidad y mejor regularidad dimensional, lo que evidencia que la calidad del ladrillo influye directamente en el desempeño estructural del muro. Además, los autores señalaron que la cohesión entre el mortero y las unidades recicladas puede mejorar significativamente dependiendo de la textura del material. Este antecedente refuerza la relevancia de medir f'm en la presente tesis, especialmente al trabajar con distintas dosificaciones de residuos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar de qué manera la adición de material reciclado de construcción influye en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar cómo influye la adición de material reciclado de construcción en el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante fabricadas artesanalmente en Moyobamba.

- Determinar de qué manera varía la densidad aparente (g/cm³) de las unidades de albañilería no portante al incorporar material reciclado de construcción en distintas proporciones.
- Analizar qué efecto produce la adición de material reciclado de construcción en la porosidad aparente (%) de los ladrillos no portantes producidos artesanalmente en Moyobamba.
- Evaluar cómo afecta la incorporación de material reciclado de construcción la resistencia a la compresión (f'b, kg/cm²) de las unidades de albañilería no portante.
- Determinar cuál es el efecto de la adición de material reciclado de construcción en la resistencia a la compresión en pilas (f'm, kg/cm²) de elementos de albañilería no portante.

1.4. Justificación

Desde una perspectiva social, el estudio acerca de la integración de ladrillo y mortero reciclado en las unidades de albañilería se justifica por su objetivo de mejorar las propiedades de estos materiales, garantizando de este modo que se adhieran a los criterios establecidos por la Norma Técnica Peruana E 070.

En términos ambientales, la inclusión de ladrillo y mortero reciclado contribuirá a la reducción residuos producidos por actividades de construcción y demolición, lo que permitirá optimizar los recursos disponibles y disminuir el consumo de materias primas. Esto implica menos recursos que extraer, transformar y transportar, así como una menor energía utilizada en el proceso, lo que tendrá un efecto positivo en el medio ambiente.

Desde un enfoque teórico, la utilización de ladrillos y mortero reciclado en la fabricación de unidades de albañilería se basa en la realización de ensayos de laboratorio estandarizados, como las pruebas de compresión axial y flexión. Dichas evaluaciones permiten

cuantificar los resultados obtenidos y analizar las variaciones en las propiedades físico-mecánicas de las unidades construidas con materiales reciclados. Los datos obtenidos a partir de estos ensayos evidencian que el uso de componentes reciclados no solo es viable, sino que además contribuye a mejorar las condiciones estructurales y de desempeño de las unidades de albañilería, promoviendo así una alternativa sostenible dentro del ámbito de la construcción.

Se plantea una justificación metodológica que respalda la ejecución de la presente investigación, Enfocada en hacer una contribución significativa en el ámbito de la construcción de estructuras de mampostería, en alineación con las directrices establecidas por la Norma Técnica Peruana E.070. En este contexto, se busca determinar un porcentaje óptimo de dosificación para la incorporación de ladrillos y morteros reciclados en unidades de albañilería, con el fin de garantizar su viabilidad técnica y estructural. La propuesta se enmarca en una estrategia de sostenibilidad que busca disminuir la generación de desechos provenientes de las actividades de construcción y demolición, mejorar la utilización de los recursos disponibles y reducir la explotación de recursos naturales, especialmente en la ciudad de Moyobamba. Además, se persigue evitar que dichos residuos sean dispuestos en vertederos, dada la carga ambiental y los riesgos para la salud pública que estas prácticas representan. En suma, la investigación apunta a promover un enfoque constructivo más eficiente y responsable con el entorno.

Finalmente, desde una perspectiva técnica, esta investigación tiene como finalidad examinar el impacto de la incorporación de ladrillos y mortero reciclado en las unidades de albañilería, con miras a su aplicación en edificaciones que emplean muros portantes. Esta línea de estudio cobra especial relevancia considerando que, en muchas ciudades del interior del Perú, la mayoría de las construcciones se caracterizan por el uso predominante de este tipo de sistemas estructurales. El análisis propuesto busca evaluar la viabilidad de estos materiales reciclados en términos de resistencia, funcionalidad y sostenibilidad, con el propósito de

fomentar prácticas constructivas más eficientes y ambientalmente responsables en el contexto nacional.

En la fabricación de ladrillos con material reciclado, es crucial encontrar un equilibrio entre el uso de residuos reciclados y las propiedades físicas y mecánicas del producto final. Basado en estudios previos y en la importancia de garantizar la calidad de los ladrillos, se ha considerado utilizar tres dosificaciones de material reciclado: 30%, 32.5% y 35%. Estas cantidades se seleccionan por los siguientes motivos:

Proporciones moderadas para no comprometer la calidad. - El uso de un 30% de material reciclado es una opción inicial que permite observar si los ladrillos mantienen propiedades adecuadas de resistencia y durabilidad sin que la cantidad de reciclado sea excesiva y pueda afectar negativamente las características físico-mecánicas del producto.

Incremento gradual para evaluar la mejora o el umbral de resistencia. - El 32.5% representa un incremento intermedio que permite evaluar cómo la adición progresiva de material reciclado afecta el comportamiento del ladrillo en términos de compresión, durabilidad y otros factores relevantes. Esta cantidad busca explorar si un pequeño aumento en el reciclado puede mejorar la eficiencia económica sin comprometer la resistencia del ladrillo.

Alta dosificación para maximizar el uso de residuos reciclados. - El 35% es una cantidad significativa de reciclado, que representa un esfuerzo por maximizar el uso de residuos disponibles y explorar los límites de la resistencia y las propiedades térmicas del ladrillo. Esta dosificación es importante para determinar si el aumento de material reciclado en la mezcla sigue siendo viable sin sacrificar las propiedades fundamentales del ladrillo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La adición de material reciclado de construcción influye sustancialmente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La adición de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% aumenta significativamente el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante en comparación con las unidades convencionales.
- La incorporación de material reciclado en las proporciones señaladas reduce la densidad aparente (g/cm³) de las unidades de albañilería no portante en comparación con las unidades elaboradas con arcilla convencional.
- La adición de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% incrementa la porosidad aparente (%) de las unidades de albañilería no portante respecto a las unidades convencionales.
- La incorporación de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% modifica significativamente la resistencia a la compresión (f'b); se espera que exista una dosificación óptima en la que la resistencia se mantenga o mejore en comparación con la referencia convencional.
- La incorporación de material reciclado en las proporciones estudiadas afecta la resistencia en pilas (f'm); se espera que, bajo condiciones controladas de montaje y mortero, las pilas fabricadas con la dosificación óptima presenten comportamiento comparable al de pilas convencionales para usos no portantes.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.

El presente capítulo desarrolla los fundamentos teóricos que sustentan cada uno de los indicadores analizados en esta investigación. Dado que la tesis evalúa la influencia de la adición de material reciclado de construcción sobre las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante, resulta indispensable revisar las teorías, principios y aportes de autores especializados que explican el comportamiento de materiales cerámicos y compuestos frente a variables como la absorción de agua, densidad aparente, porosidad, resistencia a la compresión individual y resistencia en pilas.

En ese sentido, se presenta una base conceptual diferenciada para cada indicador, permitiendo establecer un sustento técnico que respalde su selección, medición e interpretación dentro del estudio experimental. Esta aproximación teórica asegura coherencia metodológica con los objetivos de investigación y proporciona el marco necesario para comprender los cambios generados por la incorporación de material reciclado en los ladrillos analizados.

2.1.1. Base teórica de la Absorción de Agua (%)

La absorción de agua en materiales cerámicos está directamente relacionada con la estructura porosa del material. De acuerdo con H. M. Jennings (2008), especialista en microestructura de materiales cementicios, los poros capilares y geles determinan la capacidad de un material para absorber y retener agua, influyendo en su durabilidad y desempeño mecánico. Jennings explica que el agua penetra en los espacios vacíos por acción capilar, dependiendo del tamaño, conectividad y distribución de los poros.

Asimismo, Neville (2011) indica que una mayor absorción de agua suele asociarse a materiales con mayor porosidad abierta y menor compacidad, lo que puede reducir la durabilidad del ladrillo y su adherencia con el mortero. En el contexto de esta investigación,

esta teoría respalda la medición de absorción como un indicador relevante para evaluar la influencia del material reciclado en la estructura interna del ladrillo.

2.1.2. Base teórica de la Densidad Aparente (g/cm³)

La densidad es una propiedad fundamental descrita por Callister (2007) en la teoría de la ciencia de materiales. Este autor señala que la densidad está directamente relacionada con la cantidad de masa por unidad de volumen y se ve influida por la compacidad y disposición de los átomos o partículas dentro del material. Una menor densidad indica una mayor presencia de vacíos internos, lo que afecta otras propiedades como resistencia y absorción.

Desde el punto de vista de los materiales cerámicos, Kingery et al., (1976) sostienen que la densidad aparente está fuertemente asociada al proceso de fabricación y al grado de sinterización, elementos que definen el nivel de consolidación del material. En la producción de ladrillos, la incorporación de residuos modifica la masa específica y la estructura interna, afectando directamente su densidad aparente.

2.1.3. Base teórica de la Porosidad Aparente (%)

La porosidad en materiales cerámicos ha sido ampliamente estudiada por F. J. Habashi (1997), quien la define como la fracción del volumen total ocupada por poros, afectando propiedades como absorción, durabilidad, densidad y resistencia a la compresión. La teoría explica que la porosidad depende de factores como la granulometría de los materiales, el proceso de mezclado y la presión aplicada durante el moldeado.

Por otro lado, Mindess et al. (2003) destacan que la porosidad aparente afecta directamente la resistencia mecánica del material, pues los poros actúan como puntos de concentración de esfuerzos. En el contexto de la fabricación de los ladrillos con material reciclado, la incorporación de partículas irregulares puede incrementar o disminuir la porosidad dependiendo de la compactación y la naturaleza del residuo.

2.1.4. Base teórica de la Resistencia a la Compresión de la Unidad de Albañilería (f'b)

La resistencia mecánica en materiales frágiles como la cerámica está fundamentada en la teoría de fractura expuesta por Griffith (1921), quien sostiene que la presencia de microfisuras internas reduce la capacidad del material para soportar esfuerzos de compresión. Esta teoría se aplica directamente a los ladrillos, ya que su comportamiento depende de la homogeneidad, compactación y porosidad del material.

Asimismo, Beer y Johnston (2012), en su obra sobre mecánica de materiales, explican que la capacidad de un material para soportar cargas axiales depende de su módulo de elasticidad y cohesión interna. Esto se relaciona con la alteración estructural generada por la adición de residuos reciclados, la cual puede mejorar o reducir la resistencia según la calidad del material incorporado.

2.1.5. Base teórica de la Resistencia a la Compresión en Pilas (f'm)

La resistencia en pilas o prismas ha sido formalmente estudiada en la teoría de la albañilería estructural por Drysdale et al. (1994). Estos autores sostienen que la resistencia del conjunto ladrillo–mortero es menor que la resistencia individual de sus componentes, debido a la interacción entre materiales heterogéneos, la alineación, la capacidad de adherencia y la variación dimensional.

Además, Timoshenko y Gere (1961) explican que la resistencia de un sistema compuesto depende no solo del material base, sino también de la distribución de cargas, las discontinuidades y la rigidez conjunta. Para la presnete investigación, esta teoría justifica la evaluación de pilas, ya que permite analizar el comportamiento real del ladrillo reciclado en un elemento construido.

2.2. Definición de conceptos claves.

Para la comprensión y delimitación adecuada del presente estudio, es necesario definir los conceptos técnicos fundamentales que orientan la formulación del problema, el diseño experimental y la interpretación de resultados.

2.2.1. Modelo de producción:

Hernández-Sampieri et al. (2022) define modelo de producción como la forma estructurada en que una empresa, organización o sociedad organiza sus procesos productivos para transformar insumos en productos terminados o servicios. Dicho modelo permite identificar los recursos requeridos, las etapas de transformación, los controles de calidad y los resultados esperados. En el contexto de esta investigación, el modelo de producción no se entiende como un software ni como un sistema formal abstracto, sino como una propuesta estructurada de proceso artesanal para la elaboración de ladrillos no portantes, incorporando material reciclado de construcción como parte de los insumos. Este modelo integra tres dimensiones principales: la reducción de costos operativos, mediante la sustitución parcial de arcilla por residuos; la optimización de las propiedades físico-mecánicas, a través de ensayos de resistencia y absorción; y la disminución del impacto ambiental, mediante la valorización de residuos que de otro modo serían desechados. De esta manera, el modelo propuesto representa una forma organizada de producción artesanal que se fundamenta tanto en los principios de la economía circular como en las experiencias de investigaciones previas, ajustadas a la realidad de Moyobamba.

2.2.2. Unidad de albañilería:

Es un componente prefabricado utilizado en sistemas constructivos tradicionales, que puede estar elaborado de diversos materiales como arcilla, concreto o mezclas cementicias. Estas unidades se disponen mediante mortero para conformar muros y tabiques. En el presente

estudio, las unidades evaluadas son tipo ladrillo, elaboradas con una mezcla que incorpora residuos reciclados.

2.2.3. Ladrillo no portante:

Es aquel que no está destinado a resistir cargas estructurales (cargas muertas o vivas), sino que se emplea como elemento de cerramiento o partición interior. Su resistencia mínima está regulada por normas técnicas, y debe cumplir con requisitos de absorción, alabeo y dimensiones específicas. Dado que no cumple función estructural, su diseño se orienta a garantizar estabilidad, eficiencia térmica y durabilidad.

2.2.4. Material reciclado de construcción (RCD):

Se refiere a aquellos residuos sólidos inorgánicos generados durante actividades de construcción, remodelación o demolición. Estos pueden incluir fragmentos de concreto, ladrillo, cerámica, piedra y otros agregados no contaminados. Su reutilización como materia prima secundaria permite reducir el volumen de residuos enviados a rellenos sanitarios y disminuir la demanda de materiales vírgenes. En este estudio, los RCD son recolectados, clasificados, triturados y tamizados para obtener granulometría compatible con los requisitos técnicos de la mezcla.

2.2.5. Propiedades físico-mecánicas:

Son características técnicas que determinan el comportamiento del ladrillo frente a solicitaciones mecánicas o condiciones ambientales. Entre las más importantes se encuentran:

2.2.5.1. Resistencia a compresión. Esfuerzo máximo que soporta la unidad antes de fracturarse, medido en kg/cm².

Tabla 1

Resistencia a las fuerzas de compresión en unidades de albañilería conforme a la norma E.070.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f'_b Mínimo en Mpa (kg/cm2) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
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.

Nota: *Norma E.070,2006*

Tabla 2

Valores mínimos del módulo de ruptura según la clasificación del ladrillo.

Tipo	Módulo de Ruptura (daN/cm2)
I	6
II	7
III	8
IV	9
V	10

Nota: *Norma E.070,2006*

Tabla 3

Resistencia a la compresión en pilas conforme a la norma E.070 de albañilería

Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm²)				
Materia prima	**Denominación**	**UNIDAD** f'_b	**PILAS** f'_m	**MURETES** v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
Sílice - Cal	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
	Dédalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armado.

Nota: *Norma E.070,2006*

2.2.5.2. Absorción de agua. Porcentaje de agua absorbido por el ladrillo, indicador de porosidad y durabilidad.

2.2.5.3. Porosidad aparente. Es la proporción del volumen total de vacíos abiertos en un material con respecto al volumen aparente.

2.2.5.4. Alabeo. Deformación dimensional que afecta la planeidad del ladrillo.

Tabla 4

Requisitos obligatorios según la NTP 331.017.

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máx. en %)			ALABEO (2) (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm2)>	DENSIDAD (mínimo en g/cm3)
	NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018					
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alterna-tivamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin limite	1,50
					60	Sin limite
II Alterna-tivamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite	1,60
					70	1,55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

NOTA 1.- La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a la dimensiones especificadas.

NOTA 2.- El alabeo se aplica para concavidad o convexidad.

Nota: *NTP 331.017*

2.2.5.5. Densidad aparente. Masa por unidad de volumen, relacionada con la masa térmica.

2.2.5.6. Dimensionalidad. Consistencia en largo, ancho y alto de las piezas.

Tabla 5

Variación de dimensiones conforme a la norma E.070.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN *f'b* Mínimo en Mpa (kg/cm2) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
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.

Nota: *Norma E.070,2006*

2.2.6. Normas técnicas:

Las principales normas que regulan estas propiedades en el contexto peruano e internacional son:

NTP 399.604 (Ladrillos no portantes).

NTP 331.017 (Método de ensayo a compresión).

ASTM C67 (Absorción de agua y otros ensayos).

Estas normas permiten estandarizar procesos y garantizar la calidad del producto final.

El entendimiento profundo de estos conceptos es esencial para la formulación de hipótesis, la selección de variables y la correcta ejecución de los ensayos de validación del modelo propuesto.

2.3. Revisión de literatura relacionada.

La reutilización de residuos de construcción como insumos para la fabricación de ladrillos ha sido objeto de diversas investigaciones en la última década, muchas de ellas publicadas en revistas indexadas como Construction and Building Materials, Journal of Cleaner Production y Revista Ingeniería de Construcción. Estas publicaciones han aportado evidencia sólida sobre la factibilidad técnica y ambiental del uso de materiales reciclados en unidades de albañilería.

Muñoz y Vega (2021), por ejemplo, realizaron un estudio comparativo entre ladrillos curados al aire, al vapor y en agua, concluyendo que el curado en agua durante 7 días mejora la resistencia a compresión en un 22% en comparación con el curado al aire. Este dato es relevante, ya que permite definir el método de curado ideal para las muestras del presente estudio.

González et al. (2020), en un artículo publicado en Materials Science Forum, incorporaron hasta un 30% de polvo cerámico reciclado en la mezcla de bloques de concreto. Los resultados demostraron mejoras en la resistencia térmica y una reducción del peso unitario, haciendo los ladrillos más eficientes para zonas de clima cálido. Este estudio valida el aporte positivo de los residuos cerámicos en la eficiencia energética de las edificaciones.

Olivares y Martínez (2019), analizaron el comportamiento mecánico de ladrillos fabricados con residuos de concreto triturado. Utilizando un diseño experimental factorial, evaluaron diferentes proporciones de mezcla y reportaron que una relación de sustitución del

25% es óptima para cumplir con la norma ASTM C129. Esta metodología de análisis orientó la elección del nivel de sustitución a aplicar en nuestro estudio.

En el contexto latinoamericano, Herrera y Castro (2022), realizaron un metaanálisis de 18 investigaciones sobre ladrillos con RCD y encontraron que el mayor obstáculo para su implementación masiva no es la resistencia técnica, sino la estandarización del proceso de tratamiento y clasificación de residuos. Este hallazgo refuerza la necesidad de diseñar un modelo de producción adaptable, eficiente y replicable en entornos locales como Moyobamba.

Por otro lado, estudios realizados en India y China han demostrado que el uso de cenizas volantes, escoria de horno alto y residuos de ladrillo molido puede incluso superar las propiedades de los ladrillos tradicionales, dependiendo del método de fabricación, temperatura de cocción y granulometría utilizada (Zhou et al., 2021).

A partir de esta revisión, se identifica que:

- Las metodologías más comunes son diseños experimentales con variantes en proporción de RCD, tipo de curado y método de moldeo.
- Las propiedades evaluadas con mayor frecuencia son resistencia a compresión, absorción, densidad, durabilidad y comportamiento térmico.
- Existe consenso en que el uso de RCD representa una alternativa viable siempre que se controle adecuadamente la calidad de los residuos y se sigan procedimientos estandarizados.

A partir del análisis detallado de la literatura relacionada, fue posible identificar patrones metodológicos comunes en estudios que, como este, evalúan el comportamiento de unidades de albañilería fabricadas con residuos de construcción. Por ejemplo, trabajos como los de Muñoz y Vega (2021) y Olivares y Martínez (2019) emplearon diseños experimentales

con variaciones en la proporción de materiales reciclados, aplicando series de mezclas con incrementos progresivos y ensayos normalizados para evaluar sus propiedades físico-mecánicas. Inspirado en esta estrategia, el presente estudio adoptó una dosificación escalonada de 30%, 32.5% y 35% de sustitución de arcilla por RCD, lo que permitió observar con mayor precisión el efecto incremental de esta variable sobre la resistencia a compresión y otras propiedades críticas.

Además, estudios como los de González et al. (2020) y Herrera y Castro (2022) hicieron énfasis en la importancia de estandarizar los métodos de curado y ensayo, recomendación que se tomó en cuenta al definir la metodología experimental de esta tesis. Se adoptaron protocolos técnicos establecidos por la norma NTP 331.017 para los ensayos de compresión, y se aplicó un curado en agua durante 7 días, siguiendo experiencias previas que demostraron la mejora de las propiedades mecánicas bajo esta condición.

Así, existe una relación directa y fundamentada entre los enfoques metodológicos revisados en la literatura y el procedimiento seguido en esta investigación. Este vínculo no solo refuerza la validez del diseño experimental, sino que también asegura que los resultados obtenidos puedan ser comparables con investigaciones similares, facilitando su interpretación, validación y posible réplica en contextos similares. La revisión teórica, por tanto, no solo fundamenta conceptualmente el estudio, sino que ha sido crucial para estructurar de forma coherente y técnicamente respaldada el proceso investigativo aplicado.

En línea con lo revisado en la literatura, el procedimiento experimental seguido en esta investigación fue estructurado cuidadosamente para replicar y adaptar buenas prácticas reportadas por estudios previos. Así, la elección de realizar un pretratamiento de los RCD —clasificación, trituración y tamizado— sigue el protocolo descrito por González et al. (2020), quienes subrayan la importancia de controlar la granulometría para garantizar mezclas

homogéneas. El proceso de moldeo manual con prensas simples fue inspirado en las experiencias de Salazar y Gutiérrez (2021), quienes demostraron que esta técnica es viable para producción artesanal manteniendo uniformidad en dimensiones. El curado en agua durante siete días, adoptado en este estudio, se basó en los hallazgos de Muñoz y Vega (2021), que identificaron mejoras en la resistencia a compresión con este método frente a otras técnicas. Finalmente, los ensayos de resistencia y absorción fueron definidos conforme a las normas NTP y ASTM empleadas en varios de los artículos revisados, lo cual permitió establecer un diseño de validación robusto, alineado con metodologías reconocidas en la literatura técnica.

En conclusión, la revisión de literatura científica no solo evidencia la viabilidad de la propuesta, sino que además sirve como guía metodológica para estructurar el procedimiento experimental de esta tesis.

2.4. Fundamento normativo.

El desarrollo de un modelo de producción de ladrillos no portantes con incorporación de material reciclado debe estar enmarcado en un conjunto de normativas técnicas que aseguren la calidad, seguridad y funcionalidad del producto final. En el contexto peruano, así como en estándares internacionales, existen reglamentaciones específicas para el diseño, fabricación y ensayo de unidades de albañilería, muchas de las cuales han sido referenciadas para sustentar el enfoque experimental de la presente investigación.

En el ámbito nacional, la Norma Técnica Peruana NTP 399.604:2004 establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos no portantes. Esta norma define las características físicas y mecánicas mínimas que deben alcanzar estos elementos para ser considerados aptos para su uso en obras civiles. Entre los aspectos más relevantes se encuentran:

- Resistencia a compresión mínima de 35 kg/cm².
- Absorción de agua no mayor al 25% en peso.

- Tolerancias dimensionales específicas.
- Requisitos de uniformidad, color, textura y alabeo.

Asimismo, la NTP 331.017:2014, correspondiente a los métodos de ensayo para determinar la resistencia a compresión de unidades de mampostería, se utiliza como base para validar experimentalmente los resultados obtenidos. Esta norma específica el tipo de máquina, las dimensiones del espécimen y las condiciones de carga para asegurar la reproducibilidad y confiabilidad del ensayo.

A nivel internacional, normas como la ASTM C67-14, emitida por la American Society for Testing and Materials, proporciona procedimientos complementarios para la evaluación de propiedades físicas como absorción, alabeo y durabilidad. Esta norma ha sido utilizada como referencia técnica en estudios internacionales sobre ladrillos fabricados con residuos reciclados y ha servido de marco para contrastar los criterios nacionales.

Desde una perspectiva ambiental, la NTP-ISO 14001:2015 – Sistema de gestión ambiental, si bien no es una norma específica de construcción, establece los principios que deben regir los procesos productivos orientados a reducir el impacto ambiental, incluyendo la gestión responsable de residuos sólidos. Su aplicación en el diseño del modelo de producción permite integrar prácticas sostenibles en la selección de materiales, reducción de desechos y valorización de residuos.

Por otro lado, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en su norma E.070 – Albañilería, establece que los elementos utilizados deben cumplir con normas técnicas y estar certificados por laboratorios acreditados, condición necesaria para el uso de productos alternativos, como ladrillos reciclados, en edificaciones formales.

Finalmente, es importante destacar que el cumplimiento normativo no solo asegura la calidad técnica del producto, sino que también otorga viabilidad comercial y legal al modelo propuesto, permitiendo su futura escalabilidad o implementación a nivel municipal o regional.

III. MÉTODO

3.1. Tipo investigación.

3.1.1. Método.

Esta investigación se desarrolla bajo el enfoque del método científico, dado que, según lo señalado por Hernández-Sampieri et al. (2018), la producción de conocimiento se sustenta en procesos empíricos, reflexivos y sistemáticos, los cuales permiten abordar los fenómenos de estudio de manera rigurosa y estructurada.

3.1.2. Tipo.

De acuerdo con Hernández-Sampieri et al. (2018), la presente investigación se clasifica como aplicada, ya que aborda de forma práctica y específica el problema identificado, mediante la utilización de conocimientos científicos en el campo de la ingeniería. Su finalidad es generar transformaciones, modificaciones e intervenciones que incidan directamente sobre un sector concreto de la realidad.

En este contexto, el estudio se centra en el análisis de datos estructurados obtenidos de ensayos realizados en las unidades de albañilería, con el propósito de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas.

3.1.3. Enfoque.

Esta investigación utiliza un enfoque cuantitativo, el cual se basa en un conjunto de procedimientos estructurados de manera secuencial y con carácter demostrativo. Este enfoque se desarrolla siguiendo una secuencia lógica en la que cada etapa sucede a la anterior sin omitir pasos, garantizando así la rigurosidad del proceso investigativo.

El estudio se inicia con la delimitación de una idea y el establecimiento de objetivos específicos, seguidos por la formulación de preguntas de investigación. A continuación, se

realiza una revisión exhaustiva de la literatura científica, lo que permite la construcción de un marco teórico y conceptual sólido. Con base en las interrogantes planteadas, se proponen hipótesis y variables, que posteriormente son sometidas a verificación empírica.

Finalmente, los datos recolectados son analizados mediante técnicas estadísticas, lo que permite obtener conclusiones válidas y fundamentadas sobre el fenómeno estudiado.

3.1.4. Nivel o alcance.

La presente investigación se enmarca en un enfoque explicativo, el cual se orienta a identificar las causas subyacentes de los fenómenos físicos observados, así como las condiciones específicas bajo las cuales estos se manifiestan. Este tipo de investigación tiene como objetivo principal entender las relaciones de causa y efecto entre dos o más variables, permitiendo así esclarecer por qué ocurre un determinado fenómeno.

En este marco, el estudio tiene como objetivo evidenciar los impactos que produce la inclusión de mortero reciclado en la elaboración de bloques de albañilería. Con este fin, se realizaron pruebas experimentales que facilitaron la evaluación de diversas propiedades físicas y mecánicas de las unidades fabricadas, incluyendo la absorción, la densidad, las dimensiones, el alabeo y la resistencia a las fuerzas compresión, además de la resistencia a las fuerzas de compresión simple de las pilas de albañilería.

3.1.5. Diseño.

El diseño de este estudio es de carácter experimental, dado que se obtendrán resultados que serán comparados con las hipótesis formuladas a través del uso de métodos estadísticos. En esta investigación, se ajustará la proporción de ladrillo y mortero reciclado con el objetivo de evaluar las variaciones que estas modificaciones producen en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.

3.2. Ámbito temporal y espacial.

El periodo de la investigación abarcó desde septiembre de 2023 hasta marzo de 2024, y el área geográfica de estudio será el distrito de Moyobamba, ubicado en la provincia de Moyobamba, en el departamento de San Martín, Perú.

3.3. Variables.

3.3.1. Variable independiente.

V1: Ladrillo y mortero reciclado

Descripción: es la incorporación de material reciclado de construcción (ladrillo y mortero), cuya dimensión principal es la proporción de sustitución de arcilla en tres niveles: 30%, 32.5% y 35%.

Dimensión: Proporción de sustitución de arcilla (30%, 32.5% y 35%).

Indicadores: 30%, 32.5% y 35% de ladrillo y mortero reciclado como reemplazo de la arcilla.

Escala de medición: De razón

3.3.2. Variable dependiente.

V2: Producción de ladrillos no portantes artesanales.

Descripción: corresponde a las características económicas, propiedades físicas y mecánicas, de los ladrillos no portantes y

Dimensión: Económica, propiedades físicas - mecánicas de los ladrillos no portantes y aprovechamiento de recursos.

Indicadores: Costo unitario de producción, costo por 50 millares de ladrillos, Absorción (%), densidad (kg/m3), dimensionamiento (cm), deformación y alabeo, resistencia a la compresión de bloques de albañilería, resistencia a la compresión de pilas de albañilería (kg/cm2), volumen de residuos utilizados, reducción del uso de arcilla.

Escala de medición: De razón.

3.3.3. Operacionalización de variables.

Tabla 6

Operacionalización de la variable independiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
V1 Ladrillo y mortero reciclado	Son los residuos que se producen durante las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificios e infraestructuras	Es la adición de material reciclado de construcción (ladrillo y mortero), cuya dimensión principal es la proporción de sustitución de arcilla en tres niveles: 30%, 32.5% y 35%.	Proporción de sustitución de arcilla (30%, 32.5% y 35%).	30%, 32.5%, 35% en peso en Kg como reemplazo de la arcilla.	De razón

Tabla 7

Operacionalización de la variable dependiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
V2 Producción de ladrillos no portantes artesanales.	Las unidades de albañilería a las que se refiere la Norma E070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estos bloques de albañilería pueden ser sólidos, huecos, alveolares o tubulares	Se planteará combinaciones de porcentajes de adiciones de ladrillo y mortero reciclado pulverizado con la finalidad de reducir costos de producción, mejorar sus propiedades físicas y mecánicas en muros portantes y reutilizar desechos de construcción.	Propiedades físicas	Absorción (%)	De razón
				Densidad (gr/cm3)	
				Porosidad aparente (%)	
			Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión de unidades de albañilería f'b (kg/cm2)	De razón
				Resistencia a la fuerza de compresión simple de pilas (3) de albañilería (kg/cm2)	
			Aprovechamiento de residuos	Volumen de residuos reutilizados (kg o %)	De razón
				Reducción del uso de arcilla (%)	
			Económicas	Costo unitario de producción / Costo por 50 millares de ladrillos	De razón

3.4. Población y muestra.

3.4.1. Población.

De acuerdo con Carrasco (2006), El universo de estudio se define como el total de elementos o unidades que serán analizados, los cuales pertenecen a un área espacial determinada en la que se desarrollará la investigación actual.

La población que se analiza en este estudio está formada por ladrillos artesanales tradicionales y por aquellos que utilizan materiales reciclados de construcción, situados en el distrito de Moyobamba, en la provincia de Moyobamba, del departamento de San Martín.

3.4.2. Muestra.

Un fragmento representativo de la población se define como una parte que refleja sus características esenciales, siendo objetivo y capaz de generalizar los resultados obtenidos a todos los componentes que integran esa población (Carrasco, 2006).

La muestra ha sido seleccionada de acuerdo con los criterios establecidos para los ensayos de comprensión simple y de resistencia a la flexión. Esta muestra incluye 20 unidades de ladrillo artesanal convencional y 60 unidades de ladrillos artesanales que utilizan ladrillo y mortero reciclado en diferentes proporciones.

En la tabla siguiente, se detalla el número de unidades de albañilería que participarán en los diferentes ensayos programados. Asimismo, se ha empleado una abreviatura para referirse a la muestra de diseño de unidades de albañilería convencional (UAC) y para el ladrillo y mortero reciclados (LMR).

Tabla 8

Cantidad de muestras que se tomarán para los ensayos de las unidades de albañilería.

Absorción, Densidad, Dimensionamiento y Alabeo			
DOSIFICACIÓN	**Capacidad de compresión de bloques de mampostería**	**Capacidad de compresión simple de bloques (3) de mampostería**	**Subtotal de muestras**
0% UAC	5	15	20
30% LMR	5	15	20
32.5% LMR	5	15	20
35% LMR	5	15	20
MUESTRAS TOTALES PARA ENSAYAR			**80**

3.5. Instrumentos

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Fichas de registro de mezclas**: diseñadas para documentar las proporciones de arcilla y material reciclado de construcción (30%, 32.5% y 35%), así como las condiciones de moldeo, secado y curado de los ladrillos.
- **Formatos de ensayo de laboratorio**: utilizados para consignar los resultados de las pruebas físicas (absorción, densidad, variabilidad dimensional) y mecánicas (resistencia a la compresión) de los ladrillos, en concordancia con las Normas Técnicas Peruanas (NTP 331.017, NTP 399.604) y normas ASTM correspondientes.
- **Plantillas de análisis de costos**: elaboradas en Excel para el cálculo del costo unitario y por millar de ladrillos, considerando materiales, mano de obra y energía, comparando la producción convencional con la producción con incorporación de residuos.

La validez de los instrumentos se determinó a través de:

- **Juicio de expertos**: Especialistas en materiales de construcción y docentes universitarios revisaron los instrumentos, confirmando la relevancia de los ítems y proponiendo modificaciones en las fichas de registro y plantillas de costos.
- **Normas técnicas**: Los formatos de laboratorio fueron ajustados a las especificaciones de la NTP y ASTM, asegurando que las mediciones realizadas cumplan con estándares internacionalmente reconocidos (validez de contenido y criterio).

La confiabilidad se estableció mediante:

- **Prueba piloto**: Se llevaron a cabo ensayos preliminares con una muestra limitada de ladrillos, comprobando la estabilidad de los registros y permitiendo ajustes en el procedimiento.
- **Reproducibilidad de resultados**: Los ensayos de absorción y resistencia a la compresión se realizaron nuevamente para cada dosificación, obteniendo resultados coherentes.
- **Consistencia interna**: Los datos de costos fueron ingresados en duplicado y validados en comparación con precios de mercado y registros anteriores, disminuyendo el margen de error en las estimaciones económicas.

3.6. Procedimientos.

Se llevaron a cabo las siguientes acciones para la elaboración de esta investigación:

- Se recopilaron referencias bibliográficas y se investigó acerca de la mejora de unidades de albañilería mediante el uso de adiciones recicladas.
- Se realizaron las investigaciones sobre ladrillos y morteros reciclados de construcciones.

- Se consiguieron ladrillos y morteros de paredes de construcciones en demolición, las cuales se llevaron a un centro de acopio en un terreno vacío de la localidad, previa autorización del propietario, luego se procedió con la trituración, con lo cual se realizó el tamizado y obtuvo un módulo de fineza entre 2.3 y 4.95.
- Se elaboraron 20 unidades de mampostería artesanal de manera tradicional.
- Se elaboraron 60 unidades de mampostería artesanal que incorporan diversas proporciones de ladrillo y mortero reciclado en polvo como sustituto de la arcilla.
- Luego de realizar las pruebas para los agregados finos y grueso, se elaboraron los ladrillos con un tipo de encofrado industrial utilizando las máquinas de la ladrillera "Millennium Bricks" para la creación del molde y la producción de los ladrillos. Se procedió a mezclar los insumos y colocarlo dentro de la máquina fabricadora para luego comenzar a ponerlos a secar por 25 días después del quemado en su horno artesanal.
- Se llevaron a cabo pruebas de absorción, densidad, dimensionamiento y alabeo en 80 unidades de albañilería y en la arcilla:
    - Contenido de humedad
    - Peso específico
    - Absorción
    - Peso Unitario
    - Ensayo de resistencia a la fuerza de compresión simple de las unidades de albañilería
    - Ensayo de resistencia a la fuerza de compresión simple en pilas de 3
- Se realizó una prueba de resistencia a la fuerza de compresión en cinco ladrillos y en quince unidades que utilizan ladrillo y mortero reciclados (LMR).

- Se construyeron pilas integradas por tres unidades de albañilería cada una. Se llevó a cabo una evaluación de la resistencia a la compresión simple de estas tres pilas, utilizando diferentes proporciones de LMR.
- Se reunieron los datos de los experimentos realizados para compararlos y determinar la dosificación ideal de los ladrillos que emplean LMR en lugar de arcilla, así como para analizar las mejoras en sus características físicas y mecánicas.

3.7. Análisis de datos.

Se emplearon equipos de laboratorio y técnicas de estadística inferencial para evaluar las hipótesis formuladas, así como la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, considerando tanto las variables cuantitativas como cualitativas de los datos recolectados.

IV. RESULTADOS

4.1. Características Físicas de los ladrillos

4.1.1. Absorción en las unidades de albañilería

Tabla 9

Absorción en ladrillo estándar

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	%Absorción
S -01	3.25	3.65	12.33
S -02	3.22	3.59	11.44
S -03	3.18	3.56	11.91
S -04	3.30	3.66	11.03
S -05	3.12	3.49	11.83
	PROMEDIO		**11.71**

Figura 1

Porcentaje de absorción en ladrillo estándar

Interpretación:

La tabla 9 presenta los valores de peso en estado seco, peso en estado saturado (agua fría) y el porcentaje de absorción de agua para cinco unidades de ladrillo correspondientes a l ladrillo estándar.

El peso seco de las unidades varía ligeramente entre 3.12 kg y 3.30 kg, lo que indica una buena uniformidad en la fabricación mientras que el peso saturado se encuentra entre 3.49 kg y 3.66 kg, mostrando que todas las piezas han absorbido agua de forma consistente.

Los valores de absorción oscilan entre: 11.03 % (mínimo), 12.33 % (máximo), 11.71 % (promedio).

Un valor de 11.71% indica que los ladrillos presentan una porosidad moderada, característica de materiales cerámicos con composición heterogénea.

Aunque la NTP E.070 no fija un límite específico de absorción para ladrillos no portantes, valores entre 10% y 20% son típicos y aceptables para ladrillos artesanales.

Esta absorción sugiere que, pese a la presencia de material reciclado, los ladrillos mantienen un comportamiento físico estable.

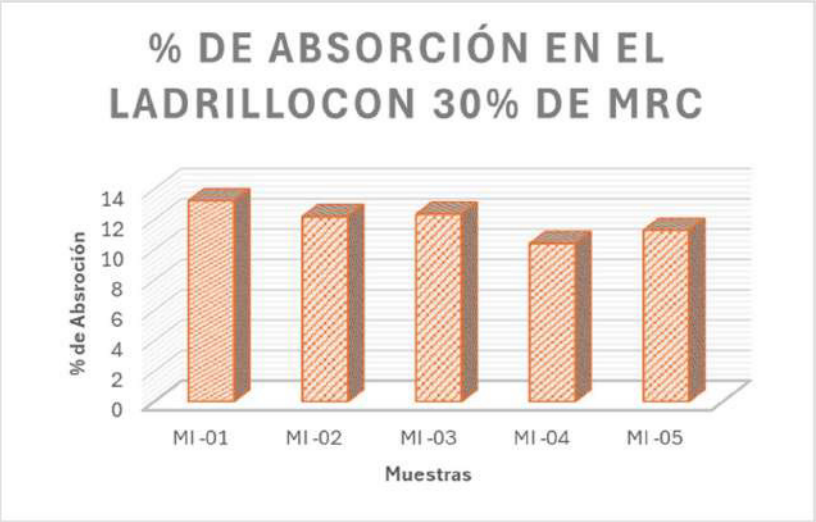
Tabla 10

Absorción en ladrillo con 30% de MRC

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	%Absorción
MI -01	3.25	3.68	13.23
MI -02	3.12	3.50	12.18
MI -03	3.08	3.46	12.34
MI -04	3.27	3.61	10.40
MI -05	3.28	3.65	11.28
	PROMEDIO		**11.89**

Figura 2

Porcentaje de absorción en ladrillo con 30% de MRC



Interpretación:

La tabla 10 presenta los valores de peso en estado seco, peso en estado saturado (agua fría) y el porcentaje de absorción de agua para cinco unidades de ladrillo correspondientes a l ladrillo con adición de 32.5% de MRC.

El peso seco de las unidades varía ligeramente entre 3.08 kg y 3.28 kg, lo que indica una buena uniformidad en la fabricación mientras que el peso saturado se encuentra entre 3.46 kg y 3.68 kg, mostrando que todas las piezas han absorbido agua de forma consistente.

Los valores de absorción oscilan entre: 10.40 % (mínimo), 13.23 % (máximo), 11.89 % (promedio).

Un valor de 11.89% indica que los ladrillos presentan una porosidad moderada, característica de materiales cerámicos con composición heterogénea.

Aunque la NTP E.070 no fija un límite específico de absorción para ladrillos no portantes, valores entre 10% y 20% son típicos y aceptables para ladrillos artesanales.

Esta absorción sugiere que, pese a la presencia de material reciclado, los ladrillos mantienen un comportamiento físico estable.

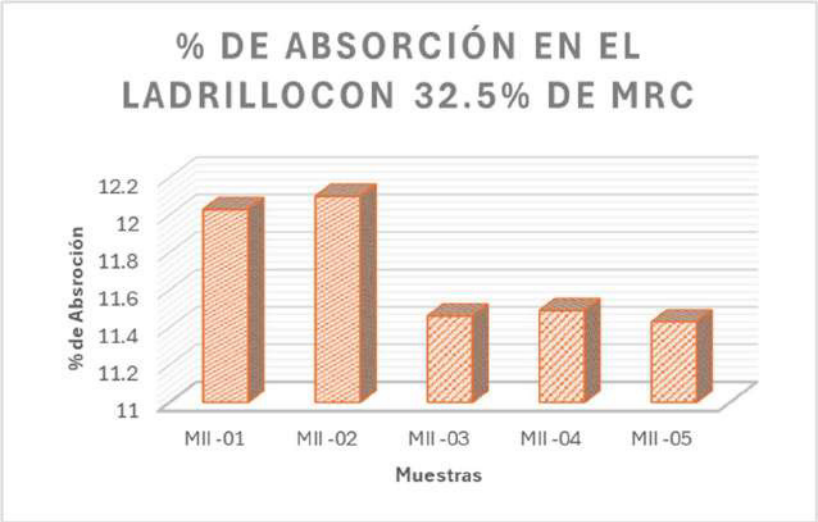
Tabla 11

Absorción en ladrillo con 32.5% de MRC

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	%Absorción
MII -01	3.16	3.54	12.03
MII -02	3.14	3.52	12.10
MII -03	3.14	3.50	11.46
MII -04	3.22	3.59	11.49
MII -05	3.15	3.51	11.43
	PROMEDIO		**11.70**

Figura 3

Porcentaje de absorción en ladrillo con 32.5% de MRC



Interpretación:

La tabla 11 presenta los valores de peso en estado seco, peso en estado saturado (agua fría) y el porcentaje de absorción de agua para cinco unidades de ladrillo correspondientes a l ladrillo con adición de 35% de MRC.

El peso seco de las unidades varía ligeramente entre 3.14 kg y 3.22 kg, lo que indica una buena uniformidad en la fabricación mientras que el peso saturado se encuentra entre 3.50 kg y 3.59 kg, mostrando que todas las piezas han absorbido agua de forma consistente.

Los valores de absorción oscilan entre: 11.43 % (mínimo), 12.10 % (máximo), 11.70 % (promedio).

Un valor de 11.70% indica que los ladrillos presentan una porosidad moderada, característica de materiales cerámicos con composición heterogénea.

Aunque la NTP E.070 no fija un límite específico de absorción para ladrillos no portantes, valores entre 10% y 20% son típicos y aceptables para ladrillos artesanales.

Esta absorción sugiere que, pese a la presencia de material reciclado, los ladrillos mantienen un comportamiento físico estable.

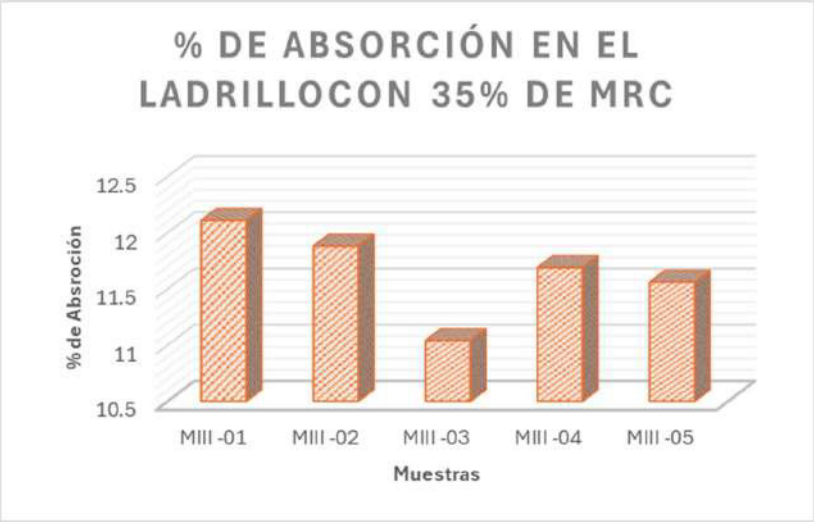
Tabla 12

Absorción en ladrillo con 35% MRC

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	%Absorción
MIII -01	3.22	3.61	12.11
MIII -02	3.20	3.58	11.88
MIII -03	3.17	3.52	11.04
MIII -04	3.25	3.63	11.69
MIII -05	3.20	3.57	11.56
	PROMEDIO		**11.66**

Figura 4

Porcentaje de absorción en ladrillo con 35% de MRC



Interpretación:

La tabla 12 presenta los valores de peso en estado seco, peso en estado saturado (agua fría) y el porcentaje de absorción de agua para cinco unidades de ladrillo correspondientes a l ladrillo con adición de 35% de MRC.

El peso seco de las unidades varía ligeramente entre 3.17 kg y 3.25 kg, lo que indica una buena uniformidad en la fabricación mientras que el peso saturado se encuentra entre 3.52 kg y 3.63 kg, mostrando que todas las piezas han absorbido agua de forma consistente.

Los valores de absorción oscilan entre: 11.04 % (mínimo), 12.11 % (máximo), 11.66 % (promedio).

Un valor de 11.66% indica que los ladrillos presentan una porosidad moderada, característica de materiales cerámicos con composición heterogénea.

Aunque la NTP E.070 no fija un límite específico de absorción para ladrillos no portantes, valores entre 10% y 20% son típicos y aceptables para ladrillos artesanales.

Esta absorción sugiere que, pese a la presencia de material reciclado, los ladrillos mantienen un comportamiento físico estable.

En resumen, se tiene los siguientes resultados promedios de las pruebas para el porcentaje de absorción:

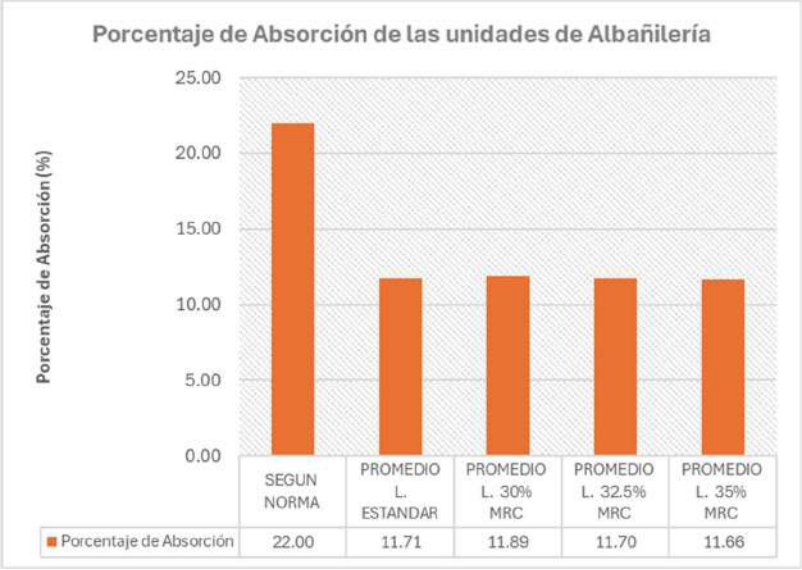
Tabla 13

Resumen de las pruebas para el porcentaje de absorción

Muestra	Absorción promedio (%)
Ladrillo estándar	11.71
M–I (30%)	11.89
M–II (32.5%)	11.70
M–III (35%)	11.66
Conclusión	**M–III presentó la menor absorción (%).**

Figura 5

Porcentaje de absorción de las unidades de albañilería



4.1.2. Densidad en las unidades de albañilería

Tabla 14

Densidad en ladrillo estándar

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Densidad (g/cm3)
S -01	24.10	14.00	14.10	3.65	0.7672
S -02	24.00	14.10	14.00	3.59	0.7578
S -03	24.10	14.00	14.10	3.56	0.7483
S -04	24.10	14.10	14.20	3.66	0.7585
S -05	24.00	14.00	14.10	3.49	0.7367
		PROMEDIO			**0.7537**

Figura 6

Densidad en ladrillo estándar

Interpretación:

Los valores calculados de densidad aparente son: 0.7367 g/cm³ (mínimo), 0.7672 g/cm³ (máximo), Promedio: 0.7537 g/cm³, este rango muestra que el ladrillo estándar presenta:

- Una densidad típica de ladrillos artesanales, que suele oscilar entre 0.70 y 1.10 g/cm^3.
- Una estructura interna con alto contenido de poros, característica de unidades no portantes.
- Una ligera variación entre piezas debido al proceso artesanal, pero con un promedio representativo y estable.

Tabla 15

Densidad en ladrillo con 30% de MRC

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Densidad (g/cm3)
MI -01	24.10	13.90	14.20	3.68	0.7736
MI -02	24.10	14.00	14.00	3.50	0.7410
MI -03	24.00	14.10	14.10	3.46	0.7251
MI -04	24.10	14.00	14.20	3.61	0.7535
MI -05	24.10	14.10	14.00	3.65	0.7672
		PROMEDIO			**0.7521**

Figura 7

Densidad en ladrillo con 30% de MRC

Interpretación:

Los valores calculados de densidad aparente son: 0.7251 g/cm³ (mínimo), 0.7736 g/cm³ (máximo), Promedio: 0.7521 g/cm³, este rango muestra que el ladrillo estándar presenta:

- Una densidad típica de ladrillos artesanales, que suele oscilar entre 0.70 y 1.10 g/cm³.

- Una estructura interna con alto contenido de poros, característica de unidades no portantes.
- Una ligera variación entre piezas debido al proceso artesanal, pero con un promedio representativo y estable.

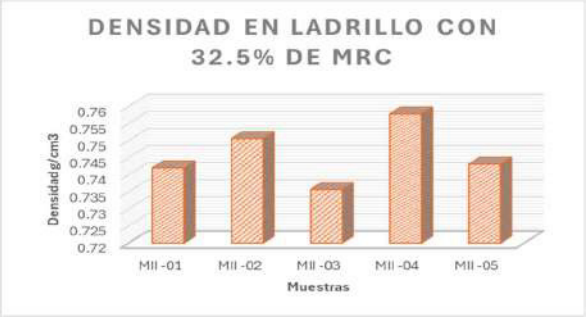
Tabla 16

Densidad en ladrillo con 32.5% de MRC

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Densidad (g/cm3)
MII -01	24.00	14.00	14.20	3.54	0.7420
MII -02	24.10	13.90	14.00	3.52	0.7506
MII -03	24.10	14.00	14.10	3.50	0.7357
MII -04	24.00	14.00	14.10	3.59	0.7578
MII -05	24.10	14.00	14.00	3.51	0.7431
		PROMEDIO			**0.7458**

Figura 8

Densidad en ladrillo con 32.5% de MRC



Interpretación:

Los valores calculados de densidad aparente son: 0.7357 g/cm³ (mínimo), 0.7506 g/cm³ (máximo), Promedio: 0.7458 g/cm³, este rango muestra que el ladrillo estándar presenta:

- Una densidad típica de ladrillos artesanales, que suele oscilar entre 0.70 y 1.10 g/cm³.
- Una estructura interna con alto contenido de poros, característica de unidades no portantes.
- Una ligera variación entre piezas debido al proceso artesanal, pero con un promedio representativo y estable.

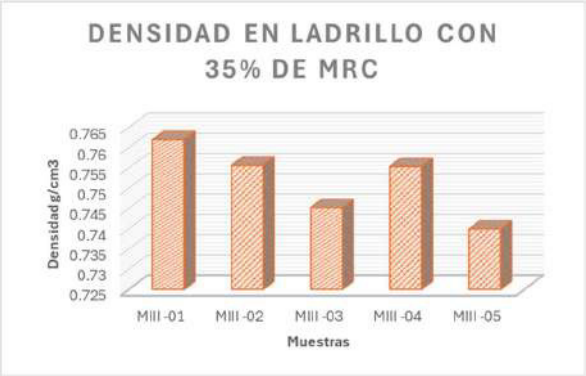
Tabla 17

Densidad en ladrillo con 35% de MRC

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Densidad (g/cm3)
MIII -01	24.00	14.00	14.10	3.61	0.7620
MIII -02	24.00	14.00	14.10	3.58	0.7557
MIII -03	24.10	14.00	14.00	3.52	0.7452
MIII -04	24.00	14.10	14.20	3.63	0.7554
MIII -05	24.10	14.10	14.20	3.57	0.7399
		PROMEDIO			**0.7516**

Figura 9

Densidad en ladrillo con 35% de MRC



Interpretación:

Los valores calculados de densidad aparente son: 0.7399 g/cm³ (mínimo), 0.7620 g/cm³ (máximo), Promedio: 0.7516 g/cm³, este rango muestra que el ladrillo estándar presenta:

- Una densidad típica de ladrillos artesanales, que suele oscilar entre 0.70 y 1.10 g/cm³.
- Una estructura interna con alto contenido de poros, característica de unidades no portantes.
- Una ligera variación entre piezas debido al proceso artesanal, pero con un promedio representativo y estable.

En resumen, se tiene que los promedios de las pruebas para la densidad son:

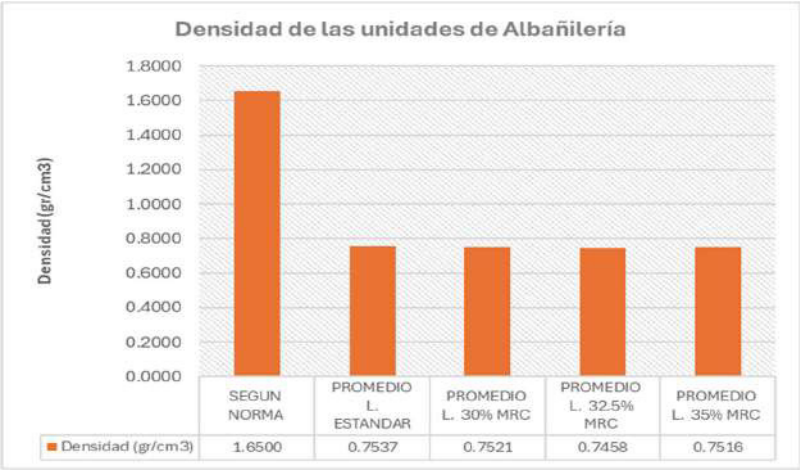
Tabla 18

Resumen de los promedios para las pruebas de densidad

Muestra	Densidad promedio (g/cm³)
Ladrillo estándar	0.7537
M–I (30%)	0.7521
M–II (32.5%)	0.7458
M–III (35%)	0.7516
Conclusión	**M–I tuvo la densidad más cercana al estándar.**

Figura 10

Densidad de las unidades de albañilería



4.1.3. Porosidad aparente en las unidades de albañilería

Tabla 19

Porosidad aparente en ladrillo estándar

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	Porosidad Aparente (%)
S -01	3.25	3.65	2.97	58.93%
S -02	3.22	3.59	2.78	45.49%
S -03	3.18	3.56	2.77	47.95%
S -04	3.30	3.66	2.92	49.14%
S -05	3.12	3.49	2.58	40.58%
		PROMEDIO		**48.42%**

Figura 11

Porosidad aparente en ladrillo estándar

Interpretación:

Los valores individuales muestran una dispersión entre: 40.58% (mínimo) y 58.93% (máximo), esta variación refleja la heterogeneidad propia de materiales artesanales, donde la compactación, la granulometría y el secado no siempre se controlan de manera uniforme. Aun

así, todos los valores se encuentran dentro del rango esperado para ladrillos cerámicos con procesos manuales, caracterizados por altos porcentajes de vacíos internos.

El valor promedio de porosidad aparente para el grupo estándar es 48.42%, este resultado indica que el ladrillo estándar presenta una estructura altamente porosa, condicionada por el método artesanal de producción y la composición del material.

Un nivel cercano al 50% es característico de unidades no portantes, ya que los ladrillos estructurales suelen ser menos porosos (≈25–35%).

El comportamiento del lote es coherente con los valores de absorción obtenidos previamente, lo que confirma la relación directa entre porosidad y capacidad de retención de agua.

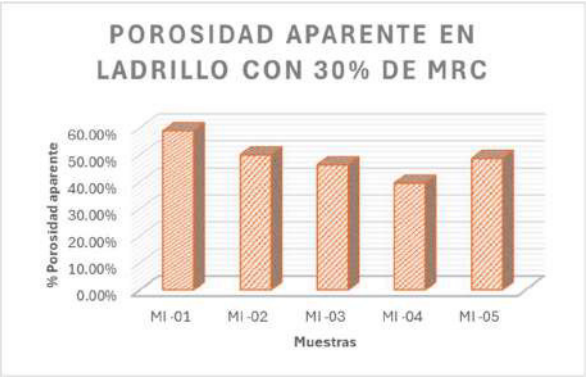
Desde el punto de vista mecánico, una porosidad elevada implica: menor densidad, menor resistencia a la compresión y mayor permeabilidad, lo cual es compatible con la clasificación del ladrillo como unidad no portante.

Tabla 20

Porosidad aparente en ladrillo con 30% de MRC

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	Porosidad Aparente (%)
MI -01	3.25	3.68	2.95	58.90%
MI -02	3.12	3.50	2.74	50.00%
MI -03	3.08	3.46	2.64	46.34%
MI -04	3.27	3.61	2.75	39.53%
MI -05	3.28	3.65	2.89	48.68%
		PROMEDIO		**48.69%**

Figura 12
Porosidad aparente en ladrillo con 30% de MRC



Interpretación:

Los valores individuales muestran una dispersión entre: 39.53% (mínimo) y 58.93% (máximo), esta variación refleja la heterogeneidad propia de materiales artesanales, donde la compactación, la granulometría y el secado no siempre se controlan de manera uniforme. Aun así, todos los valores se encuentran dentro del rango esperado para ladrillos cerámicos con procesos manuales, caracterizados por altos porcentajes de vacíos internos.

El valor promedio de porosidad aparente para el grupo estándar es 48.69%, este resultado indica que el ladrillo estándar presenta una estructura altamente porosa, condicionada por el método artesanal de producción y la composición del material.

Un nivel cercano al 50% es característico de unidades no portantes, ya que los ladrillos estructurales suelen ser menos porosos (≈25–35%).

El comportamiento del lote es coherente con los valores de absorción obtenidos previamente, lo que confirma la relación directa entre porosidad y capacidad de retención de agua.

Desde el punto de vista mecánico, una porosidad elevada implica: menor densidad, menor resistencia a la compresión y mayor permeabilidad, lo cual es compatible con la clasificación del ladrillo como unidad no portante.

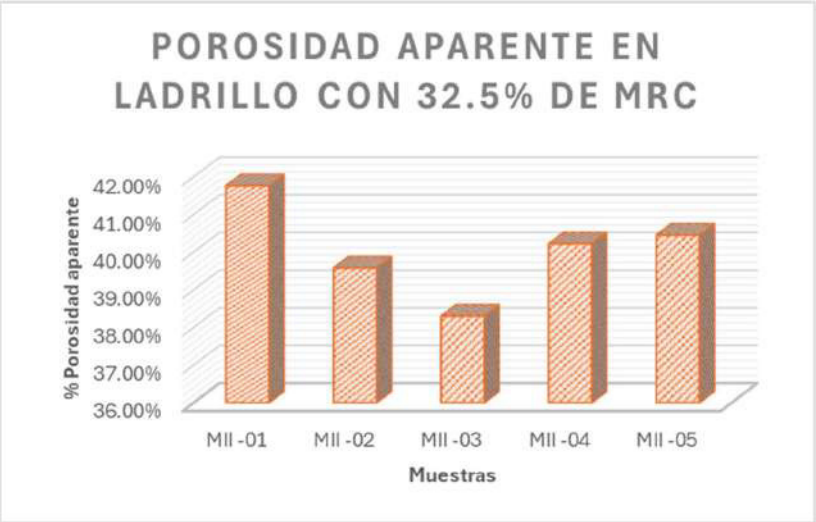
Tabla 21

Porosidad aparente en ladrillo con 32.5% de MRC

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	Porosidad Aparente (%)
MII -01	3.16	3.54	2.63	41.76%
MII -02	3.14	3.52	2.56	39.58%
MII -03	3.14	3.50	2.56	38.30%
MII -04	3.22	3.59	2.67	40.22%
MII -05	3.15	3.51	2.62	40.45%
		PROMEDIO		**40.06%**

Figura 13

Porosidad aparente en ladrillo con 32.5% de MRC



Interpretación:

Los valores individuales muestran una dispersión entre: 38.30% (mínimo) y 41.76% (máximo), esta variación refleja la heterogeneidad propia de materiales artesanales, donde la compactación, la granulometría y el secado no siempre se controlan de manera uniforme. Aun

así, todos los valores se encuentran dentro del rango esperado para ladrillos cerámicos con procesos manuales, caracterizados por altos porcentajes de vacíos internos.

El valor promedio de porosidad aparente para el grupo estándar es 48.69%, este resultado indica que el ladrillo estándar presenta una estructura altamente porosa, condicionada por el método artesanal de producción y la composición del material.

Un nivel cercano al 50% es característico de unidades no portantes, ya que los ladrillos estructurales suelen ser menos porosos (≈25–35%).

El comportamiento del lote es coherente con los valores de absorción obtenidos previamente, lo que confirma la relación directa entre porosidad y capacidad de retención de agua.

Desde el punto de vista mecánico, una porosidad elevada implica: menor densidad, menor resistencia a la compresión y mayor permeabilidad, lo cual es compatible con la clasificación del ladrillo como unidad no portante.

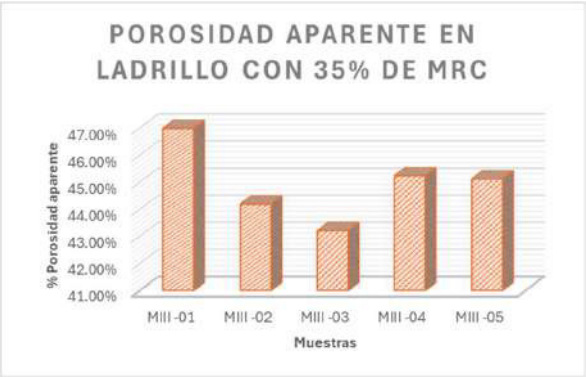
Tabla 22

Porosidad aparente en ladrillo con 35% de MRC

Código de Muestra	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	Porosidad Aparente (%)
MIII -01	3.22	3.61	2.78	46.99%
MIII -02	3.20	3.58	2.72	44.19%
MIII -03	3.17	3.52	2.71	43.21%
MIII -04	3.25	3.63	2.79	45.24%
MIII -05	3.20	3.57	2.75	45.12%
		PROMEDIO		**44.95%**

Figura 14

Porosidad aparente en ladrillo con 35% de MRC



Interpretación:

Los valores individuales muestran una dispersión entre: 43.21% (mínimo) y 46.99% (máximo), esta variación refleja la heterogeneidad propia de materiales artesanales, donde la compactación, la granulometría y el secado no siempre se controlan de manera uniforme. Aun así, todos los valores se encuentran dentro del rango esperado para ladrillos cerámicos con procesos manuales, caracterizados por altos porcentajes de vacíos internos.

El valor promedio de porosidad aparente para el grupo estándar es 44.95%, este resultado indica que el ladrillo estándar presenta una estructura altamente porosa, condicionada por el método artesanal de producción y la composición del material.

Un nivel cercano al 50% es característico de unidades no portantes, ya que los ladrillos estructurales suelen ser menos porosos (≈25–35%).

El comportamiento del lote es coherente con los valores de absorción obtenidos previamente, lo que confirma la relación directa entre porosidad y capacidad de retención de agua.

Desde el punto de vista mecánico, una porosidad elevada implica: menor densidad, menor resistencia a la compresión y mayor permeabilidad, lo cual es compatible con la clasificación del ladrillo como unidad no portante.

En resumen, se tiene que los promedios de las pruebas para la porosidad aparente son:

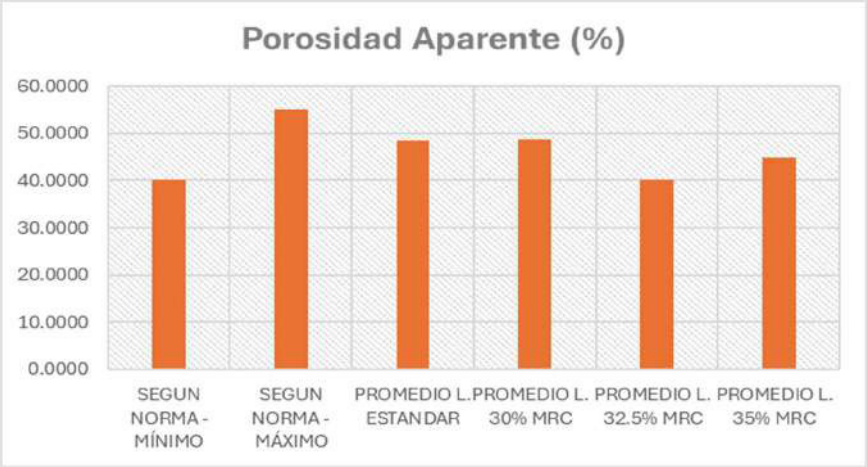
Tabla 23

Resumen de los promedios para las pruebas de porosidad aparente

Muestra	Porosidad aparente (%)
Ladrillo estándar	48.42%
M–I (30%)	48.69%
M–II (32.5%)	40.06%
M–III (35%)	44.95%
Conclusión	**M–III mostró la porosidad más favorable.**

Figura 15

Porosidad Aparente de las unidades de albañilería



4.2. Características Mecánicas de los ladrillos

4.2.1. Resistencia a la fuerza de compresión del ladrillo convencional.

Tabla 24

Resistencia a la fuerza de compresión del ladrillo tradicional.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE LADRILLOS DE ARCILLA - NTP 331.017									
LADRILLO INDIVIDUAL									
Código de muestra	**Largo (cm)**	**Ancho (cm)**	**Alto (cm)**	**Área Bruta (cm2)**	**Carga (Kg)**	**f'b (kg/cm2)**	**Promedio f'b**	**f'b (Mpa)**	**Observaciones**
S-01	24.1	14	14.1	337.4	8,988.00	26.64			
S-02	24	14.1	14	338.4	9,411.00	27.81			**No cumple fines estructurales**
S-03	24.1	14	14.1	337.4	6,987.00	20.71	24.33	**2.39**	
S-04	24.1	14.1	14.2	339.81	7,894.00	23.23			
S-05	24	14	14.1	336	7,811.00	23.25			

Figura 16

Resistencia a la compresión de unidades de ladrillos estándar

Interpretación: La Tabla 24 presenta los resultados del ensayo de compresión efectuado en cinco (05) ladrillos de arcilla convencional, siguiendo las pautas establecidas en la norma NTP 331.017. El promedio de la resistencia a la compresión (f'b) alcanzado es de 24.33 kg/cm2, un valor que no satisface el mínimo exigido por la norma para su uso en aplicaciones estructurales.

4.2.2. Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillo con 30% de material reciclado de construcción.

Tabla 25

Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillos que contienen un 30% de material reciclado de construcción.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE LADRILLOS DE ARCILLA - NTP 331.017									
	LADRILLO INDIVIDUAL								
Código de muestra	**Largo (cm)**	**Ancho (cm)**	**Alto (cm)**	**Área Bruta (cm2)**	**Carga (Kg)**	**f'b (kg/cm2)**	**Promedio f'b**	**f'b (Mpa)**	**Observaciones**
M.I - 01	24.1	13.9	14.2	334.99	7,002.00	20.9			**No cumple fines estructurales**
M.I - 02	24.1	14	14	337.4	4,526.00	13.41			
M.I - 03	24	14.1	14.1	338.4	2,346.00	6.93	18.81	**1.845**	
M.I - 04	24.1	14	14.2	337.4	8,555.00	25.36			
M.I - 05	24.1	14.1	14	339.81	9,321.00	27.43			

Figura 17

Resistencia a la compresión de ladrillos con 30% de MRC

Interpretación: La Tabla 25 presenta los resultados del ensayo de compresión realizado en cinco (05) ladrillos de arcilla que incorporan un 30% de material reciclado de construcción, de acuerdo con las directrices de la norma NTP 331.017. El promedio de resistencia a la compresión (f'b) alcanzado es de 18.81 kg/cm2, un valor que no satisface el umbral mínimo exigido por la norma para su uso en aplicaciones estructurales.

4.2.3. Resistencia a la fuerza de compresión del ladrillo con 32.5% de material reciclado de construcción.

Tabla 26

Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillos que contienen un 32.5% de material reciclado de construcción.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE LADRILLOS DE ARCILLA - NTP 331.017									
LADRILLO INDIVIDUAL									
Código de muestra	**Largo (cm)**	**Ancho (cm)**	**Alto (cm)**	**Área Bruta (cm2)**	**Carga (Kg)**	**f'b (kg/cm2)**	**Promedio f'b**	**f'b (Mpa)**	**Observaciones**
M.II - 01	24	14	14.2	336	6,477.00	19.28			**No cumple fines estructurales**
M.II - 02	24.1	13.9	14	334.99	5,689.00	16.98			
M.II - 03	24.1	14	14.1	337.4	7,258.00	21.51	20.81	**2.0415**	
M.II - 04	24	14	14.1	336	7,995.00	23.79			
M.II - 05	24.1	14	14	337.4	7,587.00	22.49			

Figura 18

Resistencia a la compresión de ladrillos con 32.5% de MRC

Interpretación: La Tabla 26 presenta los resultados del ensayo de resistencia a las fuerzas de compresión llevado a cabo en cinco (05) ladrillos estándar de arcilla, los cuales incorporan un 32.5% de material reciclado de construcción, de acuerdo con las directrices de la norma NTP 331.017. El promedio de resistencia a la compresión (f'b) alcanzado es de 20.81 kg/cm2, un

valor que no satisface el umbral mínimo exigido por la norma para su uso en aplicaciones estructurales.

4.2.4. Resistencia a la fuerza de compresión ladrillo con 32.5% de material reciclado de construcción.

Tabla 27

Resistencia a la fuerza de compresión de ladrillos que contienen un 35% de material reciclado de construcción

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE LADRILLOS DE ARCILLA - NTP 331.017									
LADRILLO INDIVIDUAL									
Código de muestra	**Largo (cm)**	**Ancho (cm)**	**Alto (cm)**	**Área Bruta (cm2)**	**Carga (Kg)**	**f'b (kg/cm2)**	**Promedio f'b**	**f'b (Mpa)**	**Observaciones**
M.III -01	24	14	14.1	336	6,337.00	18.86	22.16	**2.1741**	**No cumple fines estructurales**
M.III -02	24	14	14.1	336	8,884.00	26.44			
M.III -03	24.1	14	14	337.4	7,535.00	22.33			
M.III -04	24	14.1	14.2	338.4	7,101.00	20.98			
M.III -05	24.1	14.1	14.2	339.81	7,542.00	22.19			

Figura 19

Resistencia a la compresión de ladrillos con 35% de MRC

Interpretación: La Tabla 27 presenta los resultados del ensayo de compresión efectuado en cinco (05) ladrillos de arcilla que incorporan un 35% de material reciclado de construcción, de acuerdo con las pautas establecidas en la norma NTP 331.017. El promedio de resistencia a la

compresión (f'b) alcanzado es de 22.16 kg/cm2, un valor que no satisface el umbral mínimo exigido por la norma para su uso en aplicaciones estructurales.

4.3. Comparación de la resistencia a la fuerza de compresión (f'b) entre el ladrillo de arcilla estándar y el ladrillo de arcilla con adición del 30%, 32.5% y 35% de material reciclado de construcción.

Tabla 28

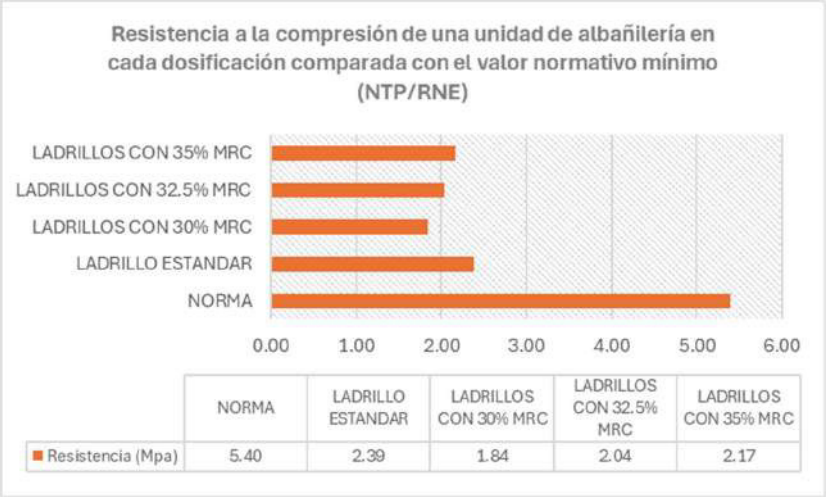
Evaluación de la resistencia a la compresión de los bloques de ladrillo.

	Ladrillo de arcilla estándar	Ladrillo de arcilla con 30% de adición de MRC	Ladrillo de arcilla con 32.5% de adición de MRC	Ladrillo de arcilla con 35% de adición de MRC
Promedio (kg/cm2)	24.33	18.81	20.81	22.16

Interpretación: La Tabla 28 presenta una comparación de los resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión entre el ladrillo de arcilla tradicional y el ladrillo de arcilla que contiene un 30%, 32.5% y 35% de material reciclado de construcción. Se destaca que el ladrillo de arcilla con un 35% de material reciclado exhibe la mayor resistencia a la compresión, alcanzando un valor de 22.16 kg/cm2.

Figura 20

Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería



4.4. Resistencia a la compresión de prismas de unidades de albañilería estándar y con la incorporación de material reciclado de construcción en diferentes proporciones 30%, 32.5% y 35%.

4.4.1. Resistencia a la fuerza de compresión de prismas f'm del ladrillo estándar.

Tabla 29

Resistencia a la fuerza de compresión de bloques de ladrillo estándar.

ESTUDIO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LAS FUERZAS DE COMPRESIÓN EN PRISMAS DE MAMPOSTERÍA - NTP 339.605.

PRISMA LADRILLOS ESTANDAR

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)
S-01	24	14	28.4	336	6,408.00	19.8		
S-02	24	14.1	28.2	338.4	3,415.00	10.82		
S-03	24	14	28	336	5,235.00	16.31	14.48	**1.42**
S-04	24.1	14.1	28.1	339.81	3,647.00	11.46		
S-05	24	14	28	336	4,459.00	14		

Figura 21

Resistencia a la compresión en pilas de ladrillos estándar

Tabla 30

Comparación de resultados de primas de ladrillo estándar.

Unidad	Resistencia promedio	Desviación estándar (S)	f'm	(f'm) E.070
kg/cm2	14.48	3.69	10.79	35.00
MPa	1.42	0.36	1.06	3.43

Interpretación: En las Tablas 29 y 30 se presentan los resultados del ensayo de compresión de prismas de ladrillo de arcilla estándar, llevado a cabo conforme a las directrices de la NTP 399.605. Se ha obtenido un valor promedio de resistencia (f'm) de 10.79 kg/cm2, el cual no alcanza el mínimo requerido por la normativa para fines estructurales, establecido en 35.00 kg/cm2.

4.4.2. Resistencia a la fuerza de compresión de prismas f'm del ladrillo con adición de 30% de material reciclado de construcción.

Tabla 31

Resistencia a la fuerza de compresión de prismas de ladrillo con adición de 30% de MRC.

ESTUDIO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LAS FUERZAS DE COMPRESIÓN EN PRISMAS DE MAMPOSTERÍA - NTP 339.605.

PRISMA LADRILLOS CON ADICION DE 30% DE MRC

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)
M.I - 01	24	14	28.1	336	3,664.00	11.63		
M.I - 02	24	14.1	28	338.4	4,538.00	14.14		
M.I - 03	24.1	14	28.2	337.4	5,499.00	17.03	12.81	**1.26**
M.I - 04	24	14.1	28.2	338.4	4,369.00	13.64		
M.I - 05	24.1	14	28.1	337.4	2,326.00	7.62		

Figura 22

Resistencia a la compresión de pilas de ladrillos con 30% de MRC

Tabla 32

Comparación de resultados de primas de ladrillo con adición de 30% de MRC.

Unidad	Resistencia promedio	Desviación estándar (S)	f'm	(f'm) E.070
kg/cm2	12.81	3.48	9.33	35.00
MPa	1.26	0.34	0.91	3.43

Interpretación: Los resultados del ensayo de compresión de prismas de ladrillo de arcilla con una adición del 30% de MRC se presentan en las Tablas 28 y 29, siguiendo las directrices de la NTP 399.605. Se obtuvo un valor promedio de resistencia (f'm) de 9.33 kg/cm2, que no alcanza el mínimo requerido por la normativa para aplicaciones estructurales, establecido en 35.00 kg/cm2.

4.4.3. Resistencia a la compresión de prismas f'm del ladrillo con adición de 32.5% de material reciclado de construcción.

Tabla 33

Resistencia a la compresión de prismas de ladrillo con adición de 32.5% de MRC.

PRUEBA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA - NTP 339.605.

PRISMA LADRILLOS CON ADICION DE 32.5% DE MRC

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)
M.II - 01	24.1	14	28.2	337.4	4,257.00	13.35	15.77	**1.55**
M.II - 02	24.1	14	28.3	337.4	4,349.00	13.62		
M.II - 03	24.1	14	28	337.4	4,677.00	14.59		
M.II - 04	24	14.1	28.3	338.4	5,679.00	17.51		
M.II - 05	24	14	28	336	6,400.00	19.78		

Figura 23

Resistencia a la compresión de pilas de ladrillos con 32.5% de MRC

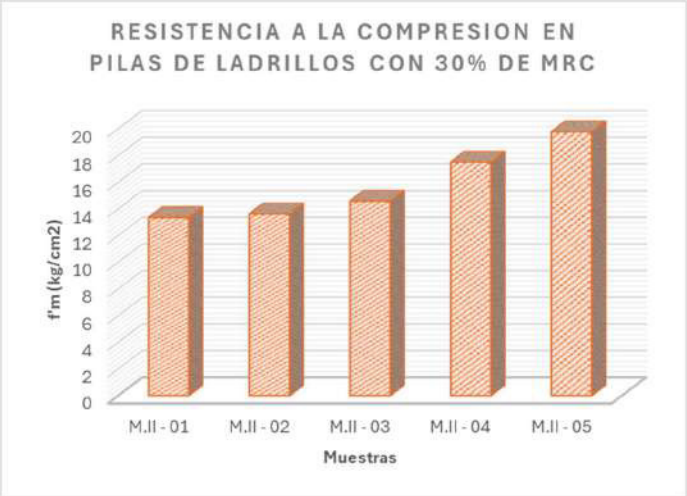


Tabla 34

Comparación de resultados de primas de ladrillo con adición de 32.5% de MRC.

Unidad	Resistencia promedio	Desviación estándar (S)	f'm	(f'm) E.070
kg/cm2	15.77	2.78	12.99	35.00
MPa	1.55	0.27	1.27	3.43

Interpretación: En las Tablas 33 y 34 se muestran los resultados del ensayo de compresión de prismas de ladrillo de arcilla con una adición del 32.5% de MRC, realizado de acuerdo con las directrices de la NTP 399.605. Se registra un valor promedio de resistencia (f'm) de 12.99 kg/cm2, que no cumple con el mínimo exigido por la normativa para aplicaciones estructurales, fijado en 35.00 kg/cm2.

4.4.4. Resistencia a la fuerza de compresión de prismas f'm del ladrillo con adición de 35% de material reciclado de construcción.

Tabla 35

Resistencia a la fuerza de compresión de prismas de ladrillo con adición de 35% de MRC.

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA - NTP 339.605.

PRISMA LADRILLOS CON ADICION DE 35% DE MRC

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)
M.III -01	24.1	14	28.2	337.4	6898	21.17		
M.III -02	24	14.1	28.3	338.4	4222	13.21		
M.III -03	24.1	14	28	337.4	4435	13.87	16.8	**1.65**
M.III -04	24.1	14.1	28.1	339.81	2606	8.4		
M.III -05	24	14.1	28	338.4	9003	27.33		

Figura 24

Resistencia a la compresión de pilas de ladrillos con 35% de MRC

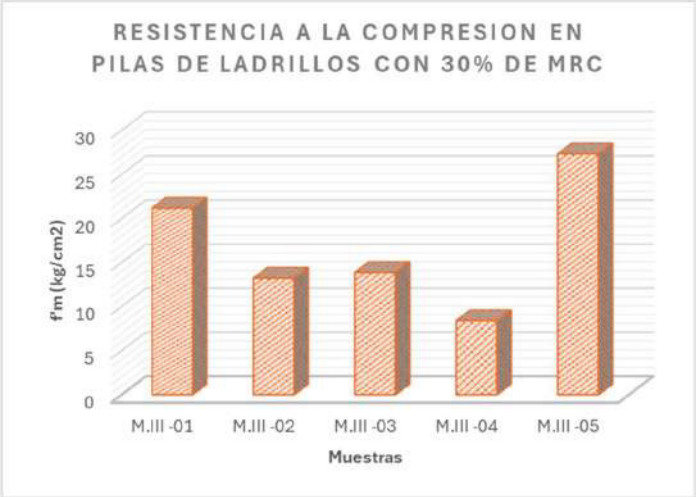


Tabla 36

Comparación de resultados de primas de ladrillo con adición de 35% de MRC.

Unidad	Resistencia promedio	Desviación estándar (S)	f'm	(f'm) E.070
kg/cm2	16.80	7.45	9.35	35.00
MPa	1.65	0.73	0.92	3.43

Interpretación: En las Tablas 35 y 36 se presentan los resultados del ensayo de compresión de prismas de ladrillo de arcilla, en los que se incorporó un 35% de MRC, siguiendo las pautas establecidas por la NTP 399.605. Se obtuvo un valor promedio de resistencia (f'm) de 9.35 kg/cm2, el cual no alcanza el mínimo requerido por la normativa para usos estructurales, que es de 35.00 kg/cm2.

4.5. Comparación de la resistencia a la fuerza de compresión de prismas (f'm) entre el ladrillo de arcilla estándar y el ladrillo de arcilla con adición del 30%, 32.5% y 35% de material reciclado de construcción.

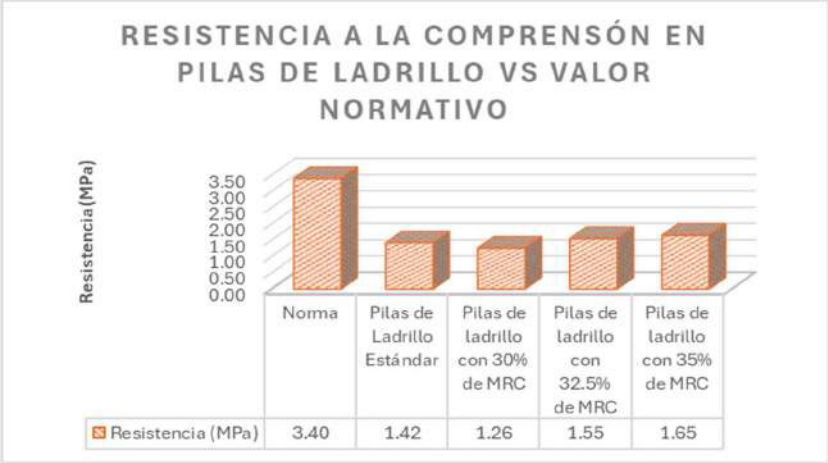
Tabla 37.

Análisis de la resistencia a la compresión de los prismas.

	Prisma estándar	Primas con 30% de adición de MRC	Primas con 32.5% de adición de MRC	Prismas con 35% de adición de MRC
Promedio (f'm)	10.79	9.33	12.99	9.35

Figura 25

Resistencia a la compresión de pilas



4.6. Características Económicas en la fabricación de los ladrillos

Tabla 38

Materia prima para la fabricación de un lote de 50,000 ladrillos estándar.

N°	Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo/Unidad	Ajuste de precio al 2024 (1.35)	Costo Total
1	ırena y Arcill	50	m3	34.25	46.24	2,311.88
2	Arcilla	50	m3	34.25	46.24	2,311.88
3	Agua	60	m3	2	2.7	162
TOTAL		**160**				**4,785.75**

Nota: Los datos se obtuvieron de la tesis titulada "Valoración del costo de producción de ladrillo quemado a través del sistema de costeo por procesos y la rentabilidad de la empresa Corporación Ladrillera y Cerámicos SAC", ubicada en el distrito de Picota, San Martín, en el año 2014.

Tabla 39

Materia prima necesaria para fabricar un lote de 50,000 ladrillos, incorporando un 30% de material reciclado de construcción.

N°	Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo/Unidad	Ajuste de precio al 2024 (1.35)	Costo Total
1	Arena y Arcilla	35	m3	34.25	46.24	1,618.31
2	Arcilla	35	m3	34.25	46.24	1,618.31
3	Residuos de material de construcción pulverizados	30	m3	-	20	600
4	Agua	60	m3	2	2.7	162
TOTAL		**160**				**3,998.63**

Interpretación: La Tabla 39 muestra el costo de producción de unidades de albañilería al incorporar un 30% de material reciclado de construcción. El ahorro logrado asciende a S/ 787.12 por cada 50,000 ladrillos producidos.

Tabla 40

Materia prima necesaria para fabricar un lote de 50,000 ladrillos, incorporando un 32.5% de material reciclado de construcción.

N°	Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo/Unidad	Ajuste de precio al 2024 (1.35)	Costo Total
1	Arena y Arcilla	33.75	m3	34.25	46.24	1,560.60
2	Arcilla	33.75	m3	34.25	46.24	1,560.60
3	Residuos de material de construcción pulverizados	32.5	m3	-	20	650
4	Agua	60	m3	2	2.7	162
TOTAL		**160**				**3,933.20**

Interpretación: La Tabla 40 muestra el costo de producción de unidades de albañilería al incorporar un 32.5% de material reciclado de construcción. El ahorro logrado asciende a S/ 852.55 por cada 50,000 ladrillos producidos.

Tabla 41

Materia prima necesaria para fabricar un lote de 50,000 ladrillos, incorporando un 35% de material reciclado de construcción.

N°	Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo/Unidad	Ajuste de precio al 2024 (1.35)	Costo Total
1	Arena y Arcilla	32.5	m3	34.25	46.24	1,502.80
2	Arcilla	32.5	m3	34.25	46.24	1,502.80
3	Residuos de material de construcción pulverizados	35	m3	-	20	650
4	Agua	60	m3	2	2.7	162
TOTAL		**160**				**3,817.60**

Interpretación: La Tabla 41 muestra el costo de producción de unidades de albañilería que incluyen un 35% de material reciclado de construcción. Se logra un ahorro de S/ 968.15 por cada 50,000 ladrillos producidos.

4.7. Análisis de las características físicas de la arcilla.

4.7.1. Análisis granulométrico de la arcilla por tamizado (ASTM D – 422).

A partir de 25500gr de muestra extraída de la ladrillera “Millennium Bricks” se separó una muestra de 455.0gr para realizar el análisis granulométrico, obteniendo los siguientes resultados:

- Grava: 0% de peso retenido entre el tamiz 2 ½” al tamiz N° 04.
- Arena: 9.5% de peso retenido entre el tamiz N° 08 al tamiz N° 200.
- Finos: 90.50% de peso en el fondo.

Tabla 42

Composición de la tierra arcillosa.

MUESTRA DE ARCILLA
% Grava 0.00%
% Arena 9.50%
% Fino 90.50%

- ***Nota:*** Laboratorio Pezo CC S.A.C., 2024. RUC: 20606708166, Razón Social: Pezo Consultores y Constructores S.A.C.

4.7.2. Contenido de humedad de la arcilla (ASTM D – 2216).

Para encontrar el contenido de humedad se obtuvieron 03 muestras cuyo peso fueron 160.48gr, 182.02gr y 155.09gr, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 43

Contenido de humedad.

N° de Muestra	Humedad (%)
1	23.25
2	22.01
3	20.19
PROMEDIO	**21.82**

Nota: Laboratorio Pezo CC S.A.C., 2024. RUC: 20606708166, Razón Social: Pezo Consultores y Constructores S.A.C.

4.7.3. Límite de consistencia de la arcilla (ASTM D – 4318).

Se llevó a cabo el ensayo de límites de Atterberg, también conocidos como límites de consistencia, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 44

Límites de consistencia.

Límites de consistencia Humedad (%)	
Límite líquido (%)	63.28
Límite plástico (%)	27.88
Índice de plasticidad	**35.4**

- ***Nota:*** Laboratorio Pezo CC S.A.C., 2024. RUC: 20606708166, Razón Social: Pezo Consultores y Constructores S.A.C.

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se identifica como suelo del tipo CH. Este tipo de suelo CH se refiere a arcilla de alta compresibilidad, caracterizada por su alta plasticidad y capacidad de retención de agua.

4.8. Diseño de los ladrillos.

Se tuvo en cuenta el peso de 1 ladrillo de arcilla sin cocer, el cual pesa 4.20kg, con una composición de 3.15kg de arcilla, representando el 75.00%, y 1.05kg de agua (25%), lo que equivale a 1.05 litros. La tabla 12 detalla las proporciones de la mezcla para 1 ladrillo:

Tabla 45

Composición de los ladrillos.

Material	Ladrillo Estándar	Ladrillo con 30% de MRC	Ladrillo con 32.5% de MRC	Ladrillo con 35% de MRC
Arcilla (kg)	3.15	2.20	2.13	2.05
Agua (L)	1.05	1.05	1.05	1.05
MRC (kg)	0.00	0.95	1.02	1.10

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La sección actual tiene como objetivo llevar a cabo un análisis crítico de los resultados obtenidos en la investigación, comparándolos con los antecedentes y teorías revisadas en el marco teórico. La discusión se estructura en función de los indicadores establecidos en la matriz de consistencia, de tal forma que cada hallazgo experimental se interpreta en relación con estudios anteriores y con los objetivos propuestos. Así, se pretende no solo describir los resultados logrados, sino también contextualizarlos y explicar su importancia en términos técnicos, económicos y ambientales.

Indicador: Propiedades físicas

Absorción de agua (%)

Los resultados obtenidos para el porcentaje de absorción de agua muestran valores promedio muy cercanos entre los cuatro tipos de ladrillo evaluados: 11.71% para el ladrillo estándar, 11.89% para M–I, 11.70% para M–II y 11.66% para M–III. Esta cercanía en los valores evidencia que la incorporación de material reciclado de construcción en proporciones del 30%, 32.5% y 35% no genera un incremento significativo en la absorción, manteniendo un comportamiento muy similar al ladrillo convencional.

De acuerdo con Neville (2011), la absorción de agua está directamente vinculada con la cantidad y la distribución de los poros abiertos presentes en la matriz cerámica. Bajo este principio, los resultados indican que la estructura interna del ladrillo no sufre alteraciones abruptas al adicionar residuos de construcción, dado que los porcentajes de absorción se mantienen dentro del rango típico para ladrillos artesanales (10–20%), lo cual se considera aceptable para unidades no portantes.

Asimismo, Jennings (2008) señala que la absorción depende del grado de compactación y de la conectividad de los poros capilares; materiales con mayor continuidad en su red porosa muestran absorciones más elevadas. Sin embargo, el comportamiento estable observado en las tres dosificaciones recicladas sugiere que el material añadido no genera un aumento en la conectividad de los poros, lo cual se confirma al observar que M–III, con la mayor proporción de reciclado (35%), presenta incluso el valor más bajo de absorción (11.66%).

Desde la perspectiva de los materiales cerámicos, Kingery et al. (1976) argumentan que los procesos de formación y secado influyen de manera decisiva en la generación de vacío interno. Al mantener un procedimiento de fabricación homogéneo entre las cuatro series, es coherente que los valores de absorción se mantengan estrechamente agrupados, sin variaciones abruptas atribuibles al material reciclado.

En síntesis, los resultados experimentales confirman lo mencionado por la teoría: si la adición de un material alternativo no modifica sustancialmente la estructura porosa, entonces la absorción de agua se mantiene estable, lo cual implica que las propiedades físicas fundamentales del ladrillo no se ven afectadas negativamente por el uso del material reciclado.

Por lo tanto, se valida que incorporar residuos de construcción dentro de las proporciones ensayadas no compromete la absorción de agua del ladrillo, manteniéndola dentro de parámetros compatibles con la producción artesanal y aptos para aplicaciones no portantes. Estos resultados respaldan la viabilidad técnica del uso de material reciclado sin deteriorar una de las propiedades más sensibles del ladrillo cerámico.

Densidad aparente (g/cm³)

Los resultados obtenidos para la densidad aparente muestran valores muy próximos entre los diferentes tipos de ladrillo evaluados. El ladrillo estándar presenta una densidad promedio de 0.7537 g/cm³, mientras que las unidades con material reciclado registran valores

de 0.7521 g/cm³ para M–I, 0.7458 g/cm³ para M–II y 0.7516 g/cm³ para M–III. Estas variaciones mínimas (todas dentro de un rango inferior a 0.01 g/cm³) indican que la incorporación de material reciclado de construcción en proporciones del 30%, 32.5% y 35% no modifica de manera significativa la densidad del ladrillo, manteniendo propiedades físicas similares al estándar.

Según Callister (2007), la densidad de un material está asociada directamente con la compactación y la existencia de vacíos internos; una disminución en la densidad refleja mayor presencia de poros o menor consolidación del material. Bajo este marco teórico, los resultados permiten inferir que la adición de residuos no generó un incremento sustancial en el volumen de vacíos ni alteró notablemente la compactación del ladrillo durante su proceso de moldeado y secado. Esto se confirma especialmente al observar que la densidad de M–III (0.7516 g/cm³), pese a tener la mayor proporción de reciclado (35%), es prácticamente equivalente a la del ladrillo estándar.

Complementariamente, Kingery et al. (1976) explican que la densidad de los materiales cerámicos depende del grado de sinterización y de la distribución granulométrica de las partículas. En este sentido, al mantener un proceso artesanal uniforme y emplear residuos de granulometría compatible con la matriz cerámica, es coherente que la densidad aparente no experimente cambios abruptos. Esto sugiere que el material reciclado se integró adecuadamente dentro de la mezcla, sin generar discontinuidades significativas que afecten la compacidad global del ladrillo.

Asimismo, los valores obtenidos se encuentran dentro de rangos típicos de ladrillos artesanales, los cuales suelen presentar densidades entre 0.70 y 1.10 g/cm³ según la literatura técnica. Esto confirma que los ladrillos reciclados mantienen una estructura interna porosa y

ligera, adecuada para muros no portantes, sin desviarse del comportamiento esperado para este tipo de producto.

En conjunto, los resultados validan la premisa teórica de que la densidad aparente es estable cuando el proceso de fabricación mantiene su uniformidad y el material añadido presenta características físicas compatibles con la matriz original. Así, se demuestra que las proporciones de material reciclado utilizadas en el estudio no comprometen la masa por unidad de volumen del ladrillo, lo cual respalda la viabilidad técnica de su incorporación en la producción artesanal.

Porosidad aparente (%)

Los resultados obtenidos muestran que la porosidad aparente presenta variaciones entre los tipos de ladrillo estudiados, aunque todos los valores se mantienen dentro del rango esperado para unidades artesanales de arcilla. El ladrillo estándar registra una porosidad de 48.42%, muy cercana al valor obtenido para M–I (48.69%), lo que indica que la adición del 30% de material reciclado no genera alteraciones significativas en la cantidad de vacíos internos del material. Sin embargo, se observa una disminución notable en la porosidad para M–II (40.06%) y M–III (44.95%), lo que evidencia que las dosificaciones más altas de reciclado (32.5% y 35%) producen ladrillos con menor porosidad aparente y, por ende, con una estructura más compacta.

Según Habashi (1997), la porosidad de los materiales cerámicos se relaciona con la granulometría, la compactación y la distribución de partículas en la matriz. Una menor porosidad indica una reducción de los vacíos accesibles, lo cual puede estar asociado a un mejor acomodo interno de las partículas recicladas dentro de la arcilla. Este comportamiento sugiere que, en las series M–II y M–III, el material reciclado actúa como un componente que favorece

la ocupación de espacios libres dentro del ladrillo, disminuyendo así el volumen de poros comunicados.

Asimismo, Mindess et al. (2003) sostienen que la disminución de poros abiertos contribuye a mejorar la densidad y, en muchos casos, la resistencia mecánica de los materiales cerámicos, ya que los poros actúan como puntos críticos de concentración de esfuerzos. Este planteamiento es coherente con el comportamiento observado en el estudio: las dosificaciones de material reciclado con menor porosidad coinciden con las series que alcanzan mejores niveles de resistencia en las pruebas mecánicas, especialmente en el caso de M–III.

En términos comparativos, la reducción de porosidad en M–II y M–III también se relaciona con los valores de absorción de agua registrados, los cuales permanecen ligeramente por debajo del ladrillo estándar. Esto confirma el principio señalado por Neville (2011), quien indica que una menor porosidad aparente reduce la cantidad de agua que el material puede absorber, debido a la disminución de vacíos interconectados. De esta forma, la coherencia entre los resultados de porosidad, densidad y absorción valida la consistencia física del material producido con contenido reciclado.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la adición de material reciclado de construcción no incrementa la porosidad del ladrillo; por el contrario, en las mezclas con mayor proporción (especialmente M–II y M–III), contribuye a una reducción de vacíos internos, mejor compactación y, potencialmente, mejores propiedades mecánicas. Estos hallazgos respaldan la viabilidad técnica del uso de residuos de construcción como sustituto parcial de la arcilla en ladrillos no portantes, manteniendo o mejorando indicadores esenciales de calidad física.

Indicador: Resistencia a la compresión en las unidades de albañilería

Los resultados de resistencia a la compresión individual muestran diferencias claras entre los tipos de ladrillo evaluados. El ladrillo estándar presenta una resistencia promedio de

24.33 kg/cm², mientras que las unidades con material reciclado alcanzan valores de 18.81 kg/cm² en M–I, 20.81 kg/cm² en M–II y 22.16 kg/cm² en M–III. Si bien todas las series con incorporación de material reciclado reportan valores inferiores al ladrillo estándar, se observa una tendencia progresiva de mejora a medida que aumenta la dosificación de reciclado (30% → 32.5% → 35%).

De acuerdo con la teoría clásica de fractura de Griffith (1921), la resistencia mecánica de materiales frágiles como los ladrillos cerámicos depende directamente de la presencia de microfisuras internas y del tamaño y cantidad de discontinuidades presentes en la matriz. Siguiendo este principio, es razonable que las primeras dos dosificaciones (M–I y M–II) presenten menor resistencia que el estándar, pues la adición de material reciclado introduce partículas con formas, texturas y tamaños variables que pueden funcionar como iniciadores de microfisuras al someterse a cargas.

No obstante, la mejora observada en la serie M–III (22.16 kg/cm²) evidencia que, a niveles más altos de reciclado (35%), la mezcla logra un comportamiento más homogéneo, probablemente debido a una mejor compactación interna o a una distribución más eficiente de las partículas recicladas dentro de la arcilla. Esto es coherente con lo señalado por Beer y Johnston (2012), quienes indican que la resistencia a la compresión aumenta cuando el material presenta una estructura interna más uniforme y con menor concentración de vacíos críticos.

Asimismo, la tendencia encontrada se relaciona con los resultados de porosidad aparente, donde M–II y M–III muestran menores niveles de porosidad en comparación con el ladrillo estándar. La literatura de Mindess et al. (2003) sostiene que una disminución de la porosidad genera una mayor resistencia mecánica debido a la reducción de espacios debilitantes que actúan como focos de fractura. Esta teoría coincide con el comportamiento

experimental reportado: las mezclas con menor porosidad (especialmente M–III) logran mejores resistencias dentro del grupo de ladrillos reciclados.

Si bien ninguna de las unidades —incluyendo el estándar— alcanza el mínimo requerido por la norma E.070 para ladrillos estructurales (≥ 50 kg/cm²), todos los valores registrados se encuentran dentro de rangos aceptables para ladrillos no portantes, que es la categoría evaluada en esta investigación.

En síntesis, los resultados confirman que la incorporación de material reciclado genera una reducción inicial en la resistencia mecánica respecto del ladrillo estándar, pero también muestran que, a mayor dosificación de reciclado, existe una tendencia a recuperar parte de esta capacidad resistente, especialmente en la serie M–III. Este comportamiento valida las teorías de fractura y mecánica de materiales, y demuestra que el uso de material reciclado es técnicamente viable para la fabricación de unidades de albañilería no portante, siempre que se controlen adecuadamente la granulometría y la compactación del material.

Indicador: Resistencia a la compresión en pilas de ladrillos

Los valores obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión en pilas muestran un comportamiento que refleja la influencia directa del material reciclado sobre el desempeño mecánico de las unidades de albañilería. La pila elaborada con ladrillo estándar registró una resistencia de 14.48 kg/cm², constituyendo el valor base de comparación para las demás series con adición de material reciclado.

En las dosificaciones experimentales, se observó que la serie M–I alcanzó 12.81 kg/cm², evidenciando una ligera disminución respecto al estándar, lo cual es coherente con el incremento de porosidad y absorción moderada en esta mezcla. Sin embargo, las series M–II y M–III mostraron mejoras notables, con resistencias de 15.77 kg/cm² y 16.80 kg/cm², respectivamente, ambas superiores incluso al ladrillo estándar.

Este comportamiento concuerda con lo propuesto por Beer y Johnston (2012), quienes señalan que la resistencia en elementos compuestos como las pilas depende no solo de la resistencia individual de cada unidad, sino también de factores como la uniformidad del material, la calidad del mortero y la adherencia en las juntas. En este caso, el incremento progresivo de material reciclado parece favorecer una microestructura más homogénea, permitiendo una mejor transferencia de cargas en las pilas M–II y M–III.

Asimismo, los resultados se alinean con los planteamientos de Drysdale y Hamid (2008) sobre el comportamiento mecánico de la mampostería, quienes explican que las pilas suelen presentar resistencias inferiores a la resistencia individual debido a la presencia de discontinuidades y concentraciones de esfuerzos en las juntas. No obstante, cuando las unidades presentan menor porosidad y mejor compacidad —como se observó especialmente en M–III— la resistencia en pilas se aproxima más al desempeño individual o incluso puede superarlo.

La tendencia ascendente observada en las pilas con mayor porcentaje de reciclado se asocia también a la relación entre porosidad y capacidad portante planteada por Mindess et al. (2003): materiales con menor porosidad presentan mayor capacidad de transmitir esfuerzos verticales sin generar microfisuras prematuras. En esta investigación, M–II y M–III fueron precisamente las dosificaciones que registraron menor porosidad aparente, lo que se traduce en su mejor desempeño mecánico en pilas.

Aunque los resultados no buscan cumplir criterios estructurales —ya que el estudio se enfoca en mampostería no portante— los valores obtenidos demuestran que la adición de material reciclado no compromete la resistencia mínima necesaria para muros sin carga. Por el contrario, las dosificaciones M–II y M–III superan incluso al ladrillo estándar, lo que evidencia la viabilidad técnica del uso de residuos de construcción como parte de la mezcla artesanal.

Finalmente, los resultados demuestran que la resistencia en pilas mejora conforme aumenta la proporción de material reciclado, indicando que la optimización de la mezcla puede continuar explorándose para obtener unidades con mayor eficiencia mecánica, incluso dentro del ámbito artesanal.

VI. CONCLUSIONES

- **Del objetivo específico 01**: "Evaluar cómo influye la adición de material reciclado de construcción en el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante fabricadas artesanalmente en Moyobamba".

  Al término de la investigación y luego de la evaluación se determinó que el material reciclado influye positivamente porque la dosificación M-III (35% de reciclado) presenta la mayor disminución de porcentaje de absorción a 11.66% en relación con el ladrillo patrón que presenta un 11.71% de porcentaje de absorción según se indica en la Tabla 13 y del Gráfico 05.

  Por tanto, se concluye que la dosificación del 35% de material reciclado es la más favorable para optimizar el desempeño higroscópico de las unidades no portantes.

- **Del objetivo específico 02**: "Determinar de qué manera varía la densidad aparente (g/cm^3) de las unidades de albañilería no portante al incorporar material reciclado de construcción en distintas proporciones".

  Al término de la investigación y luego de la evaluación se determinó que la M-I (30%) varía en menor cantidad (0.7521 g/cm^3) manteniéndose la densidad más próxima al ladrillo estándar (0.7537 g/cm^3) según se indica en la Tabla 18 y del Gráfico 10, manteniendo la compacidad del material sin afectar su integridad volumétrica.

  Esto demuestra que la dosificación del 30% conserva mejor la estructura interna del ladrillo.

- **<u>Del objetivo específico 03</u>**: "La adición de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% incrementa la porosidad aparente (%) de las unidades de albañilería no portante respecto a las unidades convencionales".

  Al término de la investigación y luego de la evaluación se determinó que las muestras no incrementan la porosidad aparente, al contrario, la muestra M–III obtuvo una porosidad de 44.95%, inferior al estándar (48.42%) y superior en calidad a M–I según se indica en la Tabla 23 y Gráfico 13. Esto indica una microestructura más cerrada y con menor volumen de vacíos, lo que favorece tanto la durabilidad como la resistencia. Por tanto, se concluye que la dosificación M–III presenta la porosidad más adecuada para ladrillos artesanales no portantes.

- **<u>Del objetivo específico 04</u>**: "La incorporación de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% modifica significativamente la resistencia a la compresión (f'b); se espera que exista una dosificación óptima en la que la resistencia se mantenga o mejore en comparación con la referencia convencional".

  Al término de la investigación y luego de la evaluación se determinó que, aunque los ladrillos no modifican significativamente la resistencia a la compresión (f'b) según la la resistencia mínima estructural de la E.070, la muestra M–III logró la resistencia más alta entre las series con reciclado (2.17 MPa) y se acercó al valor del ladrillo estándar (2.39 MPa) según se indica en la Tabla 28 y Gráfico 17.

  Por ello, M–III demuestra ser la mejor dosificación para optimizar la resistencia individual de unidades no portantes.

- **<u>Del objetivo específico 05</u>:** "La incorporación de material reciclado en las proporciones estudiadas afecta la resistencia en pilas (f'm); se espera que, bajo condiciones controladas de montaje y mortero, las pilas fabricadas con la dosificación óptima presenten comportamiento comparable al de pilas convencionales para usos no portantes".

  Al término de la investigación y luego de la evaluación se determinó que la incorporación de material reciclado no afectala resistencia en pilas (f'm) en donde la dosificación M–III alcanzó la mayor resistencia en pilas (1.65 MPa), superando incluso al ladrillo estándar (1.42 MPa) según la Tabla 37 y Gráfico 22. Esto indica que, en elementos compuestos, M–III mejora el desempeño mecánico global y la transferencia de cargas en muros no portantes.

  Por tanto, se concluye que M–III es la dosificación óptima para este indicador.

- **<u>Validación de la hipótesis general</u>**: "La adición de material reciclado de construcción influye sustancialmente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante."

  Los resultados obtenidos en todas las evaluaciones permiten concluir que la adición de material reciclado de construcción sí influye sustancialmente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante, confirmando así la hipótesis general propuesta.

  La dosificación M–III (35% de material reciclado) se posiciona como la más eficiente en la mayoría de los indicadores evaluados —absorción, porosidad, resistencia individual y resistencia en pilas— demostrando que la incorporación de residuos de

construcción no solo es viable, sino que mejora el desempeño físico-mecánico de los ladrillos artesanales.

Si bien la densidad mostró mejor estabilidad en M–I, esto no afecta la conclusión global, ya que el comportamiento integral del material es más favorable con la **dosificación del 35%**, permitiendo **recomendarla como alternativa técnica** para la fabricación de ladrillos artesanales no portantes.

En síntesis, la hipótesis general queda validada, ya que las dosificaciones experimentales demostraron efectos significativos y positivos en las propiedades evaluadas, confirmando la pertinencia de utilizar material reciclado de construcción como insumo para la producción de unidades de albañilería no portante en contextos artesanales.

VII. RECOMENDACIONES

- El empleo de arcilla de alta plasticidad en la producción de ladrillos proporciona ventajas notables, ya que esta arcilla tiene la capacidad de mantener la forma bajo presión y facilitar la cohesión entre las partículas durante el proceso de fabricación. Sin embargo, se deben abordar desafíos como la contracción excesiva durante el secado y la cocción, lo que puede provocar grietas en los ladrillos. Para maximizar la calidad y resistencia de los ladrillos, es fundamental controlar la humedad, realizar un mezclado y amasado adecuados, y llevar a cabo un proceso de secado y cocción controlados.
- Aunque los resultados son positivos, es fundamental continuar con la investigación para comprender de manera más profunda los efectos a largo plazo de la inclusión de material reciclado en las estructuras de albañilería. Se recomienda también investigar diversas proporciones y considerar la incorporación de materiales reciclados y materias primas autóctonas de la selva peruana, como residuos de concreto, cerámica, cenizas de hornos, cascarilla de arroz, fibra de coco, bagazo de caña de azúcar y aserrín de madera. Esta práctica contribuirá a optimizar las propiedades tanto mecánicas, como también las térmicas y de durabilidad de los ladrillos, garantizando su viabilidad tanto técnica como económica en la región.
- Es fundamental garantizar la adecuada selección y procesamiento de los desechos de ladrillo y mortero de construcción para mantener su integridad y uniformidad. Esto contribuirá a asegurar que los ladrillos elaborados con material reciclado cumplan con los estándares de resistencia requeridos.
- Se sugiere analizar el proceso de fabricación de los ladrillos para detectar posibles áreas de mejora que puedan influir en su resistencia final. Esto podría incluir modificaciones

en las técnicas de mezcla, moldeo, secado y cocción, en donde el propósito es de optimizar la calidad y la durabilidad de las unidades de mampostería.

- Además de considerar el material reciclado, sugiere investigar otros elementos que puedan incidir en la resistencia de los ladrillos, tales como la calidad de la arcilla empleada, las dimensiones y forma de los ladrillos, y las condiciones de cocción. Ajusta estos aspectos según sea necesario para mejorar la resistencia de los productos finales.
- Se recomienda llevar a cabo pruebas periódicas de resistencia en los ladrillos fabricados para monitorear su rendimiento a lo largo del tiempo. Esto posibilitará la detección de posibles cambios en la resistencia y la adopción de medidas correctivas según corresponda, garantizando así la calidad del producto final.

VIII. REFERENCIAS

Abdel Hamid, E.M. (2021). *Investigación sobre el uso de residuos de lodos de granito y humo de sílice en ladrillos de arcilla a diferentes temperaturas de cocción*. *HBRC Journal*, *17* (1), 123–136. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/16874048.2021.1904549

Alarcón Galindo, H. D. (2017). *Comportamiento estructural en muros de albañilería confinada compuesto por ladrillos de arcilla fabricados en Huancayo - Concepción - 2016*. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/258/HANS%20DIEGO%20ALARGO%cc%81N%20GALINDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alarcón Reategui, B. L. (2021). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico f'c =140 kg/cm² adicionando ladrillo reciclado y PET, Comas 2021.* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84949/Alarc%c3%b3n_RBL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alata Apaza, J. (2019). *Diseño de bloquetas de concreto con caucho reciclado de neumáticos para uso en muros de albañilería confinada, Lima-2019.* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47407/Alata_AJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alonso, C., Gallego, D., Honey, P., Alonso, C., Gallego, D., Honey, P., & Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica.*

Altamirano, J. (2016). Comportamiento sísmico de edificaciones de tierra y criterios para su mejoramiento estructural. *Revista Ingeniería Sísmica*, *95*(2), 55–72.

Altamirano Cárdenas, A. A. (2016). *Control de calidad de las unidades de albañilería en la ciudad de Trujillo 2016* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Norte 2016]. Repositorio Institucional UPN. https://es.scribd.com/document/353875304/0Proyecto-de-Tesis

Alva Domínguez M. A. (2019). *Comportamiento mecánico del concreto de mediana resistencia con ladrillos de arcilla reciclada - puente piedra – Lima 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80812/Alva_DMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ampuero, A., & Romero, P. (2020). *Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para Construcción: Una Revisión. 2020*. [Tesis de Bachiller, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional UPEU. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstreams/846c261c-f177-4855-9784-9295b3786395/download

Apaza Mamani, R. J. (2019). *Caracterización de la mezcla de arcillas para la fabricación de ladrillo artesanal de la concesión San Pedro 2000 del distrito de Salcedo Puno* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/12623/Apaza_Mamani_Jos%c3%a9_Ronal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arbildo Huamaní, B. J., & Rojas Pasco, M. C. (2017). *Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules*

I) fabricados en la ciudad de Tacna [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/335/Arbildo-Brayam-Rojas-Melany.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arenas, L., López, J., & Gómez, R. (2021). Desarrollo de ladrillos ecológicos con incorporación de cenizas de bagazo de caña y evaluación de sus propiedades físico-mecánicas. *Revista de Materiales y Construcción Sostenible*, *18*(2), 60–75.

Arroyo Chate, M. J. (2019). *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto adicionando acero reciclado para muro de albañilería-Huarochirí-Lima, 2019* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/49064/Arroyo_CMJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ASTM International. (2021). *ASTM C67-21: Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile*. ASTM International.

Ayala Navas, A. A., & Lagos Pirajan, A. R. (2018). *Elaboración de ladrillos incorporando como materia prima vidrio reciclado y cenizas de biosólido de la PTAR el salitre* [Tesis de Titulación, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Institucional USTA. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33388/Trabajo%20principal..pdf?sequence=1&isAllowed=y

Beer, F. P., Johnston, E. R., Jr., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2012). *Mechanics of materials* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Bellido Yarleque, L. J. (2018). *Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera.* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio Institucional UNALM. https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/667315f9-877b-44c2-9006-5c317a1543d3/content

Benítez Escudero, V. (mayo de 2015). *Nuevas tendencias en tecnologías del concreto*. Gaceta - Instituto de Ingeniería UNAM. http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaElectronica/Mayo2015/Paginas/Nuevastendenciasentecnologiasdelconcreto.aspx

Blanco Aguilar, S. R. (2018). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en el sector Cruz Verde, distrito Bambamarca, Cajamarca 2018. 20 de diciembre 2018.* [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28339/Blanco_ASR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Callister, W. D., Jr. (2007). *Materials science and engineering: An introduction* (7th ed.). John Wiley & Sons.

Camacho, A., & Mena, M. (2018*). Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional* [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional PUCE. https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d6589a6d-784b-40a2-9321-fe3e7d81d97c/content

Caraza Salas, V. E. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería blocker ii de la ladrillera martorell en relación a la norma RNE E.070 con fines de uso en viviendas de la ciudad de Tacna* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional UNJBG. https://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstreams/9f139e08-3416-4e22-86bd-298eac8a7b6a/download

Carrasco Díaz, S. (2006). *Metodología de la investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Editorial San Marcos.

Castillo, L., & Fernández, M. (2019). Análisis del impacto ambiental de ladrillos producidos con residuos de construcción. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Sustentable, 7*(1), 40–48. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12912/9/IV_PG_MCMGADS_TE_Romero_Olortegui_2023.pdf

Ccopa Quispe, R. (2019). *Estudio técnico económico de la fabricación de bloques de concreto incorporando ceniza de cáscara de arroz*. *Tacna* [Tesis para obtener grado de Bachiller, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2461/Roxana%20Ccopa_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Chávez Anyosa, A. L. (2017). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su capacidad máxima en una edificación* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM. https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstreams/568f9230-cab3-426c-a053-f882887b895b/download

Cruz García, H. (2019). *Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, Trujillo 2019* [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21165/Cruz%20Garcia%20Hilder.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Domínguez, D., Muñoz, VP, & Muñoz, VL (2017). Impacto del uso de ecoladrillos livianos como cerramientos para viviendas unifamiliares de una planta en zonas de alta sismicidad. *Materiales De Construcción*, *67* (328), e133. https://doi.org/10.3989/mc.2017.03316

Drysdale, R. G., Hamid, A. A., & Baker, L. R. (1994). *Masonry structures: Behavior and design* (2nd ed.). Prentice Hall.

Fernández, J., & Delgado, M. (2020). Influencia de la sustitución parcial de arcilla por residuos de cerámica triturada en las propiedades físico-mecánicas de ladrillos artesanales. *Revista Ingeniería y Materiales de Construcción, 15*(2), 35–48.

Flores Escapa, N. V. (2018). *Influencia de la dosificación en las características físico - mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25281/Flores_ENV.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores Mendoza, N. R., & Loza Saravia, F. (2022). *Estudio de las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su influencia en muros portantes, Puno – 2021*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/89177/Flores_MNR-Loza_SF-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Gallegos, H., & Casabonne Rasselet, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.

García, H., & Pinto, D. (2017). Evaluación de ladrillos artesanales con incorporación de residuos de arcilla cocida triturada y su efecto en las propiedades físico-mecánicas. *Revista Iberoamericana de Materiales y Construcción, 9*(2), 41–54.

Gareca, M. et al. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, *18* (21), 25-61. http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v18n21/v18n21a03.pdf

González, M., Pérez, L., Ramírez, J., & Torres, C. (2020). *Use of recycled ceramic powder in concrete blocks and its effect on thermal and mechanical performance*. Materials Science Forum, 975, 145–152.

Griffith, A. A. (1921). *The phenomena of rupture and flow in solids*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, 221, 163–198.

Habashi, F. J. (1997). *Principles of extractive metallurgy: General principles*. Gordon and Breach Science Publishers.

Herrera, D., & Castro, M. (2022). *Recycled construction and demolition waste in masonry units: A systematic review and meta-analysis*. Construction and Building Materials, 329.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.

https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2022). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.ª ed.). McGraw-Hill.

Huirma Barriales, H. L. (2021). *Elaboración de bloques de concreto con la adición de aserrín para el uso en edificaciones de albañilería confinada, Juliaca – Puno 2021.* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58815/Huirma_BHL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ibánez Neciosup, C. S., & Rodriguez Morales, Y. K. (2018). *Propiedades físico-mecánicas del ladrillo de concreto al sustituir el cemento por cenizas de aserrín en un 10% 15% y 20% Nuevo Chimbote-2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30963/Iba%c3%b1ez_NCS-Rodr%c3%adguez_MYK.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jaime Huertas, M. A., & Portocarrero Regalado, L. A. (2018). *Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13593/Jaime%20Huertas%20Miguel%20Angel%20-%20Portocarrero%20Regalado%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Jennings, H. M. (2008). *Refinements to colloid model of C–S–H in cement: CM-II*. Cement and Concrete Research, 38(3), 275–289.

Kingery, W. D., Bowen, H. K., & Uhlmann, D. R. (1976). *Introduction to ceramics* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Limay Campos, E. O., & Vásquez Caruajulca, H. U. (2019). Hever. Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (stipa ichu) [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21089?show=full&locale-attribute=es

López, F., Ramírez, J., & Morales, L. (2020). Fabricación de bloques de concreto con escombros reciclados de construcción y demolición. *Revista Ingeniería Civil y Ambiental, 12*(2), 45–53. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/15962/1/IV_FIN_107_TE_Torres_Baldeon_2024.pdf

Lulichac Sáenz, F. C. (2015). *Determinación de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca.* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6652/Lulichac%20S%c3%a1enz%2c%20Fanny%20Carmen.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Mahdjoub, N., Kalina, M., Augustine, A. y Tilley, E. (2021). Innovación en materiales de construcción tradicionales en Chembe, Malawi: evaluación del rendimiento y la circularidad de los ladrillos de arcilla quemada y el vidrio de desecho posconsumo. *Revista internacional de ingeniería sostenible*, *14* (4), 874–883. https://doi.org/10.1080/19397038.2021.1889706

Mendoza, R., & Vargas, C. (2018). Desarrollo de ladrillos ecológicos mediante la incorporación de escombros cerámicos triturados y su influencia en las propiedades físico-mecánicas. *Revista de Ingeniería Civil y Construcción, 14*(3), 55–68.

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. *Norma Técnica E.070, Albañilería.* (15 pp.) https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf

Mundaca Rufasto, G. (2019). *Determinación de la calidad de ecoladrillos elaborados con diferentes proporciones de ceniza de cascarilla de arroz* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35267/Mundaca_RG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Muñoz, A., & Vega, P. (2021). Influencia del método de curado en ladrillos con agregado reciclado. *Revista de Ciencia y Tecnología de Materiales, 11*(3), 33–41. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13922?mode=full

Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.

Olivares, P., & Martínez, A. (2019). Comportamiento mecánico de ladrillos fabricados con residuos de concreto triturado. *Revista de Ingeniería Civil y Construcción, 16*(2), 70–83.

Peña Castañeda, S., & Rincón Pineda, H. (2018). *Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia* [Tesis de

licenciatura, Universidad del Bosque]. Repositorio Institucional UNBOSQUE. https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/cb41cae0-6df6-430f-895e-88d1e4162efa/content

Pinedo, R., & Yurvary, L. (2011). *Estudio de la factibilidad técnica del diseño de bloques de concreto sustituyendo el agregado fino por aliven* [Tesis de licenciatura, Universidad Nueva Esparta]. Repositorio Institucional UNIVERSIDAD NUEVA ESPARTA. https://es.scribd.com/document/240121602/TG4529-tesis-cc-pdf

Piñero, J. (2011). *Materiales de construcción: propiedades, selección y aplicaciones*. Editorial Universitaria.

Pizarro Cohelo, J. P. (2021). *Adición de silicato de sodio para mejorar las propiedades del ladrillo de concreto f'c= 175 kg/cm2, Lima – 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88876/Pizarro_CJP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quintero, A. (2016). La tierra como material de construcción y legado cultural en la arquitectura tradicional. *Revista de Arquitectura y Patrimonio, 10*(2), 45–58.

Quispe Nuñez, J. (2018). *Adición de residuos sólidos de construcción para la elaboración de ladrillo hueco de concreto* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35464/Quispe_NJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramos Veintemilla, C. E., & Solórzano Rodriguez, G. J. (2018). *Cáscara y ceniza de arroz en la resistencia a compresión y absorción en ladrillos de concreto, Trujillo, La Libertad,*

2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31441/ramos_vc.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Rodríguez, J., & Campos, E. (2020). Aplicación de normas técnicas en la producción de ladrillos ecológicos con residuos de construcción. *Revista de Construcción y Materiales, 14*(2), 75–83. https://revistas.usfx.bo/index.php/rcti/article/view/366

Rodríguez, L., & Salazar, P. (2020). Evaluación de ladrillos artesanales con sustitución parcial de arcilla por ceniza de cascarilla de arroz en sus propiedades físico-mecánicas. *Revista Latinoamericana de Materiales de Construcción, 12*(1), 25–39.

Salazar, M., & Gutiérrez, R. (2021). Ladrillos ecológicos a base de residuos cerámicos: evaluación de propiedades físico-mecánicas. *Revista de Ciencia de los Materiales, 18*(1), 22–30. https://www.researchgate.net/publication/352716754_NUEVO_MATERIAL_SUSTENTABLE_LADRILLOS_ECOLOGICOS_A_BASE_DE_RESIDUOS_INORGANICOS

Salazar Zuta, G., & Rodriguez Cortéz, E. N. (2020). *Diseño de ladrillo de arcilla artesanal con adición de ceniza de cascarilla de arroz para viviendas unifamiliares, Rioja–2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55302/Rodriguez_CEN-Salazar_ZG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

San Bartolomé Ramos. A. F. (2023*). Construcciones de albañilería comportamiento sísmico y diseño estructural.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.

Timoshenko, S. P., & Gere, J. M. (1961). *Theory of elastic stability* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Torres, M., & Estela, R. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión en pilas de muretes construidos con ladrillos que incorporan residuos cerámicos triturados*. Revista de Ingeniería Civil y Materiales, 13(1), 49–62.

Vargas, A., & Mendoza, C. (2022). Modelo de producción de ladrillos sostenibles usando residuos de construcción y demolición. *Revista de Tecnología y Construcción, 9*(3), 60–71. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/15962/1/IV_FIN_107_TE_Torres_Baldeon_2024.pdf

Velasquez Sinchi, E. D. (2019). *Elaboración de adoquines de concreto con material de demolición para tránsito peatonal – Villa El Salvador 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47023/Velasquez_SED-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zhou, Y., Li, X., Wang, Q., Zhang, L., & Chen, Y. (2021). *Utilization of industrial by-products and recycled ceramic waste in clay bricks: Effects on physical and mechanical properties*. Construction and Building Materials, 272.

IX. ANEXOS

Anexo A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tema: " ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTE, MOYOBAMBA 2024 "

Autor: Ricardo Rafaél Vásquez Plasencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variable Independiente**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Tipo de investigación**
¿Cómo la adición de material reciclado de construcción influye en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante?	Evaluar de qué manera la adición de material reciclado de construcción influye en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante.	La adición de material reciclado de construcción influye sustancialmente en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no portante.	Adición de material reciclado de construcción en la producción de ladrillos no portantes artesanales.	**Dimensión 1**: Porcentaje de sustitución de arcilla. **Dimensión 2**: Características de los residuos utilizados.	**Indicador 1**: Nivel de reemplazo con residuos (30%, 32.5%, 35%). **Indicador 2**: Material reciclado triturado.	Aplicada **Enfoque de investigación** Cuantitativo
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Específicas**	**Variable Dependiente**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Nivel de investigación**

¿Cómo influye la adición de material reciclado de construcción en el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante fabricadas artesanalmente en Moyobamba?	Evaluar cómo influye la adición de material reciclado de construcción en el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante fabricadas artesanalmente en Moyobamba.	La adición de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% aumenta significativamente el porcentaje de absorción de agua de las unidades de albañilería no portante en comparación con las unidades convencionales.	Propiedades físicas de las unidades de albañilería no portante.	**Dimensión 1**: Propiedades físicas	Absorción de agua (%).	Explicativo
¿De qué manera varía la densidad aparente (g/cm³) de las unidades de albañilería no portante al incorporar material reciclado de construcción en distintas proporciones?	Determinar de qué manera varía la densidad aparente (g/cm³) de las unidades de albañilería no portante al incorporar material reciclado de construcción en distintas proporciones.	La incorporación de material reciclado en las proporciones señaladas reduce la densidad aparente (g/cm³) de las unidades de albañilería no portante en comparación con las unidades elaboradas con arcilla convencional.			Densidad (g/cm³).	**Diseño de investigación** Experimental **POBLACIÓN**
¿Qué efecto produce la adición de material reciclado de construcción en la porosidad aparente (%) de los ladrillos no portantes producidos artesanalmente en Moyobamba?	Analizar qué efecto produce la adición de material reciclado de construcción en la porosidad aparente (%) de los ladrillos no portantes producidos artesanalmente en Moyobamba.	La adición de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% incrementa la porosidad aparente (%) de las unidades de albañilería no portante respecto a las unidades convencionales.			Porosidad aparente (%).	Para la presente investigación la población representa los ladrillos artesanales convencionales con adiciones de material reciclado de construcción en el distrito de Moyobamba de la provincia de Moyobamba, departamento de San Martín.

						MUESTRA
¿Cómo afecta la incorporación de material reciclado de construcción la resistencia a la compresión (f'b, kg/cm²) de las unidades de albañilería no portante?	Evaluar cómo afecta la incorporación de material reciclado de construcción la resistencia a la compresión (f'b, kg/cm²) de las unidades de albañilería no portante.	La incorporación de material reciclado en proporciones de 30%, 32.5% y 35% modifica significativamente la resistencia a la compresión (f'b); se espera que exista una dosificación óptima en la que la resistencia se mantenga o mejore en comparación con la referencia convencional.	Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería no portante.	**Dimensión 2**: Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (f'b: kg/cm²).	La muestra está conformada por la producción de 20 unidades de albañilería artesanales convencionales y 60 unidades de albañilería artesanales con adiciones de ladrillo y mortero reciclado en diferentes proporciones.
¿Cuál es el efecto de la adición de material reciclado de construcción en la resistencia a la compresión en pilas (f'm, kg/cm²) de elementos de albañilería no portante?	Determinar cuál es el efecto de la adición de material reciclado de construcción en la resistencia a la compresión en pilas (f'm, kg/cm²) de elementos de albañilería no portante.	La incorporación de material reciclado en las proporciones estudiadas afecta la resistencia en pilas (f'm); se espera que, bajo condiciones controladas de montaje y mortero, las pilas fabricadas con la dosificación óptima presenten comportamiento comparable al de pilas convencionales para usos no portantes.			Resistencia a la compresión en pilas de ladrillo (f'm: kg/cm3)	

Anexo B. RESULTADOS DE LABORATORIO

PEZO CC S.A.C

Suelos, Concreto y Asfalto

Ensayos de caracterización física

Proyecto : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES
Localización : Dist. Moyobamba / Prov. Moyobamba / Reg. San Martin
Técnica de Inv. : Calicata
Muestra : Calicata N° 01 - Estrato N°01
Para uso : Elaboracion de ladrillos artesanales
Fecha : Enero 2024

Intervalo de profundidad : 0.20 m - 3.00 m

Humedad natural (ASTM D 2216) : 21.82 %

Análisis mecánico por tamizado (ASTM D - 422)

Peso de la muestra seca : 455.0 g
Peso de muestra lavada : 43.2 g

Malla		Peso	Porcentaje			Especificaciones
Tamiz	mm	(g)	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
N° 4	4.760				100.00	
N° 10	2.000	0.25	0.05	0.05	99.95	
N° 20	0.840	1.26	0.28	0.33	99.67	
N° 40	0.420	5.89	1.29	1.63	98.37	
N° 60	0.250	8.28	1.82	3.45	96.55	
N° 80	0.180	12.42	2.73	6.18	93.82	
N° 100	0.149	6.96	1.53	7.70	92.30	
N° 200	0.074	8.18	1.80	9.50	90.50	
Fondo	-	411.8				

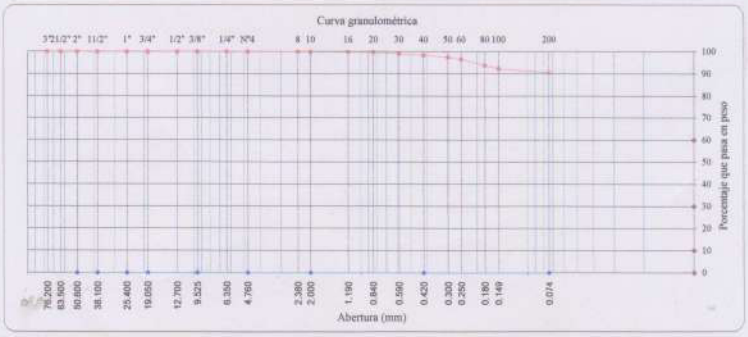
Límite líquido (ASTM D - 4318)

Determinación N°	1	2	3	4
Número de golpes	36	27	20	
Recipiente N°	65	138	103	
Recipiente más suelo húmedo	16.01	16.02	15.89	
Recipiente más suelo seco	12.05	11.97	11.53	
Peso del recipiente	5.45	5.58	4.97	
Peso del agua	3.96	4.05	4.36	
Peso del suelo seco	6.60	6.39	6.56	
Porcentaje de humedad	60.00	63.38	66.46	

Límite plástico (ASTM D - 4318)

Determinación N°	1	2	3	4
Recipiente N°	77	67		
Recipiente más suelo húmedo	10.06	10.75		
Recipiente más suelo seco	9.11	9.73		
Peso del recipiente	5.74	6.03		
Peso del agua	0.95	1.02		
Peso del suelo seco	3.37	3.70		
Porcentaje de humedad	28.19	27.57		

LL : 64.00 LP : 27.88 Ip : 36.12 SUCS : CH AASHTO: A-7-6 (20)



Observaciones: Arcilla
inorgánica de alta plasticidad de color teja, de consistencia rígida y clasifcación expansiva alta, húmeda en estado natural.

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 179298

PEZO CC S.A.C
Suelos, Concreto y Asfalto

Tesis : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES
Tesista : Ricardo Rafael Vasquez Plasencia
Ubicación : Distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Departamento San Martín - Perú.
Fecha : Febrero del 2024

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ABSORCION, DENSIDAD Y POROSIDAD APARENTE EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - NTP 399.613.

LABRILLO INDIVIDUAL

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area de contacto (cm2)	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	%Absorción	Densidad (g/cm3)	Porosidad Aparente (%)
S -01	24.10	14.00	14.10	337.40	3.25	3.63	2.97	12.33	0.7672	50.93%
S -02	24.00	14.10	14.00	338.40	3.22	3.59	2.78	11.44	0.7576	45.49%
S -03	24.10	14.00	14.10	337.40	3.18	3.56	2.77	11.91	0.7483	47.95%
S -04	24.10	14.10	14.20	339.81	3.30	3.66	2.92	11.03	0.7585	49.16%
S -05	24.00	14.00	14.10	336.00	3.12	3.49	2.58	11.83	0.7367	40.58%
PROMEDIO								11.71	0.7537	48.42%

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area de contacto (cm2)	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	%Absorción	Densidad (g/cm3)	Porosidad Aparente (%)
MI -01	24.10	13.90	14.20	334.99	3.25	3.68	2.95	13.23	0.7736	58.90%
MI -02	24.10	14.00	14.00	337.40	3.12	3.50	2.74	12.18	0.7410	50.00%
MI -03	24.00	14.10	14.10	338.40	3.08	3.46	2.64	12.34	0.7251	46.34%
MI -04	24.10	14.00	14.20	337.40	3.27	3.61	2.75	10.40	0.7535	39.53%
MI -05	24.10	14.10	14.00	339.81	3.28	3.65	2.89	11.28	0.7672	48.68%
PROMEDIO								11.89	0.7521	48.69%

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179234

PEZO CC S.A.C
Suelos, Concreto y Asfalto

Tesis : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES
Tesista : Ricardo Rafael Vasquez Rosencia
Ubicación : Distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Departamento San Martín - Perú
Fecha : Febrero del 2024

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ABSORCION, DENSIDAD Y POROSIDAD APARENTE EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - NTP 399.613.

LABRILLO INDIVIDUAL

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area de contacto (cm2)	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	%Absorción	Densidad (g/cm3)	Porosidad Aparente (%)
MII -01	24.00	14.00	14.20	336.00	3.16	3.54	2.63	12.03	0.7420	41.76%
MII -02	24.10	13.90	14.00	334.99	3.14	3.52	2.56	12.10	0.7506	39.58%
MII -03	24.10	14.00	14.10	337.40	3.14	3.50	2.56	11.46	0.7357	38.30%
MII -04	24.00	14.00	14.10	336.00	3.22	3.59	2.67	11.49	0.7578	40.22%
MII -05	24.10	14.00	14.00	337.40	3.15	3.51	2.62	11.43	0.7431	40.45%
PROMEDIO								**11.70**	**0.7458**	**40.06%**

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area de contacto (cm2)	Peso Ladrillo Seco (kg)	Peso Ladrillo en estado Agua Fría (kg)	Peso Sumergido (kg)	%Absorción	Densidad (g/cm3)	Porosidad Aparente (%)
MII -01	24.00	14.00	14.10	336.00	3.22	3.61	2.78	12.11	0.7620	46.95%
MII -02	24.00	14.00	14.10	336.00	3.20	3.58	2.72	11.88	0.7557	44.19%
MII -03	24.10	14.00	14.00	337.40	3.17	3.52	2.71	11.04	0.7462	43.21%
MII -04	24.00	14.10	14.20	338.40	3.25	3.63	2.79	11.69	0.7554	45.24%
MII -05	24.10	14.10	14.20	339.81	3.20	3.57	2.75	11.56	0.7399	45.12%
PROMEDIO								**11.66**	**0.7516**	**44.95%**

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 178298

PEZO CC S.A.C

Suelos, Concreto y Asfalto

Tesis : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES

Tesista : Ricardo Rafael Vasquez Plasencia

Ubicación : Distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Departamento San Martín - Perú.

Fecha : Febrero del 2024

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE LADRILLOS DE ARCILLA - NTP 331.017

LADRILLO INDIVIDUAL

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'b (kg/cm2)	Promedio f'b	f'b (Mpa)	Observaciones
M.I - 01	24.10	13.90	14.20	334.99	7,002.00	20.90	18.81	1.84	
M.I - 02	24.10	14.00	14.00	337.40	4,526.00	13.41			
M.I - 03	24.00	14.10	14.10	338.40	2,346.00	6.93			
M.I - 04	24.10	14.00	14.20	337.40	8,555.00	25.36			
M.I - 05	24.10	14.10	14.00	339.81	9,321.00	27.43			

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en
Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 179256

PEZO CC S.A.C
Suelos, Concreto y Asfalto

Tesis : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES
Tesista : Ricardo Rafael Vasquez Piasencia
Ubicación : Distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Departamento San Martín - Perú.
Fecha : Febrero del 2024

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA - NTP 339.605.

PRISMA DE 2 LADRILLOS

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)	Observaciones
S-01	24.00	14.00	28.40	336.00	6,408.00	19.80	14.48	1.42	
S-02	24.00	14.10	28.20	338.40	3,415.00	10.82			
S-03	24.00	14.00	28.00	336.00	5,235.00	16.31			
S-04	24.10	14.10	28.10	339.81	3,647.00	11.46			
S-05	24.00	14.00	28.00	336.00	4,459.00	14.00			

FACTORES DE CORRECCIÓN DE 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

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en
Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 179293

PEZO CC S.A.C

Suelos, Concreto y Asfalto

Tesis : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES
Tesista : Ricardo Rafael Vasquez Plasencia
Ubicación : Distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Departamento San Martín - Perú.
Fecha : Febrero del 2024

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA - NTP 339.605.

PRISMA DE 2 LADRILLOS

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)	Observaciones
M.II - 01	24.10	14.00	28.20	337.40	4257.00	13.35	15.77	1.55	
M.II - 02	24.10	14.00	28.30	337.40	4349.00	13.62			
M.II - 03	24.10	14.00	28.00	337.40	4677.00	14.59			
M.II - 04	24.00	14.10	28.30	338.40	5679.00	17.51			
M.II - 05	24.00	14.00	28.00	336.00	6400.00	19.78			

FACTORES DE CORRECCIÓN DE 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

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 179298

PEZO CC S.A.C
Suelos, Concreto y Asfalto

Tesis : ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO PORTANTES
Tesista : Ricardo Rafael Vasquez Piasencia
Ubicación : Distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Departamento San Martín - Perú.
Fecha : Febrero del 2024

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA - NTP 339.605.

PRISMA DE 2 LADRILLOS

Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área Bruta (cm2)	Carga (Kg)	f'm (kg/cm2) con factor de corrección = 0.73	f'm Promedio	f'm (Mpa)	Observaciones
M.III -01	24.10	14.00	28.20	337.40	6898.00	21.17	16.80	1.65	
M.III -02	24.00	14.10	28.30	338.40	4222.00	13.21			
M.III -03	24.10	14.00	28.00	337.40	4435.00	13.87			
M.III -04	24.10	14.10	28.10	339.81	2606.00	8.40			
M.III -05	24.00	14.10	28.00	338.40	9003.00	27.33			

FACTORES DE CORRECCIÓN DE 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

Jorge Pezo Dávila
Técnico Especialista en Suelos y Pavimentos

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 179298

Anexo C. PANEL FOTOGRÁFICO

Imagen 01: Centro de acopio de material reciclado de construcción

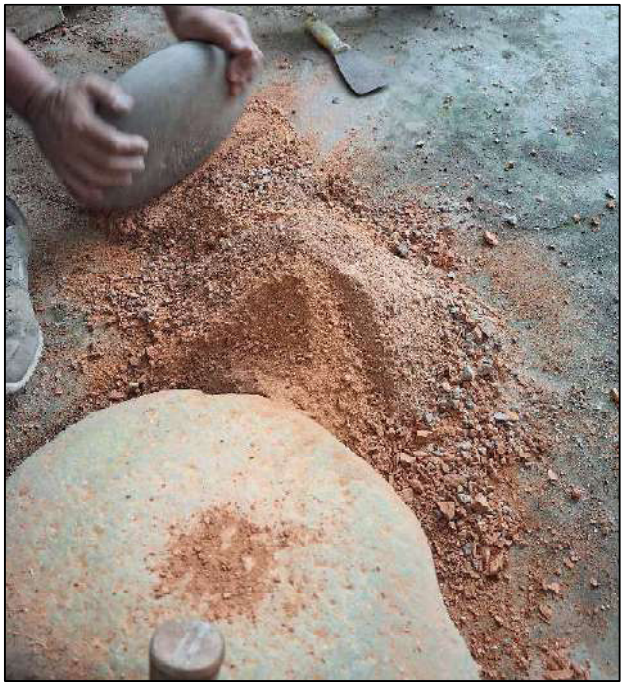


Imagen 02: Pulverización manual de material reciclado de construcción

Imagen 03: Tamizado del material reciclado de construcción pulverizado

Imagen 04: Material seleccionado para mezcla con la arcilla

Imagen 05: Selección de la proporción a mezclar de material reciclado de construcción

Imagen 06: Mezcla de material reciclado de construcción con la arcilla

Imagen 07: Proceso de mezclado de material reciclado de construcción con la arcilla

Imagen 08: Mezcla de material reciclado de construcción con la arcilla antes de entrar al molde

Imagen 09: Corte de los ladrillos

Imagen 10: Marcado de ladrillos según su dosificación

Imagen 11: Ladrillos entrando al proceso de cocción

Imagen 12: Selección de material para análisis granulométrico

Imagen 13: Material en laboratorio para identificar sus propiedades físicas

Imagen 14: Ladrillos antes de ser sujetos a las pruebas de resistencia

Imagen 15: Unidad de albañilería sometida a prueba de compresión

Imagen 16: Prisma de ladrillos sometidos a prueba de compresión

Anexo D. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1150-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de Emisión : 2023-10-26

1. **Solicitante** : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**
   Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **HENKEL**
Modelo	: **NO INDICA**
Número de Serie	: **1804264998**
Alcance de Indicación	: **310 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **0,01 g**
División de Escala Real (d)	: **0,01 g**
Procedencia	: **NO INDICA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. **Método de Calibración**
   La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. **Lugar de Calibración**
   LABORATORIO de PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.
   PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	27,0	27,2
Humedad Relativa	58,0	58,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 309,90 g para una carga de 310,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 23 °C a 30 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

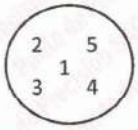
	Inicial	Final
Temp. (°C)	27,2	27,1

Medición	Carga L1= 150,000 g			Carga L2= 300,000 g		
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	149,99	0,005	-0,010	299,98	0,004	-0,019
2	149,99	0,003	-0,008	299,98	0,002	-0,017
3	149,99	0,004	-0,009	299,98	0,005	-0,020
4	149,99	0,002	-0,007	299,98	0,001	-0,016
5	149,99	0,001	-0,006	299,99	0,003	-0,008
6	149,99	0,005	-0,010	299,98	0,002	-0,017
7	149,99	0,003	-0,008	299,99	0,004	-0,009
8	149,99	0,002	-0,007	299,99	0,003	-0,008
9	149,99	0,004	-0,009	299,98	0,004	-0,019
10	149,99	0,001	-0,006	299,99	0,002	-0,007
Diferencia Máxima			0,004			0,013
Error máximo permitido	±	0,02 g		±	0,03 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	27,1	27,1

Posición de la Carga	Determinación de E_o				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,100	0,10	0,008	-0,003	100,000	100,00	0,008	-0,003	0,000
2		0,10	0,006	-0,001		100,00	0,006	-0,001	0,000
3		0,10	0,009	-0,004		100,00	0,005	0,000	0,004
4		0,10	0,005	0,000		99,99	0,003	-0,008	-0,008
5		0,10	0,007	-0,002		99,99	0,004	-0,009	-0,007

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,02 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	27,1	27,0

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,100	0,10	0,006	-0,001						
0,200	0,20	0,008	-0,003	-0,002	0,20	0,009	-0,004	-0,003	0,01
5,000	5,00	0,005	0,000	0,001	5,00	0,005	0,000	0,001	0,01
10,000	10,00	0,007	-0,002	-0,001	10,00	0,007	-0,002	-0,001	0,01
20,000	20,00	0,009	-0,004	-0,003	20,00	0,006	-0,001	0,000	0,01
50,000	50,00	0,005	0,000	0,001	50,01	0,007	0,008	0,009	0,01
100,000	99,99	0,004	-0,009	-0,008	100,01	0,006	0,009	0,010	0,02
150,000	149,99	0,002	-0,007	-0,006	150,01	0,008	0,007	0,008	0,02
200,000	200,00	0,006	-0,001	0,000	200,00	0,009	-0,004	-0,003	0,02
300,000	299,99	0,004	-0,009	-0,008	299,99	0,002	-0,007	-0,006	0,03
310,000	309,99	0,003	-0,008	-0,007	309,99	0,003	-0,008	-0,007	0,03

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 3{,}66\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{7{,}19\times10^{-5}\,g^2 + 1{,}14\times10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1151-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de Emisión : 2023-10-26

1. **Solicitante** : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**
   Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **HENKEL**
Modelo	: **BQY600**
Número de Serie	: **NO INDICA**
Alcance de Indicación	: **600 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **0,01 g**
División de Escala Real (d)	: **0,01 g**
Procedencia	: **NO INDICA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. **Método de Calibración**
   La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. **Lugar de Calibración**
   LABORATORIO de PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.
   PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	27,3	27,6
Humedad Relativa	56,0	57,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 599,88 g para una carga de 600,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 23 °C a 30 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

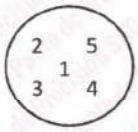
	Inicial	Final
Temp. (°C)	27,3	27,3

Medición	Carga L1=	300,000 g		Carga L2=	600,000 g	
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	299,99	0,004	-0,009	599,95	0,004	-0,049
2	299,99	0,002	-0,007	599,95	0,002	-0,047
3	299,99	0,003	-0,008	599,95	0,005	-0,050
4	300,00	0,007	-0,002	599,95	0,003	-0,048
5	299,98	0,001	-0,016	599,95	0,004	-0,049
6	299,99	0,003	-0,008	599,95	0,001	-0,046
7	299,99	0,004	-0,009	599,96	0,003	-0,038
8	300,00	0,006	-0,001	599,96	0,002	-0,037
9	299,99	0,003	-0,008	599,95	0,004	-0,049
10	300,00	0,008	-0,003	599,95	0,002	-0,047
Diferencia Máxima			0,015			0,013
Error máximo permitido	±	0,03 g		±	0,03 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	27,3	27,6

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,100	0,10	0,008	-0,003	200,000	200,00	0,006	-0,001	0,002
2		0,10	0,006	-0,001		200,00	0,007	-0,002	-0,001
3		0,11	0,005	0,010		200,00	0,008	-0,003	-0,013
4		0,10	0,007	-0,002		199,98	0,004	-0,019	-0,017
5		0,10	0,006	-0,001		200,02	0,009	0,016	0,017

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,03 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	27,6	27,6

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,100	0,10	0,007	-0,002						
0,200	0,20	0,006	-0,001	0,001	0,20	0,008	-0,003	-0,001	0,01
5,000	5,00	0,008	-0,003	-0,001	5,00	0,007	-0,002	0,000	0,01
20,000	20,00	0,007	-0,002	0,000	19,99	0,004	-0,009	-0,007	0,01
50,000	49,99	0,003	-0,008	-0,006	49,99	0,002	-0,007	-0,005	0,01
100,000	99,99	0,002	-0,007	-0,005	99,99	0,003	-0,008	-0,006	0,02
150,000	149,98	0,001	-0,016	-0,014	149,98	0,001	-0,016	-0,014	0,02
200,000	199,99	0,004	-0,009	-0,007	199,98	0,003	-0,018	-0,016	0,02
400,001	399,98	0,006	-0,021	-0,020	399,96	0,002	-0,038	-0,036	0,03
500,000	499,96	0,005	-0,040	-0,038	499,95	0,003	-0,048	-0,046	0,03
600,000	599,92	0,004	-0,079	-0,077	599,92	0,004	-0,079	-0,077	0,03

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 7{,}83\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{5{,}96\times10^{-5}\, g^2 + 1{,}36\times10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_0: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1152-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de Emisión : 2023-10-26

1. **Solicitante** : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**
   Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **OHAUS**
Modelo	: **R11P30**
Número de Serie	: **8036060139**
Alcance de Indicación	: **30 000 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **1 g**
División de Escala Real (d)	: **1 g**
Procedencia	: **CHINA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. **Método de Calibración**
   La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. **Lugar de Calibración**
   LABORATORIO de PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.
   PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	26,3	26,4
Humedad Relativa	61,9	62,9

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-052-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0776-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0777-2023

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 30 006 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 23 °C a 30 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	26,3	26,4

Medición	Carga L1=	15 000,0 g		Carga L2=	30 000,0 g	
N°	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1
3	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,7	0,8
4	15 000	0,5	0,0	30 001	0,9	0,6
5	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
7	14 999	0,6	-1,1	30 001	0,6	0,9
8	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,7	-0,2
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
Diferencia Máxima			1,1			1,2
Error máximo permitido	±	2 g		±	3 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

2		5
	1	
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	26,4	26,4

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,8	-0,3	10 000,0	10 000	0,7	-0,2	0,1
2		10	0,6	-0,1		9 999	0,4	-0,9	-0,8
3		10	0,7	-0,2		9 999	0,2	-0,7	-0,5
4		10	0,5	0,0		10 000	0,8	-0,3	-0,3
5		10	0,8	-0,3		10 000	0,6	-0,1	0,2

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	26,4	26,3

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,6	-0,1						
50,0	50	0,8	-0,3	-0,2	50	0,8	-0,3	-0,2	1
500,0	500	0,5	0,0	0,1	500	0,6	-0,1	0,0	1
2 000,0	2 000	0,7	-0,2	-0,1	2 000	0,5	0,0	0,1	1
5 000,0	5 000	0,6	-0,1	0,0	5 000	0,7	-0,2	-0,1	1
7 000,0	7 000	0,8	-0,3	-0,2	7 000	0,5	0,0	0,1	2
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,1	10 000	0,8	-0,3	-0,2	2
15 000,0	15 000	0,7	-0,2	-0,1	15 000	0,6	-0,1	0,0	2
20 000,0	20 000	0,6	-0,1	0,0	20 001	0,9	0,6	0,7	2
25 000,0	25 001	0,8	0,7	0,8	25 001	0,7	0,8	0,9	3
30 000,0	30 001	0,6	0,9	1,0	30 001	0,6	0,9	1,0	3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R - 1{,}15\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{4{,}31\times10^{-1}\ g^2 + 1{,}30\times10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-883-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Descripción del Equipo : **MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL**

Marca de Prensa : **NO INDICA**
Modelo de Prensa : **NO INDICA**
Serie de Prensa : **NO INDICA**
Capacidad de Prensa : **100 t**

Marca de indicador : **MCC**
Modelo de Indicador : **SAFIR**
Serie de Indicador : **NO INDICA**

Marca de Transductor : **AFP TRANSDUCERS**
Modelo de Transductor : **NO INDICA**
Serie de Transductor : **NO INDICA**

Bomba Hidraulica : **ELÉCTRICA**

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN
24 - OCTUBRE - 2023

4. Método de Calibración
La Calibracion se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	MT-8010-2023	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,4	27,3
Humedad %	66	66

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	9974	9986	0,26	0,14	9980	0,20	-0,12
20000	19870	19822	0,65	0,89	19846	0,78	0,24
30000	29966	29995	0,11	0,02	29981	0,07	-0,10
40000	40045	40120	-0,11	-0,30	40083	-0,21	-0,19
50000	50266	50357	-0,53	-0,71	50312	-0,62	-0,18
60000	60347	60495	-0,58	-0,83	60421	-0,70	-0,25
70000	70594	70608	-0,85	-0,87	70601	-0,85	-0,02
80000	80724	80774	-0,91	-0,97	80749	-0,93	-0,06

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
Ep= ((A-B) / B)* 100 Rp = Error(2) - Error(1)

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

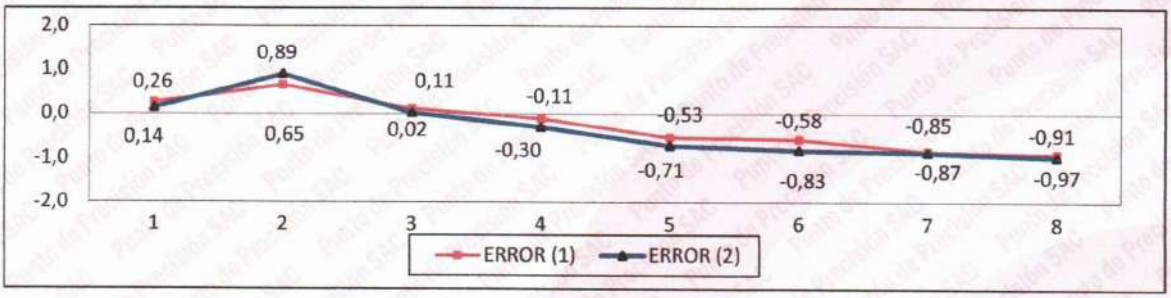
3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : y = 0,9874x + 323,73

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3944-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **ORION**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **NO INDICA**

Valor de abertura : **50 mm**

N° de Tamiz : **2 in.**

Diametro del alambre : **5 mm**

Material : **ACERO INOXIDABLE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	29,3	29,3
Humedad relativa (%hr)	53	53

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSODO METROLOGIA S.A.C.	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 14,6 µm.	DM23-C-0017-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 5 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

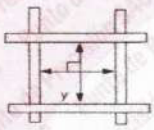
	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	50,00	50,56	0,56	0,02	1,34
Vertical		50,65	0,65	0,02	1,34

	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	52,060	50,590	---	0,022
Vertical		51,290		0,364

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	5,00	6,08	1,08	0,04
Vertical		6,04	1,04	0,03

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	5,80	6,12	4,30	6,03
Vertical		6,08		6,02

Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz



LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 50 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 50 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
50,59	50,55	50,56	50,53	50,55	---	51,29	50,42	50,55	50,45	50,52	---

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3945-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **NO INDICA**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **NO INDICA**

Valor de abertura : **37,5 mm**

N° de Tamiz : **1 1/2 in.**

Diametro del alambre : **4,5 mm**

Material : **ACERO INOXIDABLE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,7	27,7
Humedad relativa (%hr)	54	54

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSODO METROLOGIA S.A.C.	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 14,6 µm.	DM23-C-0017-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 12 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

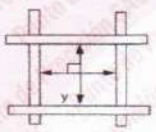
	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	37,50	39,03	1,53	0,02	1,01
Vertical		38,98	1,48	0,02	1,01

	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	39,170	39,751	—	0,583
Vertical		39,781		0,596

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	4,50	4,12	-0,38	0,03
Vertical		4,11	-0,39	0,03

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	5,20	4,15	3,80	4,10
Vertical		4,16		4,09

Placa grabada y/o indicaciones técnicas del tamiz



LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 37,5 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 37,5 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
39,22	37,93	38,38	39,25	39,28	39,02	39,29	39,36	39,07	39,27	39,48	39,78
39,11	39,60	39,75	39,74	38,34	38,67	39,33	38,84	38,05	38,86	37,71	38,76

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3946-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **NO INDICA**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **NO INDICA**

Valor de abertura : **25 mm**

N° de Tamiz : **1,00 in.**

Diametro del alambre : **3,55 mm**

Material : **ACERO INOXIDABLE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,9	27,9
Humedad relativa (%hr)	52	52

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 µm.	LLA-610-2022
KOSSODO METROLOGIA S.A.C.	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 16,1 µm.	DM22-C-0239-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 24 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

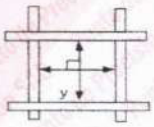
	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	25,000	25,505	0,505	0,002	0,682
Vertical		25,623	0,623	0,002	0,682

	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	26,240	25,753	---	0,188
Vertical		25,876		0,139

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	3,550	4,085	0,535	0,025
Vertical		4,083	0,533	0,026

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	4,100	4,110	3,000	4,070
Vertical		4,110		4,050

Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz



LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 25 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 25 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
25,610	25,610	25,600	25,745	25,106	25,248	25,679	25,261	25,664	25,657	25,766	25,530
25,411	25,657	25,461	25,647	25,753	25,330	25,568	25,581	25,764	25,876	25,679	25,766
25,345	25,568	25,657	25,248	25,610	25,568	25,543	25,679	25,664	25,664	25,261	25,581
25,753	25,330	25,657	25,248	25,345	25,610	25,679	25,530	25,679	25,664	25,664	25,568

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3947-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **ELE INTERNATIONAL**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **06217172**

Valor de abertura : **19 mm**

N° de Tamiz : **3/4 in.**

Diametro del alambre : **3,15 mm**

Material : **BRONCE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,6	27,6
Humedad relativa (%hr)	56	56

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 µm.	LLA-610-2022
KOSSODO METROLOGIA S.A.C.	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 16,1 µm.	DM22-C-0239-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

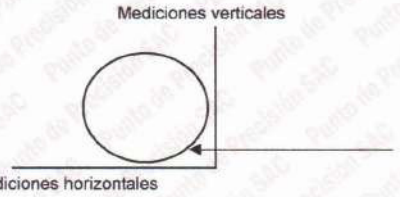
8. Resultados de medición

	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	19,000	19,026	0,026	0,002	0,522
Vertical		19,021	0,021	0,002	0,522

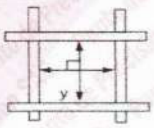
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	20,010	19,265	0,393	0,139
Vertical		19,291		0,195

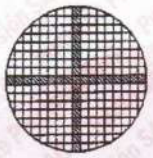
	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	3,150	3,410	0,260	0,026
Vertical		3,398	0,248	0,026

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	3,600	3,440	2,700	3,380
Vertical		3,440		3,370



Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz





LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 19 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 19 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
18,970	19,059	19,137	19,068	19,234	18,892	18,864	19,207	18,873	19,218	18,890	19,291
18,915	19,076	18,806	19,265	18,879	19,192	18,779	19,194	18,796	19,252	18,864	19,217
18,892	19,140	18,878	18,915	19,234	18,915	18,893	19,185	18,826	18,864	18,796	18,796
19,076	19,059	18,970	19,059	19,192	19,137	18,796	19,194	18,893	19,194	18,893	19,217
19,076	18,879	19,234	18,892	18,915	18,806	19,217	19,217	19,291	18,826	19,218	18,864

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3948-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **NO INDICA**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **NO INDICA**

Valor de abertura : **12,5 mm**

N° de Tamiz : **1/2 in.**

Diametro del alambre : **2,5 mm**

Material : **BRONCE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,6	27,6
Humedad relativa (%hr)	56	56

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 µm.	LLA-610-2022
KOSSODO METROLOGIA S.A.C.	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 16,1 µm.	DM22-C-0239-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

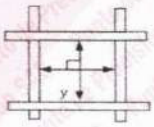
	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	12,500	12,628	0,128	0,002	0,346
Vertical		12,697	0,197	0,002	0,346

	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	13,250	12,780	0,268	0,112
Vertical		12,780		0,053

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	2,500	2,607	0,107	0,026
Vertical		2,608	0,108	0,026

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	2,900	2,630	2,100	2,580
Vertical		2,640		2,580

Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz



LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 12,5 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 12,5 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
12,780	12,575	12,750	12,566	12,772	12,514	12,780	12,684	12,659	12,673	12,721	12,673
12,626	12,673	12,547	12,780	12,454	12,547	12,759	12,772	12,615	12,673	12,652	12,684
12,566	12,673	12,659	12,659	12,454	12,454	12,780	12,772	12,615	12,759	12,684	12,659
12,566	12,566	12,659	12,673	12,673	12,673	12,659	12,659	12,772	12,673	12,615	12,673
12,780	12,772	12,454	12,454	12,750	12,750	12,673	12,684	12,759	12,673	12,772	12,684

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3949-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **NO INDICA**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **NO INDICA**

Valor de abertura : **9,5 mm**

N° de Tamiz : **3/8 in.**

Diametro del alambre : **2,24 mm**

Material : **ACERO INOXIDABLE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,7	27,7
Humedad relativa (%hr)	54	54

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 µm.	LLA-610-2022
KOSSODO METROLOGIA S.A.C.	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 16,1 µm.	DM22-C-0239-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

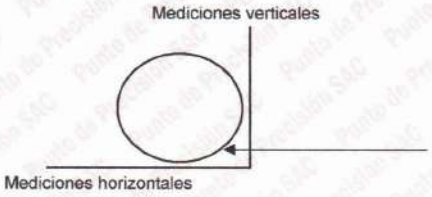
8. Resultados de medición

	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	9,500	9,597	0,097	0,002	0,265
Vertical		9,574	0,074	0,002	0,265

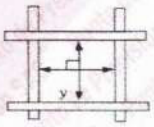
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	10,110	9,672	0,211	0,051
Vertical		9,672		0,061

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	2,240	2,058	-0,182	0,026
Vertical		2,061	-0,179	0,026

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	2,600	2,090	1,900	2,030
Vertical		2,090		2,040



Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz



LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 9,5 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 9,5 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
9,556	9,628	9,567	9,610	9,672	9,651	9,528	9,515	9,507	9,533	9,547	9,604
9,663	9,567	9,583	9,567	9,556	9,515	9,515	9,610	9,547	9,533	9,567	9,576
9,507	9,583	9,567	9,628	9,567	9,567	9,672	9,663	9,651	9,515	9,651	9,672
9,663	9,672	9,567	9,583	9,567	9,663	9,528	9,528	9,651	9,507	9,604	9,547
9,507	9,672	9,567	9,672	9,628	9,583	9,515	9,515	9,507	9,576	9,663	9,672

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3950-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **FORNEY**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **4BS8F871114**

Valor de abertura : **4,75 mm**

N° de Tamiz : **No. 4**

Diametro del alambre : **1,6 mm**

Material : **BRONCE**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,7	27,7
Humedad relativa (%hr)	56	56

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Retícula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 µm.	LLA-050-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

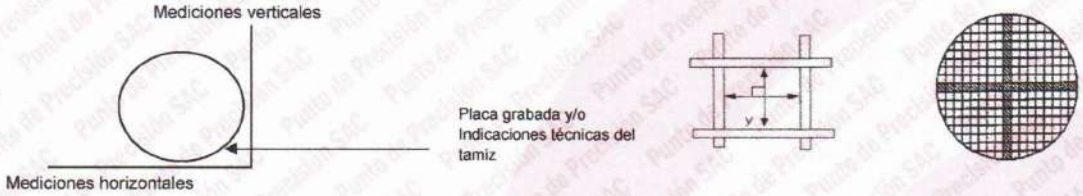
8. Resultados de medición

	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	4,750	4,774	0,024	0,002	0,135
Vertical		4,746	-0,004	0,002	0,135

	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	5,120	4,904	0,118	0,084
Vertical		4,893		0,098

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	1,600	1,570	-0,030	0,006
Vertical		1,569	-0,031	0,004

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	1,900	1,603	1,300	1,548
Vertical		1,582		1,558



LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 4,75 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 4,75 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
4,715	4,671	4,811	4,706	4,670	4,785	4,668	4,874	4,654	4,842	4,679	4,826
4,774	4,904	4,893	4,785	4,875	4,670	4,610	4,866	4,549	4,785	4,655	4,893
4,676	4,715	4,768	4,670	4,875	4,904	4,654	4,785	4,768	4,785	4,842	4,655
4,671	4,904	4,774	4,768	4,875	4,893	4,679	4,826	4,654	4,874	4,866	4,654
4,785	4,671	4,706	4,715	4,811	4,785	4,785	4,866	4,654	4,679	4,668	4,785

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3951-2023

Expediente : **358-2023**
Fecha de emisión : 2023-10-26

1. Solicitante : **PEZO CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.**

Dirección : PJ. SGTO TEJADA MZA. 5190 LOTE. 36-A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

2. Instrumento de medició : **TAMIZ**

Marca : **W.S. TYLER**

Modelo : **NO INDICA**

Número de serie : **98371136**

Valor de abertura : **2,36 mm**

N° de Tamiz : **No. 8**

Diametro del alambre : **1 mm**

Material : **BRONCE**

Procedencia : **USA**

Identificación : **NO INDICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de calibración : **2023-10-24**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. SARGENTO TEJADA MZ. 51 - 90 LT. 36A - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	27,7	27,7
Humedad relativa (%hr)	56	56

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 µm.	LLA-050-2023

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 40 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

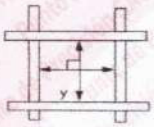
	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	2,360	2,320	-0,040	0,002	0,069
Vertical		2,327	-0,033	0,002	0,069

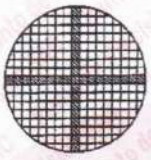
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	2,590	2,388	0,071	0,031
Vertical		2,409		0,041

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	1,000	0,962	-0,038	0,012
Vertical		0,991	-0,009	0,002

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	1,150	0,998	0,850	0,890
Vertical		0,999		0,980

Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz





LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 2,36 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 2,36 mm Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
2,303	2,388	2,303	2,318	2,288	2,333	2,373	2,312	2,273	2,303	2,312	2,303
2,303	2,288	2,303	2,303	2,373	2,318	2,273	2,312	2,303	2,312	2,348	2,373
2,303	2,303	2,378	2,288	2,303	2,303	2,409	2,333	2,280	2,373	2,312	2,409
2,303	2,378	2,303	2,303	2,318	2,303	2,273	2,312	2,280	2,303	2,409	2,333
2,318	2,303	2,303	2,303	2,303	2,318	2,348	2,273	2,303	2,348	2,373	2,303
2,303	2,378	2,303	2,303	2,288	2,388	2,373	2,312	2,273	2,303	2,312	2,303
2,373	2,373	2,318	2,333	---	---	2,348	2,409	2,312	2,348	---	---

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.