

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y  
PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023**

**PRESENTADA POR:**

**RICHARD QUISPE MAQUERA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



14.94%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 27 MAR 2024, 12:56 PM

### Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
1.17%

● CHANGED TEXT  
13.77%

## Report #20428563

RICHARD QUISPE MAQUERA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023 RESUMEN La contaminación por residuos sólidos inorgánicos es un problema de hace años atrás generados por los humanos ya que tiene un inadecuado manejo de estos residuos desechando en forma no reutilizable donde tiende a afectar negativamente al cuerpo receptor (agua, aire, suelo y la salud humana). Abordar temas de este contexto es esencial para prevenir el medio ambiente y proteger la salud humana, garantizando un desarrollo más sostenible. 3 La presente investigación tuvo como objetivo “Elaborar ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilave - 2023”. Cuya metodología fue aplicar a una variedad de ensayos en el laboratorio/casero para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos según la Norma Técnica Peruana NTP 399.604-2002 Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, de igual manera para las comparaciones el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E. 070 Albañilería. Los resultados obtenidos para las tres muestras (M1 M2 M3), para elaborar la muestra (M1) concentraciones de 64 (g) de plástico PET y 85 (g) de papel reciclado, muestra (M2)

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y  
PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023**

**PRESENTADA POR:**

**RICHARD QUISPE MAQUERA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:

  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M. Sc. JOSE ELADIO NUÑEZ QUIROGA

ASESOR DE TESIS

:

  
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 23 de abril del 2024.

## DEDICATORIA

A Dios quien nos ha brindado salud y vida para poder seguir adelante con nuestras metas y anhelos.

En un mundo nuevo y competitivo con una profunda transformación de los valores éticos y morales de la sociedad, brindo esta investigación a mis padres, hermanos, familiares y amigos por brindarnos su sincero apoyo y comprensión en todo momento y por la motivación de seguir adelante a pesar de las adversidades.

***Richard QUISPE MAQUERA***

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, en especial a los docentes a lo largo de mi formación profesional promovieron el desarrollo de actitudes, aptitudes y conocimientos con proyección social, haciendo de la Ingeniería Ambiental más que una carrera profesional..

A los jurados de la presente Tesis, por sus valiosas sugerencias las que permitieron una mejor presentación en su forma y contenido.

A mi asesor Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda que me brindó la asesoría para llevar a cabo esta investigación.

A todos mis amigos y compañeros de estudio que de una u otra manera me apoyaron en mi formación profesional.

***Richard QUISPE MAQUERA***

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. Problema General	14
1.1.2. Problemas Específicos	14
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. A Nivel Internacional	15
1.2.2. A Nivel Nacional	21
1.2.3. A Nivel Local	28
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>30</b>
1.3.1. Objetivo General	30
1.3.2. Objetivos Específicos	30

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>31</b>
2.1.1. Ladrillos ecológicos	31

2.1.2. Ladrillos de plástico PET reciclable	31
2.1.3. Propiedades del plástico PET	33
2.1.4. Tipos de plásticos PET	33
2.1.5. Composición de ladrillos ecológicos	35
2.1.6. Daños al medio ambiente	37
2.1.7. Material reciclado utilizado en la industria de la construcción	37
2.1.8. Material reciclado para la elaboración de ladrillos ecológicos	39
2.1.9. Accesibilidad a los ladrillos ecológicos	39
2.1.10. Ladrillo	40
2.1.11. Requisitos del ladrillo	41
2.1.12. Ensayos de ladrillos	44
2.1.12.2. Resistencia a la compresión	45
2.1.12.3. Absorción	45
2.1.12.4. Densidad	47
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>47</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>49</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>49</b>
2.4.1. Hipótesis general	49
2.4.2. Hipótesis específicas	49
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>51</b>
3.1.1. Importancia de la zona de estudio	52
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>53</b>
3.2.1. Población	53
3.2.2. Muestra	53
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>53</b>
3.3.1. Método de investigación	53

3.3.2. Técnica y instrumentos	54
3.3.3. Materiales y equipos	54
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>56</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>57</b>
3.5.1. Tipo de investigación	57
3.5.2. Diseño de investigación	57
3.5.2. Descripción de instrumentos de análisis de datos	57
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. CON RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL</b>	<b>60</b>
4.1.1. Proceso de elaboración de ladrillos ecológicos	60
4.1.2. Procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos	61
4.1.3. Diagrama del proceso de elaboración del ladrillo ecológico	68
4.1.4. Prueba de uniformidad dimensional	69
<b>4.2. CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (1)</b>	<b>76</b>
<b>4.3. CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (2)</b>	<b>80</b>
<b>4.4. CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (3)</b>	<b>83</b>
<b>4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>86</b>
4.5.1. Contrastación de la hipótesis general	86
4.5.2. Contrastación de hipótesis específicas	86
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Codificación y características de los plásticos.	34
<b>Tabla 02:</b> Materiales reciclados que se pueden utilizar para la construcción.	38
<b>Tabla 03:</b> Clasificación de los ladrillos de acuerdo a su resistencia.	41
<b>Tabla 04:</b> Requisitos complementarios: Absorción y coeficiente de saturación	42
<b>Tabla 05:</b> REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR: la resistencia a la compresión, el alabeo, la densidad y la variación dimensional.	43
<b>Tabla 06:</b> Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	44
<b>Tabla 07:</b> Medias estandarizadas según el ladrillo King Koncreto.	44
<b>Tabla 08:</b> Dosificación porcentual de plástico PET y papel reciclado.	53
<b>Tabla 09:</b> Técnicas e instrumentos de recogida de datos.	54
<b>Tabla 10:</b> Proporción de Insumos por muestra $M_1$ .	60
<b>Tabla 11:</b> Proporción de insumos por muestra $M_2$ .	61
<b>Tabla 12:</b> Proporción de insumos por muestra $M_3$ .	61
<b>Tabla 13:</b> Muestra ( $M_1$ ).	69
<b>Tabla 14:</b> Muestra ( $M_2$ ).	72
<b>Tabla 15:</b> Muestra ( $M_3$ ).	74
<b>Tabla 16:</b> Resistencia a la compresión de ecoladrillos según su concentración de plástico PET y papel reciclado.	77
<b>Tabla 17:</b> Norma Técnica E. 0.70 albañilería para fines estructurales.	78
<b>Tabla 18:</b> Absorción ( $M_1$ ).	80
<b>Tabla 19:</b> Absorción ( $M_2$ )	80
<b>Tabla 20:</b> Absorción ( $M_3$ )	81
<b>Tabla 21:</b> Densidad de ecoladrillos según su concentración de plástico PET y papel reciclado.	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ladrillos de plástico.	32
<b>Figura 02:</b> Ejemplo de construcciones ecológicas.	33
<b>Figura 03:</b> Ladrillo King Koncreto.	45
<b>Figura 04:</b> Ubicación de la zona de estudio	52
<b>Figura 05:</b> Diseño de molde del ladrillo ecológico.	62
<b>Figura 06:</b> Plástico PET picado en 2 mm.	63
<b>Figura 07:</b> Papel reciclado picado en 3 mm.	63
<b>Figura 08:</b> Arena media y cemento Portland Puzolánico.	64
<b>Figura 09:</b> Mezcla de plástico PET, papel reciclado, cemento, arena y agua.	65
<b>Figura 10:</b> Vertimiento de mezcla al molde de ecoladrillo.	66
<b>Figura 11:</b> Secado de la muestra de ecoladrillos	67
<b>Figura 12:</b> Procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos.	68
<b>Figura 13:</b> Longitud de los eco ladrillos de la muestra ( $M_1$ ).	70
<b>Figura 14:</b> Ancho de los eco ladrillos de la muestra ( $M_1$ ).	70
<b>Figura 15:</b> Alto de los eco ladrillos de la muestra ( $M_1$ ).	71
<b>Figura 16:</b> Longitud de los eco ladrillos de la muestra ( $M_2$ ).	72
<b>Figura 17:</b> Ancho de los eco ladrillos de la muestra ( $M_2$ ).	73
<b>Figura 18:</b> Altura de los eco ladrillos de la muestra ( $M_2$ ).	73
<b>Figura 19:</b> Longitud de los eco ladrillos de la muestra ( $M_3$ ).	75
<b>Figura 20:</b> Ancho de los eco ladrillos de la muestra ( $M_3$ ).	75
<b>Figura 21:</b> Altura de los eco ladrillos de la muestra ( $M_3$ ).	76
<b>Figura 22:</b> Comparando la rotura de las tres muestras de ecoladrillos.	78
<b>Figura 23:</b> Comparando la absorción (Humedad) de las tres muestras de ecoladrillos.	82
<b>Figura 24:</b> Comparando la densidad de las tres muestras de ecoladrillos.	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	96
<b>Anexo 02:</b> Imágenes de materiales e insumos utilizados para la elaboración de ladrillos ecológicos.	99
<b>Anexo 03:</b> Imágenes de procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos.	100
<b>Anexo 04:</b> Imágenes de ensayo a la resistencia a la compresión.	102
<b>Anexo 05:</b> Resultados de los ensayos a la compresión de las tres muestras de ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado.	104
<b>Anexo 06:</b> Imágenes de ensayo de absorción (Humedad).	105
<b>Anexo 07:</b> Formato para el ensayo de absorción de agua (Humedad) muestra ( $M_1$ ).	106
<b>Anexo 08:</b> Formato para el ensayo de absorción de agua (Humedad) muestra ( $M_2$ ).	108
<b>Anexo 09:</b> Formato para el ensayo de absorción de agua (Humedad) muestra ( $M_3$ ).	110
<b>Anexo 10:</b> Imágenes de ensayo de densidad.	112
<b>Anexo 11:</b> Formato para el ensayo de densidad de la muestra ( $M_1$ ).	113
<b>Anexo 12:</b> Formato para el ensayo de densidad de la muestra ( $M_2$ ).	115
<b>Anexo 13:</b> Formato para el ensayo de densidad de la muestra ( $M_3$ ).	117
<b>Anexo 14:</b> Protocolo para el procedimiento para muestreo y ensayo, resistencia a la compresión, absorción y densidad.	119

## RESUMEN

La contaminación por residuos sólidos inorgánicos es un problema constante en muchas ciudades producto de la creciente demográfico, el mal manejo e inadecuada disposición final, sin alternativas de segregación y reaprovechamiento para su reciclaje, reduciendo de esa manera la cantidad de los destinados a los rellenos sanitarios, mitigando los efectos adversos a los recursos agua, aire, suelo y la salud humana, garantizando un desarrollo más sostenible. La investigación tuvo como objetivo “Elaborar ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilave - 2023”. Cuya metodología fue aplicar a una variedad de ensayos en el laboratorio/casero para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos según la Norma Técnica Peruana NTP 399.604-2002 Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, de igual manera para las comparaciones el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E. 070 Albañilería. Las proporciones de mezcla para las tres muestras ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ), fueron: muestra ( $M_1$ ) concentraciones de 64 (g) de plástico PET y 85 (g) de papel reciclado, muestra ( $M_2$ ) concentraciones de 128 (g) de plástico PET y 123 (g) de papel reciclado y para la muestra ( $M_3$ ) concentraciones de 192 (g) de plástico PET y 151 (g) de papel reciclado. Obteniendo los siguientes resultados: Resistencia a la compresión muestra ( $M_1$ ) 37.1 ( $\text{kg/cm}^2$ ); ( $M_2$ ) 31.3 ( $\text{kg/cm}^2$ ), ( $M_3$ ) 24.7 ( $\text{kg/cm}^2$ ); los valores obtenidos cumplen con la Norma E. 070 Albañilería. Para el ensayo de Absorción (Humedad), la muestra ( $M_1$ ) obtuvo 6.08 (%); ( $M_2$ ) de 8.07 (%); y ( $M_3$ ) de 12.26 (%) por lo tanto las muestras  $M_1$  y  $M_2$  cumplen con la Norma E. 070 Albañilería. Respecto al ensayo de Densidad, la muestra ( $M_1$ ) obtuvo 1.853 ( $\text{kg/m}^3$ ); ( $M_2$ ) de 1.803 ( $\text{kg/m}^3$ ); y ( $M_3$ ) una densidad de 1.636 ( $\text{kg/m}^3$ ).

**Palabras clave:** Compresión, Ladrillo Ecológico, Plástico (PET), Papel Reciclado, Reutilización.

## ABSTRACT

Pollution by inorganic solid waste is a constant problem in many cities as a result of increasing demographic, poor management and inadequate final disposal, without alternatives for segregation and reuse for recycling, thus reducing the amount destined for landfills. , mitigating the adverse effects on water, air, soil and human health resources, guaranteeing more sustainable development. The objective of the research was "To make ecological bricks with PET plastic and recycled paper, as an alternative for the construction of homes in the Ilave District - 2023". Whose methodology was applied to a variety of tests in the laboratory/home to determine the physical and mechanical properties of ecological bricks according to the Peruvian Technical Standard NTP 399.604-2002 Sampling and testing methods of concrete masonry units, in the same way for comparisons to the National Building Regulations Standard E. 070 Masonry. The mixing proportions for the three samples (M1 M2 M3) were: sample (M1) concentrations of 64 (g) of PET plastic and 85 (g) of recycled paper, sample (M2) concentrations of 128 (g) of plastic PET and 123 (g) of recycled paper and for sample (M3) concentrations of 192 (g) of PET plastic and 151 (g) of recycled paper. Obtaining the following results: Sample compression resistance (M1) 37.1 (kg/cm<sup>2</sup>); (M2) 31.3 (kg/cm<sup>2</sup>), (M3) 24.7 (kg/cm<sup>2</sup>); The values obtained comply with Standard E. 070 Masonry. For the Absorption (Moisture) test, the sample (M1) obtained 6.08 (%); (M2) of 8.07 (%); and (M3) of 12.26 (%) therefore samples M1 and M2 comply with Standard E. 070 Masonry. Regarding the Density test, the sample (M1) obtained 1,853 (kg/m<sup>3</sup>); (M2) of 1,803 (kg/m<sup>3</sup>); and (M3) a density of 1.636 (kg/m<sup>3</sup>).

**Keywords:** Compression, Ecological Brick, Plastic (PET), Recycled Paper, Reuse.

## INTRODUCCIÓN

Dado que durante mucho tiempo constituye uno de los principales contaminantes de todo el planeta el plástico PET está superando paulatinamente a otros contaminantes en importancia, y su eliminación pondría en serio peligro el desarrollo por su consumo excesivo y los tratamientos necesarios para reducirlo el desarrollo sostenible de la sociedad contemporánea, como lo muestra (Chino & Mathios, 2020).

En la región de Puno principalmente en el Distrito de Ilave se genera un aproximado de 80 687 tn/día y obteniéndose 968 244 tn/año de residuos sólidos inorgánicos acarreado a lo largo del tiempo un problema de inadecuado manejo de estos residuos donde son desechados de manera no aprovechable al ambiente por el factor antropogénico por tal razón tiende a afectar de manera negativa al medio ambiente principalmente al cuerpo receptor (agua, aire y suelo) y a la salud humana.

Por ello se plantea esta posible solución la “Elaboración de ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilave - 2023”. Con este estudio se puede demostrar por que al aprovechar materiales reciclados como plástico PET y papel reciclado, podemos conseguir obtener como materia prima para poder producir eco-ladrillos a partir de proporciones de plástico PET, papel reciclado, cemento, arena y agua, como una elección para futuras construcciones en las zonas residenciales del Distrito de Ilave, Abordar temas de este contexto es relevante para prevenir el medio ambiente y proteger la salud humana, garantizando un desarrollo más sostenible y resiliente. Teniendo una metodología de estudio: de tipo aplicado, experimental - cuasi experimental y con enfoque cuantitativo.

La investigación tiene como hipótesis: Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el distrito de Ilave - 2023.

Las variables constan de dos tipos, la independiente y la dependiente. La independiente es la causa y está determinada por la manipulación de plástico PET y papel reciclado, la dependiente es el efecto y está determinada por el análisis de consecuencias de ladrillos ecológicos.

La investigación consta de cuatro capítulos:

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, se explica la realidad problemática a nivel global, nacional y local, se establece antecedentes internacionales, nacional y local, y por último tenemos los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, denominado marco teórico referencial y conceptual; en donde se sustenta la base teórica en relación a la elaboración de ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado utilizando palabras básicas que constituyen la base científica, y por último la hipótesis de la investigación.

En el Capítulo III, nombrado metodología de investigación donde se enfoca principalmente en zona de estudio, población y muestra, métodos y técnicas, identificación de variables y método o diseño estadístico.

En el Capítulo IV, como parte final está la exposición y análisis de los resultados mediante la ejecución de una investigación experimental, seguida de las pruebas estadísticas necesarias para confirmar la validez de la hipótesis y como parte final presenta la conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A nivel mundial, la generación diaria de residuos sólidos y la falta de herramientas para gestionarlos, así como la informalidad y desconocimiento de sus creadores, han convertido a actividades productivas como la construcción en problemas que afectan el medio ambiente especialmente en la atmósfera. Numerosas organizaciones alrededor del mundo han desarrollado estrategias y programas para reducir, transformar y tratar estos elementos residuales con el objetivo de encontrar y eliminar el origen del problema y reducir el impacto nocivo sobre el planeta.

Si observamos nuestro planeta tierra y vemos lo que consumimos y lo que producimos, vemos que esta explicación nos impide usar ciegamente los recursos de forma indiferente. Los residuos sólidos se definen como cualquier material o elemento que se pierde, sobra o se agota en un proceso. Estos elementos se han convertido en contaminantes que provocan graves problemas por las consecuencias que podemos afrontar en nuestros problemas, como el cambio climático y el efecto invernadero. Las actividades de manejo de residuos sólidos incluyen la recolección de procesos que generan desechos sólidos, recolección, reducción y disposición final. Este último es el punto más sensible, ya que es muy poco probable que la disposición final de los residuos sólidos sea adecuada, exista o se implemente, lo que se suma a los altos costos que deben asumir los productores para hacerlo de manera responsable.



Palacios (2021), nos manifiesta que en la localidad del distrito de Llave se genera un aproximado de 80 687 tn/día y obteniéndose 968 244 tn/año de residuos sólidos inorgánicos acarreado a lo largo del tiempo un problema de inadecuado manejo de residuo sólido; desechando en forma no aprovechable al botadero Municipal del Distrito de Llave, Por lo tanto, tiende a afectar negativamente al cuerpo receptor (agua, aire, suelo) así como a la salud humana y por ello se plantea una posible solución que es la elaboración de ladrillos ecológicos con las concentraciones a base de plástico PET y papel reciclado. Una vez obtenido el producto se fomentará la construcción y arquitectura sostenible que ofrece restaurar lo que tenemos en distancias cortas, sin invadir áreas previamente no desarrolladas, sin usar fuentes de energía no renovables, reduciendo el consumo excesivo y sin intentar reciclar materiales.

#### **1.1.1. Problema General**

¿Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Llave - 2023?

#### **1.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee?
- ¿Cuál es la absorción del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee?
- ¿Cuál es la densidad del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado?

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. A Nivel Internacional

Sánchez-Bernal et al. (2018), en su revista de ciencias ambientales titulada “Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales”, en este estudio evalúa la posibilidad de utilizar residuos orgánicos para la producción de ecoladrillos no estructurales mediante el análisis del comportamiento de parámetros fisicoquímicos ambientales de diversas mezclas de residuos sólidos orgánicos. En el primer periodo del proyecto de estudio entraron 6 mezclas en procesos de compostaje anaeróbico y aeróbico de las cuales se escogieron 2 que solicitan mayor tiempo de biodegradabilidad a un nivel de pH determinado. por consiguiente las 2 mezclas escogidas se encapsularon en ladrillos de tierra y se examinaron durante 45 días y enseguida la elección de mezclas con la baja pérdida de masa se encapsuló de nuevo en ladrillo durante tres meses. El análisis fisicoquímico de la biomasa obtenida reveló la posibilidad de utilizar residuos sólidos orgánicos encapsulados en rocas no estructurales del suelo.

López & Guerrero (2020), en la tesis “Elaboracion de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables”, realizada en Colombia tiene como objetivo diseñar cuidadosamente bloques ecológicos para estudiar sus propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo a los principios técnicos de la normatividad colombiana para su implementación en sistemas alternativos de producción, Se utiliza en la construcción de vivienda sustentable y sostenible, debido a que los resultados obtenidos en este proceso permiten la demostración constructiva de la calidad de los elementos de mampostería según el tipo de mezcla estudiado según NSR-10 y la evaluación técnica de las propiedades físicas y mecánicas de la norma de albañilería de Colombia. Absorbe agua en propiedades físicas y resiste propiedades mecánicas (NTC-4017). En esta parte fructífero el estudio de

producción por metro cuadrado donde se enfoca en la disminución de costos de materiales y reducción del impacto ambiental asociado con la producción tradicional de ladrillos de arcilla. Los reglas y técnicas utilizados de acuerdo a los parámetros según la normatividad colombiana enfocado en ensayos y principios, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad y sísmica constituido por el proyecto. Otra forma importante de análisis es que podemos usar vigas en tabiques en la fase de construcción de la casa y evitar algunas columnas en los bloques anteriores sin cambiar el diseño estructural del edificio de acuerdo con el diseño del edificio teniendo en cuenta el concepto de compresión del edificio y el Principios básicos de la compresión estática.

Lamrani et al. (2019), en el artículo “Estudio térmico de ladrillos de arcilla reforzados con tres materiales ecológicos en el sur de marruecos”, realizó mediciones experimentales de las propiedades térmicas de arcillas mezcladas con tres materiales orgánicos, Fibra de Palma Datilera (FPD), orujo de oliva (residuos de aceituna) y paja, utilizando un método de placa calefactora transitoria y flash. Utilizar métodos experimentales para determinar las propiedades térmicas de los materiales compuestos. Se prepararon muestras compuestas con diferentes fracciones de volumen de materiales aditivos en la mezcla. La conductividad térmica y la difusividad disminuyeron de 0,65 W/mK y  $4,21 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  a 0,26 W/mK y  $2,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  dependiendo del material agregado. La fracción de volumen puede variar de 0 a 30%. Para utilizar estos materiales ecológicos en la eficiencia energética del edificio, la kasbah de taourirt, un edificio histórico muy importante en Ouarzazate, se construyó con ladrillos de arcilla sin cocer y se simuló con un software de diseño y construcción utilizando datos climáticos del sur de Marruecos. Mejorar el rendimiento térmico de los edificios tradicionales simulados puede ayudar a demostrar el confort sin necesidad de ahorrar energía para calefacción y refrigeración. Los resultados muestran que el consumo de energía disminuye con los cambios de temperatura exterior sin reducir el confort interior.

Villaquirán-Caicedo et al. (2021), en el artículo de investigación “Evaluación del desempeño térmico de ladrillos ecoamigables con incorporación de residuos de mullita”, fabricaron ladrillos de arcilla mezclando con desechos de un horno eléctrico abandonado y reforzados con fibras cerámicas para producir un material cerámico con propiedades refractarias. Mediante sinterización a 1000 °C durante 2 horas se obtuvo una mezcla de arcilla/partículas recicladas en una relación ponderal de 50:50 con aditivos de fibras al 10% y 20% en volumen. La caracterización de los materiales de ingeniería por inflexión de rayos X para determinar la resistencia a la compresión, la absorción, la flexión, la densidad y la porosidad. De la misma manera se probaron sus propiedades térmicas en llama directa a 1000°C. como resultado se mostraron que la adición de fibras cerámicas redujo la resistencia a la compresión de AF20 en un 17,0 % y de AF10 en un 17,3 %. La estimación de la resistencia a la flexión es de 3,4 MPa. La conductividad térmica de una muestra de 2 cm de espesor es de 0,5322 W/mK, con un aprox de 700°C en llama directa. Los periodos minerales de los ladrillos resultantes son corindón, cordierita y mullita, que se consideran materiales opuestos.

Garzón & Guzmán (2019), en su trabajo de investigación titulada “Ladrillo de plástico como material sostenible para la construcción”, Cubre conceptos fundamentales de ingeniería como reemplazo de los ladrillos tradicionales de arcilla en edificios de albañilería residencial o pública, realiza bancos de pruebas de laboratorio para garantizar que el elemento sea factible y utilizable para muros de carga, tabiques, etc. En este acontecimiento tiene una forma de bloque de plástico tipo Lego. Esto soluciona dos problemas principales, uno es la contaminación de los ecosistemas ya sea los bosques y océanos y el otro es la escasez de vivienda para quienes no disfrutan de una vivienda adecuada o no tienen hogar. Por lo tanto, los beneficiarios no son solo los pobres, sino también la sociedad en su conjunto. Cabe señalar que reemplazar los ladrillos de plástico por ladrillos de arcilla reduciría la extracción de arcilla, ya que la práctica tendría un mayor impacto y estas canteras suelen estar expuestas a la intemperie.

Marco & León (2017), en su trabajo de investigación titulado “Ladrillos con adición de PET una solución amigable para núcleos rurales del municipio del socorro”, el objetivo es diseñar y fabricar ladrillos adicionados con PET utilizando materiales reciclados a partir de residuos sólidos generados en la misma zona rural donde se realizaron los experimentos de adecuación ambiental y evaluación de residuos sólidos donde se investigó en las zonas rurales la generación de botellas y otros desechos plásticos como material necesario para la fabricación de ladrillos; queríamos desarrollar una alternativa al reciclaje y al uso de envases de plástico para poder introducir nuevos productos duraderos utilizando materiales reciclados, darle a la sociedad la oportunidad de vivir en armonía con la naturaleza en un futuro próximo. El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades de resistencia y absorción de tipos de postes de ladrillo macizo mediante la adición de fibras plásticas industriales y recicladas (tereftalato de polietileno-PET) en lugar de materiales granulares. Para evaluar estas muestras se comparó el porcentaje de PET añadido entre el 20% y el 40% con una muestra estándar (0% PET).

De los resultados obtenidos tras la investigación y ejecución del proyecto, se desprende que la adición de fibras como el PET reciclado puede mejorar la trabajabilidad del mortero fresco para la fabricación de ladrillos y mejorar su absorbencia, pero en comparación con el análisis de resistencia, la muestra estándar no logró resultados favorables. Como resultado, muestra el porcentaje (en una escala) de todo el PET agregado con un rendimiento negativo en comparación con el estándar.

Barros et al. (2020), en el artículo “Ladrillos ecológicos a partir de residuos de piedra ornamental y resina de poliéster”, se plantea según el modelo de ladrillo de suelo-cemento se probó la factibilidad de utilizar piedra gris (piedra caliza) mezclada con resina de poliéster para obtener un nuevo tipo de eco-ladrillos. En primer lugar, los residuos de piedra caliza se analizaron mediante espectroscopia infrarroja (FTIR), análisis termogravimétrico/termogravimétrico derivado (TG/DTG), difracción de rayos X (XRD), espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) y microscopía electrónica de barrido

(SEM) y en segundo lugar, la resina de poliéster se analizó mediante FTIR y TG/DTG. Luego, los materiales se mezclaron a mano en vasos de plástico usando una varilla de vidrio, mezcla de cal/poliéster en proporciones de 70/30, 80/20, 85/15 y 90/10 porcentaje en peso (p/p). La cantidad de endurecedor (peróxido de metiletilcetona, MEKP) utilizada para cada formulación fue de 0,6, 0,4, 0,3 y 0,2 ml, respectivamente. Después de la etapa de mezcla, las muestras se convirtieron en cilindros para pruebas de compresión (ASTM D695). El compuesto 70/30 tiene la resistencia a la compresión más alta de alrededor de 54 MPa, seguido por 80/20, 85/15 y 90/10. Aunque el resultado del material compuesto 90/10 es inferior a otros materiales compuestos, alcanza el valor exigido por la norma del 600%, y dado que solo se utiliza un 10% de resina más un 90%, su uso supondrá un menor coste y rentabilidad. relación. El porcentaje de residuos que ya no se liberan al medio ambiente. Debido a estos factores, se seleccionaron compuestos 90/10 para la producción a gran escala (prototipo) y se caracterizan adecuadamente. Los ladrillos así obtenidos fueron probados para compresión (NBR 8492), absorción de agua (NBR 8492), TG/DTG e inflamabilidad (ASTM D635). La resistencia a la compresión del ladrillo de cal/poliéster (90/10) es 280% y 350% mayor que la requerida para el adobe de cemento y la piedra de construcción, respectivamente. La capacidad promedio de absorción de agua de los ladrillos de cemento y adobe es de aproximadamente 16,3 %, que está cerca del límite estándar (20 %). Por el contrario, el valor de los ladrillos de caliza orgánica/poliéster (90/10) es solo del 4%. Los resultados de la prueba de inflamabilidad mostraron que la resina de poliéster pura tenía tendencia a propagar las llamas, pero los eco-ladrillos de caliza/poliéster (90/10) no, ya que las sustancias inorgánicas aumentaban la resistencia al fuego.

Leiva & Reyes (2017), en su investigación titulada “Ladrillos ecológicos una estrategia didáctica”, presenta los resultados de un estudio relacionado con la comprensión ecológica práctica de los envases plásticos y envases de alimentos producidos a diario en instituciones educativas públicas de la ciudad de Bogotá. En un proceso metódico

cualitativo, los estudiantes se involucran en el aprendizaje de los tipos de residuos plásticos y su idoneidad para ladrillos ecológicos, promoviendo actividades específicas con el objetivo de establecer una cultura ambiental en los contenidos educativos de la institución. El estudio del desarrollo de implementación de la estrategia educativa donde permite dividir las categorías de percepción de la práctica ecológica desde la colaboración de la educación ambiental y el medio ambiente donde la construcción de los ecoladrillos son significativos como un artefacto cultural moderno que fortalece las relaciones entre la escuela y la familia.

Angumba (2016), en la tesis que tiene como título "Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante", donde se estudió si los ladrillos utilizados en la construcción en albañilería no portante son de material de plástico reciclado. donde inicialmente se caracterizó los residuos sólidos que produce la ciudad de cuenca el 22,7% de residuos recolectados como plástico PET que se podrían arreglar sin tratamiento previo también se a estudiado las propiedades del plástico PET, previene efectos nocivos cuando se mezcla con materiales tradicionales como cemento, agua, áridos finos y agua. Agregando en 10%, 25%, 40%, 55%, 65% y 70% de plástico PET en lugar de ladrillos finamente elaborados con dimensiones de 20x10x6 cm. Luego se realizaron diversas pruebas para compararlos con los ladrillos de barro cocido comúnmente utilizados en la región y analizar los materiales de albañilería no portantes de acuerdo a los lineamientos de las normas ecuatorianas. Cuando se realizaron las pruebas y se analizó la información, se obtuvo el mejor ladrillo con 25% de PET adicionado. Consigue un mayor nivel de confort en tu hogar analizándolo térmicamente con simulaciones en Designnbuilder.

Lopez (2018), en su proyecto de investigación titulado "Reutilización de residuos sólidos de construcción de ladrillos ecológicos en entornos rurales", proponen estrategias para mitigar los impactos de varios problemas. El edificio de ecoladrillo de la sede Miguel Ángel Builes de la institución de educación rural valenciana Benilda en el municipio de

Donmacia-Antioquia permite desarrollar estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos, especialmente plásticos como botellas PET, de cara a la vida extendida. reducción de rellenos sanitarios y residuos sólidos aprovechables. Se realizaron jornadas de formación ambiental relacionadas con la gestión integral de residuos sólidos, incluyendo la clasificación y usos específicos de residuos sólidos, el proceso de producción de botellas de PET y otros residuos, pasos en la producción de ecoladrillos y la construcción de bancas a partir de ellos. Se realizó un diagnóstico para determinar el impacto en la comunidad de las distintas actividades realizadas. Los estudiantes y la comunidad local fueron instruidos sobre otras formas de hacer un buen uso de los residuos sólidos, inspirando nuevas formas de cuidar el medio ambiente. Se concluyó que el proceso de educación ambiental debe ser continuo y no debe limitarse, ya que es necesario movilizar la conciencia y acciones de los estudiantes y comunidades educativas, lo que puede convertirse en un hábito.

### **1.2.2. A Nivel Nacional**

Espíritu (2021), en la tesis titulada “Concentración de fibras de plástico reciclado pet para la elaboración de ladrillos ecológicos en el Distrito de Huánuco, Huánuco 2021”, se enfoca en brindar alternativas de producción más limpia, incluido el reciclaje de materias primas como las botellas de plástico de un solo uso (PET), por lo que decidió agregar fibras plásticas PET concentradas a la producción de ecoladrillos. Unidades de albañilería Consolidación, su aplicación es la construcción. Inicialmente se utilizó fibra plástica PET del centro de reciclaje y posteriormente se hicieron ladrillos hechos a mano y se agregó fibra de plástico PET y las concentraciones incrementan según gramos 0gr, 3.25gr, 4.30gr, 6.50gr, y conseguir 4 muestras orgánicas. Ladrillos orgánicos hechos a mano por unidades de mampostería y luego son ensayadas con concentración de plástico PET, primeramente se realiza una prueba de compresión, luego una prueba de absorción de agua y como último se calcula la densidad de cada unidad; El cálculo de la tasa de reciclaje de plástico también tiene en cuenta la entrega mensual del material al reciclador.



Se llegó a la conclusión que las 4 muestras experimentadas lograron la resistencia requerida de los ladrillos utilizados en la construcción de muros de peso sin embargo el ladrillo más útil con una concentración de plástico PET de 6,50gr se logró la resistencia. 27,80 Kg/cm<sup>2</sup> Durabilidad idónea para uso en la construcción y respetuosa con el medio ambiente. También se sabe que cada mes se construyen unas 34 casas en la zona de Huánuco, y cerca del 10% de estas edificaciones se construyen con ecoladrillos que contienen 6.50 gramos de fibras plásticas PET. Dado que es la muestra con mayor concentración de fibras plásticas, se considera la más idónea.

Febres (2017), en su trabajo de investigación “Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en arequipa”, tiene como objetivo identificar los problemas ambientales que ocasionan los hornos artesanales de ladrillos en la ciudad de Arequipa. Actualmente vivimos en un mundo altamente contaminado por la producción en masa y el uso material; nuestras ciudades todavía producen ladrillos hechos a mano por medio de la quema que emite muchos gases contaminantes, por lo que la calidad del aire se deteriora y el impacto es muy negativo, lo que afecta gravemente el medio ambiente y la salud. En este proyecto primero se analizó y evaluó el proceso actual de producción de ladrillos hechos a mano en los distritos de Yarabamba y Mollebaya. Diagnosticar sus efectos en el medio ambiente y sujetos inmediatos durante la investigación. Los tipos de ladrillos que la gente compra para sus edificios son llevados al laboratorio para los análisis pertinentes. Se propone el uso de aditivos orgánicos, un material alternativo que evita la contaminación del aire durante la cocción u horneado del proceso de elaboración del ladrillo, este producto es ecológico y ha sido probado en otros países (México) donde la estructura de la mezcla suele crear una estructura rígida, composiciones permeables, resistentes a la corrosión, moldeables y reutilizables.

Bendezú (2019), en la tesis titulada “El utilización de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar en ladrillos ecológicos en el Distrito de Puente Piedra, Lima – 2019”, el propósito del desarrollo fue desde noviembre y enero de 2019 donde las propiedades mecánicas y

físicas de la mampostería ecológica producida en la zona de Puente Piedras. Las propiedades mecánicas se evalúan con ensayos de compresión y las propiedades físicas con ensayos de absorción y torsión, y todo ello se realiza en los laboratorios de la República de Letonia. MTL Geotecnia S.A.C. La zona de estudio del proyecto estuvo constituida por 100 ladrillos ecológicos estándar con adición de CBCA según R.N.E y la Norma N.T.P 331.017 y la Norma E-070. La adición de un 10% de elementos orgánicos de mampostería mostró un aumento mínimo en las propiedades mecánicas obtenidas en las pruebas de compresión en comparación con las pruebas de presión. Teniendo en cuenta el rendimiento físico de la prueba de absorción de agua, el bloque orgánico con un 15 % de aditivo tiene una mayor absorción de agua. De las propiedades físicas de la prueba de hilado, la adición de 5%, 10% y 15% de bloques orgánicos está dentro del rango estándar aceptable.

Campos et al. (2019), en su trabajo de investigación “Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado”, El objetivo del trabajo de investigación es diseñar un proceso de producción para ladrillos basados en plástico reciclado PET y analizar los aspectos complementarios relevantes. Debido a su enorme versatilidad y bajos costes de producción, el elevado consumo de plásticos es uno de los principales catalizadores de este problema, ya que es práctica habitual tirarlos tras el primer uso. La ciudad de Piura tampoco es ajena a esta crisis, ya que solo el 0,3% de las 20.000 toneladas de residuos plásticos que se generan en la región se recicla cada año. Una de las explicaciones de esto es la falta de opciones de reciclaje disponibles y el desconocimiento de las consecuencias del uso excesivo de este polímero. Por lo tanto, el grupo decidió iniciar el proyecto para abordar la necesidad de opciones de reciclaje para el material. Además, busca crear material de construcción de alta calidad a un precio más asequible para los habitantes de escasos recursos de la ciudad de Piura. El trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar un proceso de producción de ladrillos a base de plástico reciclado y analizar los aspectos complementarios correspondientes. Para

ello, se elaboraron prototipos de ecoladrillos, en los que las proporciones óptimas de cada material tendían a cumplir con los requisitos de tamaño, absorción, resistencia a torsión y compresión de las normas técnicas peruanas en la materia; También se determinó la ubicación y distribución de la planta de producción teórica óptima para estos ladrillos. Finalmente, se prueba la factibilidad del proyecto a través de estudios de mercado y evaluación económica y financiera, en los cuales se evalúa el proyecto sobre indicadores de rentabilidad como valor presente, tasa interna de retorno y punto de equilibrio de precios. Identificar el entorno en el que competirá la empresa que emprende el proyecto. Mediante la realización de pruebas y la aplicación de herramientas y métodos adecuados, se concluyó que los ladrillos elaborados a partir de hojuelas de polietileno tereftalato (PET) cumplen con los requisitos de calidad establecidos por las normas técnicas peruanas, si la proporción de plástico en la mezcla es baja. Además, se determinó que la construcción de una planta de producción de ladrillos biológicos en la III zona industrial del municipio de Piura es posible y el proyecto es económicamente viable en un plazo de 5 años. También confirma que los residentes de bajos ingresos están interesados en materiales de construcción ecológicos y que el precio de beneficio de 70 céntimos les resulta atractivo.

Sánchez & Zambrano (2021), en su investigación titulada “Diseño de un ladrillo ecológico utilizando residuos de tejas para aumentar la temperatura en viviendas unifamiliares, Tarapoto 2021”, El objetivo es determinar el diseño de los ladrillos ecológicos a partir de residuos de teja para adicionar la temperatura de viviendas unifamiliares, Este estudio es experimental porque manipula la variable independiente: ladrillos ecológicos y analiza cómo afecta a la variable dependiente: la temperatura. El tipo de estudio en el diseño de ensayo es relevante. La muestra corresponde a 40 ladrillos, incluidos 10 ladrillos comerciales (0%) y 30 ladrillos orgánicos (1%, 2%, 3%). La misma tecnología y herramientas se utilizan para datos como: registros de datos de laboratorio, tablas técnicas, análisis de temperatura y otros datos de campo. En resumen, tras diversas

pruebas y análisis, se concluye que la adición de un 3% de escoria de teja equivale a 1,45 kg de ladrillos orgánicos para aumentar el efecto de la temperatura, y se seca a temperatura ambiente durante 21 días. Además, en términos de precios, los ladrillos orgánicos son ligeramente más económicos con un precio unitario de S/1.18, mientras que los ladrillos comerciales son S/1.30, entonces la diferencia en S/ es más barata 0,12.

Arbulú & Delgado (2019), en su trabajo de investigación “Elaboración de ecoladrillos para promover la reutilización de residuos inorgánicos en la Institución Educativa San Martín de Thours Reque, 2019”, como propósito del estudio realizó La institución educativa de San Martín de Thours presenta la oferta de Ecoladrillos, su idea para poder reciclar de manera efectiva los residuos plásticos inorgánicos donde se ha fomentando el circulación del reciclaje y también se ha fomentando la investigación y la innovación entre los estudiantes. En este estudio, es importante señalar que el propósito principal del desarrollo de Ecoladrillos fue promover el reciclaje de residuos inorgánicos en una institución educativa en San Martín de Thours perteneciente a la región de Lambayeque provincias de Reque y provincias de Chiclayo, Se descubrieron los primeros indicios de mal manejo de los residuos sólidos y, posteriormente, se desarrolló el reciclaje de residuos plásticos PET para construir una pasarela con 55 ecoladrillos. Al utilizar las presentaciones como base para la planificación los ecoladrillos brindan a los participantes un aprendizaje individualizado y la oportunidad de aprender desde la preparación del edificio hasta su diseño que se prevé, que reduzca la mayoría de los desechos generados en el sistema educativo del Distrito de los Lagos se ha basado en la salida diaria de los estudiantes lo que lo convierte en un elemento crucial. Un referente a emular. Luego de realizar y diseñar los ecoladrillos, con la ayuda de los propios estudiantes, se crearon eco-caminos en las instalaciones de la misma institución educativa.

Camaclanqui (2021), en el trabajo de investigación “Elaboración de ladrillo ecológico a partir de residuos sólidos (papel y poliestireno)”, Se crearon ladrillos de poliestireno

reciclado (PSR) y papel reciclado (PR), cada uno con cuatro tratamientos diferentes: T1: 100% PR; T2: 97% RP - 3% PSR; T3: 94% PR - 6% PSR y T4: 90% PR - 10% PSR para probar la viabilidad técnica de los ladrillos ecológicos fabricados con residuos de poliestireno y papel y las cuales son evaluadas por sus características físicas y mecánicas (cambio dimensional, torsión, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, succión y absorción) de acuerdo con la norma E. 070. Los resultados muestran que existe un valor mínimo de variación de longitud, ancho y alto de <0,17%, <1,28% y <0,67%, respectivamente; el resultado de torsión muestra solo torsión cóncava <2 mm; el ensayo de resistencia a la flexión arroja un valor >12,2 Kg/cm<sup>2</sup>, por lo que en los tres ensayos anteriores los ladrillos de papel y poliestireno dieron buenos resultados y serían clasificados como ladrillos tipo V según la Norma de Albañilería E.070 (2006). Según la norma de albañilería E.070 (2006), las muestras T1 y T4 >95Kg/cm<sup>2</sup> son ladrillos de clase III, mientras que las muestras T2 y T3 >86Kg/cm<sup>2</sup> son ladrillos de clase II. Los resultados de las pruebas mostraron que la combinación de poliestireno y papel podría usarse potencialmente para producir ladrillos más livianos para tabiques interiores (muros de carga).

Chino & Mathios (2020), en su proyecto de investigación titulado “Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huayruro (*ormosia coccinea*) de las industrias madereras en Ucayali, Perú”, Los ecoladrillos se crearon con las concentraciones de plástico PET y fibra de madera de la especie Huayruro (*Ormosia coccinea*). Fue creado en los laboratorios de las facultades de química, mecánica del hormigón y transformación química de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali. El propósito principal del proyecto es crear ecoladrillos a partir de plástico PET reciclado y residuos de madera de la especie huayruro (*Ormosia coccinea*). La industria maderera de la región Ucayali probó 4 diferentes proporciones de aserrín de plástico PET: 100% - 0%, 98% - 2%, 96% - 4% y 94% - 6%, para establecer la proporción de mezcla ideal y luego evaluar la confiabilidad de su resistencia. El plástico PET triturado se coloca en un molde

y se calienta a 300 °C en una mufla hasta que se derrita y momento en el cual se le puede agregar aserrín de Huayruro y se exprime el aire con una prensa mecánica manual y las burbujas de aire y grietas, así como la penetración. Se utilizó el Código Técnico de la Edificación E.070 para determinar las características físicas del aserrín de plástico PET incluida la prueba de muestreo, la resistencia a la compresión, el cambio dimensional, la deformación y la absorción de agua. Albañilería (NTP E.070). Se concluyó que el tratamiento 4 tenía mayor resistencia y se clasificó como bloques NP (sin carga) ya que se utilizaron con fines no estructurales. Se ha demostrado que estos residuos pueden utilizarse como sustitutos de otros productos para reducir el impacto ambiental a largo plazo cuando se convierten de residuos en materias primas.

Farfan (2019), en su trabajo de investigación “Uso de caucho reciclado y tereftalato de polietileno (PET), para la elaboración de ladrillos ecológicos a nivel artesanal en el distrito de Chorrillos”, La presente investigación tuvo como objetivo principal elaborar ladrillos ecológicos a partir de caucho reciclado y tereftalato de polietileno (PET) están hechas a mano en la región de Chorrillos, por lo que reemplazaron parcialmente el conjunto habitual, indicando que han alcanzado las propiedades físicas y mecánicas de la norma E.070. El diseño del estudio experimental estableció 27 unidades de muestra analizadas para cumplir con los estándares de la especificación del Código Nacional de Edificación E.070, fabricado con 12 por ciento, 24 por ciento y 36 por ciento de caucho reciclado y tereftalato de polietileno (PET), tamizado, mezclado con una cantidad específica de cemento y comprimido con una fuerza de 5 toneladas a través de una prensa hidráulica. La clasificación final de los ladrillos clase V se determinó como resultado del análisis en dosis LCP-12, LCP-24 y LCP-36 (porcentaje) de acuerdo con sus propiedades físicas y mecánicas en dosis de resistencia a la compresión. LCP-24 tiene un valor de 134,02 kg/cm<sup>2</sup> y se clasifica como perteneciente a la categoría VI, mientras que LCP-36 tiene un valor de 97,93 kg/cm<sup>2</sup> y se clasifica como perteneciente a la categoría III. El valor es de 174,71 kg/cm<sup>2</sup>, que se clasifica como perteneciente a la categoría V.

Rojas (2019), en su trabajo de investigación titulada “Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas, Ancón, 2019”, Su principal objetivo es crear ladrillos ecológicos a partir de los biosólidos de la planta de tratamiento de agua potable (PTAR) de Ancón. Este residuo peligroso fue pretratado con cal (CaO) para modificar el valor de pH, bajándolo inicialmente de 6.5 a 12 y aumentándole a 10° para lograr la estabilización de parámetros microbianos y metales pesados y de los principales metales pesados. plomo, cadmio y arsénico por debajo de los niveles especificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA40) y La R.M N° 093-2018-VIVIENDA. Luego se calculó y determinó la dosis correcta de biosólidos procesados y agregados necesarios para la producción de ladrillos ecológicos de alta calidad utilizando una prensa hidráulica. Se utilizaron tipos de investigación, métodos cuantitativos y diseños experimentales. La cantidad de biosólidos a considerar es de 32 toneladas de biosólidos de la laguna secundaria de la EDAR de Ancona con una muestra de 60 kg. Además, los biosólidos se sometieron a tres tamaños de partículas diferentes antes del tratamiento y se obtuvieron 9 tipos de ladrillos usando 3 relaciones diferentes de material adherente, cada una replicada 3 veces. Luego se probaron las propiedades físicas y mecánicas del producto final mediante una prueba de compresión, la cual mostró que una dosis suficiente para la fabricación de ladrillos fue de 25% de biosólidos con un tamaño de partícula de 18, que mostró resistencia a la compresión. En promedio, el valor supera el máximo de la Norma Técnica Peruana E.070 249,3 kg/cm<sup>2</sup>.

### **1.2.3. A Nivel Local**

Ampuero & Romero (2020), en la tesis titulada “Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para Construcción: Una Revisión”, nos argumenta que hay un mal tratamiento actual de los desechos plásticos sólidos en los países subdesarrollados está afectando gravemente los recursos naturales. Una gran parte de ellos consiste en plásticos potencialmente reciclables como los envases de PET (Tereftalato de Polietileno). Investigadores de diferentes países se

han visto en la necesidad de corregir esta acumulación de plástico PET reciclado, produciendo ecoladrillos que contienen elementos plásticos, cemento y arena. Por lo tanto, el propósito de este artículo es revisar las publicaciones actuales sobre los valores más aceptables de los parámetros físicos y mecánicos de los rellenos de PET para su uso seguro en la construcción de viviendas. Para ello se realizó una revisión sistemática de artículos científicos de 20 países diferentes, obtenidos de bases de datos como Scielo, ScienceDirect, etc. Además, se examinaron 2 estándares internacionales de construcción. Con estos criterios de búsqueda se encontraron parámetros de resistencia a la compresión, absorción, densidad, aislamiento térmico y durabilidad. Finalmente, concluimos que las propiedades mecánicas y físicas observadas de los ladrillos ecológicos a base de polímeros corresponden a los valores mínimos especificados en las normas de construcción.

Coila (2018), en su trabajo de investigación “Producción de concretos ecológicos y su desarrollo sostenible en la ciudad de Puno” que tiene como propósito determinar la relación entre la producción de ecohormigón (hormigón con revestimiento reciclado añadido, hormigón con vidrio esmerilado) y el desarrollo sostenible de las canteras en función de la realización de ecohormigón y explorar el potencial de conservación de las canteras en la ciudad de Puno. Para realizar levantamientos es necesario utilizar equipos topográficos, equipos de laboratorio, datos estadísticos, etc. Esto permite una investigación donde se utilizan datos de octubre de 2017 a febrero de 2018 para determinar el volumen extraído y enviado a la ciudad de Puno cada año. Luego, este volumen se controla utilizando técnicas como tablas de control de volumen de extracción de recursos naturales. La planificación, selección y producción de hormigón con materiales reciclados se tuvo en cuenta al utilizar técnicas de producción respetuosas con el medio ambiente, como las descritas en la guía española de materiales reciclados.. Finalmente los resultados obtenidos muestran que el hormigón ecológico tiene el modelo de prueba se elaboró con una sustitución parcial del 10%, 20% y 30% de materiales no



tradicionales (tierra reciclada y árido grueso reciclado) donde tiene una características físicas y mecánicas similares a las del hormigón convencional por otra parte su peso total con la resistencia requerida  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ . Se concluye que el 30% de material mineral reciclado (pavimento) es un modelo alternativo favorable, mientras que solo el 10% de vidrio reciclado es rentable, las propiedades físicas y mecánicas son similares y los factores económicos son favorables. El 4,14% de las canteras de Cutimbo y el 2,26% de las canteras de Viluyo lograron la defensa.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Elaborar ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilave - 2023.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.
- Determinar la absorción del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.
- Calcular la densidad del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1. Ladrillos ecológicos

La producción de eco-ladrillos no tiene tanto impacto en el medio ambiente como los ladrillos convencionales y puede alcanzar una durabilidad aún mayor, dependiendo del tipo de materiales utilizados y el proceso de producción. Son similares entre sí para obtener estructuras biológicas sin perder propiedades de resistencia (Pedraza, 2019).

##### 2.1.2. Ladrillos de plástico PET reciclable

Los ladrillos ideales mencionados para construir un muro o una casa pequeña se obtienen con botellas de plástico PET, donde se inyecta material reciclado para brindar resistencia, el resultado final del ladrillo es la resistencia suficiente que permite servir como aislante y resulta ser un montaje sencillo facilitando las construcciones.



**Figura 01:** Ladrillos de plástico.

**FUENTE:** (Pedraza, 2019).

Este elemento arquitectónico permite la construcción de edificaciones más cómodas y duraderas, en la mayoría de los casos para estructuras de baja y media altura, ya que existe una gran variedad de ladrillos cocidos que permiten su uso en cualquier edificación.

También es necesario estar familiarizado con el concepto de "bioconstrucción", que es un método de construcción que permite el uso de materiales reciclados o recuperados en proyectos de construcción y crea un entorno sostenible y saludable a través del proceso simple de extracción de materiales vegetales de su hábitat, reduciendo así el impacto ecológico.



**Figura 02:** Ejemplo de construcciones ecológicas.

**FUENTE:** (Pedraza, 2019).







### **2.1.3. Propiedades del plástico PET**

Es un material de máxima resistencia mecánica, buena rigidez, superficie dura, apto para pulir, buena estabilidad de forma, resistencia al rozamiento y al desgaste. Se utiliza para fabricar videocasetes, disquetes, botellas de refrescos, agua mineral, aceites, alcohol, etc. Se encuentran disponibles diferentes tipos de plástico PET, que varían en cristalinidad y peso molecular. La categoría técnica tiene el peso molecular más alto, la categoría de película y la categoría de fibra tienen los pesos moleculares más bajo y medio, respectivamente (Espíritu, 2021)

### **2.1.4. Tipos de plásticos PET**

Los plásticos son una gran clase de materiales que se pueden codificar y clasificar por sus propiedades.

**Tabla 01:** Codificación y características de los plásticos.

CÓDIGO	SIGLAS	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
	PET (Polietileno tereftalato)	- Densidad: 1.38 g/cm <sup>3</sup> - Absorción de agua (ASTM): 0,16.	Es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.
	PEAD (Polietileno de alta densidad)	- Resistencia estructural. - Durabilidad. - Flexibilidad. - Seguridad.	Bolsas de supermercados, implementos de aseo, juguetes, tuberías, lámina y film.
	PVC (Policloruro de vinilo)	- Tiene bajo peso (1.4 g/cm <sup>3</sup> ) - Resistente al ataque de insectos, bacterias y etc.	Revestimiento para suelos, tubos, cañerías y cables eléctricos.
	PEBD (Polietileno de baja densidad)	- Resistencia térmica. - Resistencia química. - Tiene una mayor flexibilidad.	Manteles, envases de crema y shampoo, bolsas para residuos.
	PP (Polipropileno)	- Excelente resistencia química. - Baja densidad. - Absorbe poca humedad.	Muebles de jardín, tuberías, contenedores, tapas de botellas, vasos descartables.
	PS (Poliestireno)	El poliestireno es un polímero termoplástico. Es decir, materiales que se deforman y se vuelven flexibles cuando se calientan a altas temperaturas. Se produce industrialmente por polimerización del monómero de estireno.	Vasos de yogures, recubrimientos, platos y cubiertos desechables.



OTROS	-	Resistencia térmica.	Teléfono, CDs, artículos
(Resinas	-	resistencia química	médicos.
fenólicas,	-	Gran durabilidad.	
epoxidica)			

Existen plásticos con diferentes propiedades, siete tipos en total: PET, HDPE, PVC, PEBD, PP, PS y otros tipos de plásticos. El primero es el más utilizado. Sin embargo, dentro de este plástico hay algunas formas como se muestra en la Tabla 1.

### 2.1.5. Composición de ladrillos ecológicos

Los ladrillos ecológicos están elaborados principalmente con las proporciones de plástico PET reciclado, papel reciclado, arena, agua y cemento el cual se realiza en la ciudad del Distrito de Ilave.

#### 2.1.5.1. Plástico PET triturado

El plástico PET (tereftalato de polietileno) es un plástico muy utilizado con el que actualmente se fabrican la mayoría de envases textiles y de bebidas gaseosas.

La máquina encargada de procesar los materiales de plástico PET es una trituradora. El equipo es fácil de usar y el sistema de trabajo es simple. Con solo presionar un botón, la trituradora equipada con un cuchillo comienza a triturar el plástico descartable.

#### 2.1.5.2. Papel reciclado

Este tipo de papel ha sido reciclado después de un uso anterior y podemos distinguir entre residuos pre y post consumo en este tipo de papel. La finalidad de los residuos pre-consumo es optimizar los recursos, porque lo que se descartó en algún momento del proceso anterior fue el corte de fábrica. Sin embargo, los residuos posconsumo ya son material de papel usado que se puede reciclar recogiendo por separado. El segundo caso es darle una nueva vida al material.

Hoy en día, el papel reciclado se usa en casi todo. Además de ser conocido por ser ecológico, también tiene un cierto carácter estético que incluso lo utiliza con fines decorativos.

### **2.1.5.3. Arena**

La arena utilizada es arena lavada tamizada sin residuos orgánicos ni limos. Definido como agregado fino para mortero y concreto, la fracción de agregado mineral que pasa por la norma ASTM N° 4 tamices, en base a los resultados obtenidos, al menos el noventa por ciento en peso (90%), pasa el 3% del agregado fino con un número de la malla de 200 estuvo dentro de los parámetros especificados y también se observó un porcentaje del 98% en la malla de número 4, que cumple con los requisitos anteriores. El contenido del agregado fino utilizado consistió en partículas en el rango de 0,074 a 4,76 mm (Gareca et al., 2020).

### **2.1.5.4. Agua**

El agua añadida a la mezcla reúne las propiedades necesarias para ser utilizada como mortero, es limpia y libre de residuos o materia orgánica. Establece, entre otras cosas, que se debe mezclar agua para que el mortero y el concreto fragüe. La temperatura del agua para la elaboración del mortero será superior a 5°C y deberán retirarse aquellos que presenten las siguientes características:

- La cantidad de materia soluble es superior a treinta y cinco gramos por litro (35 gr/l).
- Capacidad de sulfatos, expresados en SO<sub>3</sub>, superior a 3 décimas de gramo por litro (0,3 gr/l).
- Glúcidos (carbohidratos o azúcares), ni siquiera en cantidades pocas.

### **2.1.5.5. Cemento**

El cemento es un producto modificado artificialmente directamente de la piedra caliza, que se mezcla con arcilla en determinadas proporciones y luego, durante la fase de cocción de esta mezcla a temperaturas entre 1400 y 1450 °C, se forma el clinker, que muele el producto para obtener una sal de silicio. cemento con partículas menores de 15  $\mu$ m. Se añade un 3% o un 4% de yeso al cemento Portland durante el proceso de molienda, cuyo objetivo es regular el endurecimiento del cemento (Pipa & Rojas, 2021).

### **2.1.6. Daños al medio ambiente**

Los ladrillos son uno de los materiales de construcción civil más utilizados a lo largo de la historia. Su uso contribuye al cerramiento, protección y aislamiento térmico y acústico de cualquier edificio (Restrepo-Zapata & Cadavid-Restrepo, 2019).

La producción tradicional de ladrillos utiliza energía en el proceso de cocción, lo que acelera el calentamiento global y las enfermedades cardíacas y pulmonares debido al aumento de las altas concentraciones de gases de efecto invernadero (Usman et al., 2020).

La industria de la construcción es considerada la industria que más daño ambiental causa a la tierra y sus hábitats, y contribuye a un alto consumo de materias primas y energía. Durante la producción, cada ladrillo consume un promedio de 2 kilovatios-hora (kWh) y produce aproximadamente 0,41 kg de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), que tiene un gran impacto en el medio ambiente.

### **2.1.7. Material reciclado utilizado en la industria de la construcción**

Existen oportunidades para el uso de estos desechos en la industria de la construcción debido a la gran demanda de recursos naturales provocada por la rápida urbanización y los problemas de eliminación de desechos en los países desarrollados (Prusty et al., 2016).

En la Tabla 2 muestra los porcentajes óptimos de reemplazo de materiales reciclados que reemplazarán parcialmente los componentes utilizados en la producción de ladrillos. Como sustituto de los agregados finos, se encuentran los desechos de paja de sorgo, que mejoran la resistencia a la presión y el aislamiento térmico; donde el caucho aumenta la absorción de agua, las cáscaras de arroz y maní aumentan la capacidad de presión y el polvo de mármol aumenta la resistencia a la compresión.

Las alternativas al cemento incluyen residuos de aceitunas, que mejoran el aislamiento térmico, cenizas de piedra y escombros, que aumentan la resistencia a la compresión, polvo de acero, que aumenta la resistencia a la flexión y ayuda con la permeabilidad, estiércol de vaca y ceniza de cáscara de arroz, que mejora la resistencia a la compresión.



Finalmente, como alternativa a la arcilla, está la paja para mejorar la resistencia a la compresión, las astillas de madera para mejorar la absorción de agua, el aislamiento y la absorción de impactos, el café molido para la absorción de agua y el aislamiento y el papel para la absorción de agua (Muñoz Pérez et al., 2021).

**Tabla 02:** Materiales reciclados que se pueden utilizar para la construcción.

<b>MATERIAL REEMPLAZADO</b>	<b>MATERIAL RECICLADO</b>	<b>PORCENTAJE IDEAL PARA REEMPLAZAR</b>
	Caucho	20
	Cáscara de maní	3
Agregado fino	Desecho de tallos de sorgo	5
	Cáscara de arroz	4
	Polvo de mármol	2
	Ceniza de estiércol de vaca	5
	Ceniza de cáscara de arroz	10
	Cenizas de bagazo de caña de azúcar	19
Cemento	Polvo de acero	20
	Desecho de aceituna	5
	Residuos de piedra	4
	Cafe molido	17
Arcilla	Papel reciclado	17
	Paja	3
	Aserrín	3

**FUENTE:** (Muñoz Pérez et al., 2021)

### **2.1.8. Material reciclado para la elaboración de ladrillos ecológicos**

El reciclaje de residuos de producción ha aumentado significativamente como resultado del desarrollo sostenible de la economía mundial en el mundo altamente industrializado. El alto nivel de especialización en muchos sectores industriales es el principal responsable de este fenómeno.

Para crear ecoladrillos y disminuir la contaminación ambiental que producen estos desechos, se están utilizando desechos de concha y de ostra para reemplazar parcialmente el cemento y desechos de sorgo (tallos de sorgo) para reemplazar parcialmente el agregado fino (Liu et al., 2020).

### **2.1.9. Accesibilidad a los ladrillos ecológicos**

Hoy en día, la tecnología de construcción ha mejorado mucho, lo que acorta el tiempo de construcción. El costo de los materiales, particularmente los ladrillos, es el mayor problema para una parte de la población que vive en áreas rurales. Además de su elevado precio, este material contamina en exceso las obras de construcción y pone en peligro tanto a las personas como al medio ambiente. Por esta razón, surgió la idea de fabricar ladrillos a partir de materias primas locales como la tierra como material principal, añadiendo una pequeña cantidad de cemento y residuos de construcción, dando como resultado un ladrillo duradero, ecológico, seguro y económico. un ladrillo (Susilowati et al., 2020).

Los ladrillos de arcilla cuestan más que los ecoladrillos. Los recursos no renovables como la arcilla representaron el 33,5 % de la producción de ladrillos, la energía el 18,1 % y la mano de obra (mano de obra y servicios) el 25,9 %, que es más costosa que los ladrillos orgánicos u otros recursos naturales que no requieren cocción. proceso, pero utiliza sólo tierra, cemento y materiales reciclados, crea menos contaminación ambiental, consume menos energía y mano de obra. De esta forma, el coste de los ladrillos orgánicos es un 41% inferior al de los ladrillos de arcilla (Zhang et al., 2020).

Actualmente, existe una gran iniciativa con la construcción sustentable, que llevó a los investigadores a reemplazar los materiales convencionales en el concreto, en parte con

materiales que generalmente se desechan, como desechos industriales, llantas, tuberías, vidrio, bolsas de plástico. Se pueden utilizar para realizar diferentes mezclas para mortero y posterior fabricación de ladrillos, lo que reduce costes y mermas.

Se han realizado varios estudios para reducir los costes de construcción, como el Ecoblock, fabricado a partir de botellas de tereftalato de polietileno (PET), y también se ha estudiado el cartón ondulado para el aislamiento de viviendas por su bajo coste material (Barragán-Alturo et al., 2017).

## 2.1.10. Ladrillo

### 2.1.10.1. Clasificación de ladrillo

Los ladrillos se dividen en cinco tipos según sus propiedades: de la siguiente manera:

- **Tipo I:** Resistencia y durabilidad muy bajas; Se pueden utilizar en casas que tengan uno o dos pisos y que no estén en contacto directo con el suelo o el agua.
- **Tipo II:** Baja resistencia y durabilidad; Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas (no deben entrar en contacto directo con la lluvia, el agua o la tierra).
- **Tipo III:** Durable y resistente a los medios; Adecuado para mampostería normal expuesta a condiciones climáticas adversas.
- **Tipo IV:** Resistencia y durabilidad altas; Adecuado para construcciones de mampostería en condiciones de servicio exigentes y puede soportar condiciones de servicio moderadas, incluido el contacto con el agua, la tierra y la lluvia intensa.
- **Tipo V:** Muy alta resistencia y durabilidad; Adecuado para estructuras de mampostería que requieren condiciones de funcionamiento particularmente duras. Pueden ser puestos en contacto con agua, tierra y lluvias intensas.

Esta clasificación se muestra en la siguiente tabla junto con el tipo de ladrillo que normalmente se usa para construir una pared.

**Tabla 03:** Clasificación de los ladrillos de acuerdo a su resistencia.

TIPO	DENOMINACIÓN	RESISTENCIA UNIDAD (kg/cm <sup>2</sup> )
LADRILLO I	KING KONG ARTESANAL	50
LADRILLO II		70
LADRILLO III		95
LADRILLO IV	KING KONG INDUSTRIAL	130
LADRILLO V	KING KONCRETO	180

**FUENTE:** (Aceros Arequipa, 2023).

Como se puede observar en la tabla anterior, los ladrillos hechos a mano tienen menos resistencia que los ladrillos de fábrica, por lo que se recomienda utilizar estos últimos. King Koncreto, que contiene cemento y áridos, es el ladrillo más resistente. Sin embargo, no es muy popular.

#### **2.1.10.2. Condiciones generales del ladrillo**

Los ladrillos de Tipo III, Tipo IV y Tipo V deben cumplir con los siguientes requisitos en general. Estas condiciones se consideran sugerencias para ladrillos Tipo I y Tipo II.

- No habrá materias extrañas como guijarros, conchas u hormigón calcáreo sobre o dentro del ladrillo.
- Los ladrillos sin esmaltar, de colores uniformes, se queman bien cuando se golpean con un martillo u otro instrumento similar, emitiendo un sonido metálico.
- Los ladrillos no deben tener rajaduras, grietas, fisuras u otros defectos que puedan comprometer su durabilidad y/o resistencia.
- El ladrillo no será demasiado poroso ni tendrá manchas blanquecinas o textura provocada por la sal o cualquier otra sustancia.

#### **2.1.11. Requisitos del ladrillo**

De acuerdo con el Código Nacional de Construcción Estándar de Albañilería E.070 (2006), los ladrillos no deben tener materias extrañas sobre o dentro de ellos, y no deben

tener grietas, roturas, agujeros u otros defectos que afecten su durabilidad o resistencia (Anchayhua, 2021).

Para la evaluación de ensayos de los ladrillos se utilizó el proceso descrito en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de Arcilla Cocida. La piedra arcillosa se utiliza para la albañilería. El método de prueba debe cumplir con las especificaciones de la Tabla 4.

**Tabla 04:** Requisitos complementarios: Absorción y coeficiente de saturación

TIPO	ABSORCIÓN (máx. en %)	COEFICIENTE DE SATURACIÓN (máximo) (2)
I	Sin Límite	Sin Límite
II	Sin Límite	Sin Límite
III	25	0.90
IV	22	0,88
V	22	0.88

**FUENTE:** (Huaman, 2016).

**NOTA 1:** La prueba de máxima absorción sólo es necesaria si los ladrillos están en contacto directo con suelo húmedo, agua o lluvia intensa.

**NOTA 2:** La prueba del factor de coeficiente de saturación solo se requiere en condiciones climáticas severas.

**a) Resistencia a la compresión ( $f'_{cm}$ ).**

La principal característica del elemento, que en última instancia determina la resistencia a la compresión del muro de mampostería ( $f'_{cm}$ ), es su resistencia a la compresión. Para todos los propósitos de construcción y exhibición, los valores altos de resistencia a la compresión generalmente indican buena calidad. Por el contrario, los valores bajos son un ejemplo de unidades que darán como resultado una mampostería que no es muy sólida.

**Tabla 05. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR: la resistencia a la compresión, el alabeo, la densidad y la variación dimensional.**

MODELO	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máx. en %)			ALABEO O (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (mínima daN/cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD D (mínimo en g/cm <sup>3</sup> )
<b>NORMA TÉCNICA NACIONAL ITINTEC 331.018</b>						
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
<b>I Alternativamente</b>	± 8	± 6	± 4	10	Sin Límite 60	1,50 Sin Límite
<b>II Alternativamente</b>	± 7	± 6	± 4	8	Sin Límite 70	1,60 1,55
<b>III</b>	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
<b>IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
<b>V</b>	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

**FUENTE:** (ITINTEC, 1978)

**b) Clasificación para fines estructurales.**

Para la meta del diseño estructural, las unidades de ladrillos tendrán las características indicadas como se muestra en la siguiente Tabla.

**Tabla 06:** Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN</b> (máxima en porcentaje)			<b>ALABEO</b> (máximo en mm)	<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN</b> $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	<b>Hasta 100 mm</b>	<b>Hasta 150 mm</b>	<b>Más de 150 mm</b>		
<b>Bloque P<sup>(1)</sup></b>	<b>± 4</b>	<b>± 3</b>	<b>± 2</b>	<b>4</b>	<b>4,9 (50)</b>
<b>Bloque NP<sup>(2)</sup></b>	<b>± 7</b>	<b>± 6</b>	<b>± 4</b>	<b>8</b>	<b>2,0 (20)</b>

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

**FUENTE:** (Norma E. 070, 2019)

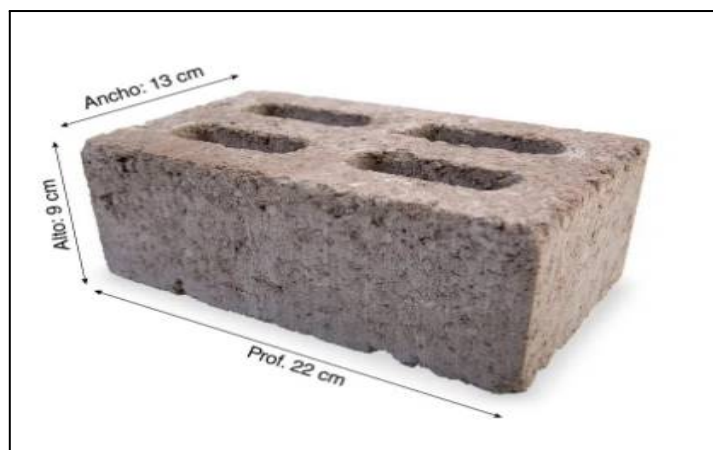
## 2.1.12. Ensayos de ladrillos

### 2.1.12.1. Variación de dimensiones

Ensayos dimensionales de elementos de eco mampostería fabricados con plástico PET y papel reciclado. Para ello, se realizó una medición estandarizada utilizando como punto de referencia un tamaño de piedra de king concreto macizo.

**Tabla 07:** Medias estandarizadas según el ladrillo King Koncreto.

<b>ALTURA</b>	<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>
9	13	22



**Figura 03:** Ladrillo King Koncreto.

**FUENTE:** (Aceros Arequipa, 2023).

### 2.1.12.2. Resistencia a la compresión

Las propiedades del material y la presencia de sustancias desengrasantes específicas, como la correcta relación de proporciones en el ladrillo, afectan la resistencia a la compresión.

La carga última o de falla se divide por el área total de la muestra para determinar la resistencia a la compresión de cada miembro ( $f_b$ ). Cuando se resta la desviación estándar del valor medio, se obtiene la resistencia característica ( $f'_b$ ).

$$f_b = \frac{P}{A} \quad \Rightarrow \quad f'_b = f_b - \sigma$$

Donde:

$f'_b$  = Resistencia característica.

$P$  = Carga máxima.

$A$  = Área bruta del espécimen.

$\sigma$  = Desviación estándar.

### 2.1.12.3. Absorción

Los procedimientos aplicados para determinar para la absorción primeramente se debe sumergir la muestra en agua entre 15,6 °C y 26,7 °C durante 24 horas. Pesar la muestra colgada de un alambre y completamente sumergida en agua y registrar  $W_i$  (peso de inmersión). Retirar del agua y escurrir por 1 min colocando sobre una malla de alambre



de espesor superior a 9,5 mm, y retirar el agua superficial visible con un paño húmedo; pesado y registrado como  $W_s$  (peso de saturación).

Después de la saturación, la muestra se seca en un horno ventilado a una temperatura de 100 °C a 115 °C durante al menos 24 horas hasta que dos pesajes consecutivos con un intervalo de 2 horas muestran un aumento en la pérdida de no más del 0,2 % del último pesaje. Determinar el peso de la muestra. Registre el peso de la muestra seca,  $W_d$  (peso seco) (Peña, 2019).

Se emplearon las siguientes ecuaciones para determinar la absorción de cada unidad:

$$\text{Absorción, Kg/m}^3 = \frac{(W_s - W_d)}{(W_s - W_i)} \times 1000,$$

$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_i - W_d)}{W_d} \times 100$$

Donde:

$W_s$  = peso saturado de la muestra, (Kg)

$W_i$  = peso sumergido de la muestra, (Kg)

$W_d$  = peso seco de la muestra, (kg).

**Se calcula el contenido de humedad utilizando la siguiente fórmula:**

$$\text{Contenido de humedad, \% de absorción total} = \frac{(W_r - W_d)}{(W_s - W_d)} \times 100$$

Donde:

$W_r$  = peso recibido de la muestra, (Kg),

$W_d$  = peso seco al horno de la muestra, (Kg), y

$W_s$  = peso saturado de la muestra, (Kg)

**Calcular la densidad seca al horno se utiliza el siguiente fórmula:**

$$\text{Densidad (D), Kg/m}^3 = \frac{W_d}{(W_d - W_i)} \times 1000$$

Donde:

$W_d$  = peso seco al horno de la muestra, (Kg).

$W_s$  = peso saturado de la muestra, (Kg), y

$W_i$  = peso sumergido de la muestra, (Kg).

#### 2.1.12.4. Densidad

De una pregunta hecha a Paul G Hewitt. ¿Qué sucede con la densidad de una barra de chocolate cuando la cortas por la mitad? La respuesta resultante está vacía, por lo que empíricamente concluimos que la densidad no es ni masa ni volumen. La densidad es una razón; hay muchos de ellos por unidad de volumen.

Una propiedad importante de cualquier material es la densidad, que se mide experimentalmente, cuyo resultado muestra la relación entre la masa del sistema y su volumen. Pero si el material es homogéneo, tiene la misma densidad (Quispe, 2022).

**La fórmula utilizada para determinar la densidad es:**

$$\text{Densidad } (D) = m(\text{kg})/v(\text{m}^3)$$

Donde:

*D: Densidad*

*m: Masa*

*v: Volumen*

#### 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**a) Plástico PET:** Debido a la cantidad sustancial de moléculas de hidrocarburo, alcohol y otros compuestos orgánicos, es una sustancia sintética con una estructura macromolecular. En el sentido más amplio, se refiere a sustancias con diferentes estructuras y naturalezas que no tienen un punto de ebullición fijo y tienen la elasticidad y flexibilidad para formarse y adaptarse a diferentes formas y usos en un amplio rango de temperaturas (Echeverría, 2017).

**b) Ladrillo:** Los ladrillos son unidades que se utilizan para levantar las paredes y aligerar el techo. Hay ladrillos de varios materiales: hormigón, cuarzo calcáreo, etc., pero los ladrillos de arcilla se utilizan sobre todo para las casas. Se consiguen moldeando, secando y cociendo pastas de arcilla a altas temperaturas. Vienen en muchos tamaños diferentes y están hechos en tamaños que se pueden manejar con una mano. El lugar

donde se instalarán (paredes, techos, etc.) depende de eso para determinar sus dimensiones (Aceros Arequipa, 2023).

- c) **Ladrillos ecológicos:** Los ecoladrillos son aquellos cuya producción no tiene tanto impacto en el medio ambiente como los convencionales, teniendo en cuenta el material utilizado y el tipo de proceso de producción al que se somete, pueden incluso alcanzar una mayor durabilidad. Son similares para obtener bioconstrucciones sin perder propiedades de resistencia (Pedraza, 2019).
- d) **Reciclaje:** “El reciclaje es la recolección de material con la intención de utilizarlo a través de un proceso diseñado para transformar ese material en nuevos productos para la venta o el uso” (Fermín et al., 2018).
- e) **Papel:** El papel es una hoja delgada hecha de fibras de celulosa de origen vegetal. Se produce suspendiendo una pasta de fibras vegetales en agua, que generalmente se blanquea y luego se seca y se seca.
- f) **Construcción o arquitectura sostenible:** Se caracteriza por el respeto al medio ambiente y la adaptación a sus condiciones. La conservación de los recursos mediante el uso de materiales de bajo impacto ambiental y social durante todo el ciclo de vida y la construcción es un uso sostenible de los recursos naturales, se debe tener en cuenta el diseño de interiores, el uso de la vegetación, la reducción del consumo de energía y agua. la situación favorece a la naturaleza Sostenibilidad de los recursos y reducción de los gastos del hogar (Garzón & Guzmán, 2019).
- g) **Ensayo de compresión:** La prueba de compresión es uno de los tipos más simples de pruebas mecánicas, así como pruebas de tracción y flexión. La prueba de compresión se usa para determinar el material aplicado a la carga triturada. Por lo general, se usa una tabla o accesorio especial en una máquina universal para aplicar presión de compresión (generalmente un barril o forma cilíndrica) a la muestra de prueba.
- h) **Ensayo de absorción:** La permeabilidad de los componentes de mampostería se mide por esto. En unidades de arcilla no debe superar el 22 por ciento (NTP E-070

2006). La mampostería que absorbe más del 22 % será más porosa y menos resistente al ambiente atmosférico. Los elementos porosos absorben la humedad del mortero, reseca y impidiendo el proceso normal de adhesión de los elementos de mortero, afectando así la reducción de la resistencia del muro (Huachohuilca, 2019).

i) **Ensayo de densidad:** La densidad es una razón; es el peso (masa) de una sustancia y el volumen ocupado por la sustancia en cuestión (la sustancia misma). Las unidades de masa más populares son kg/l o g/ml para líquidos y gases, y kg/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup> para sólidos y cuando hablamos de la densidad de una sustancia, su peso se caracteriza por el tamaño (Quispe, 2022).

### 2.3. MARCO NORMATIVO

- Reglamento Nacional de Edificaciones propuesta de Norma E.070 albañilería.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.613:2005 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, métodos para probar y tomar muestras de ladrillos de arcilla de albañilería.
- NORMAS TÉCNICAS ITINTEC 331.018.

### 2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.4.1. Hipótesis general

Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el distrito de Ilave - 2023.

#### 2.4.2. Hipótesis específicas

- La resistencia a la compresión alcanzada del ladrillo ecológico al ser sometido a un ensayo de laboratorio/casero cumple con la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.
- La absorción del ladrillo ecológico al ser sumergido por 24 horas en agua cumple con la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.

- La densidad del ladrillo ecológico es apropiada según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee cada unidad.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El distrito de llave está ubicado en el departamento de Puno en la región sur del Perú y por ende llave tiene un área total de 917 km<sup>2</sup>, una elevación de 3.862 m y una población de aproximadamente 57.905 personas. El río llave, que desemboca en el lago Titicaca, representa mejor las condiciones ambientales de la región, ya que forma parte del clima de montaña. Además del comercio, los habitantes de la zona también se dedican a la ganadería y la agricultura. Las principales materias primas para la producción de ladrillos ecológicos son el plástico PET y el papel reciclado, que se extraen del vertedero municipal del Distrito de llave. El sitio está ubicado en latitud: -16.0869, longitud: -69.6386 y tiene una superficie de 7,5 hectáreas.



**Figura 04:** Ubicación de la zona de estudio

### 3.1.1. Importancia de la zona de estudio

El interés del estudio se debe al incremento de los residuos inorgánicos, particularmente en grandes cantidades como el plástico PET y el papel reciclado. Según los estudios recientes nos manifiesta que se produce contaminantes que causan problemas graves por las consecuencias que podemos enfrentar en nuestro planeta, como el cambio de clima y las concentraciones de efecto invernadero debido a este problema, y se lleva a cabo en el Distrito de Ilave - Departamento de Puno. Donde existe una temporada de lluvias de cuatro meses y un clima frío y seco para la zona. El clima en la selva es cálido y húmedo. Solo hay dos estaciones climáticas claramente diferenciadas debido a su ubicación geográfica única en el mundo. El invierno que se extiende de mayo a octubre y absorbe el otoño donde tiene noches frías pero días soleados y luz brillante. La temporada de lluvias, que va de noviembre a abril, sigue a la primavera y precede al verano con días cálidos de 24°C y noches frías de 2 a 3°C, la temperatura promedio es de 7 a 14°C.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. Población

La población está conformada por el total de ladrillos ecológicos de forma ortoédrica con concentraciones de plástico PET y papel reciclado en el Distrito de Ilave - 2023, de la cual comprenderá 3 de 3 muestras un total de 9 unidades de ladrillos ecológicos para su posterior ensayo en el laboratorio/casero.

### 3.2.2. Muestra

Está constituido por 3 muestras las unidades de ladrillo ecológicos ortoédrico tiene una dimensión de 9.00 cm x 13.00 cm x 22.00 cm; con diversas proporciones de plástico PET y papel reciclado de la siguiente manera (TABLA 8):

**Tabla 08:** Dosificación porcentual de plástico PET y papel reciclado.

Muestra	Plástico PET	Papel reciclado	Unidades
M <sub>1</sub>	64.00	85.00	g
M <sub>2</sub>	128.00	123.00	g
M <sub>3</sub>	192.00	151.00	g

## 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 3.3.1. Método de investigación

La presente investigación por su finalidad es de tipo aplicada; por su profundidad u objetivo es experimental, descriptiva y exploratoria; por el tratamiento de datos es con enfoque cuantitativa y por el lugar es laboratorio/casero. En este proyecto de diseño se consideró grupos de los cuales estuvieron divididas por 3 grupos experimentales, de los cuales las variables del proyecto fueron manipuladas de esta manera nos permite medir y obtener resultados a través de la experimentación, de esto se deducirá para toda la población a la que representa.



Este método se utiliza porque a través de ensayos se definen las características de los insumos y con proporciones de plástico PET y papel reciclado proveniente por el deshechos, donde se preparará un óptimo diseño del ecoladrillo.

### 3.3.2. Técnica y instrumentos

Para recolectar los datos de campo se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de medición.

**Tabla 09:** Técnicas e instrumentos de recogida de datos.

INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Peso	Laboratorio/casero	Balanza digital
Dimensiones	Laboratorio/casero	Wincha/Calibrador vernier
Resistencia a la compresión	Laboratorio/casero	Ensayo de laboratorio/casero
Absorción	Laboratorio/casero	Ensayo de laboratorio/casero
Densidad	Laboratorio/casero	Uso de fórmula

### 3.3.3. Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados para lograr los objetivos de la investigación fueron los siguientes:

**Materiales:**

- Balde de 20 lt
- Cemento Portland Puzolánico
- Pala
- Espátula
- Wincha de 5 mt

- Calibrador vernier
- Escuadra
- Calculadora
- Balanza digital
- Molde

**Equipos:**

- Prensa CBR
- Recipientes
- Triturador de plástico PET y papel

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDADES	
<b>V1. Variable independiente</b> Uso de plástico PET, papel reciclado, cemento y arena	Dosis de plástico PET y papel reciclado	Peso	g/kg	
	Tamaño de plástico PET y papel reciclado	Granulometría (N° de mallas de las partículas)	mm	
		Dimensiones	cm	
		Propiedades Físicas de plástico PET y papel reciclado	Compresión	Kg/cm <sup>2</sup>
		Absorción	%	
		Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	
		Brillo	Color	
<b>V2. Variable dependiente</b> Elaboración de ladrillo ecológico.	Proporción óptima del ladrillo ecológico	Cantidad de cemento Portland	g/Kg	
		Cantidad de plástico PET	g/Kg	
		Cantidad de arena	g/Kg	
		Cantidad de papel reciclado	g/Kg	
		Cantidad de agua	L	
	Resistencia y confiabilidad estructural	Carga máxima	Kg	
		Resistencia al concreto	Kg/cm <sup>2</sup>	
		Dimensiones	cm	
	Características físicas del ladrillo ecológico	Compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	
		Absorción	%	
Densidad		Kg/m <sup>3</sup>		

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación que se está realizando es de tipo aplicado con enfoque cuantitativo porque el análisis proviene de los datos, la teoría impulsa la observación, obtenemos datos analizando materiales. La realidad es fraccionada en variables e indicadores. El análisis es el objetivo de la investigación y proviene de la medición de variables.

#### 3.5.2. Diseño de investigación

De diseño experimental - cuasiexperimental, ya que se manipuló la variable independiente esta es el uso de plástico PET y papel reciclado para que esto nos permita observar el efecto en la variable dependiente la cual es los ladrillos ecológicos. Un experimento es una situación provocada por el investigador al introducir ciertas variables de investigación que manipula controlando el aumento o disminución de estas variables y su efecto sobre el comportamiento del observador. En los experimentos, los investigadores controlan deliberadamente las variables experimentales y luego se observa lo que sucede bajo condiciones controladas.

$$0_1 \rightarrow x \rightarrow 0_2$$

*Dónde:*

$0_1$  = Manipulación de variable independiente

$x$  = Tratamiento, condición experimental (presencia de algún nivel de variable independiente)

$0_2$  = Análisis de consecuencias en la variable dependiente

#### 3.5.2. Descripción de instrumentos de análisis de datos

**Para el objetivo específico 01: Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.**

Para la obtención de los datos de resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos esta prueba se basa en el procedimiento mencionado en la NTP 339.604, es una prueba importante y según NTP debemos contar con un equipo (prensa CBR) equipado con dos

bloques de soporte de acero. Esto significa la capacidad de carga máxima que puede soportar una unidad de mampostería. Se analizaron tres muestras estructurales.

El cálculo de cada unidad de albañilería con la siguiente ecuación:

$$f'b = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'b$  = Resistencia característica.

$P$  = Carga máxima.

$A$  = Área bruta del espécimen.

**Para el objetivo específico 02: Determinar la absorción del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.**

Para determinar la absorción se realiza según lo descrito en el procedimiento de la NTP 399.604, donde primeramente se comienza a calcular el peso seco del ladrillos ecológicos con una balanza digital una vez obtenido el valor se pasa a la sumersión sumergir las muestras durante un tiempo de 24 horas, esto abarca el ensayo húmedo de lo cual el recipiente utilizado debe llenarse hasta arriba con agua. Luego se retira el agua de cada muestra de prueba, se seca con un paño y se pesa durante los siguientes 5 minutos, se moja la balanza. Una vez obtenido el valor real de masa seca, podemos proceder a estimar la inmersión, con los resultados obtenidos se procede a aplicar la fórmula.

La absorción está expresada en porcentaje, según la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_i - W_d)}{W_d} \times 100$$

Donde:

$W_i$  = peso sumergido de la muestra, (Kg)

$W_d$  = peso seco de la muestra, (kg).

**Para el objetivo específico 03: Calcular la densidad del ladrillo ecológico según su concentración de PET y papel reciclado que posee.**

Para calcular la densidad de ladrillos ecológicos primero se pesó en la balanza digital en (kg) y en un balde de 20 litros se colocó 7 litros de agua y luego se introduce la muestra hasta que quede completamente sumergido y registrar cuánto sube el nivel del agua con una regla según NTP 399.604 una vez obtenido los valores se procede a aplicar la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad (D)} = m(\text{kg})/v(\text{m}^3)$$

Donde:

*D: Densidad*

*m: Masa*

*v: Volumen*

La mayoría de los formatos utilizados como instrumentos de registro para las pruebas de este proyecto de investigación fueron creados en base a los parámetros predeterminados por la Norma Técnica Peruana E-070, NTP 331.017 y fichas técnicas similares utilizado por el autor Huaman 2016, estos son presentados de la siguiente:

- Formato de resultado para el ensayo de resistencia a la compresión. (ANEXO N° 5)
- Formato para el ensayo de absorción de agua. (ANEXO N° 7, 8 y 9)
- Formato de ensayo de densidad. (ANEXO N° 11, 12 y 13)

**Software:** Microsoft office Excel 2013.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. CON RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

“Elaborar ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Llave - 2023.”

##### 4.1.1. Proceso de elaboración de ladrillos ecológicos

Se elaboraron tres tipos de ladrillos ( $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$ ) con diversas proporciones de papel reciclado, plástico PET, cemento, arena de media y agua donde se fabricaron un total de 9 unidades de ladrillos ecológicos para los fines del ensayo. Los datos se encuentran detallados en las siguientes Tablas.

**Tabla 10:** Proporción de Insumos por muestra  $M_1$ .

MUESTRA ( $M_1$ )				
N°	Insumos	Cantidad	Unidades	Equivalente
1	Plástico PET	64.00	g	4 botellas de 400 ml
2	Papel reciclado	85.00	g	18 hojas de papel bond
3	Cemento	520.00	g (aprox)	más de ½ kilo
4	Arena	3200.00	g (aprox)	más de 3 kilos
5	Agua	800	mL (aprox)	más de ½ litro

**Tabla 11:** Proporción de insumos por muestra M<sub>2</sub>.

<b>MUESTRA (M<sub>2</sub>)</b>				
<b>N°</b>	<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Equivalente</b>
1	Plástico PET	128.00	g	8 botellas de 400 ml
2	Papel reciclado	123.00	g	26 hojas de papel bond
3	Cemento	800.00	g (aprox)	más de ½ kilo
4	Arena	2800.00	g (aprox)	más de 2 kilos ½
5	Agua	900	mL (aprox)	más de ½ litro

**Tabla 12:** Proporción de insumos por muestra M<sub>3</sub>.

<b>MUESTRA (M<sub>3</sub>)</b>				
<b>N°</b>	<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Equivalente</b>
1	Plástico PET	192.00	g	12 botellas de 400 ml
2	Papel reciclado	151.00	g	32 hojas de papel bond
3	Cemento	900.00	g (aprox)	más de ½ kilo
4	Arena	2400.00	g (aprox)	más de 2 kilos
5	Agua	1200	mL (aprox)	más de 1 litro

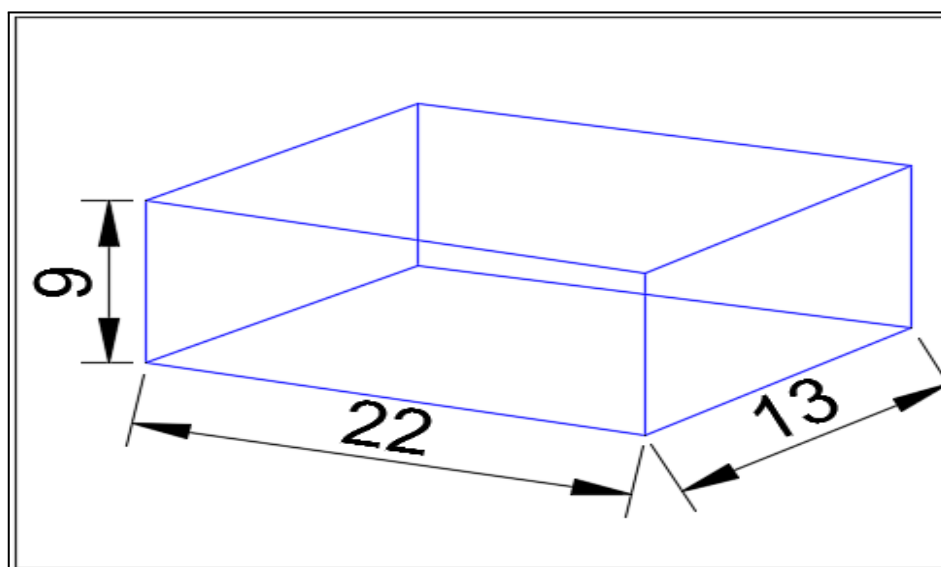
#### 4.1.2. Procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos

Para el procedimiento se llevó a cabo los siguientes etapas:



### Etapa N° 1:

El diseño del molde para elaborar los ladrillos ecológicos; se fabricó de material madera con las siguientes dimensiones tienen una longitud de 22 cm, un ancho de 13 cm y una altura de 9 cm según la referencia de tipos de ladrillos King Koncreto según aceros arequipa.



**Figura 05:** Diseño de molde del ladrillo ecológico.

**FUENTE:** Elaboración propia.

### Etapa N° 2:

Acondicionamiento de materia prima o insumos; se aprovechó botellas de gaseosas (plástico PET) de 400 ml donde estas botellas descartables se cortaron en pedazos con un diámetro de 2 mm usando una máquina trituradora después de lo cual se obtuvieron los pedazos de plástico PET como se aprecia en el figura 6.



**Figura 06:** Plástico PET picado en 2 mm.

En el caso de acondicionamiento de papel reciclado; se trituró hojas de papel reciclado bond con una dimensión de 3 mm de papel reciclado como se aprecia en la figura 7.



**Figura 07:** Papel reciclado picado en 3 mm.

Posteriormente para el procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos se ha estado utilizando lo que es la arena media, cemento Portland Puzolánico y diferentes proporciones de plástico PET y papel reciclado.

### Etapa N° 3:

Elaboración de ladrillo ecológico de plástico PET, papel reciclado, cemento y arena; se mezcló en recipientes con diferentes proporciones de cemento, triturado de plástico PET, papel reciclado, agua y arena media.

La dosificación de las mezclas según las muestras para las  $M_1$   $M_2$   $M_3$ , para la  $M_1$  se mezclaron con 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado, y para la  $M_2$  se mezcla con 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado, para la  $M_3$  se mezcla con 192 g de plástico PET y 151 de papel reciclado donde se agrega el cemento Portland Puzolánico, agua y arena gruesa o media y finalmente batir la mezcla, para cada una de las muestras hasta lograr una consistencia uniforme tal como se muestra en la figuras.



**Figura 08:** Arena media y cemento Portland Puzolánico.



**Figura 09:** Mezcla de plástico PET, papel reciclado, cemento, arena y agua.

**Etapa N° 5:**

Una vez teniendo la mezcla uniforme o adecuada se vierte manualmente en el molde de ladrillos ecológicos como se aprecia en la figura.



**Figura 10:** Vertimiento de mezcla al molde de ecoladrillo.

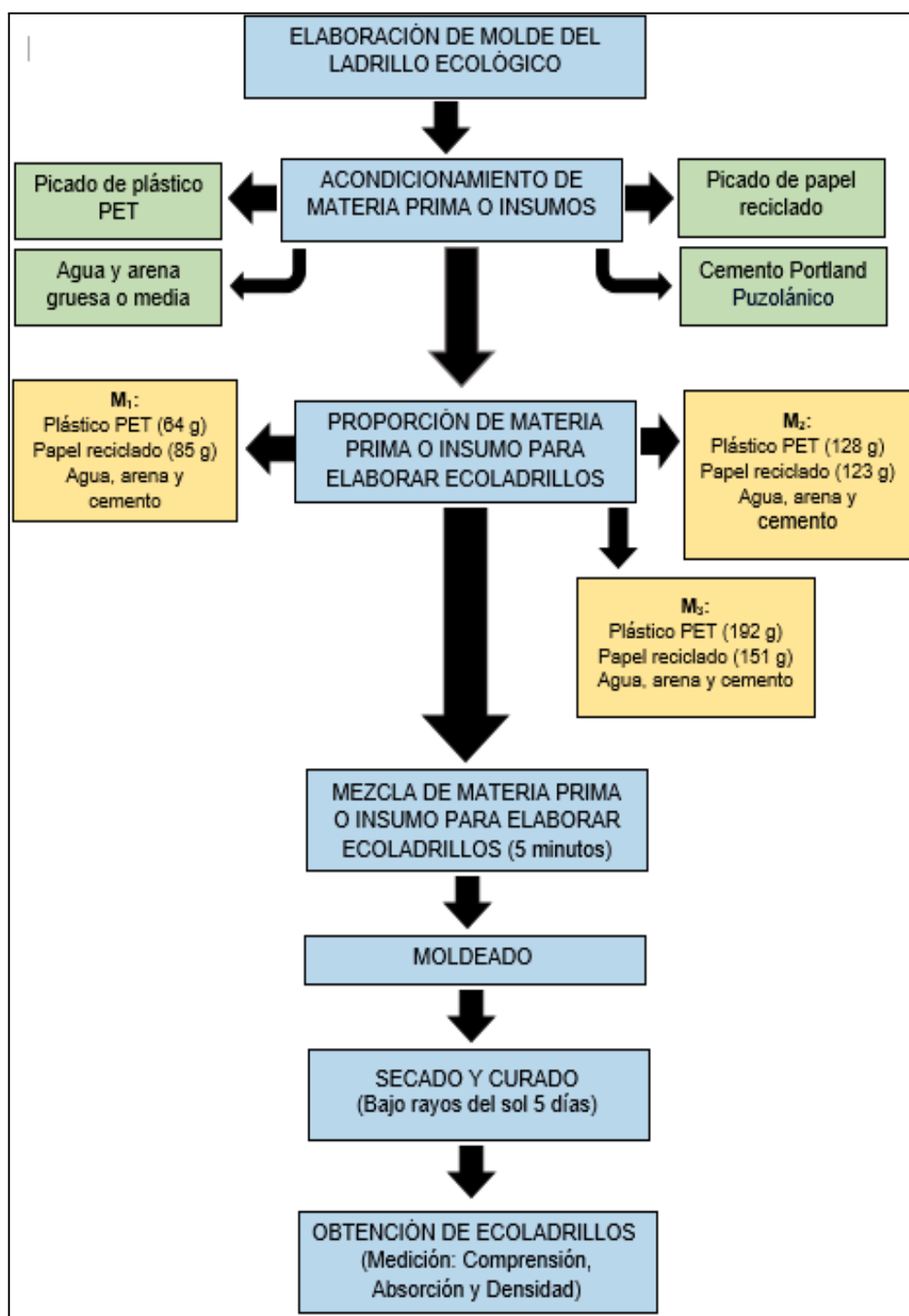
**Etapa N° 6:**

Como parte final del procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos se procedió con el secado de los eco ladrillos que se dejó a la intemperie durante 5 días logrando la consistencia deseada.



**Figura 11:** Secado de las muestras de ecoladrillos.

### 4.1.3. Diagrama del proceso de elaboración del ladrillo ecológico



**Figura 12:** Procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos.

#### 4.1.4. Prueba de uniformidad dimensional

Esta prueba se refiere a las dimensiones de la unidad estructural, según la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se expresan como: Largo x Ancho x Alto en centímetros, esta prueba de es necesaria efectuar para determinar el espesor. para ello se realizaron 3 ensayos para cada muestra ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) donde se tomó como dimensiones del fabricante las dimensiones interiores del molde base y definida con las siglas:

$L_n$  = Longitud del ladrillo ecológico.

$H_n$  = Altura del ladrillo ecológico.

$A_n$  = Ancho del ladrillo ecológico.

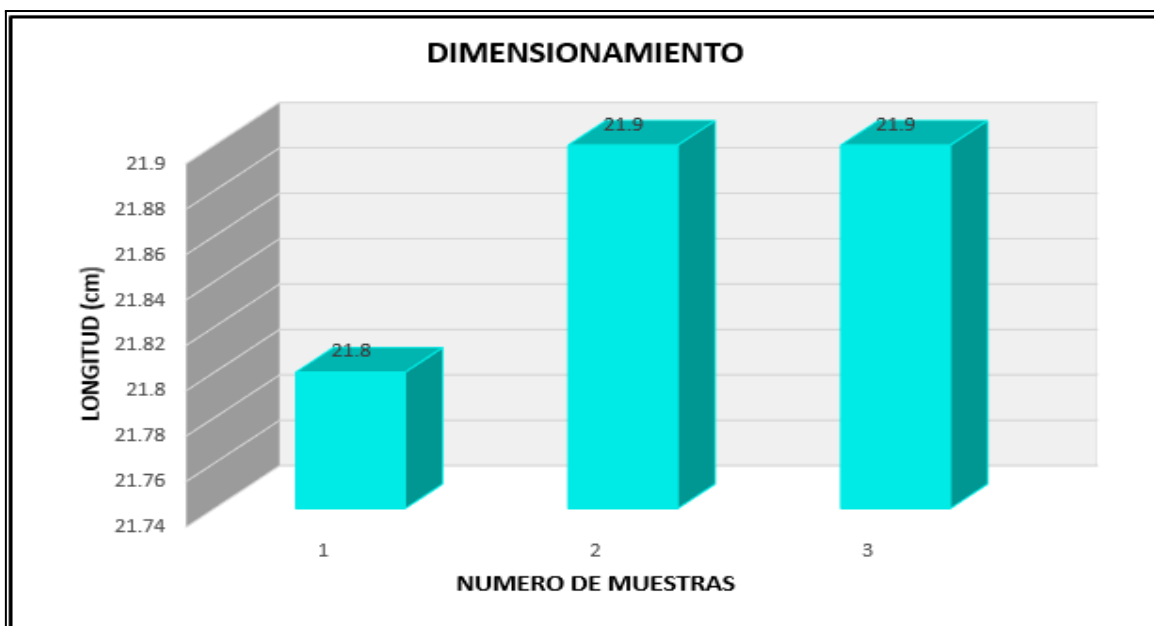
Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 13:** Muestra ( $M_1$ )

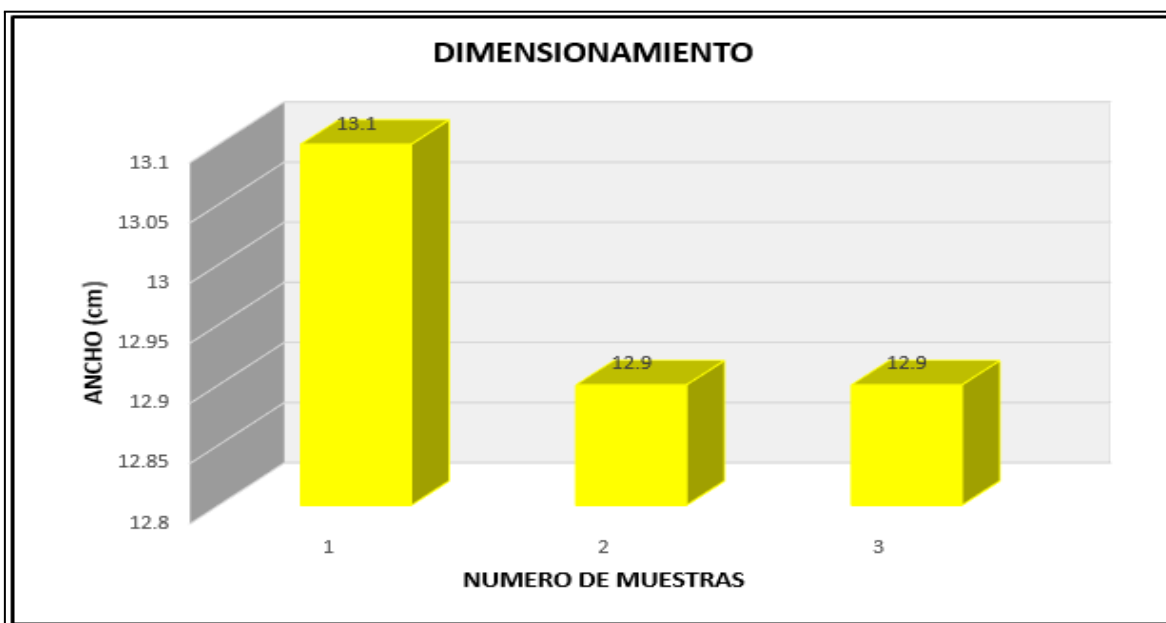
N°	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_0$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_0$
1	21.	21.	22.	22.	21.	13.	13.	13.	12.	13.	8.7	8.5	9	9.2	8.9
	6	5	1	3	8	3	1	1	9	1					
2	21.	21.	22	21.	21.	13	13.	12.	12.	12.	8.8	9	9.2	8.9	8.9
	8	9		9	9		1	9	7	9					
3	22.	22	21.	21.	21.	13.	13	12.	12.	12.	9	9.2	8.7	8.9	8.9
	1		7	9	9	2		7	8	9					

En la Tabla 13: Se puede apreciar las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto) donde la unidad de medida es en centímetros (cm) para ello se realizaron 3 ensayos para la muestra ( $M_1$ ) de ladrillos ecológicos según el protocolo de ensayo NTP 399.604.

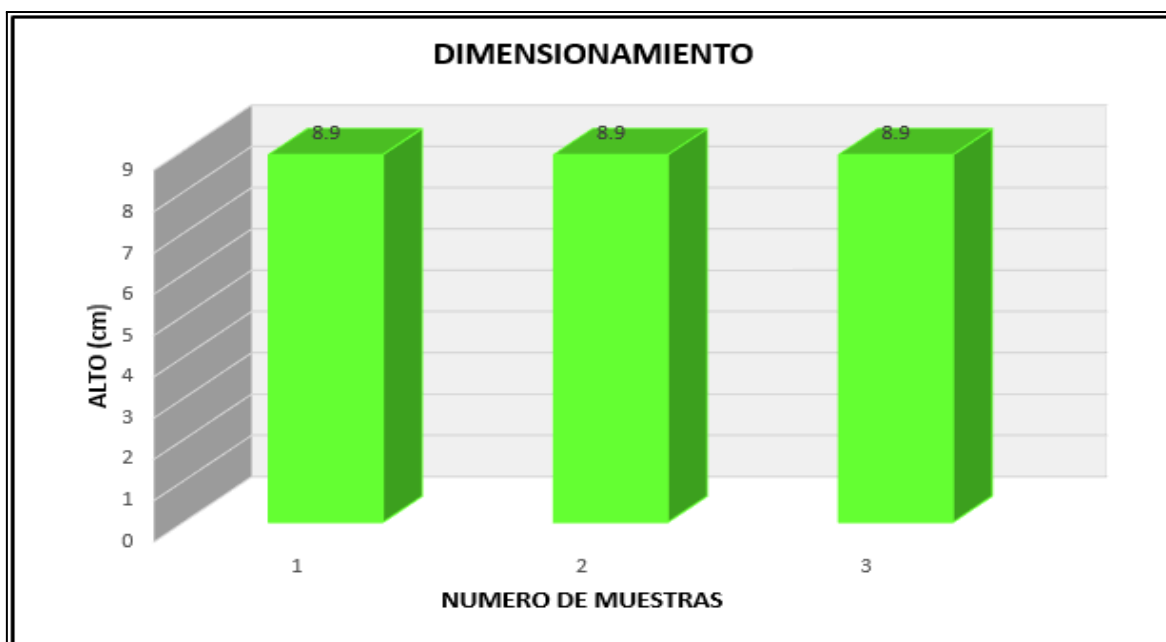




**Figura 13:** Longitud de los eco ladrillos de la muestra ( $M_1$ ).



**Figura 14:** Ancho de los eco ladrillos de la muestra ( $M_1$ ).



**Figura 15:** Alto de los eco ladrillos de la muestra ( $M_1$ ).

En las Figuras 13, 14 y 15: Se puede apreciar las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto) de ladrillos ecológicos en barras de gráficos de análisis estadísticos descriptivo para ello se realizaron 3 ensayos para la muestra ( $M_1$ ), compuesta por la adición de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado de acuerdo al ensayo de la NTP 399.604.

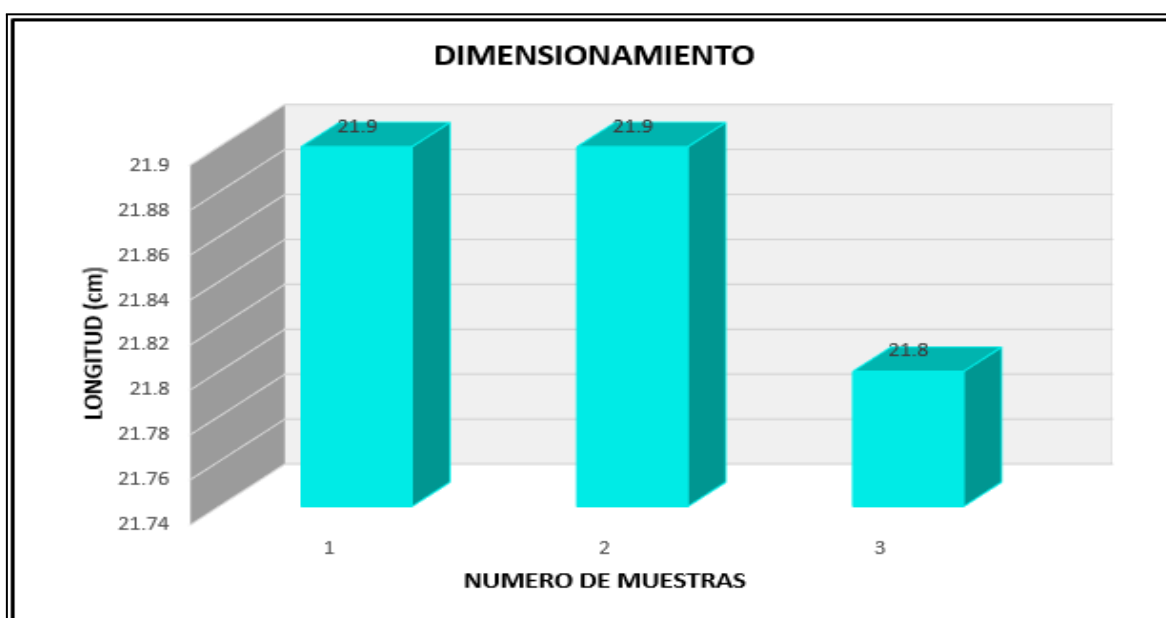
Hecho que Bendezú (2019), tuvo en sus resultados se muestra la prueba estadística de variación dimensional presentándose una correlación positiva media entre la muestra ( $M_1$ ) del presente proyecto en cuanto a las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto).

Por lo tanto Espiritu (2021), en sus resultados obtenidos de variación dimensional presenta una correlación positiva baja entre la muestra ( $M_1$ ) obteniéndose datos menores que el de presente proyecto en cuanto a las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto).

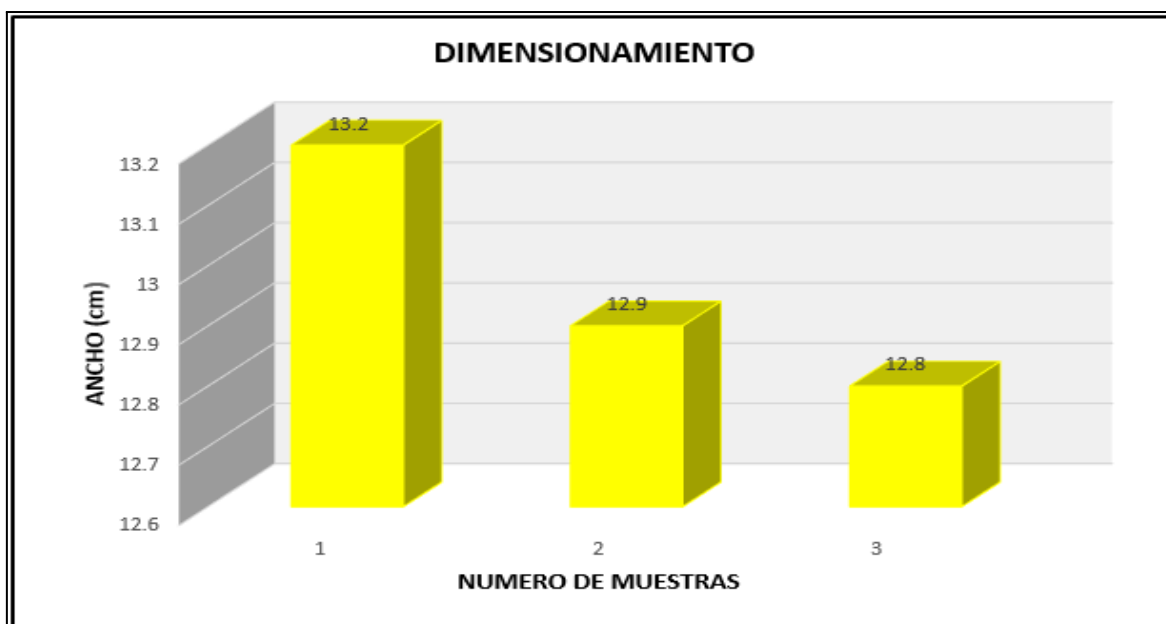
**Tabla 14: Muestra (M<sub>2</sub>).**

N°	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>0</sub>
1	21.	21.	22.	22.	21.	13	13.	13.	13.	13.	8.9	9	9.1	8.7	8.9
	6	7	3	2	9		2	3	1	2					
2	21.	22	22.	21.	21.	12.	13	12.	12.	12.	9	9.3	8.7	8.9	8.9
	7		3	8	9	8		7	9	9					
3	22.	21.	21.	21.	21.	13.	12.	12.	12.	12.	8.8	8.5	8.9	9.2	8.9
	1	8	9	7	8	1	8	9	7	8					

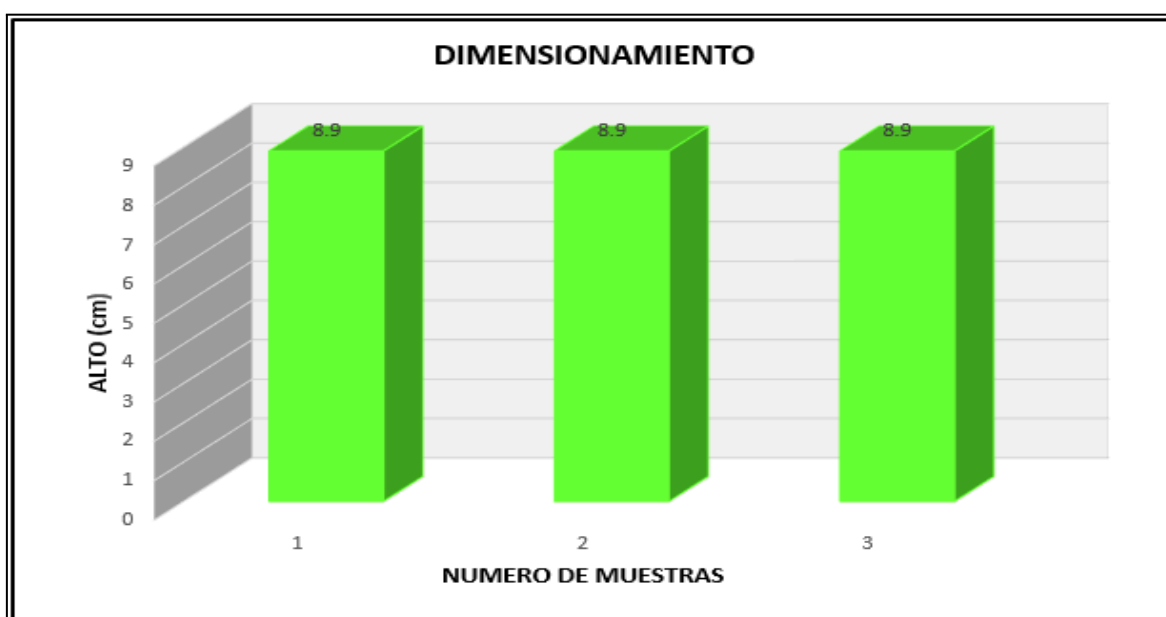
En la Tabla 14: Se puede apreciar las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto) donde la unidad de medida es en centímetros (cm) para ello se realizaron 3 ensayos para la muestra (M<sub>2</sub>) de ladrillos ecológicos según el protocolo de ensayo NTP 399.604.



**Figura 16:** Longitud de los eco ladrillos de la muestra (M<sub>2</sub>).



**Figura 17:** Ancho de los eco ladrillos de la muestra ( $M_2$ ).



**Figura 18:** Altura de los eco ladrillos de la muestra ( $M_2$ ).

En las Figuras 16, 17 y 18: Se puede apreciar las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto) de ladrillos ecológicos en barras de gráficos de análisis estadísticos descriptivo para ello se realizaron 3 ensayos para la muestra ( $M_2$ ), compuesta por la adición de 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado de acuerdo al ensayo de la NTP 399.604.

Hecho que Echeverría (2017), tuvo en sus resultados se muestra la prueba estadística de variación dimensional presentándose una correlación positiva alta entre la muestra ( $M_2$ ) del presente proyecto en cuanto a las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto).

Mientras tanto Espiritu (2021), en sus resultados obtenidos de variación dimensional presenta una correlación positiva baja entre la muestra ( $M_2$ ) obteniéndose datos menores que el de presente proyecto en cuanto a las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto).

**Tabla 15:** Muestra ( $M_3$ ).

N°	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>0</sub>
1	21.	21.	22	22.	<b>21.</b>	13.	13.	13.	13	<b>13.</b>	9.3	9	9.1	9	<b>9.1</b>
	7	8		2	<b>9</b>	1	2	1		<b>1</b>					
2	22.	21.	22	21.	<b>21.</b>	12.	12.	12.	13.	<b>12.</b>	8.9	8.7	9.2	8.8	<b>8.9</b>
	1	8		7	<b>9</b>	7	9	9	1	<b>9</b>					
3	21.	22	21.	22.	<b>21.</b>	13.	13.	12.	13	<b>13</b>	9	8.8	9.3	8.6	<b>8.9</b>
	8		7	2	<b>9</b>	2	1	7							

En la Tabla 15: Se puede apreciar las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto) donde la unidad de medida es en centímetros (cm) para ello se realizaron 3 ensayos para la muestra ( $M_3$ ) de ladrillos ecológicos según el protocolo de ensayo NTP 399.604.

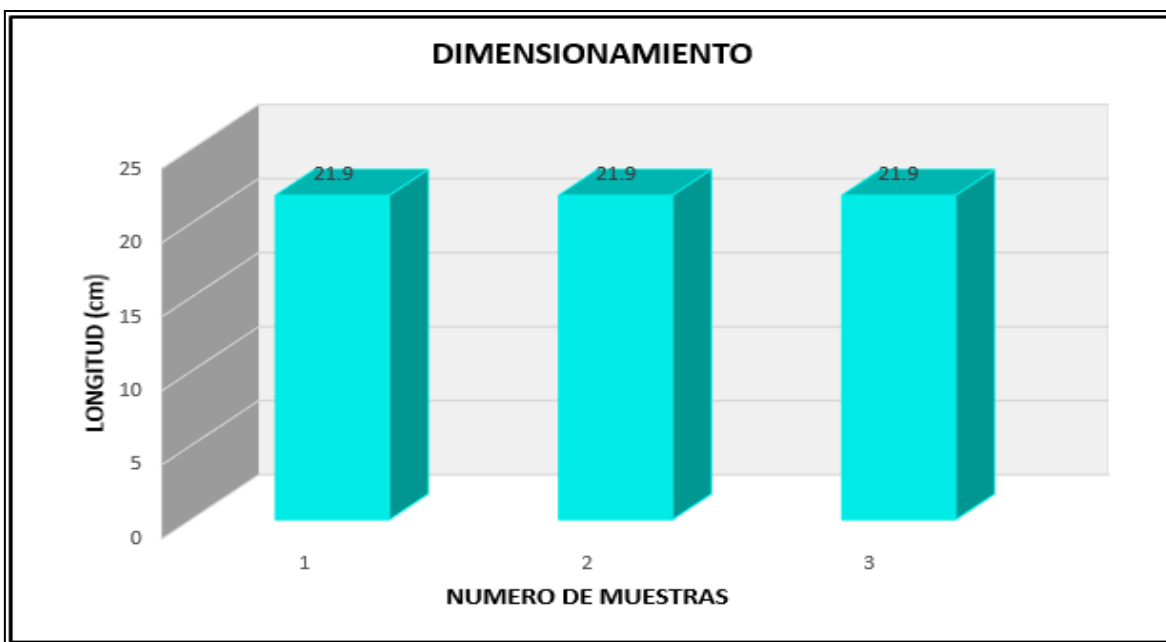


Figura 19: Longitud de los eco ladrillos de la muestra ( $M_3$ ).

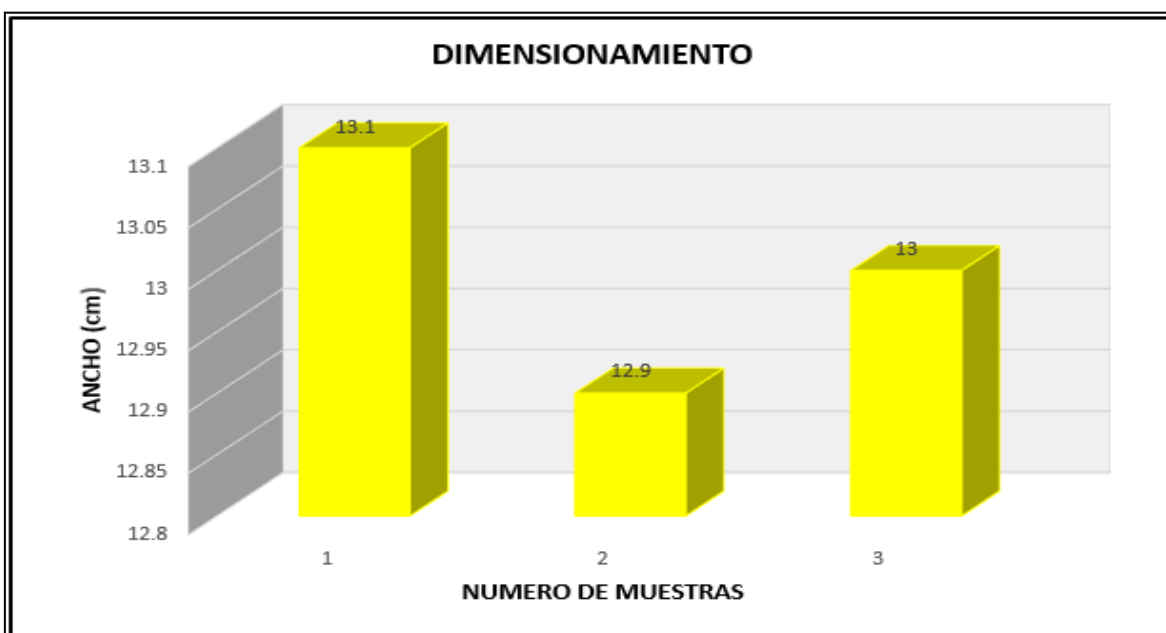
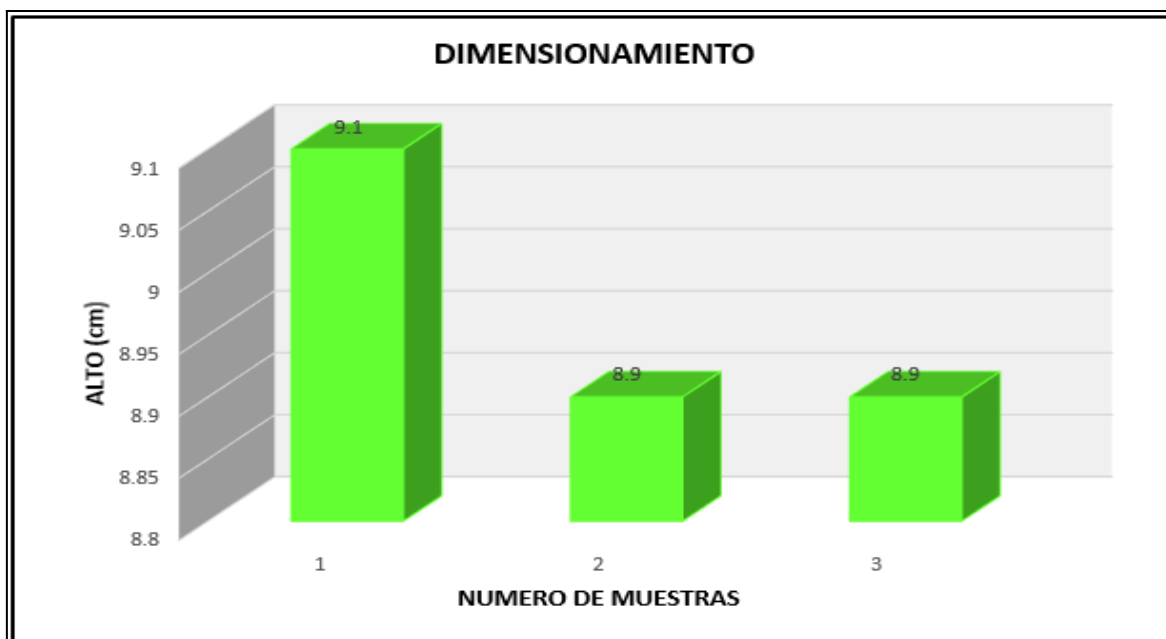


Figura 20: Ancho de los eco ladrillos de la muestra ( $M_3$ ).



**Figura 21:** Altura de los eco ladrillos de la muestra ( $M_3$ ).

En las Figuras 19, 20 y 21: Se puede apreciar las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto) de ladrillos ecológicos en barras de gráficos de análisis estadísticos descriptivo para ello se realizaron 3 ensayos para la muestra ( $M_3$ ), compuesta por la adición de 192 g de plástico PET y 151 g de papel reciclado de acuerdo al ensayo de la NTP 399.604.

Hecho que Echeverría (2017), tuvo en sus resultados se muestra la prueba estadística de variación dimensional presentándose una correlación positiva alta entre la muestra ( $M_3$ ) del presente proyecto en cuanto a las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto).

Por lo tanto Rojas (2019), en sus resultados obtenidos de variación dimensional de ecoladrillo no presenta correlación entre la muestra ( $M_3$ ) del presente proyecto en cuanto a las dimensiones (Longitud, Ancho, Alto).

#### 4.2. CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (1)

**“Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.”**

Se determinó la resistencia a la compresión para las tres muestras ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) de ladrillos ecológicos y se llegó a los siguientes resultados:

**Tabla 16:** Resistencia a la compresión de ecoladrillos según su concentración de plástico PET y papel reciclado.

PRUEBA A LA COMPRESIÓN						
MUESTRA	DIMENSIONES (cm)			AREA NETO (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	LAR GO	ANCH O	ALTO			
<b>M<sub>1</sub></b>	21.8	13.1	8.90	285.85	10614	<b>37.1</b>
<b>M<sub>2</sub></b>	21.9	13.2	8.90	286.89	8996	<b>31.3</b>
<b>M<sub>3</sub></b>	21.9	13.1	9.10	289.08	7084	<b>24.7</b>

En la Tabla 16: Se aprecia los resultados a la prueba a la compresión en medidas de (kg/m<sup>2</sup>) para ello se realizaron las pruebas para las tres muestras (M<sub>1</sub> M<sub>2</sub> M<sub>3</sub>) obteniéndose el resultado de rotura para la primera muestra (M<sub>1</sub>) 37.1 kg/cm<sup>2</sup> y para la segunda muestra (M<sub>2</sub>) 31.3 kg/cm<sup>2</sup> y para la tercera muestra (M<sub>3</sub>) 24.7 kg/cm<sup>2</sup>, para ello se ha realizado de acuerdo a la Norma NTP 399.604.



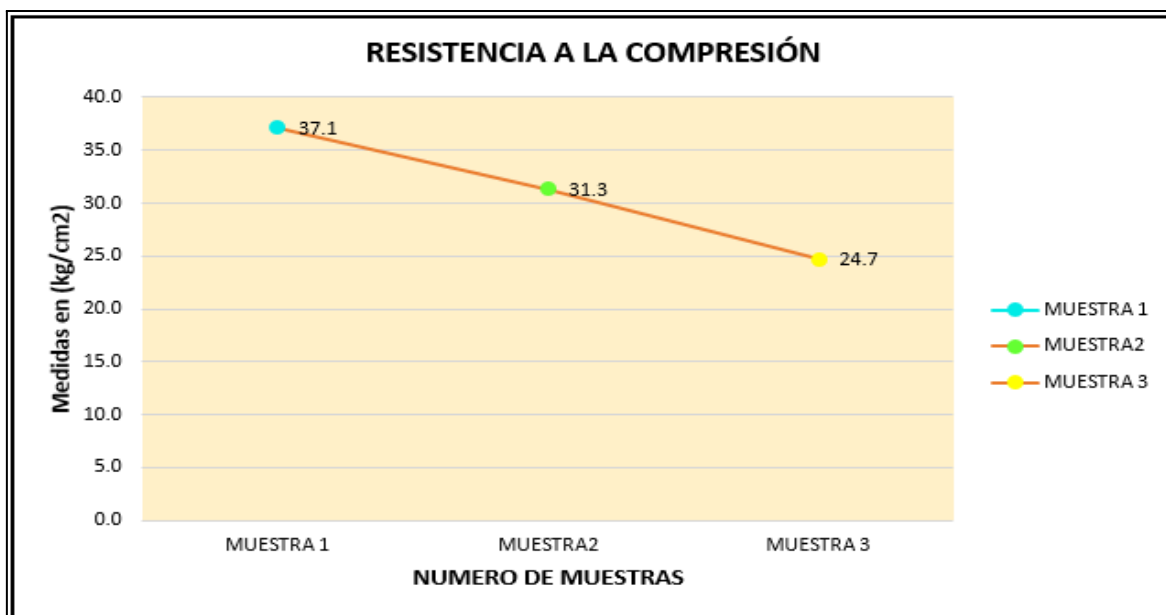


Figura 22: Comparando la rotura de las tres muestras de ecoladrillos.

Tabla 17: Norma Técnica E. 0.70 albañilería para fines estructurales.

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
Bloque P <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 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 portante

En la Figura 22: Se aprecia el resultado de comparación estadístico descriptivo de resistencia a la compresión de las tres muestras ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) obteniéndose; para la primera muestra ( $M_1$ ) 37.1 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, compuesta con proporciones de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado y para la segunda muestra ( $M_2$ ) 31.3 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, compuesta con proporciones de 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado y para la tercera muestra ( $M_3$ ) 24.7 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, compuesta con proporciones de 192 g plástico PET y 151 g de papel reciclado; por tanto los tres tipos alcanzaron la resistencia mínima requerida y en tanto a la unidad con proporciones de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado que es la muestra ( $M_1$ ) es la que mayor alcance tuvo en respecto a los otras muestras.

Se detalla que para los ladrillos de concreto usados en construcción de muros portantes el alcance mínimo de la resistencia a la compresión que debe alcanzar la unidad de albañilería es de 17,15 (MPa). Por lo tanto, de acuerdo a los datos obtenidos de las tres muestras ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) estaría cumpliendo con el fijado de la Norma Técnica E. 070 Albañilería para fines estructurales para la construcción de muros portantes como se puede apreciar en la Tabla 17.

Al respecto Espiritu (2021) en sus resultados de resistencia a la compresión tiene una correlación donde alcanzó su valor máximo de resistencia es de 27.80 kg/cm<sup>2</sup> siendo ideal para su uso en construcción, en el caso del presente proyecto de investigación que alcanzó sus valores de prueba a la resistencia es de 24.7 kg/cm<sup>2</sup>, 31.3 kg/cm<sup>2</sup> y 37.1 kg/cm<sup>2</sup> siendo ideal para la construcción de muros portantes para el clase de bloque P<sup>(1)</sup> de la Norma Técnica E. 070 Albañilería.

Así también Chino & Mathios (2020) en su prueba de resistencia a la compresión en uno de sus tratamientos con 94 % de plástico PET y 6% de aserrín obtuvo un valor de resistencia de 20.70 kg/cm<sup>2</sup> donde fue el mejor comportamiento para su uso en la construcción y teniendo una óptima resistencia por lo tanto coinciden con la presente investigación.

#### 4.3. CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (2)

***“Determinar la absorción del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.”***

Se determinó la absorción (Humedad) de las tres muestras ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) de ladrillos ecológicos y se llegó a los siguientes resultados:

**Tabla 18:** Absorción ( $M_1$ ).

PRUEBA A LA ABSORCIÓN (Humedad)			
MUESTRA	PESO		ABSORCIÓN (%)
	SECO	24 HORAS	
$M_1$	4.108	4.377	6.54
	4.148	4.386	5.73
	4.134	4.381	5.97
<b>PROMEDIO</b>		<b>6.08 %</b>	

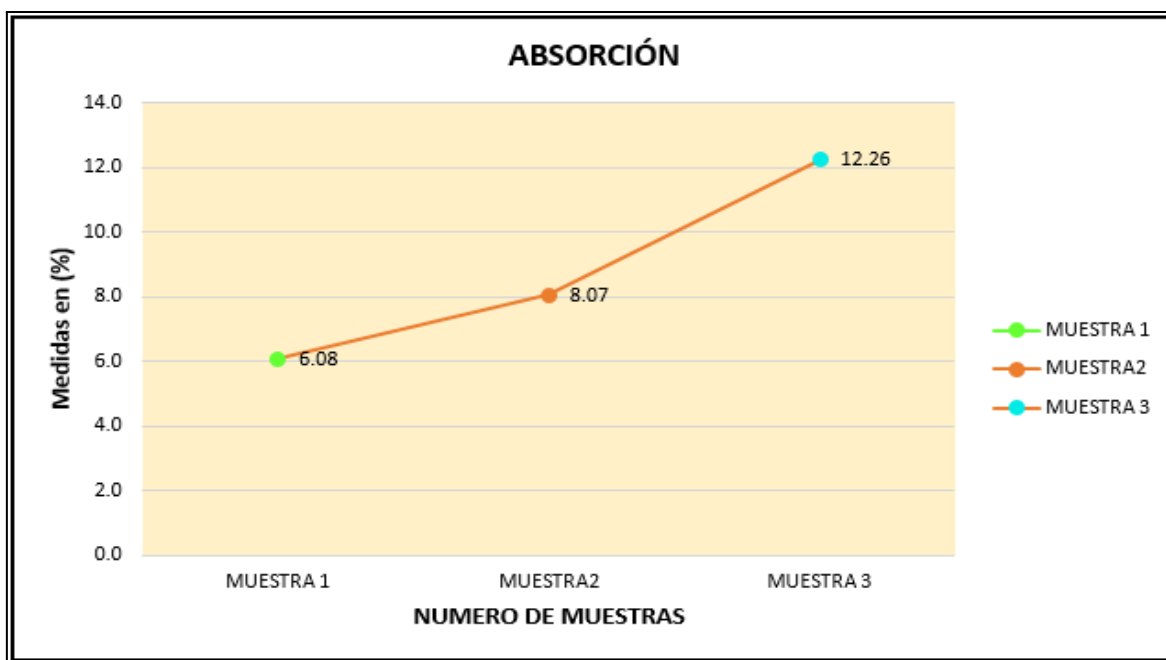
**Tabla 19:** Absorción ( $M_2$ ).

PRUEBA A LA ABSORCIÓN (Humedad)			
MUESTRA	PESO		ABSORCIÓN (%)
	SECO	24 HORAS	
$M_2$	3.847	4.163	8.21
	3.878	4.174	7.63
	3.856	4.179	8.37
<b>PROMEDIO</b>		<b>8.07 %</b>	

**Tabla 20:** Absorción ( $M_3$ )

<b>PRUEBA A LA ABSORCIÓN (Humedad)</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO</b>		<b>ABSORCIÓN (%)</b>
	<b>SECO</b>	<b>24 HORAS</b>	
<b><math>M_3</math></b>	3.175	3.586	12.94
	3.227	3.601	11.58
	3.198	3.591	12.28
<b>PROMEDIO</b>		<b>12.26 %</b>	

En las Tablas 18, 19 y 20: Se aprecia los resultados a la prueba a la absorción (Humedad) en medidas de porcentaje (%) para ello se realizaron 3 pruebas para las muestras ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ) de ladrillos ecológicos, donde el promedio para la muestra ( $M_1$ ) es de 6.08 %, para la muestra ( $M_2$ ) es de 8.07 % y para la muestra ( $M_3$ ) es de 12.26 % para ello se ha realizado según la Norma NTP 399.604.



**Figura 23:** Comparando la absorción (Humedad) de las tres muestras de ecoladrillos.

En la figura 23: Se aprecia el resultado de comparación estadístico descriptivo de absorción de las tres muestras ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ) obteniéndose; para la primera muestra ( $M_1$ ) 6.08 % de absorción, compuesta con proporciones de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado y para la segunda muestra ( $M_2$ ) 8.07 % de absorción, compuesta con proporciones de 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado y para la tercera muestra ( $M_3$ ) 12.26 % de absorción, compuesta con proporciones de 192 g plástico PET y 151 g de papel reciclado.

Según Ampuero & Romero (2020) los ladrillos de buena calidad no absorberán más de 20 % de agua. Basándose en la Norma Técnica E. 070 albañilería la cual detalla que la absorción para el bloque de concreto de clase  $P^{(1)}$ , debe tener una absorción no mayor que 12 % de absorción y para los ladrillos de arcilla y sílico calcáreas no deberá ser mayor a 22 %. Por lo tanto, de acuerdo a los datos obtenidos de las tres muestras ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ), el primero y la segunda muestra estaría cumpliendo con el fijado de la Norma Técnica E. 070 Albañilería por lo tanto tiene una correlación a excepto la tercera muestra que tiene superior al valor indicado.

Al respecto Huaman (2016) en sus resultados de absorción de sus tres modelos donde obtuvo los valores de 22.66 %, 9.85 % y 11.87 % donde los modelos 2 y 3 no superan el límite para el bloque de concreto de clase P<sup>(1)</sup>, para el caso del presente proyecto de investigación las muestras (M<sub>1</sub>) y (M<sub>2</sub>) no superan el límite de valor indicado por ende coinciden a excepto de la muestra (M<sub>3</sub>).

Así también Rojas (2019) en sus resultados de absorción a obtenido el valor máximo promedio del 9.87 % de absorción y seguida 4.87 % y finalmente 2.81 % estos valores obtenidos estarían resaltando con el valor obtenido del presente proyecto de investigación por lo que estaría apto para su uso en las construcciones de albañilería.

#### **4.4. CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (3)**

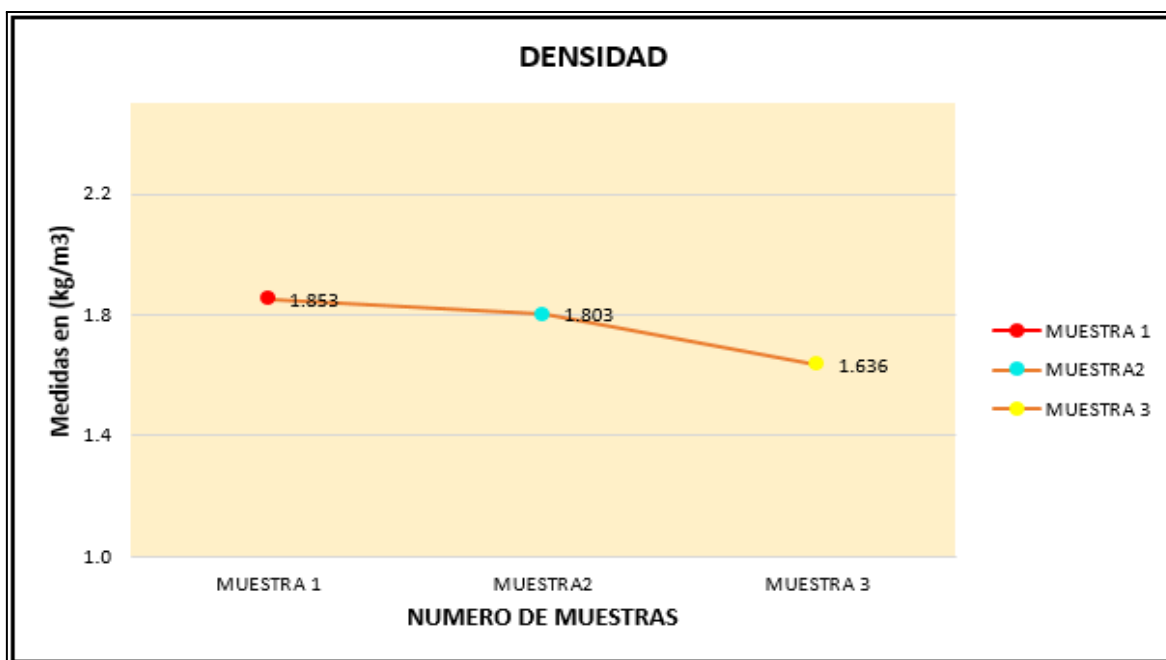
**“Calcular la densidad del ladrillo ecológico según su concentración de PET y papel reciclado que posee.”**

Se calculó la densidad de los ladrillos ecológicos de las tres muestras (M<sub>1</sub> M<sub>2</sub> M<sub>3</sub>) donde se llegó a los siguientes resultados:

**Tabla 21:** Densidad de ecoladrillos según su concentración de plástico PET y papel reciclado.

PRUEBA A LA DENSIDAD				
MUESTRAS	PESO (kg)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	PROMEDIO
<b>M<sub>1</sub></b>	4.148	2.250	1.843	<b>1.853</b>
	4.108	2.210	1.859	
	4.134	2.225	1.858	
<b>M<sub>2</sub></b>	3.878	2.100	1.846	<b>1.803</b>
	3.847	2.145	1.793	
	3.856	2.180	1.769	
<b>M<sub>3</sub></b>	3.227	2.000	1.614	<b>1.636</b>
	3.175	1.915	1.658	
	3.198	1.955	1.636	

En la Tabla 21: Se aprecian los resultados a la prueba a la Densidad en medidas de (kg/m<sup>3</sup>) para ello se realizaron 3 pruebas para las muestras (M<sub>1</sub> M<sub>2</sub> M<sub>3</sub>) obteniéndose como promedio final para la primera muestra (M<sub>1</sub>) un promedio de 1.853 kg/m<sup>3</sup> y para la segunda muestra (M<sub>2</sub>) un promedio de 1.803 kg/m<sup>3</sup> y para la tercera muestra (M<sub>3</sub>) un promedio de 1.636 kg/m<sup>3</sup>, para ello se ha realizado de acuerdo a la norma NTP 399.604.



**Figura 24:** Comparando la densidad de las tres muestras de ecoladrillos.

En la Figura 24: Se aprecia el resultado de comparación estadístico descriptivo de densidad de las tres muestras ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ) obteniéndose; para la primera muestra ( $M_1$ ) 1.853 kg/m<sup>3</sup> de densidad, compuesta con proporciones de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado y para la segunda muestra ( $M_2$ ) 1.803 kg/m<sup>3</sup> de densidad, compuesta con proporciones de 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado y para la tercera muestra ( $M_3$ ) 1.636 kg/m<sup>3</sup> de densidad, compuesta con proporciones de 192 g plástico PET y 151 g de papel reciclado.

Al respecto Espiritu (2021) en sus resultados de densidad de sus tres especímenes elaborados con concentraciones de plástico PET donde obtuvo los valores de 1.514 kg/m<sup>3</sup>, 1.462 kg/m<sup>3</sup> y 1.513 kg/m<sup>3</sup> densidad y comparando con el valor obtenido del presente proyecto de investigación es mayor que el autor mencionado debido a que hay una diferencia en las concentraciones de plástico PET.

Así también Barragán-Alturo et. al (2017) en sus resultados de su proyecto ha obtenido los valores de 1.335 kg/m<sup>3</sup> y 1.390 kg/m<sup>3</sup> densidad y comparando los valores es menor que el presente proyecto de investigación.



## 4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.5.1. Contrastación de la hipótesis general

**H0:** No es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el distrito de Llave - 2023.

**H1:** Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el distrito de Llave - 2023.

Para constatar la hipótesis para el presente proyecto de investigación demuestra que la utilización de plástico PET y papel reciclado en diferentes concentraciones es rotundamente factible para la elaboración de ladrillos ecológicos.

Puesto que para la primera muestra se utilizó una concentración de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado, para la segunda muestra se utilizó una concentración de 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado y para la tercera muestra se utilizó una concentración 192 g de plástico PET y 151 g de papel reciclado.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

### 4.5.2. Contrastación de hipótesis específicas

#### - Hipótesis específica 1

**H0:** La resistencia a la compresión alcanzada del ladrillo ecológico al ser sometido a un ensayo de laboratorio/casero no cumplirá con lo fijado en la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.

**H1:** La resistencia a la compresión alcanzada del ladrillo ecológico al ser sometido a un ensayo de laboratorio/casero cumplirá con lo fijado en la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.

Para constatar esta hipótesis se compararon los resultados obtenidos de la muestra de ladrillos ecológicos con la Norma Técnica E. 070 Albañilería para fines estructurales donde los valores obtenidos se encuentran dentro del bloque de concreto de clase P, para la construcción de muros portantes como se puede apreciar en las Tablas 16 y 17.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

#### - Hipótesis específica 2

**H0:** La absorción determinada del ladrillo ecológico al ser sumergido por 24 horas en agua no cumplirá con lo fijado en la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.

**H1:** La absorción determinada del ladrillo ecológico al ser sumergido por 24 horas en agua cumplirá con lo fijado en la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.

Para constatar esta hipótesis se compararon los resultados obtenidos de la muestra de ladrillos ecológicos con la Norma Técnica E. 070 Albañilería donde se aprecia en la Tablas 18, 19 y 20 donde los valores obtenidos de la primera, segunda y tercera muestra estaría cumpliendo con la Norma E. 070 albañilería.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

**- Hipótesis específica 3**

**H0:** La densidad calculada del ladrillo ecológico no será ideal según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee cada unidad.

**H1:** La densidad calculada del ladrillo ecológico será ideal según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee cada unidad.

Para constatar esta hipótesis de acuerdo a los resultados obtenidos como se aprecia en la Tabla 21 se calculó de manera ideal la densidad de las muestras de ecoladrillos.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilaye dado que cumplen con los índices de resistencia a la compresión, absorción y densidad, siendo aptos para la construcción de viviendas.

**SEGUNDA:** Aplicando las pruebas de resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos con proporciones de plástico PET y papel reciclaje se concluye que las tres muestras ensayadas cumplen con los requerimientos para ladrillos para la construcción de muros portantes según la Norma Técnica E. 070 siendo el más eficiente el ecoladrillo con proporciones de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado alcanzando una resistencia de 37.1 Kg/cm<sup>2</sup> siendo ideal para su uso en la construcción de viviendas.

**TERCERA:** Los resultados de los ensayos de acuerdo a la capacidad de absorción se concluye que las tres muestras ensayadas alcanzaron la absorción requerida siendo el 12% el límite según la Norma Técnica E. 070, comprobando su eficiencia el ecoladrillo con proporciones de 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado alcanzando una absorción de 6.08 % y el ecoladrillo con proporciones de 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado alcanzó una absorción 8.07% mostrando estar muy por debajo del requerimiento máximo por consiguiente es el más adecuado para su uso en la construcción de viviendas.

**CUARTA:** Calculada la densidad de manera eficaz el ladrillo ecológico elaborado con diferentes proporciones de plástico PET y papel reciclado obtuvo un promedio de densidad para la primera muestra (M<sub>1</sub>) 1.853 kg/m<sup>3</sup> siendo el más eficiente seguido de la segunda muestra (M<sub>2</sub>) con 1.803 kg/m<sup>3</sup> y la tercera muestra (M<sub>3</sub>) con 1.636 kg/m<sup>3</sup>.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** A futuros investigadores a realizar ensayos de esfuerzos con la construcción de muros (ensayo de murete) y resistencia antisísmica utilizando las muestras elaboradas en el presente estudio.

**SEGUNDA.** Fomentar medidas basadas en una economía circular, donde se dé prioridad al reciclaje de materiales limpios como los plásticos PET y papel reciclado en lo cual se vean las propiedades de resistencia a la compresión.

**TERCERA.** A las industrias de ladrilleras ya sea artesanal o industrializada, propongan el desarrollo de un sistema de producción amigable con el medio ambiente donde se añaden materiales o insumos reciclables como el plástico PET y papel reciclado entre otros para la fabricación de ladrillos.

**CUARTA.** Fomentar el reciclaje y reutilización de residuos aprovechables para contribuir con la conservación del ambiente, invitándolos a formar parte de nuevas alternativas que conlleven a la conservación de nuestro planeta tierra, para el bienestar de las nuevas generaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceros Arequipa. (2023). *Tipos de ladrillos*. Tipos de ladrillos | Aceros Arequipa.  
<https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/los-ladrillos>
- Ampuero, A. A., & Romero, P. L. (2020). *Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para Construcción: Una Revisión* [Universidad Peruana Unión].  
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3740>
- Anchayhua, J. L. (2021). *Elaboración de Ladrillos Ecológicos Empleando Poliestireno como Mejora a la Sismo Resistencia en Viviendas Unifamiliares, San Juan de Lurigancho-2021*. Universidad Cesar Vallejo.
- Angumba, P. J. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (pet), para mampostería no portante*. Universidad de Cuenca.
- Arbulú, D. R., & Delgado, J. L. (2019). *Elaboración de ecoladrillos para promover la reutilización de residuos inorgánicos en la institución educativa san martín de thours. Reque, 2019*. Universidad de Lambayeque.
- Barragan-Alturo, A., Duran-Siachoque, N. G., Figueroa-Gonzalez, K. A., & Rovayo-Novoa, M. X. (2017). Ecobloque Estructural para Vivienda de Interés Rural: Un Aporte Para las Comunidades en el Alto Magdalena – Colombia. *Lámpsakos*, 17, Article 17. <https://doi.org/10.21501/21454086.2214>
- Barros, M. M., Leão de Oliveira, M. F. L., Carlos da Conceição Ribeiro, R. C., Bastos, D. C., & Gomes de Oliveira, M. G. (2020). Ladrillos ecológicos a partir de residuos de piedra ornamental y resina de poliéster. *Construction and Building Materials*, 232, 117252. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117252>
- Bendezú, M. (2019). *Aplicación de ceniza de bagazo de la caña de azúcar en ladrillos ecológicos en el distrito de Puente Piedra, Lima – 2019*. Universidad Cesar Vallejo.
- Camacllanqui, O. A. (2021). *Elaboración de ladrillo ecológico a partir de residuos sólidos*

- (papel y poliestireno). Universidad Científica del Sur.
- Campos, K. L. C., Gomez, F. F. G., Montero, M. A. M., Pantoja, F. E. P., & Pasco, J. A. P. (2019). *Diseño del Proceso de Producción de Ladrillos Basados en Plástico Reciclado*. Universidad de Piura.
- Chino, L. A., & Mathios, A. C. (2020). *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos pet reutilizados y aserrín de la especie huayruro (ormosia coccinea) de las industrias madereras en Ucayali, Perú*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Coila, U. F. (2018). *PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Echeverría, E. R. E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Espíritu, J. E. (2021). *Concentración de fibras de plástico reciclado pet para la elaboración de ladrillos ecológicos en el distrito de Huánuco, Huánuco 2021*. Universidad De Huánuco.
- Farfan, J. D. (2019). *Uso de caucho reciclado y tereftalato de polietileno (PET), para la elaboración de ladrillos ecológicos a nivel artesanal en el distrito de Chorrillos*. Universidad César Vallejo.
- Febres, T. (2017). *Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Fermin, J. R., Julcamoro, P. A., Martinez, D. W., & Saccatoma, J. C. (2018). *Prototipo de eco ladrillo para la construcción de viviendas ecológicas en zonas de escasos recursos económicos, villa María del Triunfo, 2018*. Universidad Cesar Vallejo.
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., & Barrón, F. (2020). Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18, 37.
- Garzón, L. N. G., & Guzmán, L. F. G. (2019). *Ladrillo de plástico como material sostenible para la construcción*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Huachohuilca, G. I. (2019). *Propuesta para la elaboración de ladrillos ecológicos a partir*

- del cartón para el mejoramiento en losas aligeradas en la provincia de Huancayo, departamento de Junín-2017.* Universidad Continental.
- Huaman, E. C. (2016). *Elaboración de ladrillos ecológicos con plástico y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el distrito de Cajamarca 2016.* Universidad Alas Peruanas.
- ITINTEC. (1978). *Elementos de arcilla cocida ladrillos de arcilla usados en albañilería requisitos.*
- Lamrani, M., Mansour, M., Laaroussi, N., & Khalfaoui, M. (2019). Estudio térmico de ladrillos de arcilla reforzados con tres materiales ecológicos en el sur de marruecos. *Energy Procedia*, 156, 273-277. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.141>
- Leiva, D. E. L., & Reyes, J. D. R. (2017). LADRILLOS ECOLÓGICOS: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 6.
- Liu, H.-Y., Wu, H.-S., & Chou, C.-P. (2020). Study on engineering and thermal properties of environment-friendly lightweight brick made from Kinmen oyster shells & sorghum waste. *Construction and Building Materials*, 246, 118367. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118367>
- López, J. C., & Guerrero, C. A. (2020). *Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables.* Universidad Santo Tomas.
- Lopez, S. M. (2018). *Reutilización de residuos sólidos construcción con eco-ladrillos en un entorno rural educativo.* Universidad Pontificia Bolivariana.
- Marco, R. O., & Leon, H. A. (2017). *LADRILLOS CON ADICIÓN DE PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro.* <https://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Muñoz Pérez, S. P., Delgado Sánchez, J. L., & Facundo Peña, L. E. (2021). Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: Una revisión. *Cultura Científica y Tecnológica*, 18(1), 1-9. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2021.1.3.1>

- Norma E. 070. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070 albañilería*.
- Palacios, J. A. (2021). *IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE ILAVE-PUNO, 2021*. Universidad Privada San Carlos.
- Pedraza, J. F. (2019). *El uso del ladrillo ecológico como plan de mejoramiento a implementar en la empresa P&P INGENIERIA Y PROYECTOS LTDA*. Universidad de la Gran Colombia.
- Peña, E. T. (2019). *Evaluación de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico prensado manualmente de arcilla y arcilla/plástico en albañilería confinada, Chiclayo, Lambayeque 2018*. Universidad señor de sipán.
- Pipa, M. K., & Rojas, M. N. (2021). *Análisis comparativo de la resistencia del concreto elaborado con cemento Mochica y cemento Pacasmayo Portland Tipo I, en la construcción de edificaciones, en la ciudad de yurimaguas – alto Amazonas – Loreto* [Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1646/PIPA%20LECCA%20MARCOS%20KENNEDI%20Y%20ROJAS%20LINARES%20MAE%20NOFRIT%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prusty, J. K., Patro, S. K., & Basarkar, S. S. (2016). Concrete using agro-waste as fine aggregate for a sustainable built environment – A review. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), 312-333. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.06.003>
- Quispe, R. (2022). *REAPROVECHAMIENTO DE LAS CÁSCARAS DE PLÁTANO Musa paradisiaca PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO EN EL COLLAO ILAVE, 2021*. Universidad Privada San Carlos.
- Restrepo-Zapata, G. C., & Cadavid-Restrepo, C. F. (2019). Mejora del desempeño ambiental y energético de la vivienda de interés prioritario en Medellín con el uso de ladrillos cerámicos modificados. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 33-49. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a3>



- Rojas, O. J. (2019). *Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Ancón, 2019.* Universidad César Vallejo.
- Sánchez, J., & Zambrano, W. (2021). *Diseño de un ladrillo ecológico utilizando residuos de tejas para mejorar la temperatura en viviendas unifamiliares, Tarapoto 2021*". Universidad César Vallejo.
- Sánchez-Bernal, R., Pita-Castañeda, J., González-Velandia, K. D., & Hormaza-Verdugo, J. A. (2018). Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 22. <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.2>
- Susilawati, C. L., Yulius Suni, P. K., & Tjandra, E. (2020). Lock-brick system technology is an ecological building material innovation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012005>
- Usman, J., Rao, A. K., Shazim, A. M., Fazal, E. J., & Muhammad, S. Z. (2020). Sustainable incorporation of lime-bentonite clay composite for production of ecofriendly bricks. *Journal of Cleaner Production*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121469>
- Villaquirán-Caicedo, M., Hernández -Rengifo, E., Agudelo, K., Arias, J., Viera, M. C., & Carvajal, D. (2021). Evaluación del desempeño térmico de ladrillos ecoamigables con incorporación de residuos de mullita. *Ingeniería y Desarrollo - Universidad del Norte*, 39(1), 25-43. <https://doi.org/10.14482/inde.39.1.624.181>
- Zhang, J., S. Srinivasan, R., & Peng, C. (2020). Ecological Assessment of Clay Brick Manufacturing in China Using Emergy Analysis. *Buildings*, 10(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/buildings10110190>

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDADES
¿Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilave - 2023?	Elaborar ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Ilave - 2023.	Es factible la elaboración de ecoladrillos a partir de plástico PET y papel reciclado, una alternativa para la construcción de viviendas en el distrito de Ilave - 2023.	<b>V1. Variable independiente</b> Uso de plástico PET, papel reciclado, arena y cemento.	Dosis de plástico PET y papel reciclado.	Peso	g/Kg
				Tamaño de plástico PET y papel reciclado.	Granulometría (N° de mallas de las partículas)	mm
¿Cuál es la resistencia a la compresión del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee?	Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y	La resistencia a la compresión alcanzada del ladrillo ecológico al ser sometido a un ensayo de laboratorio/casero cumplirá con lo fijado		Propiedades físicas de plástico PET y papel reciclado.	Dimensiones	cm
					Compresión	Kg/cm <sup>2</sup>
					Absorción	%
					Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
				Proporción óptima de ladrillo ecológico.	Cantidad de cemento portland.	g/Kg

<b>E S P E C I F I C O</b>									
¿Cuál es la absorción del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee?	Determinar la absorción del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.	La absorción determinada del ladrillo ecológico al ser sumergido por 24 horas en agua cumplirá con lo fijado en la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.	en la norma E. 070 Albañilería según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.	<p><b>V2. Variable dependiente</b> Elaboración de ladrillo ecológico.</p>	Resistencia y confiabilidad estructural.	Cantidad de plástico PET.	g/Kg		
¿Cuál es la densidad del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado?	Calcular la densidad del ladrillo ecológico según su concentración de plástico PET y papel reciclado que posee.	La densidad calculada del ladrillo ecológico será ideal según la concentración de plástico PET y papel reciclado que posee cada unidad.	Cantidad de arena			g/Kg	Cantidad de papel reciclado	g/Kg	
						Cantidad de agua	L		
						Carga máxima.	Kg		
						Resistencia	Kg/cm <sup>2</sup>		



	al concreto		
Características físicas del ladrillo ecológico.	Dimensiones	cm	
	Compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	
	Absorción	%	
	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	

**Anexo 02:** Imágenes de materiales e insumos utilizados para la elaboración de ladrillos ecológicos.

	
<p>Molde y balanza digital.</p>	<p>Materiales principales para la elaboración de ladrillos ecológicos.</p>
	
<p>Plástico PET picado en 2 mm.</p>	<p>Papel reciclado picado en 3 mm.</p>

**Anexo 03:** Imágenes de procedimiento de elaboración de ladrillos ecológicos.

	
Pesaje de papel reciclado.	Pesaje de plástico PET
	
Mezcla de plástico PET, papel reciclado, arena, cemento y agua.	Se vierte la mezcla al molde.





**Anexo 04:** Imágenes de ensayo a la resistencia a la compresión.



Prensa digital de compresión hidráulica.



Ensayo de ruptura de ladrillo para la prueba de compresión.



Rotura de la muestra ( $M_2$ ).



Resultado de compresión de la muestra  
( $M_2$ ).



Ruptura de las tres muestras ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) de ladrillos ecológicos.

**Anexo 05:** Resultados de los ensayos a la compresión de las tres muestras de ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado.

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	ESPECIFICACIONES (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA ROTURA	ÁREA NETO (cm <sup>2</sup> )	CARGA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	LADRILLO 21.8 X 13.1 X 8.90 cm	130	12/10/23	285.08	10814	37.1
2	LADRILLO 21.90 X 13.2 X 8.90 cm	130	12/10/23	206.09	6966	31.3
3	LADRILLO 21.9 X 13.1 X 8.10 cm	130	12/10/23	288.08	7084	24.7
4	.....					
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
					Promedio	31

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS LADRILLOS ECOLÓGICOS**

**PROYECTO :** ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL REICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE -2023

**MUESTRA :** LADRILLOS ECOLÓGICOS      **TECN. RESP:** PERSONAL DE LABORATORIO

**SOLICITANTE :** Bach. RICHARD QUISPE MAQUERA      **ING. RESP:** ALFREDO ALARCON A.

**FECHA:** 12/10/2023

**OBSERVACIONES:**



**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**Anexo 06:** Imágenes de ensayo de absorción (Humedad).



Las tres muestras ( $M_1$   $M_2$   $M_3$ ) se sumergen en el agua durante 24 horas.



Peso seco de la muestra ( $M_1$ ).



Peso sumergido en agua de la muestra ( $M_1$ ) después de 24 horas.

**Anexo 07:** Formato para el ensayo de absorción de agua (Humedad) muestra ( $M_1$ ).

Fecha 09 de octubre del 2023

**PROYECTO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023”

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MUESTRA 1)** Muestra elaborada con 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado, la cual fue realizada el día 02 de octubre del año 2023.

**EQUIPOS UTILIZADOS:** Recipiente de 30 litros, calculadora y balanza digital.

N° DE ENSAYOS	DIMENSIONES (cm)			MASA SECA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	ABSORCIÓN (Humedad %)
	Largo	Ancho	Alto			
1	21.8	13.1	8.9	4.108	4.377	<b>6.54</b>
2	21.9	12.9	8.9	4.148	4.386	<b>5.73</b>
3	21.9	12.9	8.9	4.134	4.381	<b>5.97</b>
					<b>PROMEDIO</b>	<b>6.08 %</b>

**OBSERVACIONES:**

Según los resultados de humedad de las pruebas de **Muestra 1**, elaborada con 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado, la absorción para el bloque de concreto de clase P, debe tener una absorción no mayor que 12 % de absorción sugerido en la Norma Técnica Peruana E. 070.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604.

**Anexo 08:** Formato para el ensayo de absorción de agua (Humedad) muestra ( $M_2$ ).

Fecha 09 de octubre del 2023

**PROYECTO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023”

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MUESTRA 2)** Muestra elaborada con 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado, la cual fue realizada el día 02 de octubre del año 2023.

**EQUIPOS UTILIZADOS:** Recipiente de 30 litros, calculadora y balanza digital.

N° DE ENSAYOS	DIMENSIONES (cm)			MASA SECA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	ABSORCIÓN (Humedad %)
	Largo	Ancho	Alto			
1	21.9	13.2	8.9	3.847	4.163	<b>8.21</b>
2	21,9	12.9	9.9	3.878	4.174	<b>7.63</b>
3	21,8	12.8	8.9	3.856	4.179	<b>8.37</b>
					<b>PROMEDIO</b>	<b>8.07 %</b>

**OBSERVACIONES:**

Según los resultados de humedad de las pruebas de **Muestra 2**, elaborada con 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado, la absorción para el bloque de concreto de clase P, debe tener una absorción no mayor que 12 % de absorción sugerido en la Norma Técnica Peruana E. 070.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604.



**Anexo 09:** Formato para el ensayo de absorción de agua (Humedad) muestra (M<sub>3</sub>).

Fecha 09 de octubre del 2023

**PROYECTO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023”

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MUESTRA 3)** Muestra elaborada con 192 g de plástico PET y 151 g de papel reciclado, la cual fue realizada el día 02 de octubre del año 2023.

**EQUIPOS UTILIZADOS:** Recipiente de 30 litros, calculadora y balanza digital.

N° DE ENSAYOS	DIMENSIONES (cm)			MASA SECA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	ABSORCIÓN (Humedad %)
	Largo	Ancho	Alto			
1	21.9	13.1	9.1	3.175	3.586	<b>12.94</b>
2	21.9	12.9	8.9	3.227	3.601	<b>11.58</b>
3	21.9	13	8.9	3.198	3.591	<b>12.28</b>
					<b>PROMEDIO</b>	<b>12.26 %</b>

**OBSERVACIONES:**

Según los resultados de humedad de las pruebas de **Muestra 3**, elaborada con 192 g de plástico PET y 151 g de papel reciclado, la absorción para el bloque de concreto de clase P, debe tener una absorción no mayor que 12 % de absorción sugerido en la Norma Técnica Peruana E. 070.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604.

**Anexo 10:** Imágenes de ensayo de densidad.



Pesaje de las muestras (M<sub>2</sub> M<sub>3</sub>)



Sumergir las muestras al agua para calcular el volumen.

**Anexo 11:** Formato para el ensayo de densidad de la muestra ( $M_1$ ).

Fecha 08 de octubre del 2023

**PROYECTO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023”

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MUESTRA 1)** Muestra elaborada con 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado, la cual fue realizada el día 02 de octubre del año 2023.

**EQUIPOS UTILIZADOS:** Balde de 20 litros, regla graduada, calculadora y balanza digital.

N° DE ENSAYOS	DIMENSIONES (cm)			PESO SECO (kg)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
	Largo	Ancho	Alto			
1	21.8	13.1	8.9	4.148	2.250	<b>1.843</b>
2	21.9	12.9	8.9	4.108	2.210	<b>1.859</b>
3	21.9	12.9	8.9	4.134	2.225	<b>1.858</b>
					<b>PROMEDIO</b>	<b>1.853 kg/m<sup>3</sup></b>

**OBSERVACIONES:**

Según los resultados de densidad de las pruebas de **Muestra 1**, elaborada con 64 g de plástico PET y 85 g de papel reciclado, para calcular la densidad primero se pesó en la balanza digital en (kg) y en un balde de 20 litros se colocó 7 litros de agua y luego se

introduce la muestra hasta que quede completamente sumergido registrar cuánto sube el nivel del agua con una regla y finalmente se aplica la fórmula.

Los procedimientos de densidad de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604.

**Anexo 12:** Formato para el ensayo de densidad de la muestra ( $M_2$ ).

Fecha 08 de octubre del 2023

**PROYECTO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023”

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MUESTRA 2)** Muestra elaborada con 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado, la cual fue realizada el día 02 de octubre del año 2023.

**EQUIPOS UTILIZADOS:** Balde de 20 litros, regla graduada, calculadora y balanza digital.

N° DE ENSAYOS	DIMENSIONES (cm)			PESO SECO (kg)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
	Largo	Ancho	Alto			
1	21.9	13.2	8.9	3.878	2.100	<b>1.846</b>
2	21.9	12.9	8.9	3.847	2.145	<b>1.793</b>
3	21.8	12.8	8.9	3.856	2.180	<b>1.769</b>
					<b>PROMEDIO</b>	<b>1.803 kg/m<sup>3</sup></b>

**OBSERVACIONES:**

Según los resultados de densidad de las pruebas de **Muestra 2**, elaborada con 128 g de plástico PET y 123 g de papel reciclado, para calcular la densidad primero se pesó en la balanza digital en (kg) y en un balde de 20 litros se colocó 7 litros de agua y luego se

introduce la muestra hasta que quede completamente sumergido registrar cuánto sube el nivel del agua con una regla y finalmente se aplica la fórmula.

Los procedimientos de densidad de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604.

**Anexo 13:** Formato para el ensayo de densidad de la muestra (M<sub>3</sub>).

Fecha 08 de octubre del 2023

**PROYECTO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO PET Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE ILAVE - 2023”

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MUESTRA 3)** Muestra elaborada con 192 g de plástico PET y 151 g de papel reciclado, la cual fue realizada el día 02 de octubre del año 2023.

**EQUIPOS UTILIZADOS:** Balde de 20 litros, regla graduada, calculadora y balanza digital.

N° DE ENSAYOS	DIMENSIONES (cm)			PESO SECO (kg)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
	Largo	Ancho	Alto			
1	21.9	13.1	9.1	3.227	2.000	<b>1.614</b>
2	21.9	12.9	8.9	3.175	1.915	<b>1.658</b>
3	21.9	13	8.9	3.198	1.955	<b>1.636</b>
					<b>PROMEDIO</b>	<b>1.636 kg/m<sup>3</sup></b>

**OBSERVACIONES:**

Según los resultados de densidad de las pruebas de **Muestra 3**, elaborada con 192 g de plástico PET y 151 g de papel reciclado, para calcular la densidad primero se pesó en la balanza digital en (kg) y en un balde de 20 litros se colocó 7 litros de agua y luego se



introduce la muestra hasta que quede completamente sumergido y registrar cuánto sube el nivel del agua con una regla y finalmente se aplica la fórmula.

Los procedimientos de densidad de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604.

**Anexo 14:** Protocolo para el procedimiento para muestreo y ensayo, resistencia a la compresión, absorción y densidad.

---

**NORMA TÉCNICA** **NTP 399.604**  
**PERUANA** **2002**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

## UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

MASONRY UNITS. Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units

**2002-12-05**  
**1ª Edición**

R.0130-2002/INDECOPI-CRT Publicada el 2002-12-15  
I.C.S.: 91.100.01

Precio basado en 16 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, resistencia a la compresión, unidades de albañilería de concreto, densidad, espesor equivalente, espesor equivalente del tabique, cara lateral, contenido de agua, espesor del tabique, tabique

## ÍNDICE

		página
	ÍNDICE	i
	PREFACIO	ii
1.	OBJETO	1
2.	REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3.	CAMPO DE APLICACIÓN	1
4.	DEFINICIONES	2
5.	MUESTREO	2
6.	MEDICION DE DIMENSIONES	3
7.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	4
8.	ABSORCIÓN	9
9.	CÁLCULOS	10
10.	INFORME	13
11.	ANTECEDENTE	16

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a setiembre del 2002, utilizando como antecedente la ASTM C 140:1997 Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2002-09-24, el PNTP 399.604:2002 para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2002-10-04. No habiéndose presentado observaciones fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto**, 1ª Edición, el 15 de diciembre del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana tomó en su totalidad la ASTM C 140:1997 Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TECNICA PERUANA

Secretaría	SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardales - SENCICO
Secretaría	Gabriela Esparza - SENCICO
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Firth Industries Perú S.A.	María Inés Castillo
Ladrillos LARK	Rubén Aspilcueta

Cementos Pacasmayo S.A.A.	Rosaura Vasquez
Compañía Minera Luren S.A. LA CASA	Gerardo Jauregui
Unión de Concreteras S.A. UNICON	María Teresa Siemund
Grupo HUACHIPA	Javier Vargas
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Carlos Carbajal
Pontificia Universidad Católica del Perú	Francisco Ginocchio Gladys Villagarcía
Universidad Nacional de Ingeniería	Javier Moreno Rafael Cachay
Universidad Ricardo Palma	Victor Edgardo Venero Liliana Chavarria
Ladrillos Piramide	Gisela Silva
Colegio de Ingenieros del Perú	Ana Biondi
ASOCEM	Manuel Gonzales de la Cotera

--0000000--

## UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

### 1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### 2.1 Norma Técnica Peruana

NTP 339.035:1999	HORMIGÓN (Concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams
------------------	--

#### 2.2 Normas Técnicas de Asociación

2.2.1	ASTM E 4:2001	Standard practices for force verification of testing machines
-------	---------------	---

- 2.2.2      ASTM E 6:1999e2      Standard terminology relating to methods of mechanical testing

### 3.            CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al control de calidad de los bloques de concreto con huecos, utilizados como unidades de albañilería estructural y no estructural y a los ladrillos de concreto.

### 4.            DEFINICIONES

Para los efectos de la presente Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones dadas en las NTP 399.602 y NTP 399.601.

### 5.            MUESTREO

#### 5.1           Selección de los especímenes para los ensayos

5.1.1      Para propósito de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto serán seleccionadas por el comprador y el vendedor o sus representantes de acuerdo a lo establecido por un método aceptado para el muestreo aleatorio que acuerden o adopten. En todo caso las unidades deberán ser seleccionadas utilizando una tabla estadística de números aleatorios. Se deberá tener cuidado para que no se modifiquen las características de las unidades. Los especímenes serán representativos del lote total de unidades de los cuales han sido seleccionados. Si los especímenes para el ensayo son seleccionados en obra, las unidades para el ensayo del contenido de humedad serán muestreadas de la remesa del comprador y colocadas en un envase sellado hasta que el peso recibido ( $W_r$ ) sea determinado de acuerdo con el ítem 4.3.2. Los especímenes seleccionados tendrán configuración y dimensiones similares.

5.1.2      El término "lote" se refiere a cualquier número de unidades de albañilería de

concreto de cualquier configuración o dimensión fabricado por el productor usando los mismos materiales, diseño de mezcla de concreto, proceso de fabricación, y método de curado.

## **5.2 Número de especímenes**

Para determinar la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad, se seleccionarán seis unidades de cada lote de 10 000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, se seleccionarán seis unidades por cada 50 000 unidades o fracción. Especímenes adicionales se pueden tomar por acuerdo del comprador y el vendedor.

## **5.3 Identificación**

5.3.1 Marcar cada espécimen de manera que puedan ser identificados en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5 % del área superficial del espécimen.

5.3.2 Pesar las unidades para los ensayos del contenido de humedad inmediatamente después de muestreadas, marcar y registrar como  $W_r$  (peso recibido).

## **6. MEDICIÓN DE DIMENSIONES**

### **6.1 Aparatos**

Medir todas las dimensiones con una regla de acero graduada en divisiones de 1,0 mm . Los espesores de las paredes laterales y los tabiques se medirán con un calibre Vernier (pie de rey), graduado en divisiones de 0,4 mm y con quijadas paralelas de no menos de 12,7 mm ni más de 25,4 mm de longitud.



## 6.2 Especímenes

Se medirán tres unidades enteras para el ancho, la altura, longitud, y los espesores mínimos de las paredes laterales y tabiques.

NOTA 1: Los mismos especímenes podrán utilizarse en otros ensayos.

## 6.3 Dimensiones

6.3.1 Para cada unidad, se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara, y la longitud (L) en la altura media de cada cara.

6.3.2 Para cada unidad, se medirá el espesor de la pared lateral y el espesor del tabique en la parte más delgada de cada elemento a 12,7 mm encima del plano de la cama de mortero y a la división más cercana de la regla o calibrador. Cuando la parte más delgada lateral opuesta de la pared difiera en espesor por lo menos en 3,0 mm, promediar sus medidas para determinar el espesor mínimo de pared lateral de la unidad. No considerar los surcos de la banda, los empalmes simulados, y detalles similares en las mediciones.

## 7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

### 7.1. Aparatos

7.1.1 **Máquina de ensayo:** La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero ( Véase NOTA 2), uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen de albañilería, y la otra un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen. Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir la sección del espécimen de albañilería refrentado, se colocará entre éstos y el espécimen placas de acero que cumplan los requisitos del apartado 7.1.2, después que el centroide de la superficie de apoyo de la albañilería se haya alineado con el centro de la rótula (Véase el apartado 7.4.1).

**7.1.2 Bloques de soporte de acero y platos:** Las superficies de los bloques de soporte de acero y las placas no se apartarán de un plano por más de 0,025 mm en cualquier dimensión de 152,4 mm . El centro de la esfera de la rótula coincidirá con el centro de su cara de apoyo. Si se utiliza placa de apoyo, el centro de la esfera de la rótula reposará en una línea que pasa verticalmente a través del centroide de la cara de apoyo del espécimen. El plato de la rótula podrá girar en cualquier dirección. El diámetro de la cara de los bloques de soporte será por lo menos de 152,4 mm . Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir el área del espécimen, se colocará entre éstos y el espécimen refrentado, placas de acero con un espesor no menor de 25,4 mm . La longitud y el ancho de la placa de acero serán de por lo menos 15 mm mayor que la longitud y ancho del espécimen.

NOTA 2: Es deseable que las caras de apoyo de los bloques y placas usadas para la prueba de la compresión de hormigón (concreto) de albañilería tengan una dureza Rockwell de no menos que HRC 60 (BHN 620).

## 7.2 Especímenes de prueba

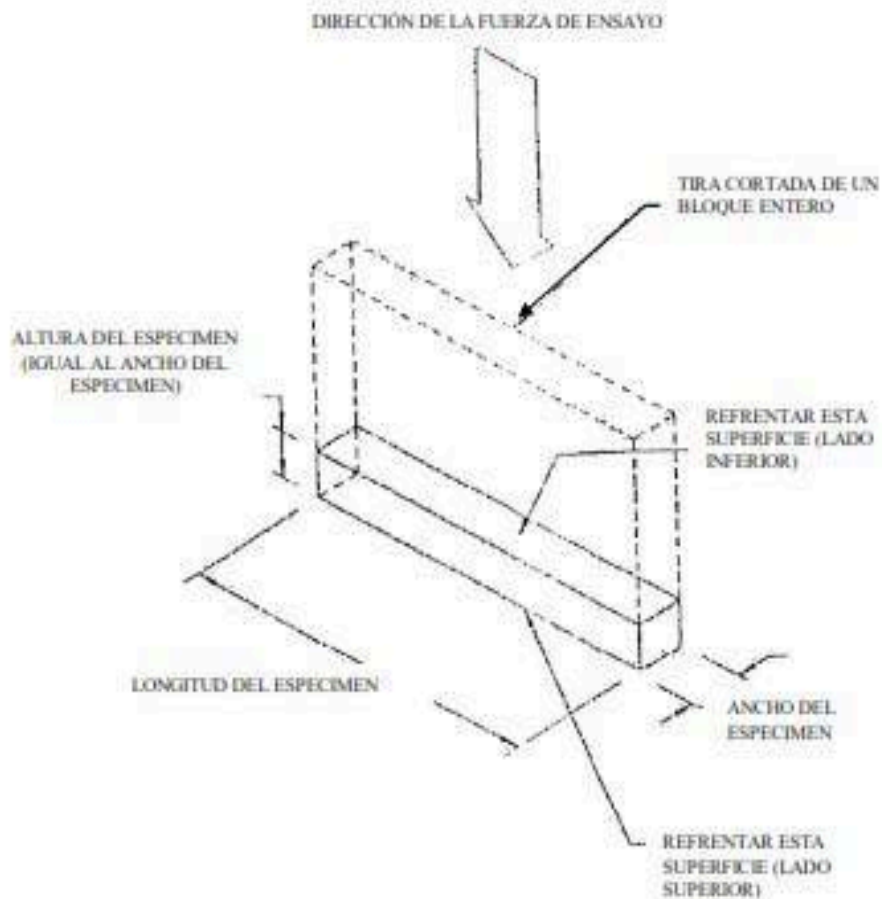
**7.2.1** De las seis unidades muestreadas, tres serán ensayadas en compresión. Después de la llegada al laboratorio, almacene (no apiladas y separadas por no menos de 13 mm en todas sus lados) en aire a una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de menos de 80 % por no menos de 48 horas. Alternativamente, si los resultados de la compresión son requeridos prontamente, almacene unidades no apiladas en el mismo ambiente descrito arriba con una corriente de aire proporcionada por un ventilador eléctrico que pase sobre ellas por un periodo no menor de 4 horas. Se continúa hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida no mayor que 0,2 % del peso previo determinado del espécimen y hasta que ninguna humedad o mancha de humedad sea visible sobre cualquiera de las superficies de la unidad. Los especímenes no serán sometidos a secado en horno. Los especímenes serán unidades enteras excepto según lo modificado en los apartados 7.2.2 hasta 7.2.4.

NOTA 3: En este método de ensayo, el área neta (con excepción de ciertas unidades sólidas, véase el apartado 9.4) se determina con otros especímenes distintos de los sujetos al ensayo de compresión. El método de la resistencia a la compresión se basa en la asunción que las unidades utilizadas para determinar el volumen neto (especímenes de absorción) tienen el mismo volumen neto que las unidades usadas para el ensayo de compresión. Las unidades con caras partidas, que tienen superficies irregulares, se deben separar al mismo tiempo que son muestreadas del lote, de tal modo que los especímenes del ensayo de absorción tengan un volumen neto que sea visualmente representativo y un peso que sea representativo de los especímenes del ensayo de compresión.

7.2.2 Las proyecciones sin apoyo que tienen una longitud mayor que su espesor serán removidas por cortadora. Para unidades con tabiques rebajados, se cortarán las caras laterales al mismo nivel para proporcionar una superficie de sustento completa sobre la sección transversal neta de la unidad. Cuando la altura de la unidad que resulta quede reducida por más de un tercio de la altura original de la unidad, la unidad cortada será ensayada de acuerdo con el apartado 7.2.4.

7.2.3 Cuando las unidades enteras para el ensayo de compresión sean demasiado grandes para los bloques de la máquina de ensayo o excedan la capacidad de carga de la misma, cortar las unidades para adecuarlas correctamente con las capacidades de la máquina de ensayo. El espécimen resultante no tendrá proyecciones de las caras laterales ni tabiques irregulares y constará de celda o celdas completas de 4 caras. La resistencia a la compresión del segmento será considerada como la resistencia a la compresión de la unidad entera.

7.2.4 Cuando las unidades del ensayo de compresión tengan dimensiones y formas inusuales (tales como, pero no limitadas a, unidades en enlace de vigas, unidades del extremo abierto, y unidades de pilastras), los especímenes serán aserrados para quitar cualquier proyección de la cara lateral. El espécimen resultante será una celda o celdas que contienen cuatro caras que aseguren una superficie de apoyo del 100 %. Cuando el corte no de lugar a una unidad con cuatro lados, el espécimen será un segmento cortado de la cara lateral de cada unidad. Este segmento cortado tendrá una relación altura espesor de 2 a 1 antes del refrentado y una relación de longitud a espesor de 4 a 1. El segmento será cortado de la unidad de modo que su altura esté en la misma dirección que la altura de la unidad entera. La resistencia a la compresión del segmento será la resistencia a la compresión del área neta de la unidad entera.



**FIGURA 1 - Esquema de ensayo de compresión**

7.2.5 Para el ensayo de resistencia a la compresión de segmentos cortados de muros, los especímenes ensayados serán no menos del 75 % sólidos y tendrán una relación de altura a espesor de no menos que 1:1 y no más que 2:1. Si es necesario el corte del espécimen en el ensayo, será realizado de acuerdo con los apartados 7.2.3 y 7.2.6.

7.2.6 El aserrado será realizado de una manera exacta y competente sometiendo al espécimen a la mínima vibración posible de la sierra. Utilizar una sierra de diamante con dureza apropiada. Si el espécimen se moja durante el aserrado, permita que el espécimen se seque a las condiciones del aire del laboratorio antes del ensayo utilizando los procedimientos indicados en el apartado 7.2.1.

7.2.7 Si los especímenes del ensayo de compresión han sido cortados de unidades enteras de acuerdo con las provisiones de los apartados 7.2.2 a 7.2.4 y el área neta de compresión de los especímenes de prueba no puede ser determinada por el apartado 9.4.1, cortar tres unidades adicionales con las dimensiones y configuración de los tres especímenes del ensayo de compresión. El área neta promedio de los especímenes de compresión cortados será el promedio del área neta de las tres unidades adicionales cortadas calculada de acuerdo a lo referido en el apartado 9.4. Los volúmenes netos calculados de los especímenes cortados no deberán usarse en el cálculo del espesor equivalente.

### 7.3 Refrentado de los especímenes de prueba

7.3.1 Refrentar las superficies de apoyo de las unidades por uno de los métodos de los apartados 7.3.2 ó 7.3.3.

7.3.2 Azufre y materiales granulares: Extender uniformemente en una superficie de refrentado no absorbente que haya sido cubierta ligeramente con aceite (Véase NOTA 5) o rociada con una capa de TFE – fluoro- carbono. Utilizar mezclas preparadas por el propietario o el laboratorio de 40 % a 60 % de azufre por peso, el resto es bentonita molida convenientemente u otro material inerte que pase por el tamiz N° 100 ( 150  $\mu\text{m}$ ) con o sin plastificante. Calentar la mezcla de azufre en una olla de calefacción controlada por termostato a una temperatura suficiente para mantener la fluidez después del contacto con la superficie de refrentado. Tener cuidado para evitar el sobrecalentamiento, y revolver el líquido en la olla momentos antes de su uso. La superficie de refrentado será plana dentro de los 0,08 mm en 406,4 mm y será lo suficientemente rígida para no flexionarse durante la operación de refrentado. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa superficial del refrentado para formar un molde rectangular aproximadamente de 12,7 mm mayor en cualquier dimensión interior que la unidad de albañilería. Llene a una profundidad de 6,4 mm con material fundido de azufre. Lleve la superficie de la unidad para ser refrentada rápidamente en contacto con el líquido e inserte el espécimen, manteniéndolo de modo que su eje sea perpendicular a la superficie del líquido de refrentado. Permitir que la unidad no sea perturbada hasta que la solidificación este completa. Permitir que el refrentado enfrie por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes. No se permitirá el parchado del refrentado. Quitar los refrentados imperfectos y substituirlos por nuevos.

NOTA 4: El uso del aceite en las placas de refrentado puede ser omitido si se encuentra que la placa y la unidad pueden ser separadas sin dañar el refrentado.

**7.3.3 Refrentado con yeso-cemento:** Extender uniformemente en una superficie de refrentado no absorbente que haya sido cubierta ligeramente con aceite (Véase NOTA 4) o rociado con una capa de TFE-fluorocarbono, una pasta de yeso-cemento de alta resistencia (Véase NOTA 5) y agua. Este yeso-cemento cuando esté mezclado con agua a la consistencia de refrentado, tendrá una resistencia a la compresión a las 2 horas no menor de 24,1 MPa ensayada en cubos de 50,8 mm. La superficie de la placa del bastidor estará conforme con los requisitos descritos en el apartado 7.3.2. Poner la superficie de la unidad para ser refrentada en contacto con la pasta de refrentado; presionar firmemente hacia abajo el espécimen con un solo movimiento, manteniéndolo de modo que su eje sea perpendicular a la superficie de refrentado. El espesor medio del refrentado no excederá de 3,2 mm. No se permitirá el parchado del refrentado. Retirar capas imperfectas y reemplazar con capas nuevas. El refrentado se realizará al menos 2 horas antes del ensayo de los especímenes.

NOTA 5: Los dos yeso-cementos siguientes se consideran dentro de esta clasificación: yeso-cemento blanco Hydrostone e Hydrocal. Otros yeso-cementos no deben ser utilizados a menos que se demuestre por ensayos estar dentro de los requerimientos del ensayo de resistencia.

## 7.4 Procedimiento

**7.4.1 Colocación de los especímenes:** Ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo (Véase NOTA 6). A excepción de unidades especiales para uso con sus paredes en una dirección horizontal, ensayar todas las unidades huecas de la albañilería de concreto con sus paredes en dirección vertical. Las unidades de albañilería que sean 100 % sólidas y unidades huecas especiales previstas para su uso, ensayarlas con sus huecos en dirección horizontal, en la misma dirección de servicio.

NOTA 6: Para las unidades de albañilería que sean simétricas respecto a un eje, la localización del eje puede ser determinada geométricamente dividiendo la dimensión perpendicular a ese eje (pero en el mismo plano) por dos. Para unidades de albañilería que sean asimétricas respecto a un eje, la localización de ese eje puede ser determinada balanceando la unidad de albañilería sobre el borde de un cuchillo o una barra metálica colocada paralela a dicho eje. Si se utiliza una barra de metal, la barra será recta, cilíndrica (capaz de rodar libremente en una superficie plana), tener un diámetro de no menos de 6,4 mm y no más que 19,1 mm, y su longitud sobrepasará cada extremo del espécimen cuando está colocado sobre ella. La barra de metal será colocada sobre una superficie lisa y plana. Determinado el eje centroidal será marcado en el extremo de la unidad usando un lápiz o etiqueta de plástico que tenga un ancho de marca no mayor que 1,3 mm. Una barra de chuceo usada para la consolidación del concreto y para el ensayo de asentamiento conformadas de acuerdo con la NTP 339.035 se utiliza a menudo como barra de balanceo.

**7.4.2 Condición de humedad de los especímenes:** Cuando se ensayen los especímenes, estarán libres de humedad visible o manchas de humedad.

**7.4.3 Velocidad de ensayo:** Aplicar la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad conveniente, después ajustar los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.

**7.4.4 Carga máxima:** Registrar la carga de compresión máxima en Newtons como  $P_{m\acute{a}x}$ .

## 8. ABSORCIÓN

**8.1 Aparato:** La balanza utilizada será sensible dentro del 0,5 % del peso del espécimen más pequeño probado.

**8.2 Ensayo de especímenes:** Se utilizarán tres unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas, y registradas de acuerdo con el apartado 5.3.2. Las pruebas serán realizadas en unidades enteras cuando los resultados de la prueba deben ser utilizados para determinar el contenido de humedad de acuerdo con el apartado 9.2 o espesor equivalente de acuerdo con el apartado 9.7.

**8.2.1** Las pruebas serán realizadas en unidades enteras o especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de piezas reducidas serán considerados como representativas de la unidad entera. La razón de la reducción será incluida en el informe del ensayo.

### 8.3 Procedimiento

**8.3.1 Saturación:** Sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15,6 °C a 26,7 °C por 24 horas. Pesar los especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y sumergidos totalmente en agua y registrar  $W_i$  (peso sumergido).

Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9,5 mm, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo; pesar y registrar como  $W_s$  (peso saturado).

**8.3.2 Secado:** Subsecuente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0,2 % del peso último previamente determinado del espécimen. Registrar los pesos de los especímenes secados  $W_d$  (peso secado al horno).

## 9. CÁLCULOS

**9.1 Absorción:** Calcular la absorción como sigue:

$$\text{Absorción, kg/m}^3 = [ ( W_s - W_d ) / ( W_s - W_i ) ] \times 1000,$$

$$\text{Absorción, \%} = [ ( W_s - W_d ) / W_d ] \times 100 \quad (1)$$

donde:

$W_s$  = peso saturado del espécimen, (kg)

$W_i$  = peso sumergido del espécimen, (kg)

$W_d$  = peso seco al horno del espécimen, (kg).

**9.2 Contenido de humedad:** Calcular el contenido de humedad como sigue:

$$\text{Contenido de humedad, \% de absorción total} = [ ( W_r - W_d ) / ( W_s - W_d ) ] \times 100 \quad (2)$$

donde:

$W_r$  = peso recibido de la unidad, (kg),

$W_d$  = peso seco al horno de la unidad, (kg), y

$W_s$  = peso saturado de la unidad, (kg)



**9.3 Densidad:** Calcular la densidad seca al horno como sigue:

$$\text{Densidad (D), kg/m}^3 = [ W_d / (W_s - W_i) ] \times 1000 \quad (3)$$

donde:

$W_d$  = peso seco al horno del espécimen, (kg).

$W_s$  = peso saturado del espécimen, (kg), y

$W_i$  = peso sumergido del espécimen, (kg).

**9.4 Área neta media:** Calcular el área neta media como sigue:

$$\text{Volumen neto (Vn), mm}^3 = W_d / D = (W_s - W_i) \times 10^4 \quad (4)$$

$$\text{Área Neta Media (An), mm}^2 = V_n / H$$

donde:

$V_n$  = volumen neto del espécimen.

$W_d$  = peso seco al horno del espécimen, kg (Véase el apartado 8.3.2),

$D$  = Densidad seca al horno del espécimen,  $\text{kg/m}^3$  (Véase el apartado 9.3),

$W_s$  = peso saturado del espécimen, kg (Véase el apartado 8.3.1),

$W_i$  = peso sumergido del espécimen, kg (Véase el apartado 8.3.1).

$A_n$  = área neta media del espécimen,  $\text{mm}^2$ , y

$H$  = altura media del espécimen, mm (Véase el apartado 5.3.2).

**9.4.1** A excepción de los especímenes de forma irregular, tales como aquellos con superficies con hendiduras, calcular el área neta de los segmentos de ensayo y aquellos especímenes cuyas áreas de la sección transversal neta en cada plano paralelo a la superficie de apoyo sea el área bruta de la sección transversal medida en el mismo plano, como sigue:

$$\text{Área neta (An), mm}^2 = L \times W \quad (5)$$

donde:

$A_n$  = área neta del segmento de ensayo o espécimen,  $\text{mm}^2$ ,  
 $L$  = longitud promedio del segmento de ensayo del espécimen, mm, y  
 $W$  = anchura promedio del segmento de ensayo o espécimen, mm

**TABLA 1 - Factores de corrección de la relación altura a espesor para los ensayos de compresión en segmentos de unidades de muros de contención**

$h/t^A$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
<b>Factor de corrección</b>	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00

<sup>A</sup>  $h/t$  = relación de altura del espécimen a la menor dimensión lateral medida.

**9.5** **Área bruta:** Calcular el área bruta como sigue:

$$\text{Área bruta } (A_g), \text{ mm}^2 = L \times W \quad (6)$$

donde:

$A_g$  = área bruta del espécimen,  $\text{mm}^2$ ,  
 $L$  = longitud promedio del espécimen, mm (Véase el apartado 6.3.2), y  
 $W$  = ancho promedio del espécimen, mm (véase el apartado 6.3.2).

El área bruta de la sección transversal de un espécimen es el área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga, incluyendo áreas dentro de las celdas y espacios recentrantes, a menos que estos espacios vayan a ser ocupados por porciones de la albañilería adyacente.

**9.6** **Esfuerzo de compresión**

**9.6.1** **Esfuerzo de compresión del área neta:** Calcular el esfuerzo de compresión del área neta del espécimen como sigue:

$$\text{Esfuerzo de compresión del área neta, MPa} = P_{\text{max}} / A_n \quad (7)$$

donde:

$P_{\text{máx}}$  = carga de compresión máxima, N (Véase el apartado 6.4.3), y  
 $A_n$  = área neta promedio del espécimen,  $\text{mm}^2$  (Véase el apartado 9.4)

**9.6.2 Esfuerzo de compresión del área bruta:** Calcular el esfuerzo de compresión del área bruta del espécimen como sigue:

$$\text{Esfuerzo de compresión del área bruta, MPa} = P_{\text{max}} / A_g \quad (8)$$

donde:

$P_{\text{max}}$  = carga, (N), y  
 $A_g$  = área bruta del espécimen,  $\text{mm}^2$

**9.6.3 Resistencia a la compresión del área neta corregida para especímenes cortados de muros de contención:** Multiplique la fuerza de compresión del área neta calculada de cada espécimen por el factor de corrección de la relación altura a espesor de la tabla 1.

**9.7 Espesor equivalente del tabique:** El espesor equivalente del tabique de cada unidades igual a la suma de los espesores medidos de todos los tabiques en la unidad multiplicada por 12 y dividida por la longitud de la unidad.

NOTA 7: El espesor equivalente del tabique no se aplica a la porción de la unidad que se llenará con lechada. La longitud de esa porción se debe deducir de la longitud total de la unidad.

**9.8 Espesor equivalente:** El espesor equivalente para la albañilería de concreto se define como el espesor promedio del material sólido en la unidad y se calcula como sigue:

$$T_e, \text{ mm} = [ V_n / (L \times H) ] \quad (9)$$

donde:

$T_e$  = espesor equivalente, mm,  
 $V_n$  = volumen neto promedio de unidades enteras,  $\text{mm}^3$ ,  
 $L$  = longitud promedio de las unidades enteras, mm, y  
 $H$  = altura promedio de las unidades enteras, mm.

**10. INFORME**

10.1 Un informe completo incluirá lo siguiente:

10.1.1 La resistencia a la compresión del área bruta con aproximación a las 0,1 MPa por separado para cada espécimen y como el promedio para de especímenes según lo determinado por el apartado 9.6.1.

a) Para las unidades segmentadas de muros, reportar la resistencia a la compresión con aproximación a 0,1 MPa, la relación altura espesor, y la resistencia a la compresión corregida por separado para cada espécimen según lo determinado por el apartado 9.6. También, reportar la resistencia a la compresión del promedio corregida para el conjunto de tres especímenes.

10.1.2 La absorción y la densidad resultante por separado para cada unidad y como el promedio para las tres unidades según lo determinado por los apartados 9.1 y 9.3. También, en caso sea necesario, reportar la razón de la reducción de medida de los especímenes utilizados en el ensayo de absorción.

10.1.3 El ancho, la altura, y la longitud promedios de cada espécimen según lo determinado por el apartado 6.3.2.

10.1.4 El espesor mínimo de la pared lateral del bloque como promedio de las medidas en cada uno de los tres especímenes según lo determinado en el apartado 6.3.2.

10.1.5 El espesor mínimo del tabique como promedio del espesor mínimo del tabique registrado para cada uno de tres especímenes según lo determinado en el apartado 6.3.2.

10.1.6 El espesor equivalente del tabique como promedio de tres especímenes según lo determinado por el apartado 9.7.

---

NORMA TECNICA  
PERUANA

---

NTP 399.604  
16 de 16

10.1.7 El espesor equivalente como promedio de tres especímenes según lo determinado en el apartado 9.8 cuando sea requerido.

El contenido de humedad como promedio de tres especímenes según lo determinado en el apartado 9.2 cuando sea requerido.

## 11. ANTECEDENTE

ASTM C 140:1997

Standard test methods of sampling and testing  
concrete masonry units