

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS - DIEGO REVILLA (Doc.Final).docx**

RECUENTO DE PALABRAS

**31854 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**171302 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**197 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**84.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 16, 2024 2:33 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Oct 16, 2024 2:36 PM GMT-5****● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( X )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (   )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: Revilla Pachas Diego Enrique
D.N.I.: 75332534
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: 966392639
e-mail: revilladiego23@gmail.com / 2016100267@untels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: Tesis
Título Profesional otorgado: INGENIERO AMBIENTAL

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: "PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS DE ECOLADRILLOS ELABORADOS CON POLIETILENO TEREFTALATO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA EN CLIMAS HÚMEDOS DE VILLA EL SALVADOR"
Fecha de Sustentación: 23 de septiembre del 2024
Calificación: Aprobado por unanimidad
Año de Publicación: 2024

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  X  No autorizo \_\_\_\_\_

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

REVILLA PACHAS DIEGO ENRIQUE

APELLIDOS Y NOMBRES

75332534

DNI

Firma y huella:



Lima, 28 de octubre del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS DE ECOLADRILLOS  
ELABORADOS CON POLIETILENO TEREFTALATO PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA EN CLIMAS HÚMEDOS DE VILLA  
EL SALVADOR”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

REVILLA PACHAS, DIEGO ENRIQUE

ORCID: 0009-0004-5757-6577

**ASESOR**

Ph. D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTE

ORCID: 0000-0003-2411-0223

**Villa El Salvador**

**2024**



**DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

En Villa El Salvador, siendo las 11:30 horas del día 23 de setiembre del año 2024 reunidos en instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur., los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

**PRESIDENTE:** Dra. CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN ORCID N° 0000-0003-4844-2281 Colegiatura N° 5179  
**SECRETARIO:** Dr. JULIO CESAR BRACHO PEREZ ORCID N° 0000-0001-9563-9429 Colegiatura N° 721  
**VOCAL** : MSc. ALEX S. ARMAS BLANCAS ORCID N° 0000-0003-0168-3467 Colegiatura N° 42125

Nombrados por Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 681-2023-UNTELS-R-D de fecha 13 de octubre del 2023, quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Tesis e invitan al **ASESOR:** Ph. D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE DNI N° 20054374 y N° Colegiatura 68273 a estar presente en la Sustentación Presencial.

Acto seguido, el aspirante al: Grado de Bachiller  Título Profesional

Don(ña): **DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS** identificado(a) con D.N.I. N° 75332534, procedieron a la Sustentación de :

Trabajo de investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y MECÁNICOS DE ECOLADRILLOS ELABORADOS CON POLIETILENO TEREFTALATO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERIA EN CLIMAS HÚMEDOS DE VILLA EL SALVADOR”

Autorizado mediante Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 015-2024-UNTELS-R-D de fecha 12 de enero del 2024, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigente, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante... Aprobado ... por... Unanimidad ..., con la nota de: 15 ..... De acuerdo al Art. 57° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
15	Quince	Aprobado por Unanimidad	Buena

Siendo las 13:00 horas del día 23 de setiembre del 2024, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación y con firma del sustentante en señal de conformidad;

Dra. CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN  
PRESIDENTE

Dr. JULIO CESAR BRACHO PEREZ  
SECRETARIO

MSc. ALEX SEGUNDINO ARMAS BLANCAS  
VOCAL

DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
SUSTENTANTE

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fuerza, protección y salud.

A mi familia, en especial a mis padres Maritza y Enrique, por su amor eterno, comprensión, apoyo incondicional y sacrificio diario para darme lo mejor de esta vida.

A mi hermana Carol, quien sirvió como motivación para seguir superándome, y así, darle un buen ejemplo a conseguir sus propias metas.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo de forma incondicional en todas las etapas de mi vida académica y profesional.

A mi asesor de tesis Robert Richard Rafael Rute, por acceder ser mi asesor de tesis y acompañarme en este camino.

A Felicia Soto, por brindarme su apoyo de manera incondicional, y poder hacer posible llegar a mi objetivo.

A mi alma mater “UNTELS” y a sus docentes, por brindarme una integra formación profesional; así como también, brindarme las facilidades para el uso de sus laboratorios para la realización de la presente tesis.



## RESUMEN

La presente investigación pretende demostrar la eficiencia de los eco-ladrillos, elaborados con fibras trituradas de PET a diferentes dosificaciones, ante las propiedades físicas, químicas y mecánicas del ladrillo comercial de arcilla y el ladrillo patrón para aquellas condiciones de intemperismo exigentes como es en el distrito de Villa el Salvador; para ello se trabajó en dos Fases, la primera que tuvo que ver con el diseño y elaboración del ladrillo patrón, en donde se estableció la dosificación óptima entre cemento y arena para posteriormente en base a ello trabajar la Fase dos. En la segunda fase se diseñó y se elaboró el eco-ladrillo a cuatro dosificaciones diferentes (5%, 15%, 25% y 35%), tomando como cimiento la relación 1 – 2 entre cemento y arena respectivamente resultante de la fase 1; asimismo, la fabricación se vio también influenciada por el cálculo de las cantidades de mezcla (cemento, arena, agua y fibras PET) así como la corrección por humedad, acorde a las medidas del molde planteado. Los resultados obtenidos arrojaron que para el ensayo de resistencia a la compresión el Eco-ladrillo con 5% de fibras de PET obtuvo un valor promedio de  $198.70 \text{ kg/cm}^2$ , considerado como ladrillo tipo V, muy superior al ladrillo de arcilla  $158.98 \text{ kg/cm}^2$  y al ladrillo patrón  $170.48 \text{ kg/cm}^2$ , ambos considerados como ladrillos tipo IV; en esa misma línea, los resultados del ensayo de absorción y absorción máxima fueron los más resaltantes y validados normativamente para el eco-ladrillo con 5% de fibras de PET, arrojando un valor promedio de 2.21% y 2.50% respectivamente, considerado reiterativamente como ladrillo tipo V, en comparación con el ladrillo de arcilla con un valor promedio resultante de 10.54% y 12.31% respectivamente cumpliendo también las especificaciones mínimas para las unidades de albañilería de arcilla y considerado nuevamente como ladrillo tipo IV. El ensayo del coeficiente de saturación tuvo éxito para los eco-ladrillos con 5%; 15% y 25% de fibras de PET, así como también para el de arcilla arrojando valores menores o iguales a 0,88 siendo todos ellos resistentes frente a condiciones de intemperismo exigentes; por último, los resultados obtenidos de la prueba de eflorescencia determino que los eco-ladrillos reaccionan positivamente ante la escasa o ligera generación de sales en las caras y costados de los mismos, en comparación con los ladrillos de arcilla.

**Palabras claves:** *Eco-ladrillo, Polímero, Polietileno tereftalato, sustentable, Unidades de albañilería, Residuos, Gases de efecto invernadero, Humedad.*

## ABSTRACT

The present research aims to demonstrate the efficiency of eco-bricks, made with crushed PET fibers at different dosages, against the physical, chemical, and mechanical properties of commercial clay bricks and the standard brick for demanding weather conditions such as those in the Villa el Salvador district. For this purpose, the work was divided into two phases. The first phase involved the design and production of the standard brick, where the optimal dosage between cement and sand was established to subsequently work on Phase two based on this. In the second phase, the eco-brick was designed and produced at four different dosages (5%, 15%, 25%, and 35%), based on the 1:2 ratio between cement and sand respectively resulting from phase 1; likewise, the manufacturing was also influenced by the calculation of the mixture quantities (cement, sand, water, and PET fibers) as well as the moisture correction, according to the dimensions of the proposed mold. The results obtained showed that for the compression resistance test, the eco-brick with 5% PET fibers obtained an average value of 198.70 kg/cm<sup>2</sup>, considered as type V brick, much higher than the clay brick 158.98 kg/cm<sup>2</sup> and the standard brick 170.48 kg/cm<sup>2</sup>, both considered as type IV bricks; in the same line, the results of the absorption test and maximum absorption were the most remarkable and normatively validated for the eco-brick with 5% PET fibers, yielding an average value of 2.21% and 2.50% respectively, consistently considered as type V brick, compared to the clay brick with an average value of 10.54% and 12.31% respectively, also meeting the minimum specifications for clay masonry units and again considered as type IV brick. The saturation coefficient test was successful for the eco-bricks with 5%, 15%, and 25% PET fibers, as well as for the clay one, yielding values lower or equal to 0.88, all of them resistant to demanding weather conditions; finally, the results of the efflorescence test determined that the eco-bricks react positively to the null or light generation of salts on their faces and sides, compared to clay bricks.

**Keywords:** *Eco-brick, Polymer, Polyethylene terephthalate, Sustainable, Masonry units, Waste, Greenhouse gasess, Moisture.*

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.2.1. Problema General .....	5
1.2.2. Problemas Específicos .....	5
1.3. OBJETIVOS .....	6
1.3.1. Objetivo General .....	6
1.3.2. Objetivos Específicos .....	6
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1. ANTECEDENTES .....	9
2.2. BASES TEÓRICAS .....	12
2.2.1. El ladrillo .....	12
2.2.2. Muros no portantes .....	15
2.2.3. Muros portantes .....	15
2.2.4. Consecuencias medioambientales .....	16
2.2.5. Polímeros .....	17
2.2.5.1. Desarrollo cronológico de los polímeros más comunes hasta el año 70. ....	17
2.2.5.2. Polímeros: Conceptos básicos .....	20
2.2.6. Descripción de los polímeros más utilizados en el mercado .....	24
2.2.6.1. Polietileno de alta densidad y de baja densidad. – PE .....	24
2.2.6.2. Polipropileno. – PP .....	25
2.2.6.3. Poliestireno. – PS .....	26
2.2.6.4. Policloruro de vinilo. – PVC .....	27

2.2.6.5.	Polietileno tereftalato. – PET .....	29
2.2.7.	Materiales reciclados utilizados en el sector construcción.....	30
2.2.7.1.	Caucho .....	30
2.2.7.2.	Ceniza volante .....	31
2.2.7.3.	Cáñamo y paja .....	32
2.2.7.4.	Cascara de arroz.....	33
2.2.7.5.	Adobe .....	33
2.2.8.	Resinas plásticas .....	34
2.2.9.	Normativa de eco-ladrillos en el sector construcción.....	37
2.2.9.1.	Perú.....	37
2.2.9.2.	Bolivia .....	37
2.2.9.3.	Argentina .....	37
2.2.9.4.	Otros Países .....	38
2.2.10.	Parámetros Físico, Químico y Mecánicos en la elaboración de ladrillos.....	38
2.2.11.	Alabeo.....	38
2.2.11.1.	Resistencia a la compresión.....	39
2.2.11.2.	Densidad o Peso Especifico.....	39
2.2.11.3.	Absorción y absorción máxima / humedad .....	40
2.2.11.4.	Coefficiente de Saturación.....	41
2.2.11.5.	Eflorescencia o salitre.....	42
2.2.1.	Limitaciones en el uso de las unidades de albañilería .....	42
<b>CAPÍTULO III. VARIABLES E HIPÓTESIS .....</b>		<b>44</b>
3.1.	OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	44
3.2.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
3.2.1.	General.....	46
3.2.2.	Específicas .....	46
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA .....</b>		<b>47</b>
4.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	47
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	48
4.2.1.	Etapas del desarrollo de la investigación.....	48
4.2.2.	Diseño y elaboración del ladrillo patrón .....	50
4.2.3.	Diseño de los Eco-ladrillos.....	61

4.2.4. Análisis de laboratorio final de los eco-ladrillos .....	73
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	74
4.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	74
4.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	74
4.5.1 Validez.....	75
4.5.2 Confiabilidad .....	76
4.6. RESULTADOS .....	78
4.6.1. Resultados de los análisis de la Fase 1 .....	78
4.6.2. Resultados de los análisis de la Fase 2 .....	83
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>117</b>
5.1. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	117
5.1.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk .....	117
5.1.2. Prueba de Homogeneidad de Levene .....	118
5.1.3. Prueba de ANOVA.....	119
5.1.3. Prueba Post – Hoc de Tukey .....	120
5.2. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO DE ABSORCIÓN (%).....	121
5.2.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk .....	121
5.2.2. Prueba de Kruskal – Wallis .....	122
5.2.3. Prueba Post – Hoc de Dunn.....	123
5.3. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO DE ABSORCIÓN MÁXIMA (%) .....	124
5.3.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk .....	124
5.3.2. Prueba de Kruskal – Wallis .....	125
5.3.3. Prueba Post – Hoc de Dunn.....	126
5.4. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL COEFICIENTE DE SATURACIÓN.....	127
5.4.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk .....	127
5.4.2. Prueba de Kruskal – Wallis .....	128
5.4.3. Prueba Post – Hoc de Dunn.....	129
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>133</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>134</b>

<b>ANEXOS</b> .....	140
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	140
ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	142
ANEXO 2.1. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS .....	142
ANEXO 3. FORMATO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS.....	154
ANEXO 4. CÁLCULOS DEL DISEÑO.....	173
ANEXO 5. GLOSARIO DE TERMINOS .....	175
ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO .....	177

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de las unidades de albañilería según sus propiedades .....	14
<b>Tabla 2</b> Polímeros de adición más utilizados .....	22
<b>Tabla 3</b> Polímeros de condensación más utilizados .....	23
<b>Tabla 4</b> Propiedades y fuentes de materia prima de los polímeros.....	34
<b>Tabla 5</b> Clasificación de los polímeros plásticos.....	35
<b>Tabla 6</b> Resinas plásticas sintéticas - Termoplásticos .....	35
<b>Tabla 7</b> Resinas plásticas sintéticas - Termofijos .....	36
<b>Tabla 8</b> Alabeo y variación de dimensiones según el tipo de unidad de albañilería .....	38
<b>Tabla 9</b> Resistencia a la compresión según el tipo de unidad de albañilería.....	39
<b>Tabla 10</b> Densidad según el tipo de unidad de albañilería .....	40
<b>Tabla 11</b> Absorción máxima.....	40
<b>Tabla 12</b> Coeficiente de saturación.....	41
<b>Tabla 13</b> Tipo de ladrillo en función de la condición de uso y del intemperismo.....	41
<b>Tabla 14</b> Factores de zona .....	43
<b>Tabla 15</b> Limitaciones de las unidades de albañilería .....	44
<b>Tabla 16</b> Variable independiente 1: Dosificación para confección de morteros .....	44
<b>Tabla 17</b> Variable independiente 2: Dosificación por porcentaje de PET .....	45
<b>Tabla 18</b> Variable dependiente 1: Eco-ladrillos de PET .....	45
<b>Tabla 19</b> Operalización de variables.....	46
<b>Tabla 20</b> Tipos de mortero.....	50
<b>Tabla 21</b> Dosificación de mortero .....	50
<b>Tabla 22</b> Diseño factorial .....	53
<b>Tabla 23</b> Estándar de granulometría del agregado fino.....	54
<b>Tabla 24</b> Dosificación final para morteros .....	58
<b>Tabla 25</b> Cálculo del volumen del molde .....	65
<b>Tabla 26</b> Porcentaje de PET que reemplazara al árido fino.....	67
<b>Tabla 27</b> Dosificación preliminar del ladrillo patrón .....	68
<b>Tabla 28</b> Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 5% .....	68
<b>Tabla 29</b> Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 15% .....	68
<b>Tabla 30</b> Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 25% .....	69
<b>Tabla 31</b> Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 35% .....	69
<b>Tabla 32</b> Dosificación final del ladrillo patrón.....	70
<b>Tabla 33</b> Dosificación final de eco-ladrillos al 5% .....	70
<b>Tabla 34</b> Dosificación final de eco-ladrillos al 15% .....	70
<b>Tabla 35</b> Dosificación final de eco-ladrillos al 25% .....	71
<b>Tabla 36</b> Dosificación final de eco-ladrillos al 35% .....	71
<b>Tabla 37</b> Ensayo físico, químico y mecánico de los eco-ladrillos.....	73
<b>Tabla 38</b> Instrumentos de recolección de datos.....	77
<b>Tabla 39</b> Análisis granulométrico del agregado fino.....	78
<b>Tabla 40</b> Análisis de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados .....	79
<b>Tabla 41</b> Cargas máximas en muestras cubicas.....	80

<b>Tabla 42</b> Ensayo de resistencia a la compresión en muestras cubicas .....	82
<b>Tabla 43</b> Análisis granulométrico del material PET triturado .....	83
<b>Tabla 44</b> Cantidad de Ladrillos obtenidos .....	85
<b>Tabla 45</b> Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 5% de PET .....	86
<b>Tabla 46</b> Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 15% de PET .....	87
<b>Tabla 47</b> Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 25% de PET .....	88
<b>Tabla 48</b> Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 35% de PET .....	89
<b>Tabla 49</b> Cargas máximas en Ladrillo de arcilla y Eco-Ladrillos .....	90
<b>Tabla 50</b> Ensayo de resistencia a la compresión en muestras de Ladrillos .....	92
<b>Tabla 51</b> Ensayo de Absorción – Ladrillo de Arcilla .....	93
<b>Tabla 52</b> Ensayo de Absorción – Ladrillo Patrón 0% de PET .....	94
<b>Tabla 53</b> Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 5% de PET .....	95
<b>Tabla 54</b> Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 15% de PET .....	96
<b>Tabla 55</b> Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 25% de PET .....	97
<b>Tabla 56</b> Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 35% de PET .....	98
<b>Tabla 57</b> Resumen del Ensayo de Absorción .....	99
<b>Tabla 58</b> Ensayo de Absorción Máxima – Ladrillo de Arcilla .....	100
<b>Tabla 59</b> Ensayo de Absorción Máxima – Ladrillo Patrón .....	101
<b>Tabla 60</b> Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 5% de PET .....	102
<b>Tabla 61</b> Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 15% de PET .....	103
<b>Tabla 62</b> Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 25% de PET .....	104
<b>Tabla 63</b> Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 35% de PET .....	105
<b>Tabla 64</b> Resumen del Ensayo de Absorción máxima .....	106
<b>Tabla 65</b> Resumen del coeficiente de saturación de las muestras .....	107
<b>Tabla 66</b> Coeficiente de saturación de los especímenes evaluados .....	108
<b>Tabla 67</b> Tipo de ladrillo y Condición de intemperismo según el Coef. Saturación .....	109
<b>Tabla 68</b> Resultados de eflorescencia de Eco-Ladrillos y Ladrillo comercial .....	111
<b>Tabla 69</b> Calificación de ensayo de eflorescencia de Eco-ladrillos .....	113
<b>Tabla 70</b> Calificación de ensayo de eflorescencia de Ladrillo comercial .....	113
<b>Tabla 71</b> Prueba de Shapiro-Wilk sobre la resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	117
<b>Tabla 72</b> Prueba de Levene sobre la resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	118
<b>Tabla 73</b> Prueba de ANOVA sobre la resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	119
<b>Tabla 74</b> Prueba Post – Hoc de Tukey sobre la resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	120
<b>Tabla 75</b> Prueba de Shapiro – Wilk sobre la absorción (%) .....	121
<b>Tabla 76</b> Prueba de Kruskal – Wallis sobre la absorción (%) .....	122
<b>Tabla 77</b> Prueba Post – Hoc de Dunn sobre la absorción (%) .....	123
<b>Tabla 78</b> Prueba de Shapiro – Wilk sobre la absorción máxima (%) .....	124
<b>Tabla 79</b> Prueba de Kruskal – Wallis sobre la absorción máxima (%) .....	125
<b>Tabla 80</b> Prueba Post – Hoc de Dunn sobre la absorción máxima (%) .....	126
<b>Tabla 81</b> Prueba de Shapiro – Wilk sobre el coeficiente de saturación .....	127
<b>Tabla 82</b> Prueba de Kruskal – Wallis sobre el coeficiente de saturación .....	128
<b>Tabla 83</b> Prueba Post – Hoc de Dunn sobre el coeficiente de saturación .....	129



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Unidad de albañilería maciza .....	12
<b>Figura 2</b>	Unidad de albañilería perforada.....	13
<b>Figura 3</b>	Unidad de albañilería tubular.....	13
<b>Figura 4</b>	Unidad de albañilería hueco.....	14
<b>Figura 5</b>	Muro no portante.....	15
<b>Figura 6</b>	Muro portante.....	15
<b>Figura 7</b>	Hornos de ladrilleras .....	16
<b>Figura 8</b>	Cronología de la historia de los polímeros .....	17
<b>Figura 9</b>	Unidades de repetición en polímeros: PE, PVC y PP.....	20
<b>Figura 10</b>	Configuración de la molécula de polietileno .....	24
<b>Figura 11</b>	Configuración de la molécula de polipropileno.....	25
<b>Figura 12</b>	Configuración de la molécula de poliestireno.....	26
<b>Figura 13</b>	Configuración de la molécula de policloruro de vinilo.....	28
<b>Figura 14</b>	Configuración de la molécula de polietileno tereftalato .....	29
<b>Figura 15</b>	Ladrillos a base de caucho .....	30
<b>Figura 16</b>	Ladrillos a base de ceniza volante.....	31
<b>Figura 17</b>	Casa en Bélgica construida con ladrillos a base de cáñamo .....	32
<b>Figura 18</b>	Ladrillos a base de cáñamo .....	32
<b>Figura 19</b>	Ladrillo a base de cascara de arroz y arcilla .....	33
<b>Figura 20</b>	Huaca del sol y de la Luna – Cultura Moche.....	33
<b>Figura 21</b>	Zonificación sísmica del Perú.....	43
<b>Figura 22</b>	Esquema del diseño factorial de la dosificación .....	51
<b>Figura 23</b>	Esquema de los componentes del mortero.....	53
<b>Figura 24</b>	Agregado fino .....	55
<b>Figura 25</b>	Cemento Yura IP.....	55
<b>Figura 26</b>	Agua de la red local .....	56
<b>Figura 27</b>	Orden de apisonado por ronda .....	59
<b>Figura 28</b>	Apisonado por capa.....	59
<b>Figura 29</b>	Retiro de exceso y alisado de las muestras .....	60
<b>Figura 30</b>	Muestras cubicas de mortero .....	60
<b>Figura 31</b>	Desmoldeo y curado de muestras.....	60
<b>Figura 32</b>	Recolección de botellas plásticas .....	62
<b>Figura 33</b>	Triturado de botellas plásticas.....	63
<b>Figura 34</b>	Muestra de agregado fino y PET triturado.....	63
<b>Figura 35</b>	Diseño del molde del ladrillo PET .....	64
<b>Figura 36</b>	Molde para elaboración de eco-ladrillos.....	65
<b>Figura 37</b>	Fibras de PET triturado .....	66
<b>Figura 38</b>	Compactación manual.....	71
<b>Figura 39</b>	Desmoldeado de eco-ladrillos.....	72
<b>Figura 40</b>	Eco-ladrillos .....	72
<b>Figura 41</b>	Política de la Calidad UNI – LEM.....	75

<b>Figura 42</b> Ladrillo patrón con 0% de fibras de PET.....	85
<b>Figura 43</b> Eco-ladrillos con 5% de fibras de PET .....	86
<b>Figura 44</b> Eco-ladrillos con 15% de fibras de PET .....	87
<b>Figura 45</b> Eco-ladrillos con 25% de fibras de PET .....	88
<b>Figura 46</b> Eco-ladrillos con 35% de fibras de PET .....	89
<b>Figura 47</b> Muestras de Ladrillo y Eco-ladrillos enviados al laboratorio .....	90
<b>Figura 48</b> Consideraciones para el ensayo de eflorescencia .....	110
<b>Figura 49</b> Intensidad de la eflorescencia .....	112
<b>Figura 50</b> Muretes para determinación de Eflorescencia .....	115
<b>Figura 51</b> Murete de Ladrillo de arcilla y Eco-Ladrillo .....	115
<b>Figura 52</b> Fin de ensayo de eflorescencia.....	116
<b>Figura 53</b> Murete de Ladrillo de arcilla y Eco-Ladrillo .....	116
<b>Figura 54</b> Gráfico de medias de Resistencia para los diferentes tratamientos .....	120
<b>Figura 55</b> Gráfico de medias de Absorción para los diferentes tratamientos.....	123
<b>Figura 56</b> Gráfico de medias de Absorción máxima para los diferentes tratamientos.....	126
<b>Figura 57</b> Gráfico de medias de Coeficiente de saturación para los diferentes tratamientos.	129

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, ha habido un notable aumento de la conciencia global acerca de la importancia de la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente, ello debido a los factores tanto interno como externos que marcan el comportamiento proambiental de cada individuo (Vargas, E., Olivares, A., Tamayo, A., y Santos, L. 2017). En este contexto, la industria de la construcción, que históricamente ha tenido un impacto negativo en el entorno natural debido al uso intensivo de materiales no renovables y altas emisiones de gases de efecto invernadero se ha visto desafiada a buscar alternativas más respetuosas con el medio ambiente (Amorós, M. 2011). Debido a ello, surge un planteamiento de idea, una solución, que al transcurrir de los años se ha visto en constante cambio y mejora, abarcando diferentes materiales reciclados utilizados para la elaboración de “eco-ladrillos”.

Los eco-ladrillos o ladrillos ecológicos, están cada vez ganando mayor popularidad como opción para la construcción sostenible, debido a la capacidad que tienen para reducir el consumo de recursos naturales, mitigar los residuos generados, disminuir la cantidad de emisiones de carbono u otros gases de efecto invernadero asociadas con la producción, así como, previniendo u reduciendo pérdidas materiales o humanas debido al colapso de estructuras originadas por eventos sísmicos (Rodríguez, E. y Salazar, G. 2020). Estos ladrillos destacan por estar fabricados con materiales renovables, reciclados o de bajo impacto ambiental, ofreciendo propiedades físico – mecánicas que son comparables o incluso superiores a las de los ladrillos tradicionales.

La mira de esta tesis es analizar estas unidades de mampostería elaboradas con materiales reciclables (PET) como alternativa viable y sostenible en la industria de la construcción, en donde se examinara mediante análisis de laboratorio su desempeño en términos de resistencia a la compresión y durabilidad en el tiempo, abarcando factores de: % Humedad (absorción y absorción máxima), Coeficiente de saturación y eflorescencia, u generación de salitre, de los eco-ladrillos fabricados; aportando de esta manera al conocimiento existente de los eco-ladrillos y su potencial para transformar la industria de la construcción hacia practicas más ambientales; logrando impulsar un desarrollo urbanístico más respetuoso con el medio ambiente y socialmente responsable.

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día los desechos sólidos producidos por actividades diversas ya sean industriales, agrícolas u domesticas son considerados como un tema critico en todo el mundo (Linarez, 2015), ya que la generación de estos continua en aumento a un ritmo alarmante y su mala gestión puede generar graves impactos importantes al medio ambiente y a la salud pública. National Geographic España (2023) en su foro de medio ambiente hace mención que en cada minuto que pasa, se vende un millón de botellas plásticas en todo el mundo y que estas a la intemperie pueden demorarse alrededor de 450 años en descomponerse u su equivalente a 1000 años si no se encuentran en dichas condiciones.

La disposición indiscriminada de los residuos plásticos ha causado una contaminación considerable a nivel mundial (Angumba, 2016) esto debido a una carente cultura de recicle por parte de la población. En el 2018 la producción global de estos alcanzo los 359 millones de toneladas, en donde China se llevó el 30% de lo generado a nivel global; en el mismo contexto, en el 2021 la asociación Minero Foundation encontró que se generaban alrededor de 139 millones de toneladas métricas de desperdicios plásticos (Whiteman, 2023), calculándose que alrededor de 13 millones de toneladas de estos residuos plásticos llegan a los mares de todo el mundo entrando a la cadena alimenticia (ONU, 2019).

Esta problemática no solo es una dificultad cultural sino también social complicado de remediar, debido a la progresiva acumulación de residuos generados por habitante, agravándose aún más por la ausencia de políticas que mejoren el proceso de reciclaje (Gareca, Andrade, Pool, Barrón y Villarpando, 2020).

El 2021 en la Unión Europea, se produjo alrededor de 530 kg de residuos domésticos per cápita, reciclándose un 49% de estos (Eurostat, 2021). De igual manera en el Reino Unido se generó 5 millones de toneladas de residuos plásticos por año, reciclándose el 19% de los mismos (AEMA, 2012).

En América Latina el consumo del plástico en los países de México y Chile llega a más de 50 kg/hab./año siendo el país con el consumo más alto per cápita; asimismo, México se corona como el mayor comprador de agua embotellada en el mundo llegando a los 200

lt/hab./año; seguido por Argentina y Brasil con un aproximado de 40 kg/hab./año, coronándose así Argentina como el mayor consumidor de gaseosa del mundo llegando a los 130 lt/hab./año (Bianco, Isso y Moskat, 2021).

En Perú estas cifras varían, del cual, en el año del 2016 a nivel nacional, se generaron 7 005, 576 de residuos domésticos, reciclándose el 18.7%; asimismo, en el 2017 se generó un promedio de 0.52 kg/hab./día, siendo Lima la provincia que genera mayor cantidad de residuos sólidos de ámbito municipal seguido por Piura (SINIA, 2017). Según el MINAM, en el Perú se generó alrededor de 1.2 millones de toneladas métricas de residuos plásticos al año, siendo solo el 10% reciclados.

Villa el Salvador no es indiferente ante dicha problemática; según su estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (2022). V.E.S generó un total de 158,406.35 toneladas de residuos sólidos; contiguamente, dentro de su programa de *“segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos para el distrito”* a cargo de su subgerencia de Limpieza pública y maestranza, y al reporte de las asociaciones de recicladores formales, registraron dentro de la plataforma del MINAM para el 2022, un total de 1,371.04 toneladas de residuos segregados en la fuente de origen, en donde un 60.43% corresponde a residuos orgánicos, 19.53% a residuos inorgánicos (siendo un 6.88% residuos plásticos) y un 20.04% a residuos no aprovechables, una cifra deficiente debido a la falta de disposición de los propios vecinos.

Según la revista Business Empresarial (2019), la embotelladora y distribuidora del sistema Coca-Cola en el Perú, recolectó alrededor de 5 toneladas de envases plásticos en las playas Venecia (Villa el Salvador) y San Pedro (Lurín) iniciado el 30 de marzo y culminando el 09 de abril del 2019, una jornada de concientización sobre la cantidad exagerada de residuos plástico que se pueden encontrar en tan solo dos diferentes playas.

Según las cifras dadas por el SINIA, el excesivo acopio de estos residuos inorgánicos, en especial los residuos plásticos, presentan propiedades de difícil degradación que involucra un proceso medio de degradación de 450 años expuesto a rayos UV del sol y los 1000 años a más, si estos se encuentran enterrados (Chino y Mathios, 2020); asimismo, su impacto dentro de la salud pública y fauna marina es inminente, ya que estos últimos terminan ingiriéndolos ocasionando lesiones internas y hasta la defunción de especies acuáticas.

Estos residuos en determinadas ocasiones pueden presentar micro plásticos, la cual tiene alta probabilidad que ingrese nuevamente a la cadena alimenticia, por medio de la fauna marina, terminando en nuestros alimentos y formando un ciclo alimenticio nocivo para nuestra salud (ONU, 2021).

No ajeno a ello, la fabricación de distintos productos plásticos aporta grandes emisiones de gases de efecto invernadero, estimándose emisiones promedio de 2,72kg de Dióxido de carbono equivalente por Kg de producto, aportando significativamente al incremento de la temperatura (Bianco, Isso y Moskat, 2021).

Debido a ello. esta idea surge como alternativa frente a la problemática planteada, para reducir y/o mitigar aquellos impactos directos que generan los residuos plásticos, específicamente el polietileno tereftalato (PET) a nuestro ecosistema.

Esta visión amigable con el medio ambiente les brinda a estos residuos una segunda vida útil, reutilizándolos en un posconsumo como materia prima para la fabricación de los ecoladrillos como opción económica, técnica y ambiental para construcciones ecológicas en beneficio del medio ambiente (Benavidez y Benavidez, 2021), ya que este tipo de ladrillo sostenible planteado no causa contaminación alguna, no son tóxicos, los gastos de energía son mínimos y es climáticamente aceptable, pudiendo ser elaborado con materiales locales en sectores de baja economía (Chino y Mathios, 2020).

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. Problema General

- ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y mecánicos óptimos de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa el Salvador?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los parámetros físicos como absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación óptima de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador?
- ¿Cuáles son los parámetros químicos como la generación de eflorescencia (salitre) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador?
- ¿Cuáles son los parámetros mecánicos como la confiabilidad estructural (compresión) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador?

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo General

- Determinar los parámetros físicos, químicos y mecánicos de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros físicos como absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación óptima de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador.
- Determinar los parámetros químicos como la generación de eflorescencia (salitre) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador.
- Determinar los parámetros mecánicos como la confiabilidad estructural (compresión) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador.



#### 1.4. JUSTIFICACIÓN

Los ladrillos en general elaborados con distintos materiales reciclables (Arena. Paja, Cábamo, Fibra de hoja de piña, etc.) los convierten en una alternativa sostenible ante los ladrillos comerciales (Ríos y Martínez, 2021) lo que los hace menos nocivo para nuestro entorno.

Según Castillo, D. (2018), menciona que la huella de carbono de los eco-ladrillos es menor en comparación con los ladrillos comerciales, debido a que en su proceso productivo este requiere menor cantidad de energía y, por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero son mínimas.

Teniendo en cuenta ello, la presente investigación desarrollada se justifica en cuatro aspectos diferentes: de forma teórica, practica, metodológica y económica y/o comercial, con la finalidad de abordar un mayor alcance en beneficio económico, social y ambiental.

En su justificación teórica, Según Badajoz (2020) señala que, debido a nuestro acelerado crecimiento poblacional, el mismo que conlleva a la necesidad de consumir cada vez mayor cantidad de elementos no renovables, genera un incremento en la escasez de los mismos en donde en el sector construcción este elemento no renovable es el ladrillo comercial de arcilla cocida; el cual, según Gareca, Andrade, Pool, Barrón y Villarando (2020) señalan que, en la cocción se eliminan grandes gases de efectos invernaderos aportando de esta manera al calentamiento global y a la lluvia acida.

Es debido a ello la búsqueda de elaborar una alternativa ecológica, sostenible con nuestro medio ambiente y de mejor rendimiento que los ladrillos convencionales.

En su justificación practica se pretende mejorar la calidad de los ladrillos convencionales buscando un mejor rendimiento físico, químico y mecánico como: una mejor resistencia al ser comprimidos, a la humedad y ante la generación de eflorescencia; reemplazando asimismo el método de elaboración de cocción, por uno más artesanal y con material reciclado.

Se justifica metodológicamente, ya que, con la información recopilada y analizada de diversos medios digitales, el presente estudio podrá ser consultado y utilizado como cimiento para replicar futuras investigaciones relacionadas con el tema; ya sea aplicado a PET u otras variedades de materiales reciclados, como por ejemplo: en otro tipo de polímeros, cascarillas

de arroz, arena, paja, cenizas volante, fibras de cáñamo, fibras de hoja de piña, entre otras alternativas; Asimismo, se debe tomar en consideración el objetivo de estudio en base al reglamento nacional de edificaciones “RNE E.070” quien establece las exigencias mínimas para las unidades de albañilería en el sector construcción peruano.

Por último, se justifica económicamente y/o comercialmente, esto debido a la abundancia en el mercado del material plástico PET y a la escasa reutilización de estos, se convierte en un insumo asequible para cualquier poblador tomando un coste de adquisición muy similar a los ladrillos de arcilla comercial siendo su precio de fabricación de 0.98 céntimos los eco-ladrillos al 5% de PET y de 1.50 céntimos el comercial, incentivado de esta manera a su elaboración, por los mismos pobladores locales ya sea de manera industrial o artesanal.

Por lo anteriormente indicado, este trabajo de tesis intenta elaborar un prototipo de ladrillo eco-amigable en donde se emplearía como producto sustituto de las unidades de albañilería tradicionales, en beneficio no solo para nuestro entorno, sino para toda la sociedad, disminuyendo de esta manera el alto grado de contaminación en la industria de la construcción.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Bhushaiah, R., Mohammad, S., & Srinivasa, D. (2019). **India**. Estudiaron los ladrillos de plástico fabricados a partir de residuos plásticos, en donde compararon las características físico – mecánicas de 5 bloques de ladrillos a dosificaciones de 0, 5, 10, 15 y 20 porciento de plásticos, de los cuales estos se sometieron a una mezcla constante y uniforme con arena y residuos plásticos fundidos, en un horno, hasta el cambio de fase a un estado líquido.

La investigación concluyo que, al someter el ladrillo fabricado a compresión, se obtuvo un resultado de 5.6 N/mm<sup>2</sup> a la carga de compresión de 96KN, mientras que el porcentaje de absorción de agua arrojó un 0%, infiriendo que este material ecológico puede utilizarse en ambientes de lluvias intensas, siendo de esta manera útiles para construcciones civiles.

Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., & Villarpando, H. (2020). **Bolivia**. Analizaron nuevos materiales sustentables para fabricar ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos, estos materiales utilizados son el poliestireno, polietileno de baja densidad, el polipropileno y el tereftalato de polietileno a tres diferentes dosificaciones cada una; teniendo mejores resultados en la dosificación 2 del ladrillo PET al 3.5%, en la dosificación 1 del ladrillo PS al 5%, en la dosificación 2 del ladrillo PEBD al 1% y en la dosificación 1 del ladrillo PP al 2% en donde cada una de ellas obtuvieron mejores rendimientos en base al peso, densidad, resistencia a la compresión, resistencia de flexión y porcentaje de adsorción.

Concluyendo que en todos los casos presentan mejor livianes ante los ladrillos de concreto, asimismo, su resistencia puede competir con los ladrillos comerciales ya que presentan similitud en sus propiedades y un valor adicional, que es amigable con el ambiente; de igual manera, todos ellos presentan una absorción menor ante el ladrillo comercial llegando a ser apto para ambientes de alta humedad.

Ríos, J., & Martínez, J. (2021). **Cauca – Colombia**. Realizo un estudio de mercado para determinar qué tan viable es la adquisición de los ladrillos eco-amigables fabricados con fibra de cañamo ante los ladrillos comerciales, en donde se realizaron encuestas a diferentes usuarios (ing. Civiles, arquitectos, maestros de obra, administradores de ferreterías, administradores de depósito de materiales y usuarios regulares) en donde el tipo de ladrillo más utilizado para obras es el ladrillo común según el 93% de los encuestados y que dentro de sus características físicas deben resaltar su textura, dureza, resistencia, compresibilidad, durabilidad y aislamiento térmico.

El proyecto concluye que el 91% de los encuestados si venderían y a la vez usarían en sus construcciones el ladrillo ecológico, siempre y cuando se tuviera la misma o mejor resistencia, durabilidad, aislamiento térmico y dureza ante los ladrillos convencionales, contiguamente que el precio sea acorde al mercado y no superior al ladrillo comercial; asimismo, el autor resalta que su viabilidad dependerá mucho de la automatización del proceso productivo, ya que ello reducirá significativamente el coste de operación, ahorrando costos de personal y aumentando la producción del mismo.

Carrasco, A., & Sinti, J. (2019). **Tarapoto – Perú**. Diseñaron un bloque de adobe compactado utilizando fibra de la hoja de piña para mejorar la resistencia a la compresión en Lamas, en donde utilizaron como material la arcilla y hojas de piña elaborando un total de 24 bloques de adobe compactado (6 muestra patrón y 18 con fibra de hoja de piña) con dosificación de 4%, 6% y 8% analizándose en el 7mo y 14vo día. Los resultados óptimos al 7mo día fueron de 44.84 kg/cm<sup>2</sup> al 8%, y al 14vo día fue de 67.27 kg/cm<sup>2</sup> al 8%, siendo el resultado para el adobe patrón de 30.99 kg/cm<sup>2</sup> y 43.25 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente en los días 7 y 14.

El autor concluye que el diseño optimo es de 8% de fibra, cuya proporción es de 7.5kg de arcilla, 920ml de agua y 33.28gramos de fibra, alcanzando una resistencia promedio máxima de 6.7 MPa, mejorando en un 55.54% al adobe patrón en base a la resistividad de este; así también, mejora el coste – beneficio del producto.

Chino, L., & Mathios, A. (2020). **Pucallpa – Perú**. Elaboraron ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huairuro (*ormosia ccinea*) de las industrias madereras de Ucayali, en donde los autores buscaban determinar una proporción de mezcla adecuada que diera resultados favorables en la resistencia del producto, para ello elaboraron cuatro tratamientos con dosificación de 100 – 0%, 98 – 2%, 96 – 4%, y 94 – 6% de PET – Aserrín respectivamente, sometiendo el PET a triturado y posteriormente a calor constante hasta el punto de cambio de fase a estado líquido para mayor integración con el aserrín.

Se concluye que el tratamiento 4 (94 – 6%) obtuvo 1.30% de absorción y una resistencia a la compresión de 20.70 kg/cm<sup>2</sup>, siendo de mejor comportamiento ante los otros experimentos; asimismo, el autor lo clasifica como Bloque No Portante, siendo utilizado solamente para fines no estructural. También concluye que mientras más aumenta el agregado de PET la resistencia se ve involucrada a la baja.

Benavidez, D., & Benavidez, C. (2021). **Cajamarca – Perú**. Realizaron un estudio de caracterización de ladrillo de concreto adicionándole cal hidratada y plástico PET reciclado, en donde la mezcla utilizada para la resistencia a la compresión ( $f^c$ )=175 kg/cm<sup>2</sup> para 1 m<sup>3</sup> de concreto lo conformaron 7.76 baldes de cemento, 0.35 m<sup>3</sup> de arena, 0.30 m<sup>3</sup> de confitillo y 0.22m<sup>3</sup> de agua, los cuales se vieron alterados por la siguiente dosificación; cal en 3, 6 y 9% del peso de cemento y el material PET en 3, 6 y 9% del volumen de agregados.

El autor concluye que el experimento tuvo mejores resultados tanto en lo económico como ambiental a una dosificación de mezcla del 9% de cal hidratada y 9% de plástico PET, teniendo un valor de 188.75 kg/cm<sup>2</sup> como resistencia a compresión por unidad; 180.32 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión en pilas y 58.79 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia al corte de muretes, todos estos resultados superiores a los ladrillos de concretos comerciales.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. El ladrillo

Actualmente es uno de los componentes que más se utiliza en el mundo para construcciones de albañilería, y su elaboración produce efectos negativos al medio ambiente, como el aumento de temperatura y contaminación de la atmosfera por el consumo de combustibles fósiles (Muñoz y Delgado, 2021); a pesar de ello, son piezas claves para construcciones de viviendas, muros, edificios y toda clase construcción en favor de cada habitante (Ampuero y Romero, 2020) cumpliendo con los parámetros establecidos por las normativas y leyes en el sector construcción de cada país (Constantin, Shitote, Abiero y Ronoh, 2019).

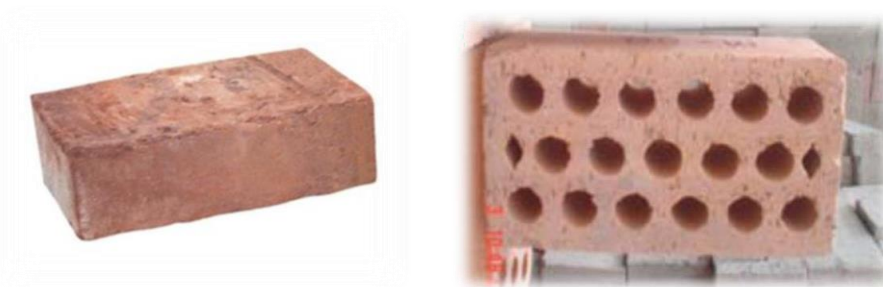
Según la RNE E.070, lo denomina aquellas unidades que pueden ser maniobradas con ayuda de una sola mano, la cual, su estructura puede ser completamente sólida, con orificios o tubulares, de forma similar, pueden elaborarse tanto de manera manual como industrialmente.

Según la NTP 331.017:1978 en su apartado 3.4 establece tres tipos diferentes de ladrillos fabricados con arcilla moldeada, quemadas u cocidas en horno, estas son:

- **Ladrillo macizo.** – también llamados ladrillos sólidos, es aquella que tiene un área neta equivalente al 75% o más del área bruta y pueden elaborarse en sus dos presentaciones: sólido y hueco, de forma industrial o artesanalmente. Según Badajoz, P. (2020) sus perforaciones presentan el 10% del volumen del material.

#### **Figura 1**

*Unidad de albañilería maciza*



*Nota:* Adaptado de seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras, del MVCS.

- **Ladrillo perforado.** – también llamados ladrillos huecos, es aquella que tiene un área neta equivalente menor del 75% del área bruta y son elaborados de manera industrial. Según Badajoz, P. (2020) sus perforaciones varían entre un 10 y 35% del volumen del material.

### Figura 2

*Unidad de albañilería perforada*



*Nota:* Adaptado de seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras, del MVCS.

- **Ladrillo tubular.** – Es aquel que posee huecos paralelos a la superficie del asiento y son elaborados de manera industrial.

### Figura 3

*Unidad de albañilería tubular*

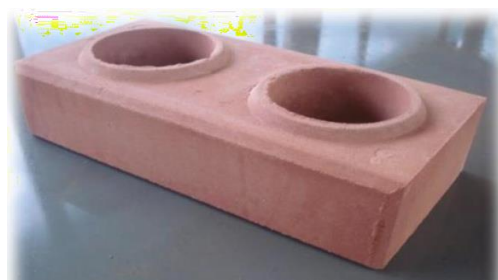


*Nota:* Adaptado de seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras, del MVCS.

- **Ladrillo hueco.** – Según Badajoz, P. (2020). Es aquel que posee perforaciones en sus extremos a lo largo de toda su longitud abarcando un 70% del volumen del material, haciéndolo más liviano.

#### Figura 4

*Unidad de albañilería hueco*



*Nota:* Adaptado de ecoladrillos adicionando ceniza volante de carbón, de Badajoz, P., 2020.

Asimismo, estas unidades de albañilería se clasifican según sus propiedades de resistencia, durabilidad y exigencia, las cuales son definiciones claves para entender mejor los parámetros físicos – mecánicos del apartado 2.2.10. (Véase la Tabla 1).

#### Tabla 1

*Clasificación de las unidades de albañilería según sus propiedades*

TIPO	PROPIEDADES	EVALUACION	OBSERVACION
LADRILLO I	Resistencia	Muy bajo	-
	Durabilidad	Muy bajo	-
	Construcciones de albañilería	Apto	Exigencia mínima
LADRILLO II	Resistencia	Bajo	-
	Durabilidad	Bajo	-
	Construcciones de albañilería	Apto	Exigencia moderada
LADRILLO III	Resistencia	Media	-
	Durabilidad	Media	-
	Construcciones de albañilería	Apto	Uso general
LADRILLO IV	Resistencia	Alta	-
	Durabilidad	Alta	-
	Construcciones de albañilería	Apto	Exigencia rigurosa
LADRILLO V	Resistencia	Muy alta	-
	Durabilidad	Muy alta	-
	Construcciones de albañilería	Apto	Exigencia rigurosa

*Nota:* Adaptado de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, por NTP 331.017.



### 2.2.2. Muros no portantes

Según Muñoz y Delgado 2021, es aquel muro que no soporta carga alguna ya que actúan únicamente como cerramiento y divisiones. Habitualmente son utilizados para tabiquería (paredes divisoras); y son construidos usualmente con ladrillos panderetas y en otros casos con tabiques de drywall (RNE E.070).

#### **Figura 5**

*Muro no portante*



*Nota:* Adaptado de seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras, del MVCS.

### 2.2.3. Muros portantes

Según la RNE E.070, es aquel muro que ha sido diseñado para soportar cargas de otros elementos estructurales, tales como vigas, viguetas, arcos y cubiertas, también se le denomina “muro de carga”-

#### **Figura 6**

*Muro portante*



*Nota:* Adaptado de seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras, del MVCS.

#### 2.2.4. Consecuencias medioambientales

En Bangladesh – Asia del Sur, en su proceso de fabricación de ladrillos utilizan alrededor de 4 millones de toneladas de carbón bituminoso en combinación con leña como combustible dentro de sus hornos (Kumar, Zhao, Zhang, Aminur, Luo, Mahmudur, 2021). La industria del ladrillo consume aproximadamente 4.06 billones kWh lo que equivale de gas natural en un año, ya que los hornos cerámicos que se utilizan en esta industria consumen grandes cantidades de combustibles fósiles, ocasionando un abismal gasto energético y liberación de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera (gases carbónicos, hidrogenados y fluorados) así como material particulado liberados desde sus hornos (Badajoz, P. 2020).

Según Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., y Villarpando, H. (2020) hace mención que en la cocción de los ladrillos en Bolivia utilizan combustibles como el de textiles, llantas, leña, madera o plásticos generando grandes cantidades de gases de monóxido de carbono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión; asimismo, la industria cementera tampoco se salva, ya que está dentro de su proceso elimina gases de CO, CO<sub>2</sub>, hidrocarburos, cetonas, aldehídos, óxidos de nitrógeno y azufre provocando en sus trabajadores silicosis.

Ríos, J., y Martínez, J. (2021). Sostienen que el suelo se ve afectado por la extracción propia de la materia prima (arcilla); asimismo, si en esta se encuentra capa vegetal, árboles y animales, todos ellos se ven afectados de forma negativa, así como también las fuentes hídricas cercanas. Por otro lado, en su proceso de secado y cocción de los ladrillos, el consumo energético es alto ya que se utilizan hornos de secado y cocción generando emisiones de dióxido de carbono y dióxido de azufre, así como el consumo de combustibles fósiles produciendo polución al medio ambiente.

#### **Figura 7**

*Hornos de ladrilleras*



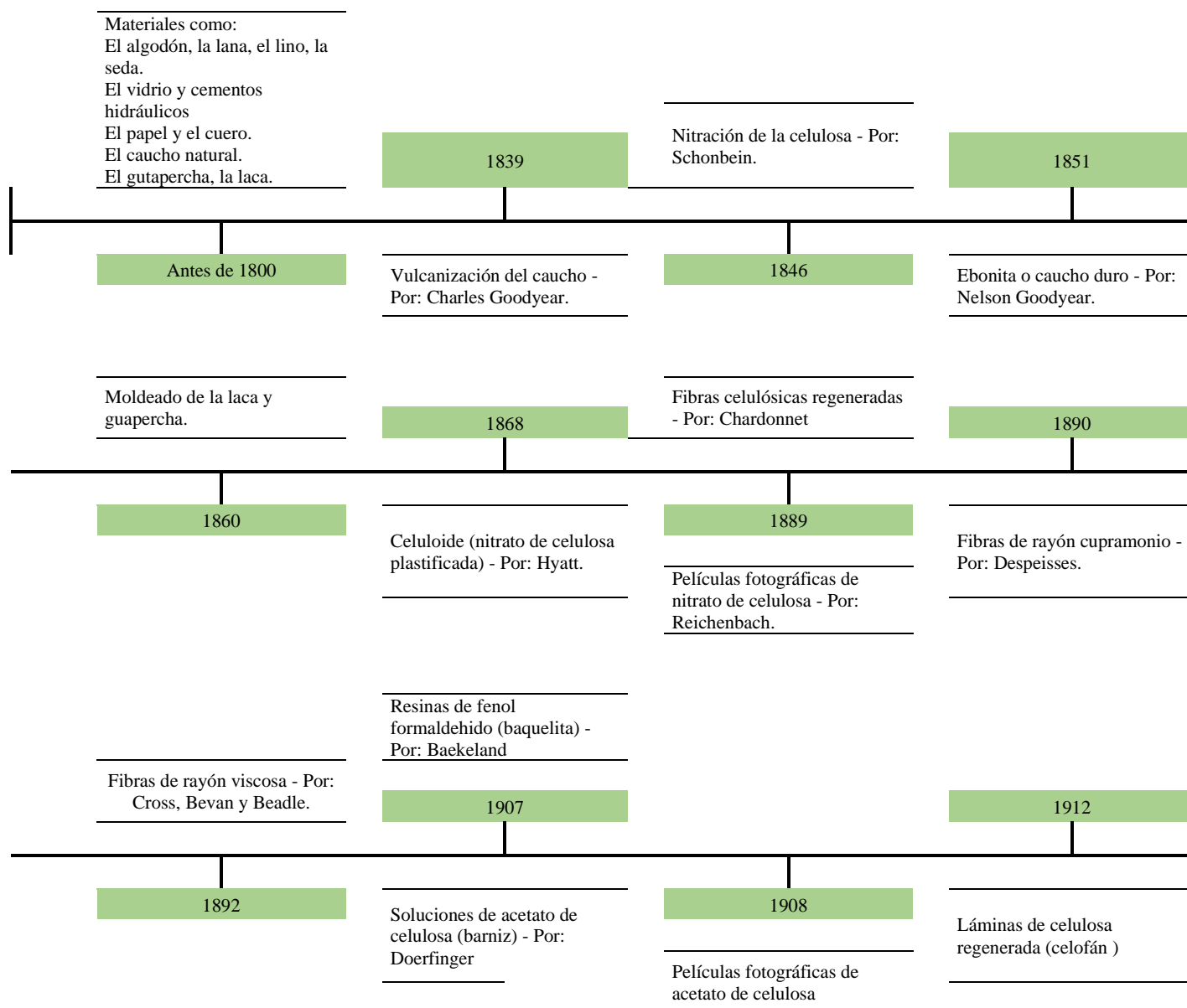
*Nota: Adaptado de Revista Virtual Pro, 2015.*

## 2.2.5. Polímeros

### 2.2.5.1. Desarrollo cronológico de los polímeros más comunes hasta el año 70.

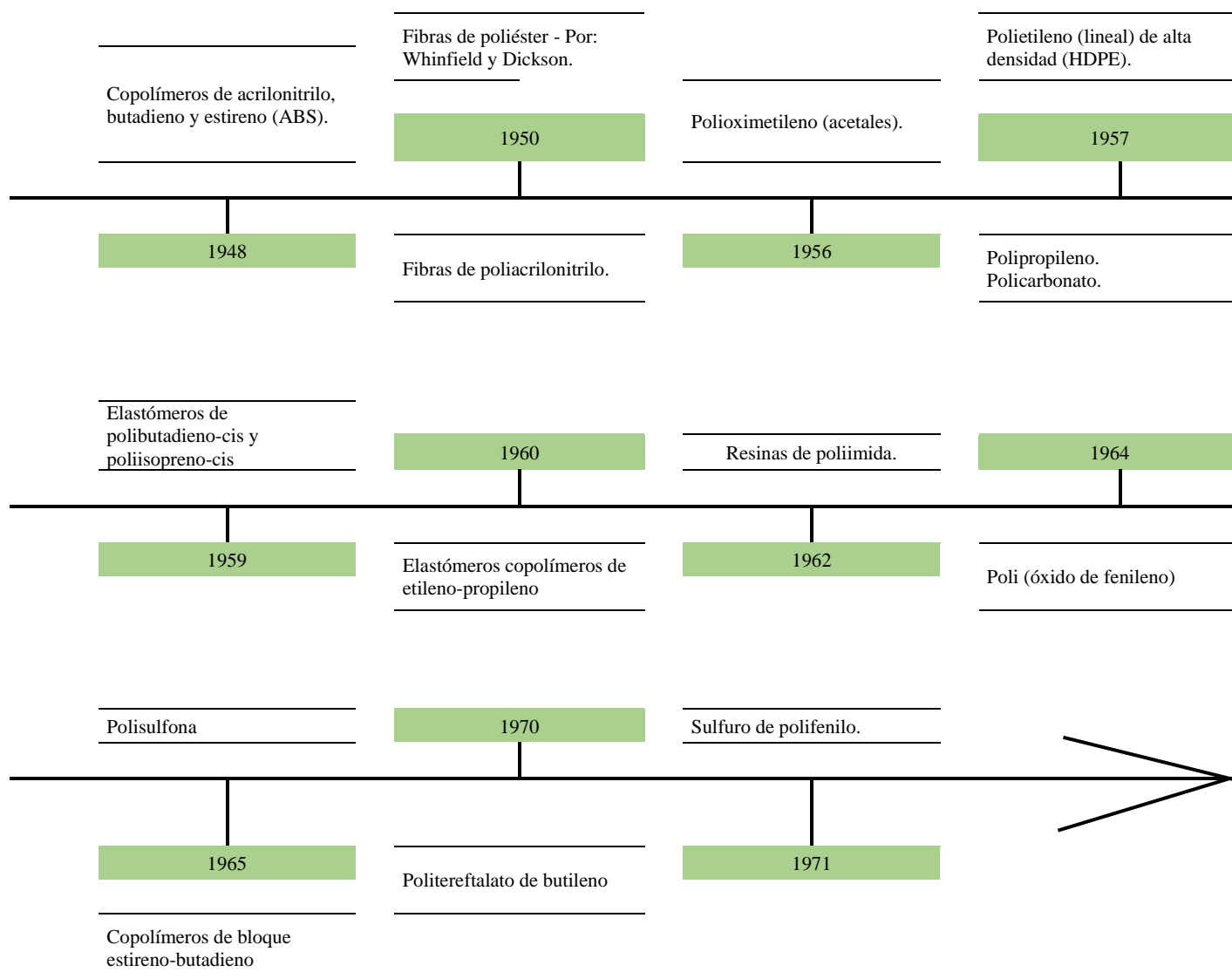
**Figura 8**

*Cronología de la historia de los polímeros*



*Nota: Adaptado de Introducción a la química de los polímeros, de Seymour, & Carraher, 2021.*



**Figura 8***Cronología de la historia de los polímeros*

*Nota: Adaptado de Introducción a la química de los polímeros, de Seymour, & Carraher, 2021.*

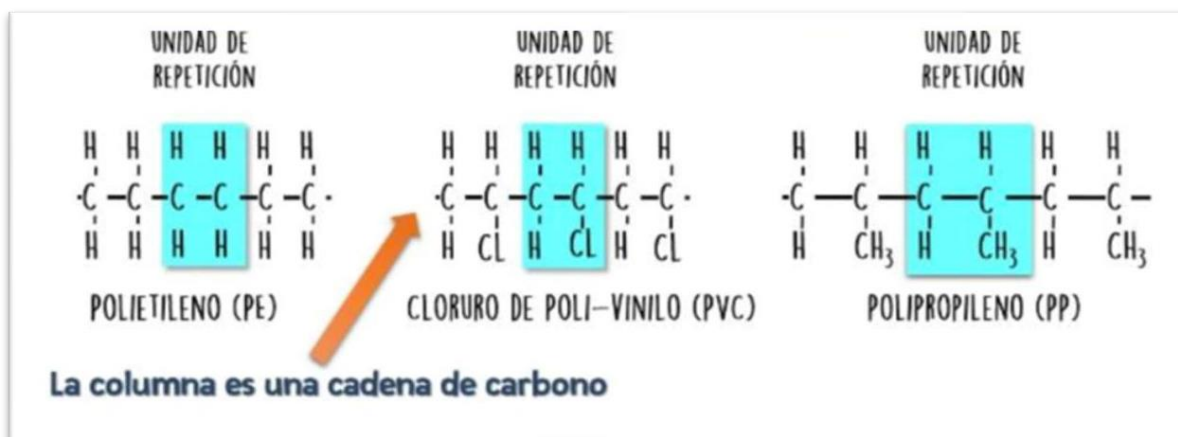
### 2.2.5.2. Polímeros: Conceptos básicos

Según Reynoso, S. (2018). Un polímero plástico o también llamado “resinas plásticas”, es definido como una clase de sustancia ya sea sintética o natural, como el caucho o la celulosa, compuesta por varias moléculas grandes complejas unidas por enlaces covalentes, denominadas macromoléculas, las cuales son múltiplos de muchas unidades químicas más pequeñas u simples denominadas monómeros; asimismo, estas resinas plásticas se clasifican en tres clases generales: Hules, Plásticos y Fibras diferenciadas por las siguientes características:

- Por el tipo de monómero,
- El número de unidades que se repiten,
- Y el tipo de conexión entre “meros”

#### Figura 9

Unidades de repetición en polímeros: PE, PVC y PP



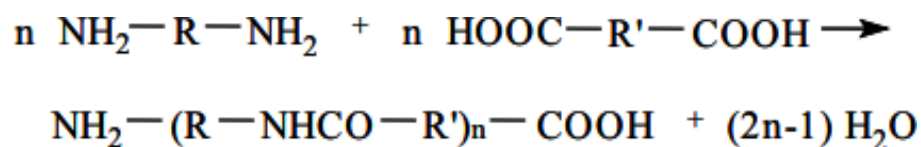
Nota: Adaptado de *Los polímeros plásticos*, de Reynoso, D., 2018.

Los monómeros son moléculas que se combinan para formar polímeros y estas reacciones que se producen se les conoce como “reacciones de polimerización”; manteniendo el mismo concepto, esta reacción se dividen en dos grupos: de adición y de condensación, llamados también como “polímeros de adición” y “polímeros de condensación” (Beltrán, M., y Marcilla, A. 2012). Estos se diferencian en:

- Polímeros de adición: la unidad estructural de repetición presenta la misma composición que la del monómero de partida. El grupo de polímeros más importantes son aquellos que se forman a partir de monómeros que poseen doble enlace carbono – carbono, por ejemplo, la polimerización del PVC.



- Polímeros de condensación: se forman a partir de monómeros polifuncionales mediante diversas reacciones con posible expulsión de alguna pequeña molécula como, por ejemplo, el agua. Un caso usual es la formación de poliamidas a partir de la reacción de diamidas y ácidos dicarboxílicos:











- En donde R y R' son grupos aromáticos o alifáticos, la unidad entre paréntesis es conocida como la unidad de repetición y la composición de esta unidad de repetición difiere de los dos monómeros de partida en una molécula de agua.

Los polímeros se encuentran en diversos materiales y productos que utilizamos en el día a día, como fibras, plásticos, papel, vidrio, hules, materiales biológicos como ADN, ARN, proteínas, y hasta se utiliza en la industria de la construcción para fabricar adhesivos, cemento, recubrimientos y mucho más (Castillo, D. 2018).

En las dos siguientes tablas se muestran algunos polímeros de adición y de condensación más comunes:



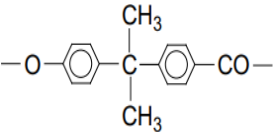



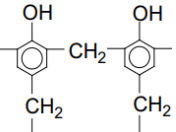

**Tabla 2**  
*Polímeros de adición más utilizados*

POLIMERO	ABREVIATURA	UNIDAD DE REPETICION	COD. RECICLAJE	USOS
Polietileno de alta densidad	PE-HD o HDPE	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$		Envases de: detergentes, champús, aceites de autos, lácteos, pinturas, helados, aceites. Bolsas para supermercados. Tubería de gas, teléfono, agua. Láminas de drenaje.
Polietileno de baja densidad	LDPE o PEBD	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$		Bolsas para pan, para dulces, para alimentos congelados, de burbujas, entre otros. También es usada para tuberías.
Polipropileno	PP	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$		Recipientes de yogurt, tapas de botellas, sorbetes. Cuando se moldea después del reciclado: Juguetes, maletas, parachoques de autos. Cajas de baterías para autos, viguetas plásticas, etc.
Poliestireno	PS	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$		Tazas desechables para bebidas calientes, tapas para esas tazas, bandejas para carne, contenedor de comida, cubiertos desechables, caja térmica de espuma, protección de empaques.
Policloruro de vinilo	PVC	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$		Envoltura y envases de comida, botellas de champú, envases transparentes de comida.
Poliacrilonitrilo	PAN	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}-$		Se utiliza en la fabricación de fibras sintéticas como carpas de tela, suéteres, medias.
Poli metacrilato de metilo	PMMA	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-$		Utilizado como resina para fabricar prótesis dentales, óseas. Lentes correctivos y lentes de contacto duros. Sustituto del vidrio, etc.
Polibutadieno (1,4-cis)	PB	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$		Caucho sintético para los vehículos, correas, juntas, mangueras, entre otras piezas para automóviles.

*Nota: Adaptado de Tecnología de polímeros, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.*



**Tabla 3**  
*Polímeros de condensación más utilizados*

POLIMERO	ABREVIATURA	UNIDAD DE REPETICION	COD. RECICLAJE	USOS
Poliéster	-	$-R-OCO-R'-COO-$		Fibra sintética utilizado en textiles: polos, camisas, pantalones, ropa interior, prendas deportivas. Cortinas, entre otros manteles.
Poliamida	PA	$-NH-R-NHCO-R'-CO-$		Nylon. Hilo de pescar, guantes, cepillo de dientes, cuerda de guitarras y raquetas de tenis. Carpas, conectores eléctricos, entre otros.
Policarbonato	PC			En ing. Mecánica se utiliza en: neumáticos, válvulas, filtros, chasis. Maletas. Planchas y placas.
Polietileno tereftalato	PET	$-CH_2-CH_2-OCO-C_6H_4-COO-$		Envases de bebidas plásticas, envases transparentes, verdes o cristal, recipientes de aderezos, de medicinas, agroquímicos, entre otros.
Poliuretano	PU	$-NH-COO-R-OCO-NH-R'-$		Colchones, rodillos, suelas de calzado, piezas para los vehículos. Espuma rígida utilizado en la construcción.
Resina de fenol-formaldehido	PF			Frenos, embragues, transmisiones. Lacas, adhesivos, filtros. Aglutinante de aislantes. Espumas, lanas minerales.

*Nota: Adaptado de Tecnología de polímeros, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.*

## 2.2.6. Descripción de los polímeros más utilizados en el mercado

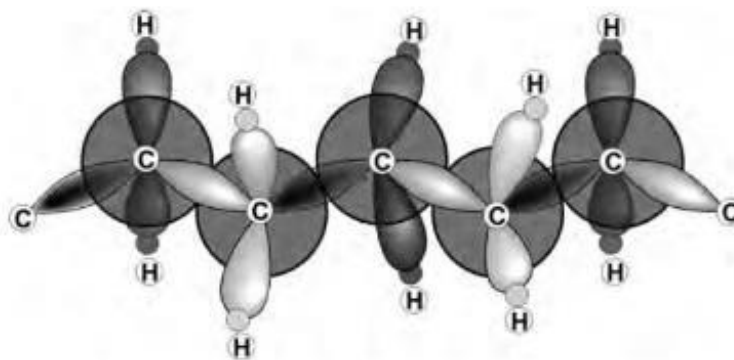
### 2.2.6.1. Polietileno de alta densidad y de baja densidad. – PE

Pertenecen a la familia de las poliolefinas; el Polietileno de alta densidad es un polímero termoplástico que presenta propiedades mecánicas superiores que el LDPE, ya que presenta mayor densidad, fácil manejo y excelente resistencia frente al impacto y a la abrasión (Castillo, D. 2018).

La molécula de polietileno es sencilla no polar, en donde sus cadenas diferentes se atraen por fuerzas intermoleculares débiles de tipo London (dipolo inducido – dipolo inducido); contiguamente su estructura química del HDPE y del LDPE es lineal y ramificada respectivamente, su cadena principal maneja una configuración  $sp^3$ , constituyéndolo por átomos de carbono. Sus orbitales forman un tetraedro alrededor de los átomos de carbono con un ángulo de enlace de  $109^\circ$  (Beltrán, M y Mancilla, A. 2012)

#### Figura 10

*Configuración de la molécula de polietileno*



*Nota:* Adaptado de *Tecnología de polímeros*, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.

Según Castillo, D. (2018), Dentro de sus propiedades del HDPE se destacan:

- Soporta grandes fuerzas de tensión o también llamado “resistencia de tracción”, antes de que se pueda romper, ideal para fabricar materiales fuertes y duraderos.
- Presenta buena resistencia química, ideal para la fabricación de tuberías y revestimientos de tanques, pero no es resistente a los agentes químicos fuertes oxidantes como el ácido sulfúrico o el ácido nítrico.

- Resistente a la abrasión, es decir, soporta fricciones y contactos repetidos con diversos materiales sin desgastarse de forma rápida.
- Baja absorción frente a la humedad, es decir, el agua u otros líquidos no lo afectan y es muy útil para entornos húmedos y al aire libre.
- Resistencia a temperaturas relativamente altas y bajas, sin perder sus propiedades mecánicas.
- Y lo más importante que es un material reciclable que puede ser reutilizado en nuevos productos.

Según Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., y Villarpando, H. (2020). Hacen mención que el Polietileno de baja densidad PEBD es mucho más flexible que el HDPE y presenta un punto de fusión más bajo (soportando 80°C de manera constante), usado comúnmente en la fabricación de bolsas plásticas, publicitarias y tapas flexibles, en donde dentro de sus propiedades son idénticas a las descritas en el HDPE; de igual manera, presenta dificultades para pintar, imprimir o pegar sobre él.

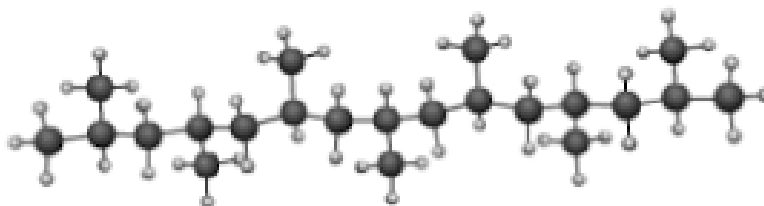
Concluyendo que el polietileno en general es catalogado por material blando con temperatura de fusión relativamente bajo (Beltrán, M y Mancilla, A. 2012).

#### 2.2.6.2. Polipropileno. – PP

Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino (Castillo, D. 2018) perteneciente a la familia de las poliolefinas. El monómero de propileno constituye su estructura química principal, cuya está representada con tres átomos de carbono y seis de hidrogeno (Billmeyer, F. 2020). Al polimerizarse el propileno sus unidades de monómero se enlacen mediante enlaces covalentes, formándose una cadena lineal larga.

#### **Figura 11**

*Configuración de la molécula de polipropileno*



*Nota: Adaptado de Tecnología de polímeros, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.*

Según Seymour, R., & Carraher, Ch. (2018), Dentro de sus propiedades del PP se destacan:

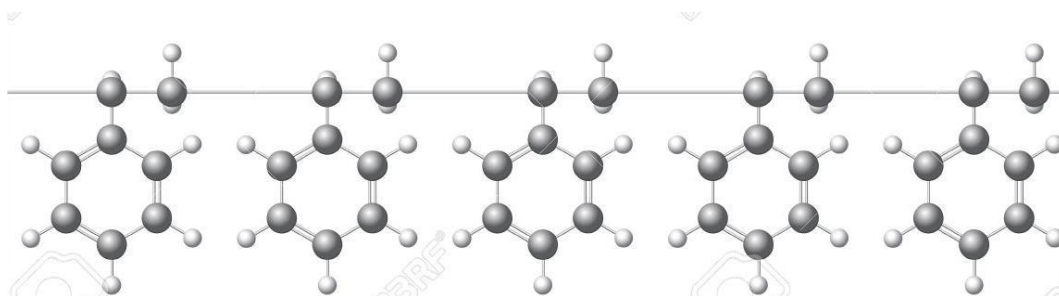
- Tiene menor densidad que el PEBD convirtiéndolo en un material ligero, pero es mucho más resistente a altas y bajas temperaturas sin sufrir deformaciones o degradaciones significativas.
- Soporta cargas y tensiones sin deformarse ni romperse tan fácilmente debido a su elevada resistencia mecánica.
- Estar expuesto al agua o a la humedad ambiental no lo afecta debido a que posee una baja absorción de agua.
- Absorbe energía de choques y golpes sin deformarse debido a su alta resistencia al impacto.

#### 2.2.6.3. Poliestireno. – PS

Según Gutiérrez, T., Chito, D., Cuervo, G. (2019). Es un polímero termoplástico, cuya familia perteneciente es al de los polímeros aromáticos, y se estructura del monómero de estireno (monómero aromático), al polimerizarse el estireno se enlazan múltiples de sus monómeros mediante enlaces covalentes formando una cadena lineal larga.

#### Figura 12

*Configuración de la molécula de poliestireno*



*Nota:* Adaptado de *Tecnología de polímeros*, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.

En la configuración de la molécula de poliestireno, el grupo fenilo (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>) se une al átomo de carbono en posición orto del doble enlace.

Según Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., y Villarpando, H. (2020), dentro de su cualidad que más destaca es su higiene ya que no constituye sustratos nutritivos para los microorganismos, quiere decir, que no se descompone y se enmohece; tardándose unos 500 años en descomponerse enterrado y 50 años expuesto a la intemperie; asimismo, es perjudicial para el medio ambiente ya que en su proceso de producción libera CFC a la atmosfera.

Según Castillo, D. (2018), Dentro de sus propiedades del PS se destacan:

- Es un material ligero y fácil de maniobrar.
- Excelente aislante térmico, debido a su baja conductividad térmica.
- Es un buen aislamiento acústico
- Mantiene sus dimensiones y forma a lo largo del tiempo, debido a su estabilidad dimensional.
- No presenta resistencia química a solventes orgánicos y ciertos ácidos, por lo que hay que tener cuidado al utilizarlo en entornos químicos agresivos.
- Su fabricación es económica y eficiente ya que posee un fácil procesamiento.
- Estar expuesto al agua o a la humedad ambiental no lo afecta debido a que posee una baja absorción de agua.
- Y lo más importante que es un material reciclable que puede ser reutilizado en nuevos productos.

#### 2.2.6.4. Policloruro de vinilo. – PVC

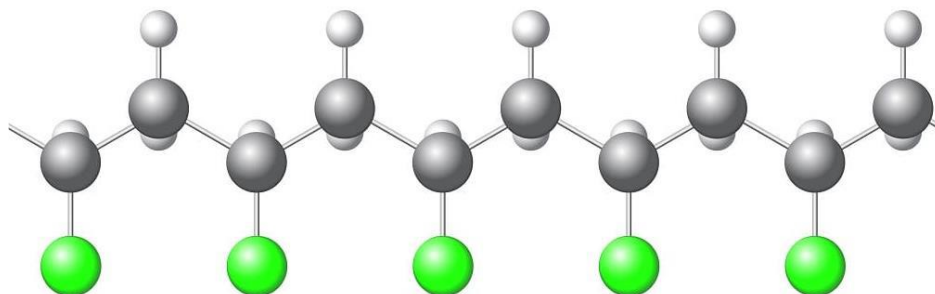
Según Reynoso, S. (2018). Es un polímero termoplástico perteneciente a la familia de polímeros de cloruro de vinilo; asimismo, compuesto por monómeros de cloruro de vinilo, representado por un átomo de hidrogeno unido al carbono en posición 1 y el átomo de cloro se encuentra unido al carbono en posición 2. Al polimerizarse mediante enlaces covalentes forman una cadena larga.

Para Beltrán, M., y Marcilla, A. (2012), el PVC es una molécula polar, en donde sus cadenas están unidas mediante interacciones fuertes de tipo dipolo – dipolo, resultantes de la atracción de los átomos de cloro de una molécula y los átomos de hidrogeno de otra, resultando un polímero con elevada rigidez.

Generalmente, cuanto mayor sea la fuerza de cohesión entre las cadenas, mayor rigidez presentará el polímero y por lo tanto la temperatura de fusión será mayor en caso de los polímeros cristalinos o presentaran temperaturas de reblandamiento en caso de los polímeros no cristalinos (Reynoso, S. 2018).

### Figura 13

*Configuración de la molécula de policloruro de vinilo*



*Nota:* Adaptado de *Tecnología de polímeros*, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.

Según Castillo, D. (2018), Dentro de sus propiedades del PVC se destacan:

- Presenta una elevada resistencia química, haciendo bueno frente a ácidos, bases y solventes; excelente para condiciones químicas agresivas.
- Material duradero y altamente resistente ya sea frente a la corrosión, desgaste y a la degradación, adecuado para soportar aquellas condiciones medioambientales adversas como exposición a la radiación, humedad y a la intemperie.
- Presenta una elevada resistencia al fuego, baja inflamabilidad.
- Excelente aislador eléctrico, elevada resistividad eléctrica y baja conductividad.
- Muy versátil al ser procesado, lo que lo hace tener una amplia gama de formas y tamaños.

El PVC es mayormente conocido por su alta resistencia, durabilidad, resistencia química y al impacto, haciendo útil en la fabricación de tuberías, perfiles para ventanas, revestimientos, calzado, cables eléctricos, recubrimientos, entre otros.

#### 2.2.6.5. Polietileno tereftalato. – PET

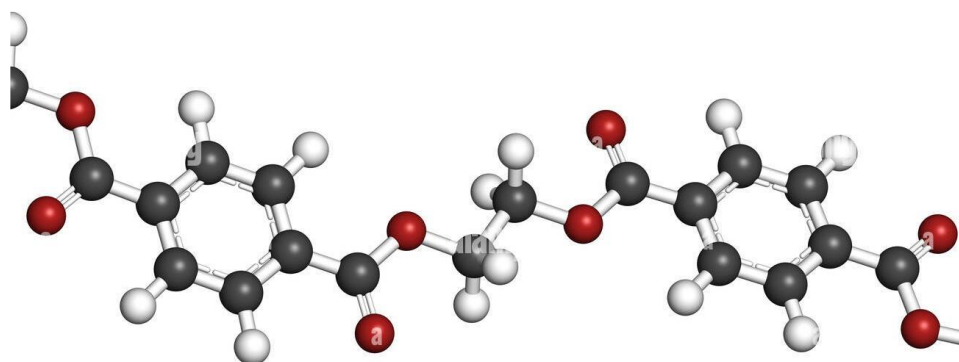
Patentado como polímero para fibra por J.R. Whinfield y J.T. Dicknson en 1941 y se utilizó catorce años después en la elaboración de envases para líquidos y reciclables (Ambientum. 2000).

El PET es una molécula polar, perteneciente a la familia de poliésteres, de los cuales estos últimos se forman a través de la polimerización de monómeros de grupo éster, los cuales son compuestos orgánicos formados por la reacción de un alcohol y un ácido (Reynoso, S. 2018). El PET es clasificado como un poliéster aromático y se obtiene mediante la polimerización del ácido tereftálico y el etilenglicol (monómeros alifáticos) dando un poliéster lineal y termoplástico (Beltrán, M y Mancilla, A. 2012).

Su composición es 64% petróleo, 23% derivados líquidos de gas natural y 13% aire, en donde el paraxileno se extrae a partir del petróleo crudo, al mismo tiempo, este se oxida en presencia del aire dando ácido tereftálico (Alesmar, L., Rendón, N. y Korody, M. 2008).

#### Figura 14

*Configuración de la molécula de polietileno tereftalato*



*Nota:* Adaptado de *Tecnología de polímeros*, de Beltrán, M., y Marcilla, A., 2012.

Según Castillo, D. (2018), Dentro de sus propiedades del PET se destacan:

- Soporta cargas y tensiones sin deformarse ni romperse tan fácilmente debido a su elevada resistencia mecánica.
- Excelente claridad óptica debido a la transparencia del material.
- Protege a las bebidas y alimentos de la oxidación y de su pérdida de calidad, esto debido a que posee una excelente barrera ante los gases.

- Presenta una elevada resistencia química, haciendo bueno frente a ácidos, bases y solventes; excelente para envases químicos y farmacéuticos.
- Estar expuesto al agua o a la humedad ambiental no lo afecta debido a que posee una baja absorción de agua.
- Soporta temperaturas de hasta 70° a 80°C sin sufrir deformación alguna, manteniendo sus propiedades mecánicas.

Estas propiedades hacen al PET que se caracterice por tener una elevada resistencia mecánica, así también como química, baja absorción de agua y una amplia gama de propiedades térmicas utilizado en diversas industrias, como, por ejemplo: textil, de embalaje, automotriz y electrónica.

## 2.2.7. Materiales reciclados utilizados en el sector construcción

### 2.2.7.1. Caucho

El primer uso que se le dio al caucho natural fue el de los borradores y en tejidos engomados antes hallazgo de la vulcanización por Goodyear en el año 1839, posteriormente en 1951 se patento y comercializo el caucho endurecido o ebonita (Billmeyer, F. 2020).

Ambientalmente el caucho es uno de los residuos sólidos de mayor preocupación ya que estas tardan miles de años en degradarse, pero gracias a los nuevos estudios como el de Días, Martins, da Silva, Mazón, Trindade, y Rodríguez. (2017), demostraron que este residuo puede transformarse en gránulos de goma para utilizarse como agregado fino en la fabricación de ladrillos ecológicos, siendo bueno en la aislación acústica e impermeabilidad, pero altamente inflamable.

### **Figura 15**

*Ladrillos a base de caucho*



*Nota: Adaptado de Eco-ladrillo a base de caucho, de Alfonzo, A., 2016.*



### 2.2.7.2. Ceniza volante

Según Badajoz, P. (2020), la ceniza volante de carbón se obtiene principalmente de la combustión de los equipos de las centrales termoeléctricas derivando un sinnúmero de usos dentro del campo de la construcción moderna como, por ejemplo:

- Como agregado fino a la mezcla de concreto mejorando su calidad.
- Como componente dentro de la manufactura del cemento, ya que posee elementos de silicio haciéndolo más simple al momento de la producción de cementos Portland puzolánicos.
- Utilizada como mantenimiento mecánico o químico en la estabilización del suelo, dándole mayor resistencia, permeabilidad, manejable al someterse a compresión y larga durabilidad.
- Previene la corrosión en la parte superficial de las tuberías de aguas residuales, pluviales e industriales, mejorando su comportamiento frente a químicos dándole mayor resistencia y durabilidad.
- En la fabricación de ladrillos o bloques entrando como sustituto de los componentes del cemento y de los agregados, brindando mayor resistencia al material, mejor textura y peso.
- Asimismo, se ha utilizado este material en diferentes estructuras, canales, presas, tuberías, pavimentos, drenaje, fabricación de bloques, entre otros más.

#### **Figura 16**

*Ladrillos a base de ceniza volante*



*Nota:* Adaptado de ecoladrillos adicionando ceniza volante de carbón, de Badajoz, P., 2020.

### 2.2.7.3. C  amo y paja

Badajoz, P. (2020). Ya se ha puesto en práctica este tipo de ladrillos en España, en donde destacan su dureza la que es muy semejante a los tradicionales; asimismo, es buen aislante de la temperatura exterior ahorrándose gastos en calefacción y aire acondicionado, en donde el coste de fabricación de los ladrillos se sustenta en los gastos innecesarios de energía mencionados.

#### Figura 17

*Casa en Bélgica construida con ladrillos a base de c  amo*



*Nota:* Adaptado de Estudio de viabilidad de ladrillos ecológicos hechos con fibras de c  amo, de Ríos, J., & Martínez, J., 2021.

#### Figura 18

*Ladrillos a base de c  amo*



*Nota:* Adaptado de Estudio de viabilidad de ladrillos ecológicos hechos con fibras de c  amo, de Ríos, J., & Martínez, J., 2021.

Estos bloques elaborados con cemento, cal hidratada, arena y agua presentan propiedades favorables para el sector construcción destacando su resistencia al fuego y agua; siendo un material ligero, con excelente aislamiento térmico y acústico; asimismo, no es propenso a plagas y presenta condiciones favorables de salubridad.

#### 2.2.7.4. Cascara de arroz

Es buena alternativa para la fabricación de ladrillos por su buen aislamiento acústico, fácil trabajabilidad y su densidad baja (Cabo, M. 2011).

#### Figura 19

*Ladrillo a base de cascara de arroz y arcilla*



*Nota:* Adaptado de *Ladrillo de arcilla artesanal*, de Rodríguez, E., & Salazar, G., 2020.

#### 2.2.7.5. Adobe

Este método es empleado usualmente en regiones muy secas como es el caso de los países musulmanes, en donde elaboran el adobe tradicional con secado al sol, llegando a tener un coste energético de 525.6MJ/Tm y 25.1 kg/Tm de emisiones de CO<sub>2</sub> del cual está muy alejado a los valores de fabricación tradicionales de los ladrillos cocidos entre 900 y 1200°C llegando a tener un importe energético de 4,186.8MJ/Tm y 202kg/Tm de emisiones de CO<sub>2</sub> (Badajoz, P. 2020).

En la India en 1631 se construyó el Taj Mahai con materiales de mármol, estructuras de bambú y barro, de igual importancia, en América las culturas indígenas precolombina los empleaban para construir estructuras monumentales como, las pirámides de los olmecas; asimismo, en la ciudad de Moche – Perú se encuentran las dos pirámides gemelas fabricadas de adobe: La huaca de Sol y de la Luna (Amorós, M. 2011).

#### Figura 20

*Huaca del sol y de la Luna – Cultura Moche*



*Nota:* Adaptado de Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, de Amorós, M., 2011.

### 2.2.8. Resinas plásticas

El plástico es un material sintético que apareció en el siglo XIX con Michael Faraday, en 1826, y siete años más tarde Jons Jacob Berzelius definió a los polímeros como compuestos orgánicos con fórmulas empíricas idénticas (Reynoso, D. 2018).

**Tabla 4**

*Propiedades y fuentes de materia prima de los polímeros*

<b>POLIMEROS PLASTICOS</b>		
<b>FUENTE DE MATERIA PRIMA</b>	<b>EJEMPLO</b>	<b>PROPIEDADES</b>
Natural	Algodón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malos conductores térmicos, por lo tanto, se consideran aislantes.</li> </ul>
	Celulosa	
	Hule	
	Etanol (alcohol de caña de azúcar)	
Gas natural y Carbón	Etileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden conseguir rígidos y flexibles.</li> <li>• Buen aislante eléctrico.</li> </ul>
	Metano - <i>Formaldehído</i> ("-") puede derivar)	
	Coque - <i>Acetileno - Etileno - Cloruro de vinilo</i>	
Petróleo (destilación)	LPG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativamente ligeros.</li> <li>• Algunos poseen buena resistencia a la intemperie.</li> <li>• Otros pueden impedir la propagación de la flama.</li> </ul>
	NAFTA - ( <i>Etano, Etileno, Propano, Propileno, Butadieno, Isobutadieno</i> )	
	Gasolina	
	Querosene	
	Aceite	
	Diesel	
Asfalto		

*Nota:* Adaptado de *Los polímeros plásticos, de Reynoso, D., 2018.*

Usualmente los polímeros plásticos más comerciales se diferencian por el modo de obtención, por el acomodamiento de sus cadenas, por el comportamiento térmico y por su elasticidad y dureza (Reynoso, D. 2018).

**Tabla 5***Clasificación de los polímeros plásticos*

<b>POLIMEROS PLASTICOS</b>	<b>CLASIFICACION</b>
Por el modo de obtención	Natural
	Sintético
Por su elasticidad y dureza	Hule
	Plástico
Por el acomodamiento de sus cadenas	Amorfos
	Cristalinos
Por sus propiedades físicas	Especialidad
	Ingeniería
	Funcionales
	Comunes
Por su comportamiento	Termoplásticos
	Termofijos
Por sus ramificaciones	Lineal
	Ramificado
	Reticulado
Por sus ramificaciones	Homopolímeros
	Copolímeros
	Terpolímeros

*Nota:* Adaptado de *Los polímeros plásticos, de Reynoso, D., 2018.*

Según la tabla 3 se tiene: Por su elasticidad, dureza y su modo de obtención, los polímeros plásticos sintéticos se dividen en dos: los termoplásticos y los termofijos; asimismo, por su acomodamiento de sus cadenas estos se subdividen en cristalinos y amorfos.

**Tabla 6***Resinas plásticas sintéticas - Termoplásticos*

<b>TERMOPLASTICOS</b>	Cristalinos	Polietileno (PE)
		Polipropileno (PP)
		Poliamida o Nylon (PA)
		Acetal (POM)
		Etilen Vinil Acetato (EVA)
		Poliéter Éter Cetona (PEER)
		Poliéster (PET, PBT)
		Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
	Amorfo	Estireno Acrilo Nitrilo (SAN)
		Poliestireno (PS)
		Policarbonato (PC)
		Acrílico (PMMA)
		Policloruro de Vinilo (PVC)

*Nota:* Adaptado de *Los polímeros plásticos, de Reynoso, D., 2018.*

En el cual, dentro de los termoplásticos cristalinos más comerciales se tiene al Polietileno, al Polipropileno, al Poliéster y otras resinas como el Acrilonitrilo Butadieno Estireno. Siguiendo el mismo contexto dentro de los termoplásticos amorfos más comerciales se tiene al Poliestireno, al Policarbonato, al Policloruro de Vinilo y en menor cantidad al Policarbonato.

**Tabla 7**

*Resinas plásticas sintéticas - Termofijos*

<b>TERMOFIJOS</b>	Cristalinos	Fenol-Formaldehido (Baquelita)
		Urea
		Melamina
		Poliuretanos
		Bismaldehydos (BMI)
		Hule de Estireno Butadieno (SBR)
		Poliamidas (PI)
	Amorfo	Epóxidos
		Resinas Poliéster
		Resinas Acrílicas
		Acrilatos
		Ester-Cianatos
		Dialil-Etalato (DAP)
		Resinas Siliconas
Vinil Ester		

*Nota: Adaptado de Los polímeros plásticos, de Reynoso, D., 2018.*

Los ladrillos de resinas plásticas sintéticas como el PE y el PP contienen poliolefinas, (cuya composición presenta compuestos de propileno y copolímeros elásticos, provenientes de hidrocarburos simples, en donde los átomos de hidrogeno y los átomos de carbono se combinan junto con doble enlace C-C), las cuales son termoplásticos de elevada resistencia al impacto, estabilidad dimensional (mantiene sus dimensiones y forma a lo largo del tiempo), ligereza (densidad baja), cristalinidad, baja absorción de agua y notable resistencia química (Chacon, M. 2018).

Según la Fundación para la investigación científica y desarrollo tecnológico – FICIDET (Bogotá) y diversas fuentes bibliográficas demostraron que los ladrillos ecológicos resultan siendo livianos, modulares y encajan con facilidad, no necesitando mano de obra calificada.

## 2.2.9. Normativa de eco-ladrillos en el sector construcción

### 2.2.9.1. Perú

*En el Perú no existe normativa para la evaluación de parámetros físicos, químicos y mecánicos en la elaboración de ladrillos con agregado fino de plástico, de igual forma, para la fabricación de estas unidades de albañilería tradicionales, o también llamadas “unidades de mampostería”, no se especifica normativa alguna ya sea para la elaboración a base de mortero u a base de botellas plásticas (Ampuero y Romero. 2020), tomándose como punto de partida el reglamento nacional de edificaciones RNE E.070 y las normas NTP 399.613 y 399.604 en donde detallan aquellos parámetros a tomar en cuenta para la elaboración de mortero y los ensayos para el análisis de las unidades de mampostería siendo aptas para las construcciones de edificaciones.*

### 2.2.9.2. Bolivia

No existe normativa alguna que te detalle como elaborar unidades de albañilería con plástico reciclable, debido a ello Angumba, P. (2016) en su trabajo investiga la normativa argentina (El IRAM) “Instituto Argentino de Normalización y Certificación”, la normatividad mexicana “Normas oficiales mexicanas aplicables a la construcción”, y la española “Norma Española de la Construcción – UNE” ya que estos países tienen normado la investigación en el uso del plástico como elemento de construcción.

### 2.2.9.3. Argentina

En argentina hasta setiembre del año 2021 no existía alguna directriz u normativa con respecto a la fabricación de ladrillos eco amigables; sin embargo, la honorable cámara de diputados de la provincia de argentina en el año 2022 propuso un proyecto de ley que otorgaba un “fondo municipal para el desarrollo sostenible” a los municipios y a las personas jurídicas privadas para la elaboración de dichos ladrillos a base de PET reciclados, y cualquier otro material el cual, al emplearse suponga una reducción del impacto hacia el ambiente en relación a los comerciales.

#### 2.2.9.4.Otros Países

En muchos países el estudio de nuevas alternativas ecológicas para la elaboración de ladrillos es una realidad, países mencionados como Bolivia, Argentina, y Perú, se le suman países como Colombia, España, India, México y EE. UU; sin embargo, hasta la fecha no se tiene una resolución como tal para el paso a paso en la elaboración de dichos ladrillos.

#### 2.2.10. Parámetros Físico, Químico y Mecánicos en la elaboración de ladrillos

##### 2.2.11. Alabeo

También denominado como “variación de dimensiones”, y se define como las variaciones en su largo, ancho y alto, así como también, deformación cóncava u convexa en su superficie, del cual, estas imperfecciones afectan de manera directa a las juntas de mortero, asiéndolas de mayor espesor (NRE E.070). Contiguamente según Rodríguez, E., y Salazar, G. (2020), estas variaciones pueden formar agujeros en las zonas de deformación reduciendo el área de contacto con el mortero.

Infiriéndose del apartado anterior que, mientras mayor sea la imperfección del ladrillo mayor será el espesor de la junta, por lo tanto, menor resistencia de la albañilería.

**Tabla 8**

*Alabeo y variación de dimensiones según el tipo de unidad de albañilería*

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (máx. En porcentaje)			ALABEO máx. en mm
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Mas de 150 mm	
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de RNE E.070, 2019.

En donde para este ensayo la variación de dimensiones se evalúa para todo el ladrillo, y el alabeo para la convexidad y concavidad (NTP 331.017).



### 2.2.11.1. Resistencia a la compresión

Definido como la capacidad del material para resistir la fuerza de presión vertical hasta el punto de quebrarlo, de esta manera se define si el material es de buena calidad o si no es la adecuada pudiéndose observar desintegración del material, grietas u hasta fallas (Muñoz y Delgado, 2021).

Según la NTP 331.017:1978, existen dos términos para definirlo, uno de ellos es *resistencia a la compresión de albañilería* o resistencia de la albañilería, la cual se representa mediante la prueba a rotura de un prisma normalizado (por compresión axial); asimismo, su propiedad es la más resaltante, y su símbolo está definido por “ $f' m$ ”; la segunda terminología es la *resistencia a la compresión del ladrillo*, cuyo símbolo está definido por “ $f' b$ ” y en donde este último pertenece a uno de los componentes de  $f' m$ , así como también, la perfección geométrica del ladrillo, la calidad del mortero y la mano de obra calificada.

**Tabla 9**

*Resistencia a la compresión según el tipo de unidad de albañilería*

TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESION
	$f' b$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
Ladrillo I	4,9 (50)
Ladrillo II	6,9 (70)
Ladrillo III	9,3 (95)
Ladrillo IV	12,7 (130)
Ladrillo V	17,6 (180)

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de RNE E.070, 2019.

Las unidades de albañilería usualmente son elaboradas de forma artesanal y/o industrial en sus tipos I, II y III; las del tipo IV y V al tener una mayor exigencia para llegar a la resistencia mínima exigida se fabrican de forma industrial.

### 2.2.11.2. Densidad o Peso Especifico

Según la NTP 331.017, recalca que la densidad se relaciona de manera directa con las propiedades de resistencia y perfección geométrica, es decir, a medida que la densidad aumente las propiedades mencionadas serán mejores; asimismo, garantiza la homogeneidad de la mezcla.

**Tabla 10**

*Densidad según el tipo de unidad de albañilería*

<b>TIPO</b>	<b>DENSIDAD</b> (min. En g/cm <sup>3</sup> )
Ladrillo I	-
Ladrillo II	-
Ladrillo III	1,60
Ladrillo IV	1,65
Ladrillo V	1,70

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de *RNE E.070, 2019*.

Según Ampuero y Romero (2020), citaron que la densidad del ladrillo ecológico varía según el porcentaje granulado de plástico que se le agregue, ya que el plástico es considerado como material ligero y compacto, sustituye al material agregado grueso natural de manera inversamente proporcional, logrando un producto de igual calidad con menor peso.

#### 2.2.11.3. Absorción y absorción máxima / humedad

Esta mide la impermeabilidad del ladrillo; asimismo, el presente ensayo complementario solo es exigible si en caso el ladrillo se encuentre expuesto, en contacto constante, y directo con lluvias intensas, terreno o agua sin recubrimiento protector alguno, y los valores son sujetos a la normativa aplicable de cada país (NTP 331.017).

**Tabla 11**

*Absorción máxima*

<b>TIPO</b>	<b>ABSORCIÓN *</b> (Máx. en %)
Ladrillo I	Sin limite
Ladrillo II	Sin limite
Ladrillo III	25
Ladrillo IV	22
Ladrillo V	22

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de *RNE E.070, 2019*.

Según la NRE E.070, establece que las unidades de albañilería de arcilla no deben tener una absorción no mayor que el 22% para ser aceptados, mientras que las unidades de concreto

no tendrán un porcentaje de absorción mayor que el 12%. En caso de que ocurra de manera contraria, que la absorción supere la cantidad mínima estipulada, contribuiría a aumentar el peso del muro, contiguamente, actuaría de manera directa con la humedad y con la generación de salitre, ocasionando problemas de salud y fallas en la construcción, volviéndolas inseguras (Gareca, Andrade, Pool, Barrón y Villarando, 2020).

#### 2.2.11.4. Coeficiente de Saturación

Se considera como una medida de durabilidad de las unidades de albañilería cuando se encuentran sometidas a la acción de la intemperie; asimismo, el presente ensayo complementario solo es exigible para aquellas condiciones de uso e intemperismo exigentes u severos.

**Tabla 12**

*Coeficiente de saturación*

<b>TIPO</b>	<b>COEFICIENTE DE SATURACIÓN *</b>
Ladrillo I	Sin limite
Ladrillo II	Sn limite
Ladrillo III	0,90
Ladrillo IV	0,88
Ladrillo V	0,88

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de *RNE E.070, 2019*.

**Tabla 13**

*Tipo de ladrillo en función de la condición de uso y del intemperismo*

<b>CONDICIONES DE USO</b>	<b>CONDICIÓN DE INTEMPERISMO</b>		
	<b>BAJO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>SEVERO</b>
Para superficies que no están en contacto directo con lluvias intensas, terreno o agua.	Cualquier tipo.	Tipos del II al V.	Tipos IV y V.
Para superficies que están en contacto directo con lluvias intensas, terreno o agua.	Tipos III, IV y V.	Tipos IV y V.	Ningún tipo

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de *RNE E.070, 2019*.

Según la NTP 331.017 señala que, mientras más bajo a 0,8 sea el coeficiente de saturación del ladrillo Tipo IV y V, mejores serán sus propiedades de resistencia frente a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío, ya que será poco absorbente, y podría ser utilizado para cualquier tipo de clima o condición de intemperismo; mientras que una unidad de albañilería con coeficiente de saturación igual a 1 presenta características de ser muy absorbente y solo se puede ser utilizado cuando se protege de la intemperie mediante un recubrimiento adecuado.

#### 2.2.11.5. Eflorescencia o salitre

Está definido como una forma de afloramiento o depósitos de sales minerales u solubles contenidas en la superficie de los ladrillos cuando se encuentran expuestos a áreas con alta humedad o climas con cambios estacionales significativos (lluvias intensas, climas fríos, fenómenos meteorológicos como: formación de niebla, neblina, etc.) producen que estas sales, que de por si se encuentran de manera natural en los ladrillos, piedra natural, cal, cemento, entre otros elementos en una construcción, se cristalicen en cantidades importantes, ejerciendo presión mientras más estas crezcan, causando no solo un problema estético al inicio, sino conllevando a la desintegración de la tabiquería u albañilería, rajaduras (NTP 331.017) y hasta problemas en la salud.

Según la NTP 399.613, recalca que no existe hasta el momento información sobre la desviación o precisión sobre el método de ensayo por eflorescencia, dado ello, los resultados que se obtienen no son cuantitativos.

De igual importancia, se considera como un ensayo complementario en donde se realiza en caso de que se trate de acabados en donde el ladrillo quede expuesto a simple vista o cuando la albañilería se encuentre sometida a humedad intensa y constante, por estas condiciones de uso e intemperismo descritos.

#### 2.2.1. Limitaciones en el uso de las unidades de albañilería

La cual el uso de estas unidades de mampostería estará condicionado en base a la sismicidad en donde, según la RM 355-2018-Vivienda, nuestro territorio peruano se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas, asignándoles a cada una de ellas un factor de zona “Z”,

interpretada como la aceleración máxima en suelo rígido (suelo tipo S1) en donde presenta 10% de probabilidad de ser superada en cincuenta años (Muñoz. 2020).

En la tabla 5 se muestra las zonas y los factores de zonas, en donde cuya tabla se encuentra relacionada a la imagen 6 identificando así la zonificación en cada departamento juntamente con su factor.

**Tabla 14**

*Factores de zona*

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

*Nota:* Adaptado de Diseño sismorresistente, de RM 355-2018-Vivienda, 2018.

**Figura 21**

*Zonificación sísmica del Perú*



*Nota:* Adaptado de Diseño sismorresistente, de RM 355-2018-Vivienda, 2018.

Tomando en consideración que en la provincia de Lima se tiene a todos sus distritos identificados como zona sísmica de nivel cuatro, al igual que en la provincia constitucional del Callao.

En el anexo II de la RM 355-2018-Vivienda, se especifican todos los departamentos, provincias y distritos pertenecientes a las diferentes zonas, según la imagen 21.

En la tabla 15 se muestra las limitaciones en el empleo de las unidades de albañilería para la fabricación de muros confinados según la zona sísmica del lugar en donde se planea ejecutar la edificación.

**Tabla 15**

*Limitaciones de las unidades de albañilería*

TIPO	ZONA SISMICA 2, 3 Y 4		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificaciones de cuatro a más pisos	Muro portante en edificaciones de uno a tres pisos	Muro portante en toda la edificación
Macizo artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Macizo Industrial	Si	Si	Si
Perforado	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de RNE E.070, 2019.

## CAPÍTULO III. VARIABLES E HIPÓTESIS

### 3.1. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 16**

*Variable independiente 1: Dosificación para confección de morteros*

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Independiente, cuantitativa	Proporción entre material cementante y el árido fino (Norma E.070)	Es la relación Cemento - Arena	Dosificación para confección de morteros	cemento – Arena
ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ÍNDICE	VALOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Razón o proporción	gr	$D_{M1,2}$ $D_{M1,3}$ $D_{M1,4}$	1 – 2 1 – 3 1 - 4	Experimentación de elaboración de ecoladrillos

**Tabla 17***Variable independiente 2: Dosificación por porcentaje de PET*

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Independiente, cuantitativa	Mezcla entre material cementante, árido fino y agua para proporcionar una mezcla trabajable (Norma E.070)	Proporción de las diferentes mezclas: Cemento, Arena, PET y Agua.	Dosificación por porcentaje de PET	%
ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ÍNDICE	VALOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Razón o proporción	% Dosificación	$D_{PET1}$ $D_{PET2}$ $D_{PET3}$ $D_{PET4}$	5 15 25 35	Experimentación de elaboración de eco-ladrillos

**Tabla 18***Variable dependiente 1: Eco-ladrillos de PET*

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Dependiente, cuantitativa	Alternativa amigable con el medio ambiente y económica, ya que minimiza los daños generados por PET (Chino y Mathios, 2020)	Los Eco-ladrillos se evalúan según el ensayo de laboratorio físico – mecánico abarcando diferentes indicadores según el estudio.	Ensayo físico, químico y mecánico	Compresión
Dependiente, cualitativa				Absorción y absorción máxima
				Coeficiente de saturación
				Eflorescencia o salitre
ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ÍNDICE	VALOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
	$MPa \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	$MPa \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$		
Razón o proporción	%	%	A determinar	Experimentación de elaboración de eco-ladrillos
	Sin unidad de medida	Unidad		
Cualitativo	Sin unidad de medida	Percepción visual		

**Tabla 19***Operalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
ECO-LADRILLO DE PET	Alternativa amigable con el medio ambiente y económica, ya que minimiza los daños generados por PET (Chino y Mathios, 2020)	Los Eco-ladrillos se evalúan según el ensayo de laboratorio físico – mecánico abarcando diferentes indicadores según el estudio.	Ensayo Físico, Químico y Mecánico	Compresión	$MPa \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$
				Absorción y absorción máxima	%
				Coef. Saturación	Unidad
				Eflorescencia o Salitre	Percep. Visual
DOSIFICACIÓN	Alternativa amigable con el medio ambiente y económica, ya que minimiza los daños generados por PET (Chino y Mathios, 2020)	Los Eco-ladrillos se evalúan según el ensayo de laboratorio físico – mecánico abarcando diferentes indicadores según el estudio.	Confección de morteros	C - A	g
			Porcentaje de PET	%	% D.PET

*Nota:* En donde para la Confección de morteros C: cemento, A: arena.

### 3.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.2.1. General

- La creación de eco-ladrillos adicionando polietileno tereftalato contribuirá significativamente en la mejora de sus propiedades físico, químico y mecánica para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa el Salvador.

#### 3.2.2. Específicas

- La elaboración, absorción máxima y el coeficiente de saturación de los eco-ladrillos con 5% de fibras de PET mantendrá un resultado óptimo frente al ladrillo comercial.
- Los eco-ladrillos presentaran un mayor rendimiento ante la generación de eflorescencia, “salitre”, que los ladrillos convencionales en presencia de humedad constante.
- La confiabilidad estructural (compresión) de los eco-ladrillos presentara mejores resultados ante el ladrillo patrón y uno convencional.



## **CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo utilizó un enfoque cuantitativo, en donde se admite un análisis y recolección de datos haciendo uso de escalas numéricas de medición.

Asimismo, es de tipo aplicada, en donde se aplicó los conocimientos teóricos a determinadas situaciones concretas, transformando los conocimientos científicos en tecnología.

El nivel de profundidad de estudio se consideró una investigación descriptiva y explicativa. Descriptiva porque utilizo el método de análisis en donde se señalan las características y propiedades del objeto de estudio; y explicativa porque se pretendió explicar la relación de causa – efecto entre las variables, alcanzándola únicamente con el diseño experimental.

Dando, así como último punto el diseño del trabajo, el cual se demostró que es de tipo experimental, de observación y documental.

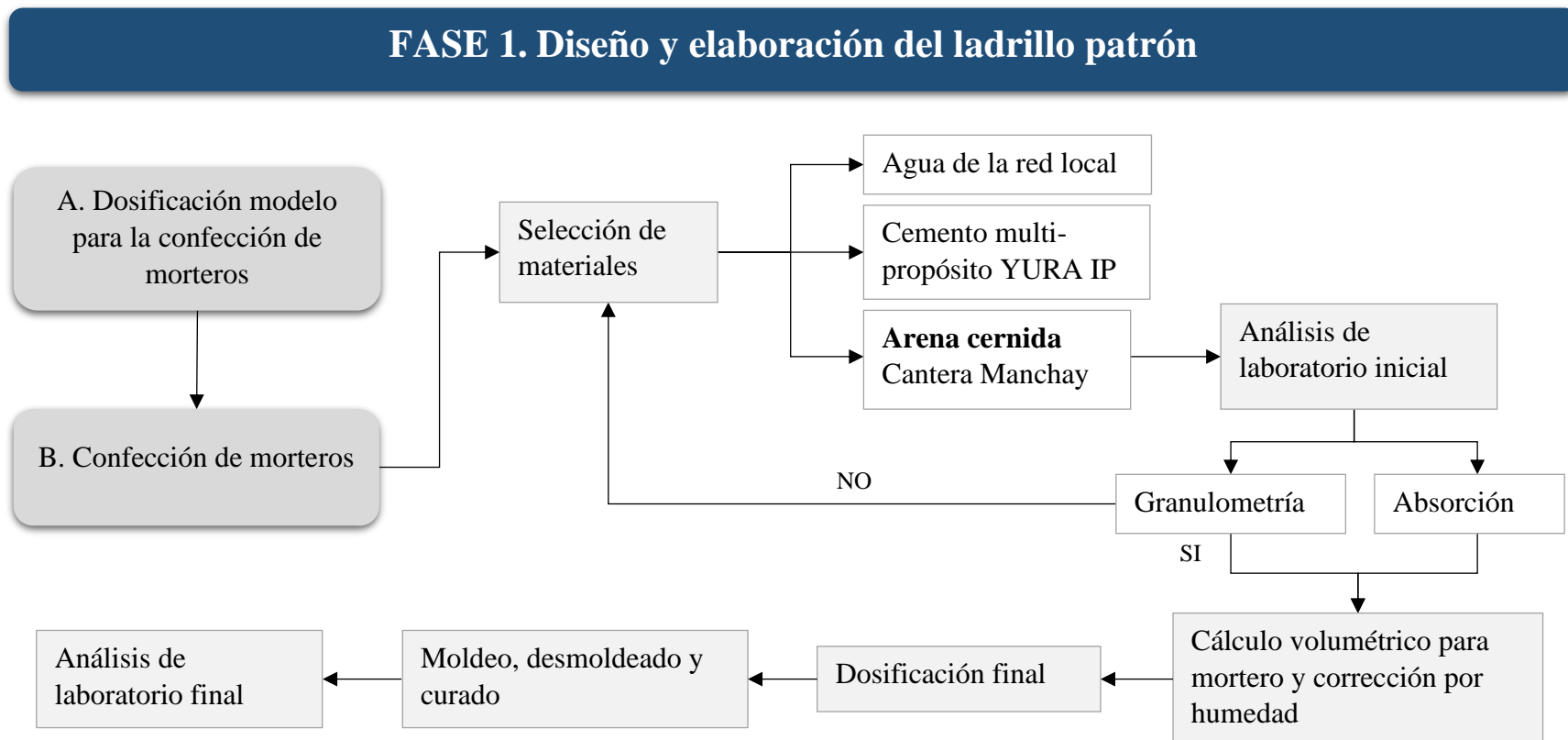
## 4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

### 4.2.1. Etapas del desarrollo de la investigación

La investigación se desarrolló en dos fases, siendo la fase 1, el diseño, elaboración y fabricación del ladrillo patrón, tal como se observa en el flujograma 1.

#### Flujograma 1.

*Fase 1 de la etapa experimental.*

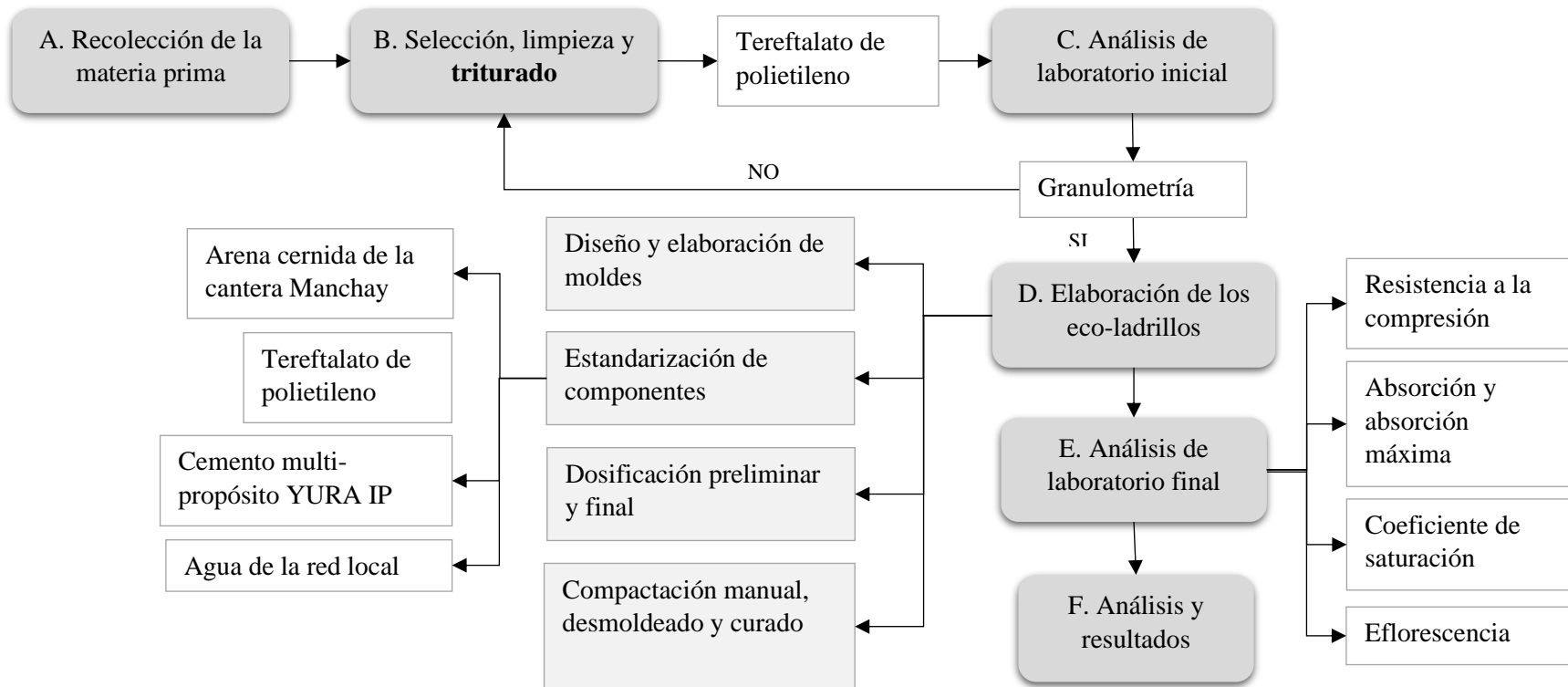


La fase 2 consistió en el diseño y elaboración de los eco-ladrillos, según flujograma 2, para posteriormente ser analizados y comparados con el ladrillo patrón y ladrillo comercial.

### Flujograma 2.

Fase 2 de la etapa experimental.

## FASE 2. Diseño y elaboración de los eco-ladrillos



#### 4.2.2. Diseño y elaboración del ladrillo patrón

Se diseñó según la metodología propuesta por Angumba, P. (2016); asimismo, de las diferentes normas técnicas peruanas y reglamento nacional aplicables.

##### 4.2.2.1 Dosificación modelo para confección de morteros

En esta primera parte se diseñó las proporciones óptimas de los componentes para la elaboración de morteros.

**Tabla 20**

*Tipos de mortero*

Tipos	COMPONENTES			USOS
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de *RNE E.070, 2019*.

Donde: P “muros portantes” y NP “muros no portantes”. Estas proporciones volumétricas en el sector construcción son utilizadas en las unidades de albañilería como adherente y recubrimiento de paredes mas no especifica una dosificación estándar para la elaboración de ladrillos, es por ello que en el presente estudio para la fabricación de estas unidades de mampostería a base de mortero se determinó una dosificación modelo y se evaluó el comportamiento del ladrillo elaborado con arena común a las dosificaciones planteadas, ello con el fin de que sea objeto de comparación con los ladrillos elaborados con material reciclado futuros.

**Tabla 21**

*Dosificación de mortero*

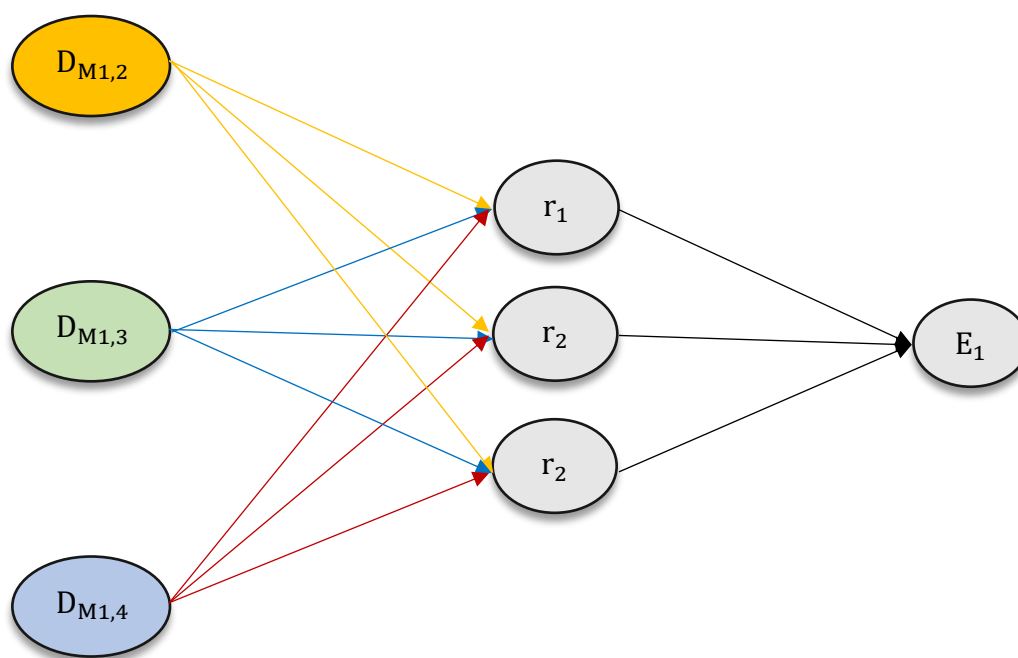
INDICE	VALOR
$D_{M1,2}$	1 - 2
$D_{M1,3}$	1 - 3
$D_{M1,4}$	1 - 4

La dosificación utilizada se expresa en la tabla 21 “Dosificación de mortero”, en donde  $D_{M1,2}$  equivale a la relación de cemento y arena; el cual, en este caso se encuentran en una proporción de 1 a 2, y así sucesivamente con las interpretaciones de las dosificaciones restantes.

Este primer experimento, para determinar la dosificación modelo y poder elaborar el ladrillo patrón a base de mortero, se ejecutó mediante un diseño factorial, el cual, en base a la dosificación y el ensayo de compresión del concreto en muestras cubicas, se escogió aquel experimento que presento una mayor resistencia a la compresión evaluada en un plazo mínimo de 28 días y con tres repeticiones cada una, teniendo:

**Figura 22**

*Esquema del diseño factorial de la dosificación*



Como resumen del esquema se puede apreciar que, cada dosificación una vez mezclada con agua, para el presente estudio se definió como estándar el 48% de la cantidad de cemento, se midió con tres repeticiones representadas por “r”, ello con el fin de obtener un resultado más confiable; continuamente, el ensayo de compresión del concreto en muestras cubicas se evaluó a los 28 días de tiempo de curado (edad).

Donde:

$D_{M1,2}$	Relación de 1 a 2 entre el cemento y la arena	$D_{M1,4}$	Relación de 1 a 4 entre el cemento y la arena
$D_{M1,3}$	Relación de 1 a 3 entre el cemento y la arena	$\Gamma_{1,2y3}$	Repetición 1, 2 y 3 para cada una de las mezclas según las dosificaciones planteadas
$E_1$	Periodo de curado a los 28 días de edad.		

**Diseño factorial** -. En el presente diseño se pone en relación:

1. Dosificación
2. El número de repeticiones
3. Edad (tiempo)

**Dosificación / Nomenclatura = D**

- $D1 = D_{M1,2} = 1$  cemento : 2 arena
- $D2 = D_{M1,3} = 1$  cemento : 3 arena
- $D3 = D_{M1,4} = 1$  cemento : 4 arena

En donde la cantidad de agua suministrada será el 0.48% de la cantidad de cemento. Según el instructivo para ensayo de suelo. México. (1967).

**Numero de repeticiones / Nomenclatura = R**

- $R1 = r1 =$  Repetición 1
- $R2 = r2 =$  Repetición 2
- $R3 = r3 =$  Repetición 3

**Edad / Nomenclatura = T**

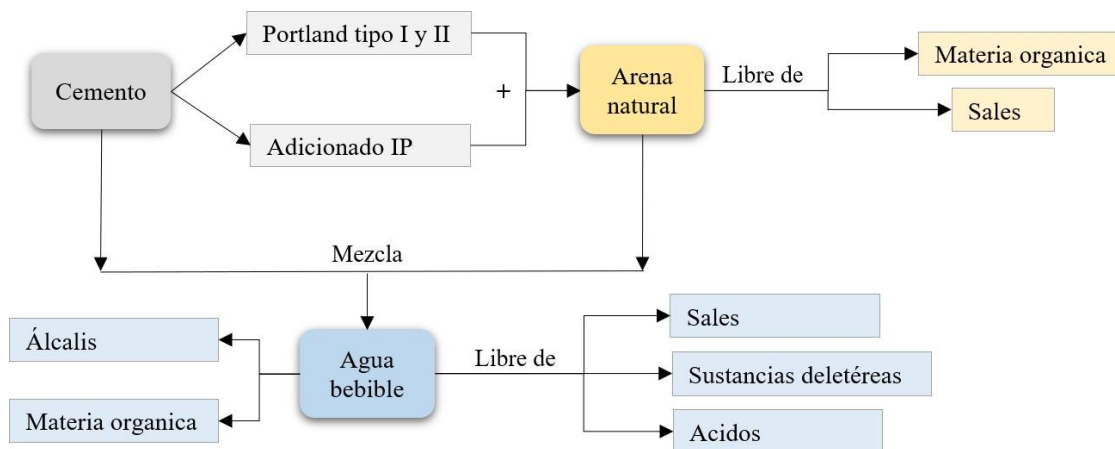
- $T1 = E1 = 28$  días

**Tabla 22***Diseño factorial*

Dosificación	N° de repetición	Edad
D1	R1	D1R1T1
D1	R2	D1R2T1
D1	R3	D1R3T1
D2	R1	D2R1T1
D2	R2	D2R2T1
D2	R3	D2R3T1
D3	R1	D3R1T1
D3	R2	D3R2T1
D3	R3	D3R3T1

#### 4.2.2.2 Confección de mortero

El mortero es una mezcla de cemento, arena y agua según sus proporciones, esta mezcla se desarrolló dentro de probetas cúbicas de 5 x 5 x 5 cm; para ello se debe calcular previamente la cantidad de mezcla de mortero que ingresará dentro de las probetas, contiguamente según la dosificación a ser evaluada, se calcula la cantidad de arena requerida y por último la cantidad de agua a ser suministrada a la mezcla, cuyo valor se estandarizó en 48% de la cantidad de cemento, ello según el instructivo para ensayo de suelo. México. (1967). De igual manera, según la NRE E0.70 los componentes que se utilizó para la mezcla de mortero son:

**Figura 23***Esquema de los componentes del mortero*

*Nota:* Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones, de RNE E.070, 2019.

El agregado fino utilizado puede ser de material natural de origen local o adquirido en ferreterías u canteras de arena, en ambos casos se debe hallar el módulo de finura para ser comparado con la *NTP 400.037: 2014*. y determinar si el agregado fino utilizado cumple con el estándar requerido; asimismo, también se evaluó el peso específico y el porcentaje de absorción, ello con el objeto de conocer cuánto de agua retiene el material, posteriormente ser reemplazado según las proporciones establecidas en la dosificación de mortero expresado en la tabla 21.

**Tabla 23**

*Estándar de granulometría del agregado fino*

MALLA ASTM	% QUE PASA	OBSERVACIONES
N°3/8 (9,5mm)	100	- No debe haber retención de más del 45% de arena entre mallas consecutivas. - <i>Su módulo de finura</i> debe estar comprendido <i>entre 2,30 y 3,10</i> . - Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando exista estudios que aseguren que se producirá concreto con la resistencia requerida a satisfacción de ambas partes.
N°4 (4,75mm)	95 a 100	
N°8 (2,36mm)	80 a 100	
N°16 (1,18mm)	50 a 85	
N°30 (0,60mm)	25 a 60	
N°50 (0,30mm)	05 a 30	
N°100 (0,15mm)	0 a 10	

*Nota:* Adaptado de AGREGADOS, de *NTP 400.037:2014 / ASTM C 33*.

Sabiendo ello, la metodología que se siguió para la confección de mortero según la dosificación a ser evaluada es el siguiente:

#### **4.2.2.2.1. Materiales empleados en la confección de morteros**

- Arena: También conocido como árido fino, la arena natural extraída puede provenir de sus diferentes orígenes, las más usuales son, las provenientes del triturado de rocas, las que provienen de extensiones largas de ríos y lagos, y las más comunes de canteras, para lo cual esta investigación utilizo la arena proveniente de cantera de Manchay, departamento de Lima; en donde, el agregado fino debe cumplir con los límites establecidos según la *NTP 400.037: 2014*. u *ASTM C 33*.



**Figura 24**

*Agregado fino*



- Cemento: Cuya función principal se emplea como adherente o aglomerante de partículas de los diferentes agregados, uniendo los materiales pétreos y formando una masa consistente, resistente y compacta (Angumba, 2016). Para la elaboración del prototipo se utilizó “cemento multi-propósito de alta durabilidad YURA IP”, ya que es una industria con certificado ISO 9001 y ISO 14001; asimismo, presenta dentro de su contenido puzolana de origen volcánico cuyos silicatos reaccionan con el hidróxido de calcio (originados de la misma fabricación del cemento y que no proporciona aporte alguno), produciéndose mayor cantidad de silicatos de calcio u también llamados “silicatos cálcicos”, proporcionando resistencia e impermeabilidad al concreto, (Ficha técnica V.1 Cemento Multi-Propósito, 2022).

**Figura 25**

*Cemento Yura IP*



- Agua: Agua dulce proveniente de la red de agua local.

### **Figura 26**

*Agua de la red local*



#### **4.2.2.2. Pruebas de laboratorio inicial**

Pruebas de laboratorio de las propiedades físicas del agregado fino -. Se realizó un ensayo de granulometría en agregados, en donde, se determinó el módulo de finura; en paralelo, se ejecutó otro ensayo en donde se evaluó el peso específico y el porcentaje de absorción de este, ambos ensayos se ejecutaron en el laboratorio N°1 Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI; en donde se dispuso al laboratorio una muestra de 10 kg de agregado fino para los ensayos en mención.

(Véase resultados en el apartado 4.6.1. “Resultados de los análisis de la Fase 1”).

#### **4.2.2.2.3. Cálculo para mortero y corrección por humedad**

Se determino la cantidad de volumen para los 9 cubos y poder elaborar el ladrillo patrón óptimo; en donde, el molde a emplearse para la mezcla fueron probetas cubicas de 5 x 5 x 5cm C/U (NTP 334.051:2013), y la fórmula que se utilizó para el cálculo fue la siguiente:

$$P_{V.arena} = \frac{P_{arena}}{V_{probetas}}$$

Donde:

- $P_{V.arena}$  = Peso volumétrico del agregado fino ( $gr / cm^3$ )
- $V_{probetas}$  = Volumen total de los moldes ( $cm^3$ )
- $P_{arena}$  = Peso de la arena total ( $gr$ )

Con dicha fórmula se despeja el peso de la arena total que entraría en las 9 probetas cúbicas; contiguamente, con el total se halla la cantidad de arena requerida según los porcentajes obtenidos del análisis de granulometría.

Despejando el Peso de la arena total:

$$P_{arena} = P_{V.arena} \times V_{probetas} \quad \text{Ecuación 1}$$

Corrección por humedad. – En la prueba de laboratorio inicial se halla el porcentaje de absorción de agua o el porcentaje de humedad de la arena, esto con el fin de corregir la cantidad de agua final que se le suministrara a la mezcla del ladrillo patrón.

La fórmula que se utilizó para la corrección por el factor humedad es la siguiente:

$$\%H = \frac{P_{agua}}{P_{arena}} \times 100$$

Donde:

- $\%H$  = Porcentaje de humedad (dato obtenido del ensayo de laboratorio)
- $P_{agua}$  = Peso del agua absorbida ( $cm^3$ )
- $P_{arena}$  = Peso de la arena ( $gr$ )

De la fórmula se procedió a despejar el peso del agua, teniendo:

$$P_{agua} = \frac{\%H \times P_{arena}}{100} \quad \text{Ecuación 2}$$

La arena como cualquier otro agregado fino tiene la propiedad de absorber cierta cantidad de agua dentro de sus poros, del cual, con la fórmula presentada se procedió a añadir a la mezcla el estándar establecido del 48% de la cantidad de cemento + la cantidad de agua absorbida por la fórmula de corrección del factor humedad; teniendo:

$$P_{total} = (48\% \times \text{Cantidad de cemento}) + P_{agua}$$

Donde:

- $P_{total}$  = Peso total del agua a ser suministrado a la mezcla final
- $P_{agua}$  = Peso del agua absorbida ( $cm^3$ )

#### 4.2.2.2.4. Dosificación final, proceso de moldeo, desmoldeado y curado

**Dosificación final.** - En base a los resultados obtenidos de los puntos anteriores se procedió a evaluar cada dosificación según la cantidad de arena, cemento y agua arrojados de la prueba de laboratorio inicial, así como, de los resultados de los cálculos.

Obteniendo la siguiente tabla:

**Tabla 24**

*Dosificación final para morteros*

DOSIFICACIÓN	CEMENTO	ARENA	AGUA
1:2	487.5 g	975 g	245.213 mL
1:3	325 g	975 g	167.213 mL
1:4	243.75 g	975 g	128.213 mL

Donde 975 gramos representa la cantidad de arena hallada en la Ecuación 1, y según la dosificación a ser evaluada esta será reemplazada por la cantidad de cemento; asimismo, la cantidad de agua a suministrarse estará en función de la cantidad de cemento más el peso de agua absorbida por la arena hallada en la Ecuación 2.

Con la dosificación final se procedió a elaborar las probetas cubicas de 5 x 5 x 5cm, en donde previamente se va a eliminar cualquier impureza que se encuentre dentro de las probetas.

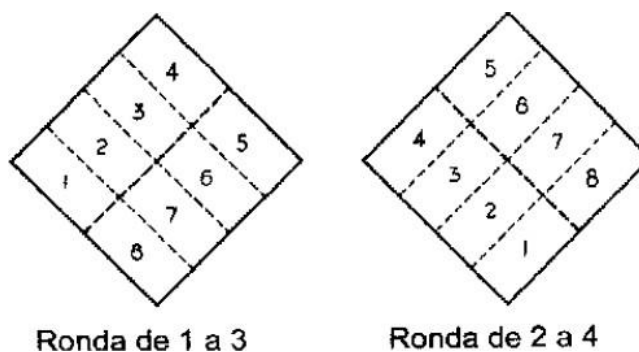
Cada una de las dosificaciones tendrá tres repeticiones para la obtención de resultados con mayor precisión, obteniendo para cada dosificación 3 muestras.

**Proceso de moldeo.** – La mezcla fue vertida a cada una de las probetas en dos capas, estas tuvieron 25mm de espesor aproximadamente, y fueron apisonadas a razón de ocho golpes

por ronda repartidos sobre la superficie, en donde cada ronda estará en ángulo recto respecto a la otra (véase la figura 25), logrando apisonarse 32 veces en 10 segundos, en 4 rondas o vueltas.

### Figura 27

*Orden de apisonado por ronda*



*Nota:* Adaptado de Método de ensayo, de *ASTM C109*.

Este proceso de apisonado por capa y por ronda se hace con el fin de reducir la brecha de aire que puede quedar retenido dentro de la mezcla perjudicando el experimento; de igual manera, asegura un llenado más uniforme al moldeado.

### Figura 28

*Apisonado por capa*



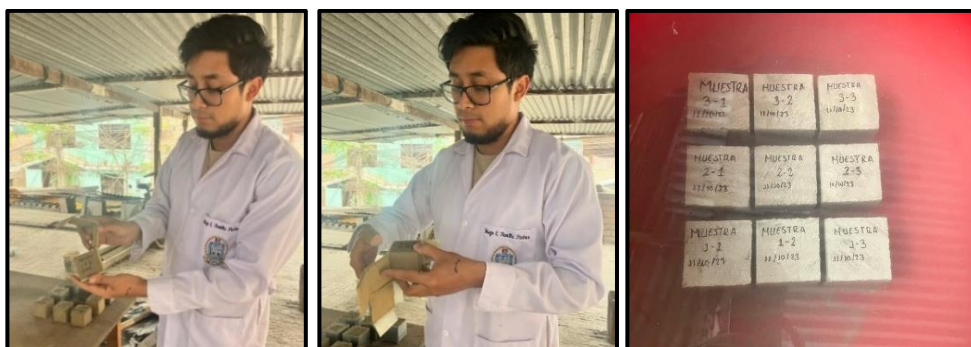
El mortero que sobresalía del molde se extendió suavemente con un badilejo y se aplanó; se enrazó el badilejo ligeramente inclinado por única vez; y por último para eliminar todo exceso de mortero con ayuda del badilejo se marcó un movimiento de corte de sierra en sentido longitudinal del molde. El moldeo no debe superar los 2min con 30seg (ASTM C109).

**Figura 29***Retiro de exceso y alisado de las muestras*

Finalmente, se rotulará y se protegerán las muestras.

**Figura 30***Muestras cúbicas de mortero*

**Desmoldeado y curado.** – El proceso de desmoldeado se realizó a las 24 horas de haberlas elaborado, y el curado en agua mínimo se sumergió durante 28 días (NRE E0.70).

**Figura 31***Desmoldeado y curado de muestras*

#### **4.2.2.2.5. Prueba de laboratorio final para la elaboración de 9 cubos de concreto.**

Se realizó un análisis de rotura de las muestras cúbicas para determinar la resistencia a la compresión de estas, evaluadas a los 28 días de curado.

Dicho ensayo se realizó en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM.

(Véase resultados en el apartado 4.6.1. “Resultados de los análisis de la Fase 1”).

Según los resultados de la prueba de laboratorio final se procedió a escoger la mejor dosificación para ser utilizada en el proceso de elaboración de los eco-ladrillos.

#### **4.2.3. Diseño de los Eco-ladrillos**

Se elaboró el prototipo de eco-ladrillos como tal, tomando como base el uso de los mismos componentes, los resultados del análisis de laboratorio inicial de la arena y la dosificación, con la que se obtuvo el mejor resultado de resistencia a la compresión, todos ellos obtenidos de la fase del “diseño del ladrillo patrón”, teniendo ello como punto de partida, se procedió a diseñar el prototipo para su posterior comparación físico, químico y mecánica de los eco-ladrillo ante el ladrillo patrón y el comercial.

Este apartado abarca la recolección de la materia prima; selección, limpieza y triturado de la misma; el análisis de laboratorio inicial y la elaboración del prototipo como tal, el mismo que se desarrolló en tres subcapítulos distintos: el primero abarcando el diseño y elaboración de los moldes, el segundo la estandarización de los componentes, la dosificación preliminar y final, y el último subcapítulo desarrollo el compactado manual, desmoldeado y curado.

##### **4.2.3.1. Recolección de la materia prima**

Para la adquisición del agregado fino sustituto (PET) se identificó dos focos de recolección, una de ella es la recolección mediante familiares directos y otra es mediante vecinos colindantes. Se reunieron aproximadamente 15kg de botellas PET para estas ser utilizada en las fases siguientes.

**Figura 32***Recolección de botellas plásticas***4.2.3.2. Selección, limpieza y triturado de la materia prima**

Una vez recolectado la materia prima, primero se procedió a la selección y limpieza, ya que como se pretende reutilizarla, estas dentro de su envase pueden contener producto sobrante, o alguna otra impureza y hasta grasa, lo que generaría complicaciones de adherencia para nuestro experimento.

**Selección.** – Abarco el uso únicamente de botellas transparentes, todas aquellas que sean indiferentes a estas se eliminaron por completo, no siendo convertida como agregado fino sustituto para esta investigación, debido a que por su diferente color podría no quedar totalmente limpia perjudicando así nuestro experimento.

**Limpieza.** – En este punto se retirará únicamente las tapas de las botellas, ya que estas poseen otra clasificación de polímeros. La limpieza se realizó con agua libre de expendio, sustancias jabonosas o cualquier otro aditivo en su interior, de preferencia se usará agua ionizada, esto con el fin de evitar la adición de otros componentes a nuestro prototipo; asimismo, el uso únicamente de agua limpia justifica la selección exclusiva de botellas transparentes para nuestro fin.

**Triturado.** – Se realizó mediante una máquina trituradora de plástico reciclado con una cuchilla para partículas de 0.5 centímetros, esto con el fin de obtener una granulometría empírica semejante a la arena.



**Figura 33**

*Triturado de botellas plásticas*

**4.2.3.3. Análisis de laboratorio inicial**

El material obtenido del producto de la trituración se sometió a un ensayo de granulometría en agregados, en donde se espera poseer una granulometría adecuada entre grueso y fino según la ASTM C33, u RNE E0.70; de igual manera, se utilizó el resultado del análisis de la arena visto en la fase de elaboración del ladrillo patrón.

El ensayo en mención se realizará en el laboratorio N°1 Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI; en donde se dispuso al laboratorio una muestra de 1 kg de PET triturado para el ensayo en mención. (Véase resultados en el apartado 4.6.2. “Resultados de los análisis de la Fase 2”).

**Figura 34**

*Muestra de agregado fino y PET triturado*



#### 4.2.3.4. Elaboración de los eco-ladrillos

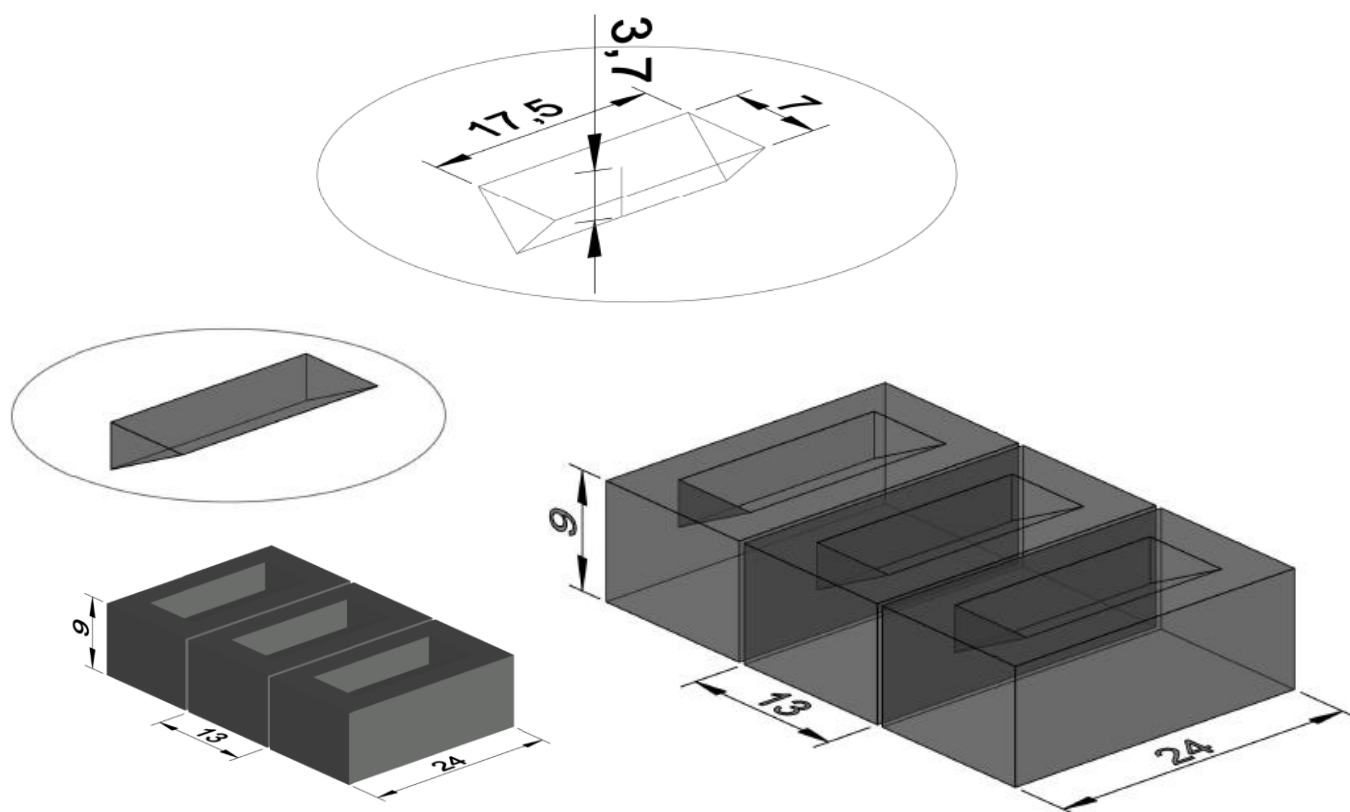
La elaboración de los eco-ladrillos comprendió tres subcapítulos, en donde primero se diseñó y se elaboró los moldes, posterior a ello se procedió a estandarizar los componentes a utilizar para la mezcla, seguido de las dosificaciones preliminares y finales, y finalizando con la compactación manual, el desmoldeado y curado de las muestras fabricadas.

##### 4.2.3.4.1 Diseño y elaboración de los moldes

El diseño de los moldes para la elaboración de los ladrillos de PET presento las siguientes medidas: 24 cm de largo x 13 cm de ancho y 9 cm de alto; asimismo, la fabricación del instrumento fue con material de hierro dulce, elaborado con ayuda del maestro herrero Edgardo Miranda, cuyo único instrumento tendrá la facilidad de producir moldes, para la mezcla dosificada, de tres bloques a la vez. Véase la Figura N.º 35 “Diseño del molde del ladrillo PET”.

**Figura 35**

*Diseño del molde del ladrillo PET*



El dimensionamiento aproximado para los moldes, se basó en el criterio original de las medidas más comerciales y utilizadas de un ladrillo King Kong de 18 huecos según Aceros Arequipa (s.f), con la única diferencia que, para este estudio, al ser un ladrillo macizo fabricado de manera artesanal debe cumplir que sus perforaciones no deben ser superiores al 10% del volumen total del material, dicho aquello, se planteó para que en la parte superior del molde posea una pirámide invertida con las dimensiones planteadas en la figura 35; cuyo valor corresponde al 5.38% del total del material.

**Figura 36**

*Molde para elaboración de eco-ladrillos*



**Tabla 25**

*Cálculo del volumen del molde*

Calculo - Volumen del molde	Resultado
Volumen de pirámide invertida	151.08 $cm^3$
Volumen total del molde	2808 $cm^3$
Volumen del molde	2657 $cm^3$

#### 4.2.3.4.2 Estandarización de componentes, dosificación preliminar y final.

**Estandarización de componentes.** – Los componentes utilizados fueron los mismos que se utilizaron para la elaboración del ladrillo patrón, más el polímero recolectado.

- Arena: Se utilizó la arena proveniente de la cantera de Manchay, departamento de Lima. En donde el agregado fino debe cumplir con los límites establecidos según la RNE E.070 u ASTM C33.
- Cemento: Se utilizó el “cemento multi-propósito de alta durabilidad YURA IP”, ya que al utilizar puzolana volcánica de origen natural mejora su resistencia e impermeabilidad del concreto (Ficha técnica 2022 / V.1 Cemento multi-propósito IP)
- Agua: Se utilizó agua dulce proveniente de la red de agua local.
- PET: Materia prima indispensable para la elaboración de los eco-ladrillos el cual cumplirá con las exigencias del apartado 4.2.3.1, 4.2.3.2 y 4.2.3.3.

### Figura 37

*Fibras de PET triturado*



**Dosificación preliminar (DP).** – Para establecer la dosificación preliminar, es necesario conocer la relación cemento – arena que presentó mayor resistencia a la compresión en la fase de “diseño y elaboración del ladrillo patrón”, teniendo dicho dato como punto de partida y la cantidad de arena total a utilizarse hallada en el “diseño y elaboración de moldes” se procedió a establecer una dosificación preliminar en donde a la cantidad de arena total hallada, se le sustituyó el 5, 15, 25 y 35% de Polietileno Tereftalato quedando una mezcla de: arena – cemento - agua (48% de la cantidad de cemento) – PET (5% / 15% / 25% / 35%).

Cabe hacer en mención que en dicha dosificación preliminar no se rectificó el porcentaje de absorción de agua retenido por la arena, por lo que, dicho dato figurara en la “prueba de laboratorio inicial” del ladrillo patrón.

**Tabla 26**

*Porcentaje de PET que reemplazara al árido fino*

INDICE	VALOR
$D_{PET1}$	5%
$D_{PET2}$	15%
$D_{PET3}$	25%
$D_{PET4}$	35%

#### A) DP. DEL LADRILLO PATRON

Del apartado 4.2.2.1 “dosificación modelo para confección de morteros” se obtuvo un resultado sobresaliente en las muestras cubicas, cuyo valor en su dosificación presentaron el valor de: 1 – 2, partiendo de ello se calculó la cantidad de arena total para las muestras cubicas del molde para los eco-ladrillos.

La fórmula empleada para hallar lo mencionado es la siguiente:

$$\rho = \frac{Masa}{Volumen}$$

Donde:

- $\rho$  = Densidad (2.60 g /  $cm^3$  – valor del análisis de P.E.)
- Volumen = 2657  $cm^3$  (valor de la Tabla 25)

Con dicha formula se despejo la masa o también denominado peso total, teniendo la siguiente formula:

$$Peso\ total_{arena} = \rho \times Volumen \quad \text{Ecuación 3}$$

Resultando el  $Peso\ total_{arena} = 6\ 908.2$  gramos a utilizarse.

Teniendo los datos completos se procedió a su dosificación preliminar, en donde para dicha dosificación no se hayo la corrección del factor humedad.

**Tabla 27***Dosificación preliminar del ladrillo patrón*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>
1:2	3454.1	6908.2	1658.0

**B) DP. AL 5% DE FIBRAS DE PET**

Para este apartado se procedió a sustituir el 5% de fibras de PET por la cantidad de arena obtenida en la dosificación preliminar del ladrillo patrón; asimismo, para dicha dosificación no se hayo la corrección del factor humedad.

**Tabla 28***Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 5%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 5%
1:2	3281.4	6562.8	1575.1	345.4

**C) DP. AL 15% DE FIBRAS DE PET**

Para este apartado se procedió a sustituir el 15% de fibras de PET por la cantidad de arena obtenida en la dosificación preliminar del ladrillo patrón; asimismo, para dicha dosificación no se hayo la corrección del factor humedad.

**Tabla 29***Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 15%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 15%
1:2	2936.0	5872.0	1409.3	1036.2

**D) DP. AL 25% DE FIBRAS DE PET**

Para este apartado se procedió a sustituir el 25% de fibras de PET por la cantidad de arena obtenida en la dosificación preliminar del ladrillo patrón; asimismo, para dicha dosificación no se hayo la corrección del factor humedad.

**Tabla 30**

*Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 25%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 25%
1:2	2590.6	5181.2	1243.5	1727.1

**E) DP. AL 35% DE FIBRAS DE PET**

Para este apartado se procedió a sustituir el 35% de fibras de PET por la cantidad de arena obtenida en la dosificación preliminar del ladrillo patrón; asimismo, para dicha dosificación no se hayo la corrección del factor humedad.

**Tabla 31**

*Dosificación preliminar de eco-ladrillos al 35%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 35%
1:2	2245.2	4490.3	1077.7	2417.9

**Dosificación final (DF).** – Se corrigió el factor humedad, dicha corrección se determinó mediante la ecuación 2, teniendo como dato el porcentaje de absorción de agua por la arena en la “prueba de laboratorio inicial” del ladrillo patrón; asimismo, de la Tabla 40. “Análisis de Peso específico y Porcentaje de absorción en agregados”, se tiene como porcentaje de absorción igual a 1,15%.

Esto se realizó con el fin de corregir la cantidad de agua final por agregar a la mezcla.

Dicho procedimiento se realizó de manera repetitiva para cada una de las dosificaciones propuestas en la tabla 26 “*Porcentaje de PET que reemplazará al árido fino*”.

**A) DF. DEL LADRILLO PATRON**

Con la dosificación preliminar del ladrillo patrón, para este apartado se procedió a corregir la tabla del apartado anterior con la cantidad de agua real a necesitarse luego de la absorción de agua por la arena, teniendo:

**Tabla 32**

*Dosificación final del ladrillo patrón*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>
1:2	3454.1	6908.2	1737.4

**B) DF. AL 5% DE FIBRAS DE PET**

Con la dosificación preliminar al 5% de fibras de PET, para este apartado se procedió a corregir la tabla del apartado anterior con la cantidad de agua real a necesitarse luego de la absorción de agua por la arena, teniendo:

**Tabla 33**

*Dosificación final de eco-ladrillos al 5%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 5%
1:2	3281.4	6562.8	1650.5	345.4

**C) DF. AL 15% DE FIBRAS DE PET**

Con la dosificación preliminar al 15% de fibras de PET, para este apartado se procedió a corregir la tabla del apartado anterior con la cantidad de agua real a necesitarse luego de la absorción de agua por la arena, teniendo:

**Tabla 34**

*Dosificación final de eco-ladrillos al 15%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 15%
1:2	2936.0	5872.0	1476.8	1036.2



**D) DF. AL 25% DE FIBRAS DE PET**

Con la dosificación preliminar al 25% de fibras de PET, para este apartado se procedió a corregir la tabla del apartado anterior con la cantidad de agua real a necesitarse luego de la absorción de agua por la arena, teniendo:

**Tabla 35**

*Dosificación final de eco-ladrillos al 25%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 25%
1:2	2590.6	5181.2	1303.1	1727.1

**E) DF. AL 35% DE FIBRAS DE PET**

Con la dosificación preliminar al 35% de fibras de PET, para este apartado se procedió a corregir la tabla del apartado anterior con la cantidad de agua real a necesitarse luego de la absorción de agua por la arena, teniendo:

**Tabla 36**

*Dosificación final de eco-ladrillos al 35%*

<b>Dosificación</b>	<b>Cemento</b> <i>g</i>	<b>Arena</b> <i>g</i>	<b>Agua</b> <i>cm<sup>3</sup></i>	<b>PET</b> 35%
1:2	2245.2	4490.3	1129.3	2417.9

**4.2.3.4.3 Compactado manual, desmoldeado y curado**

**Compactado manual.** – El proceso de moldeo y compactación manual siguió las mismas especificaciones del apartado 4.2.2.2.4, con la única variación que se comprimió la mezcla cada 2cm por capa, con pequeños tacos de madera.

**Figura 38**

*Compactación manual*



**Desmoldeado.** – El desmolde se efectuó al instante, justo después del compactado manual; según Angumba, P. (2016), señala que tanto los hormigones como morteros llegan a su fraguado final entre las 6 h y 10 horas de haberlas elaborado.

**Figura 39**

*Desmoldeado de eco-ladrillos*



**Curado.** – El curado o inmersión en agua, se ejecutó pasando las 24 horas después del desmoldeado, en donde se sumergió en agua durante 28 días (NRE E0.70).

**Figura 40**

*Eco-ladrillos*



#### 4.2.4. Análisis de laboratorio final de los eco-ladrillos

En este apartado se ejecutó dos tipos de ensayos, el primero denominado “ensayo mecánico” en donde se evaluó la compresión de los eco-ladrillos por intermedio del laboratorio de mecánica de suelos en la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM, de igual manera, el segundo ensayo evaluó los parámetros físicos como es el caso de la absorción, absorción máxima y el coeficiente de saturación, por último el tercer ensayo evaluó la eflorescencia de las unidades de albañilería tradicionales ante el ladrillo patrón y el prototipo de eco-ladrillo, en donde dichos ensayos se realizaron siguiendo las especificaciones de la NTP 399.613:2005 en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur – UNTELS.

Véase el resumen la tabla 37 “Ensayo físico, químico y mecánico de los eco-ladrillos”.

**Tabla 37**

*Ensayo físico, químico y mecánico de los eco-ladrillos*

TIPO DE ENSAYO	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	NORMA	TÍTULO
Mecánico	Resistencia a la compresión	MPa		UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.
Físico	Absorción y absorción máxima	%	Norma técnica peruana NTP 399.613:2005	
	Coeficiente de saturación	Numeral		
Físico - Químico	Eflorescencia u salitre	Percepción visual		

#### 4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está representada por la cantidad de volumen de material PET no reaprovechado y disperso en nuestro medio ambiente originado por la mano propia del ser humano.

La muestra se representó por una cantidad de volumen aproximado de 15kg de material PET a ser reaprovechado a lo que equivalió  $295 \pm 5$  botellas plásticas descartables.

#### 4.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos se seleccionaron en base a los objetivos planteados por la presente investigación en donde resaltaron dos técnicas: La primera denominada “técnica de experimentos controlados” y la segunda “técnica de observación directa”, ya que ambas actúan en complemento mutuo para este fin.

Técnica de experimentos controlados. – Con el fin de establecer relaciones causales entre variables, manipulando las variables independientes y observando los efectos frente a la variable dependiente, mientras al mismo tiempo se manipulan otras variables; todo ello mediante el diseño y la ejecución de experimentos controlados.

La técnica de observación directa. – En esta investigación se presenta como complemento de la técnica de “experimentos controlados”, el cual consiste en tener un objetivo definido, claro y preciso, en el que el investigador sabe lo que quiere analizar y el motivo por el cual quiere hacerlo; al mismo tiempo que, registra sistemáticamente el comportamiento o fenómeno de interés en un entorno natural o controlado apoyándose de registros escritos, fotográficos, grabaciones, entre otros (Díaz, 2011 pp. 3-29).

#### 4.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos de recolección de datos fueron un juego de tamices para el ensayo de granulometría, tanto del agregado fino proveniente de la cantera de Manchay y de las fibras de PET trituradas; una balanza analítica para la determinación del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción en agregados.

Así como también, determinar los pesos de las muestras cubicas y las muestras de ladrillo de arcilla, patrón y Eco-Ladrillos, un anillo de carga con un alcance de indicación de 5000 kgf para el análisis de las muestras cubicas de concreto de 5x5x5cm proveniente de la fase de elaboración del ladrillo patrón; por último, una prensa de concreto de 1000 kN de alcance de indicación, un indicador de lectura digital de 2000 kN de alcance de indicación y un transductor de fuerza, todo ello como equipo único para la determinación del análisis de resistencia a la compresión de las muestras del ladrillo comercial, patrón y eco-ladrillos.


Véase la tabla 38 “Instrumentos de recolección de datos”

#### 4.5.1 Validez

La validez de los resultados de los ensayos para la Fase 1 “Diseño y elaboración del ladrillo patrón”, en donde se elaboraron las muestras cubicas de mortero, se realizaron dos pruebas de laboratorio, en el primer ensayo se determinó el módulo de finura, el peso específico y el porcentaje de absorción. De igual forma para la Fase 2 “Diseño y Elaboración de los Eco-Ladrillos” se realizó de manera preliminar el ensayo de granulometría en las fibras de PET trituradas, todo ello, ejecutados por el laboratorio N°1 Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI – LEM, en donde dispone de equipos calibrados y certificados para los distintos tipos de ensayos en base a la Norma NTP 400.012:2021 (Para el ensayo de granulometría en agregados de arena y PET) y NTP 400.022:2021 (Para el ensayo de peso específico y porcentaje de absorción en agregados); asimismo, también el laboratorio posee una política de calidad en donde está comprometida en alcanzar resultados confiables y en base a la NTP ISO / IEC 17025.

#### Figura 41

*Política de la Calidad UNI – LEM.*

	<b>LEM – FIC - UNI</b>		Código	JL-DOC-01
	<b>POLÍTICA DE LA CALIDAD</b>		Versión	04
			Página	1 de 1
			Fecha	21-01-2022

*Nota:* Adaptado de Política UNI – LEM, de Laboratorio N°1 de ensayo de materiales.

Para el análisis tanto de rotura de las muestras cubicas vistas en la Fase 1 y el análisis de rotura de Ladrillos (arcilla, patrón y Eco-Ladrillos) vistas en la Fase 2, fueron ejecutados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM, en donde dispone de equipos calibrados y certificados para los distintos tipos de ensayo acorde a la Norma NTP 334.051 (Para rotura muestras cubicas), NTP 399.613 (Para rotura de Ladrillo de arcilla) y NTP 399.604 (Para ladrillos de concreto y Eco-Ladrillos); asimismo, también el laboratorio posee un sistema de gestión de calidad acreditado por INACAL NTP-ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.





#### 4.5.2 Confiabilidad

La confiabilidad se determinó mediante los informes emitidos por el laboratorio N°1 Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI – LEM, y por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM.

Véase los informes en el Anexo 3. “Formato de validación de expertos”.

Tabla 38

Instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTOS	NORMA	TÍTULO	EQUIPO	CONFIABILIDAD	IMÁGEN
Juego de tamices	NTP 400.012- INACAL-2013	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	Tamizadora de laboratorio con 7 juegos de tamices	Se analizará por el laboratorio N°1 ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería	
Balanza electrónica	KERN 770/GS/GJ	Manual de instrucciones Balanzas analíticas y de precisión	Balanza electrónica marca OHAUS – modelo PA224	Balanza calibrada referencial utilizada por el laboratorio de la UNI	
Equipo de compresión	NTP 699.613:2005	UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería	Prensa de concreto con indicador de lectura y transductor de fuerza marca ELE INTERNATIONAL	Equipo de compresión utilizada por el laboratorio de mecánica de suelos de la UNALM.	
Anillo de 5000kgf	NTP 699.613:2005	UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería	Anillo de carga con alcance de 5000 kgf marca WYKEHAM FARRANCE	Máquinas para Ensayos uniaxiales estáticos utilizada por el laboratorio de mecánica de suelos de la UNALM.	

## 4.6. RESULTADOS

### 4.6.1. Resultados de los análisis de la Fase 1

La fase 1 como bien ya se ha visto en el desarrollo comprende dos famosos acápite, en el primero se planteó la dosificación modelo para la confección de morteros en donde se establecieron 3 dosis a evaluarse; el segundo acápite desarrollo la confección de estos como tal, en donde se seleccionaron los materiales a utilizarse y posteriormente se ejecutó dos pruebas iniciales en el agregado fino:

1. **Ensayo de Granulometría en agregados -.** En donde se determinó el módulo de finura de la arena proveniente de la cantera Manchay; arrojando los siguientes valores:

**Tabla 39**

*Análisis granulométrico del agregado fino*

<b>TAMÍZ</b>		<b>%RET</b>	<b>%RET ACUM.</b>	<b>% PASA</b>	<b>% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO</b>
(Pulg.)	(mm)				
<b>3/8"</b>	9,50	0,0	0,0	100,0	100
<b>N°4</b>	4,75	2,8	2,8	97,3	95 - 100
<b>N°8</b>	2,36	12,2	15,0	85,1	80 - 100
<b>N°16</b>	1,18	22,2	37,2	62,8	50 - 85
<b>N°30</b>	0,60	22,7	59,9	40,1	25 - 60
<b>N°50</b>	0,30	18,8	78,7	21,3	5 - 30
<b>N°100</b>	0,15	12,3	91,0	9,0	0 - 10
<b>FONDO</b>		9,0	100,0	0,0	0
<b>MÓDULO DE FINURA: 2,85</b>					

*Nota:* Adaptado de Resultados de laboratorio N° 1 de ensayo de materiales, de UNI.

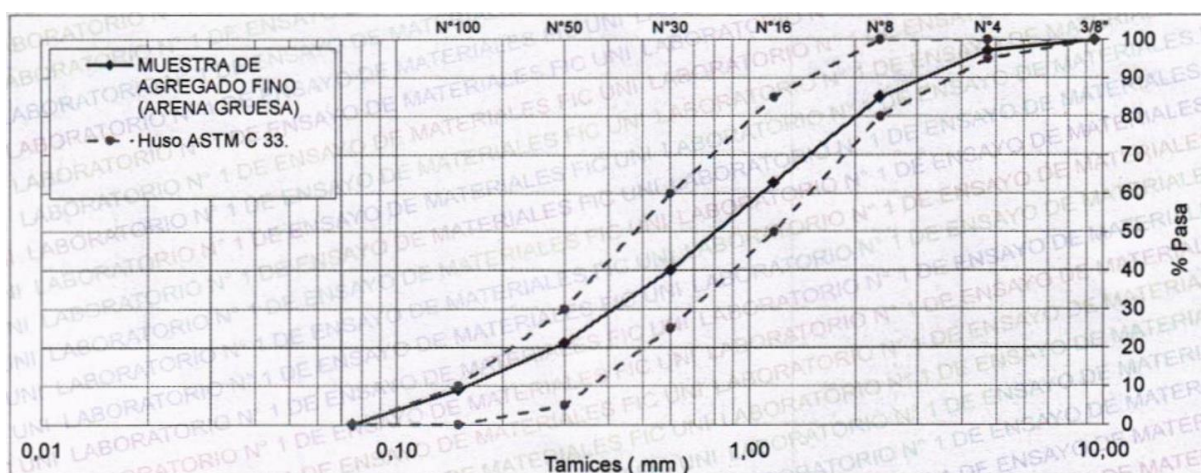
El motivo por el cual se realizó la prueba de granulometría es para verificar que el agregado fino a ser utilizado cumpla con el estándar establecido en la normativa NTP 400.037:2014; en caso cumpla con el requisito se procedió con la siguiente etapa de la Fase 1; asimismo, el método de ensayo utilizado por el laboratorio hace referencia a la NTP 400.012:2021.

Según la NTP 400.037:2014, establece con referente al módulo de finura: Módulo de fineza  $\leq 2,3$  ni  $\geq 3,1$ , cumpliendo así el requisito indispensable.



## Gráfico 1

### Curva Granulométrica



Nota: Adaptado de Resultados de laboratorio N° 1 de ensayo de materiales, de UNI.

2. **Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados** -. En donde el peso específico arrojado sirvió para los cálculos volumétricos de agregado fino que ocupará en los moldes tanto para la elaboración del ladrillo patrón y la elaboración de los eco-ladrillos; asimismo, el porcentaje de absorción sirvió para corregir el porcentaje de agua (humedad) que absorbe la arena por defecto.

**Tabla 40**

*Análisis de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados*

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO DE MASA	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
Muestra de agregado fino (Arena Gruesa)	2,60	2,63	1,15

Nota: Adaptado de Resultados de laboratorio N° 1 de ensayo de materiales, de UNI.

El método de ensayo utilizado por el laboratorio hace referencia a la NTP 400.022:2021.

De las pruebas de laboratorio inicial se determinó que el agregado fino a utilizarse cumple con el requisito del módulo de finura según la NTP 400.037:2014.


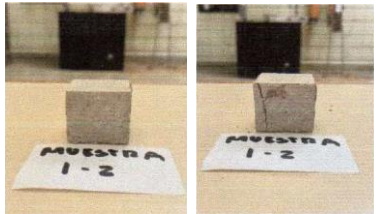

Posterior a ello se procedió con el cálculo volumétrico y corrección por humedad, de ello se procedió a hallar la dosificación final para las muestras cubicas, se elaboraron como tal, en donde se realizó la mezcla según los cálculos previos, se moldearon, desmoldearon y se dejaron curando en agua durante 28 días para recién poder ser utilizadas (NORMA E.070, 2019), el detalle de todo el proceso se detalla en los apartados “4.2.2.2.3, 4.2.2.4 y 4.2.2.5”.










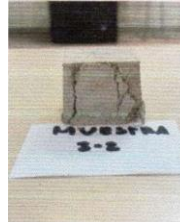


Finalmente, pasado el tiempo de espera mínimo en donde las muestras quedaron sumergidas en agua, se retiran y se enviaron al laboratorio para su “Análisis de laboratorio final” el cual consiste en evaluar su resistencia frente a la compresión, teniendo:

- 3. Ensayo de resistencia a la compresión en muestras cubicas -.** Las 9 muestras cubicas a los 28 de curado pasaron por el ensayo en mención en donde, se le suministra una carga máxima hasta tal punto que las muestras empiecen a rajarse u quebrarse, como se muestra en la Tabla 41.

**Tabla 41**

*Cargas máximas en muestras cubicas*

<b>Repetición</b>	<b>Identificación</b>	<b>Carga máxima (kg)</b>	<b>Rotura</b>
1	Muestra 1-1	5200.57	
2	Muestra 1-2	5404.52	
3	Muestra 1-3	6250.88	

<b>Repetición</b>	<b>Identificación</b>	<b>Carga máxima (kg)</b>	<b>Rotura</b>	
1	Muestra 2-1	4255.29		
2	Muestra 2-2	4354.20		
3	Muestra 2-3	4445.98		
1	Muestra 3-1	3293.70		
2	Muestra 3-2	5322.94		
3	Muestra 3-3	4099.27		

**Tabla 42***Ensayo de resistencia a la compresión en muestras cúbicas*

R*	Identificación	D*	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Espécimen cúbico (cm)			T* (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (g)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
					Long.	Long.	Altura							
1	Muestra 1-1	1 – 2	11/10/2023	10/11/2023	5.189	5.207	5.097	28	27.02	137.72	281.05	2.04	5200.57	192.48
2	Muestra 1-2	1 – 2	11/10/2023	10/11/2023	5.165	5.158	5.132	28	26.64	136.72	279.19	2.04	5404.52	202.86
3	Muestra 1-3	1 – 2	11/10/2023	10/11/2023	5.154	5.177	5.176	28	26.68	138.83	287.83	2.08	6250.88	234.27
1	Muestra 2-1	1 – 3	11/10/2023	10/11/2023	5.173	5.218	5.208	28	26.99	140.58	300.21	2.14	4255.29	157.65
2	Muestra 2-2	1 – 3	11/10/2023	10/11/2023	5.141	5.168	5.184	28	26.57	137.73	293.90	2.13	4354.20	163.88
3	Muestra 2-3	1 – 3	11/10/2023	10/11/2023	5.101	5.103	5.158	28	26.03	134.26	286.21	2.13	4445.98	170.80
1	Muestra 3-1	1 – 4	11/10/2023	10/11/2023	5.194	5.212	5.207	28	27.07	140.96	299.21	2.12	3293.70	121.67
2	Muestra 3-2	1 – 4	11/10/2023	10/11/2023	5.160	5.233	5.202	28	27.00	140.47	306.86	2.18	5322.94	197.13
3	Muestra 3-3	1 – 4	11/10/2023	10/11/2023	5.137	5.106	5.209	28	26.23	136.30	303.30	20.22	4099.27	156.28

R*	Identificación	Diseño factorial	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Muestra 1-1	D1R1T1	192.48	
2	Muestra 1-2	D1R2T1	202.86	209.87
3	Muestra 1-3	D1R3T1	234.27	
1	Muestra 2-1	D2R1T1	157.65	
2	Muestra 2-2	D2R2T1	163.88	164.11
3	Muestra 2-3	D2R3T1	170.8	
1	Muestra 3-1	D3R1T1	121.67	
2	Muestra 3-2	D3R2T1	197.13	158.36
3	Muestra 3-3	D3R3T1	156.28	

*Nota:* En donde cada sigla significa:

R\* = Número de repeticiones

D\* = Dosificación

T\* = Edad

Del ensayo de resistencia a la compresión en muestras cubicas se determinó que la dosificación 1 – 2 obtuvo un resultado promedio sobresaliente de 209.87 kg/cm<sup>2</sup>, frente a las demás dosificaciones, utilizándola como base en el proceso de elaboración de los eco-ladrillos.

#### 4.6.2. Resultados de los análisis de la Fase 2

La fase 2 como bien ya se ha visto en los puntos anteriores comprende seis acápite del cual, el sexto se desarrolló en el capítulo V “Discusión de resultados”.

En el primer acápite se recolecto la materia prima, es decir, 15 kg de botellas de PET; en el segundo se seleccionó, se limpió y trituro el material plástico; posterior a ello, se ejecutó el análisis de laboratorio inicial del material PET triturado en cual consistió en:

1. **Ensayo de granulometría en agregados -.** En donde se determinó el módulo de finura de las fibras de PET; arrojando los siguientes valores:

**Tabla 43**

*Análisis granulométrico del material PET triturado*

TAMIZ		%RET	%RET ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
<b>3/8"</b>	9,50	0,0	0,0	100,0	100
<b>N°4</b>	4,75	1,3	1,3	98,7	95 - 100
<b>N°8</b>	2,36	67,8	69,2	30,8	80 - 100
<b>N°16</b>	1,18	23,9	93,0	7,0	50 - 85
<b>N°30</b>	0,60	5,3	98,3	1,7	25 - 60
<b>N°50</b>	0,30	1,2	99,5	0,5	5 - 30
<b>N°100</b>	0,15	0,3	99,8	0,2	0 - 10
<b>FONDO</b>		0,2	100,0	0,0	0

**MODULO DE FINURA: 4,61**

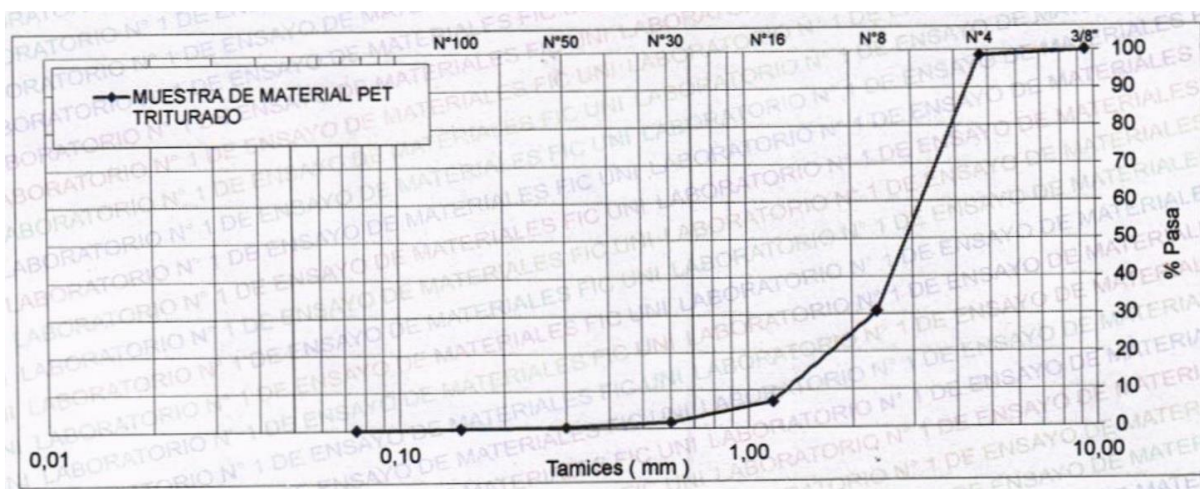
*Nota:* Adaptado de Resultados de laboratorio N° 1 de ensayo de materiales, de UNI.

Los valores arrojados a comparación con el módulo de finura del agregado fino difieren en 1.76, esto quiere decir que la fibra de plástico triturada quedo retenida más del 50% del total entre las mallas N°8 y N°16, esto debido a que la maquina trituradora presenta una malla para partículas de 0.5 centímetros, no siendo su

granulometría semejante al agregado fino (arena gruesa), de igual manera, al no tener una normativa para la elaboración de ladrillos con agregado de plástico se acepta como valido el módulo de finura obtenido.

## Gráfico 2

*Curva Granulométrica del material PET triturado.*



*Nota:* Adaptado de Resultados de laboratorio N° 1 de ensayo de materiales, de UNI.

En el cuarto acápite se elaboró el prototipo como tal, el cual abarco en primera instancia el diseño y la fabricación del molde; posteriormente se estandarizo los componentes a utilizarse, el cual fueron los mismos utilizados para la confección de morteros más la fibra de plástico triturado; asimismo, se calcularon las cantidades a utilizarse de arena, cemento, agua y fibras de PET según las dosificaciones planteadas (5, 15, 25 y 35%), desarrollados en los ítems **4.2.3.4.1** y **4.2.3.4.2**.

Por último, se compacto manualmente, se desmoldeo y se dejó curando en agua durante 28 días las muestras, como resultado para la dosis se tiene:

## A) CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO PATRON

**Figura 42**

*Ladrillo patrón con 0% de fibras de PET*



Para esta primera muestra de ladrillo a base de mortero con 0% de fibras de PET se tiene que, luego de su desmoldeado se puede visualizar un acabado regular en su cara superior no teniéndolo completamente lisa y/o uniforme; asimismo, sus aristas se encuentran ligeramente definidas y presenta una estructura compacta, solida, manipulable sin peligro alguno de desmoronamiento u rotura.

**Tabla 44**

*Cantidad de Ladrillos obtenidos*

Dosificación	Cemento (g)	Arena (g)	Agua (cm <sup>3</sup> )	Factor	Cantidad de muestras
1:2	3454.1	6908.2	1737.4	3.0	5.5

De igual importancia, según la Tabla 44 se tiene que para la fabricación del ladrillo patrón, el factor multiplicador afecta a todas las cantidades de materiales, ello para obtener 5 muestras y media de ladrillos a base de mortero.

## B) CARACTERÍSTICAS DEL ECOLADRILLO AL 5% DE FIBRAS DE PET

**Figura 43**

*Eco-ladrillos con 5% de fibras de PET*



Para el Eco-ladrillo adicionado con 5% de fibras de PET se tiene que, luego de su desmoldeado con respecto a su apariencia se puede visualizar un acabado más liso y/o uniforme en su cara superior, de la misma forma, sus aristas presentan mayor definición; asimismo, estructuralmente es una muestra compacta, solida, manipulable sin peligro alguno de desmoronamiento u rotura, en estas muestras no se visualiza cantidad alguna de fibras de PET en desprendimiento.

**Tabla 45**

*Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 5% de PET*

Dosificación	PET 5%	Factor	Cantidad de PET (g)	Cantidad de muestras
1:2	345.4	2.5	863.5	5.5

De igual importancia, según la Tabla 45 el factor multiplicador al afectar a todas las cantidades de materiales obteniéndose 5 muestras y media de ladrillos al 5% de PET.



### C) CARACTERÍSTICAS DEL ECOLADRILLO AL 15% DE FIBRAS DE PET

**Figura 44**

*Eco-ladrillos con 15% de fibras de PET*



Para el Eco-ladrillo adicionado con 15% de fibras de PET se tiene que, luego de su desmoldeado con respecto a su apariencia se puede visualizar un acabado agradable, uniforme en sus caras, de igual manera, sus aristas presentan una mejor definición. Asimismo, estructuralmente se puede decir que la muestra presenta menor grado de compactación que la anterior, pero no dejando de ser sólida, manipulable y con ligero peligro de desmoronamiento u rotura ya que se empieza a visualizar muy pocas cantidades de fibras de PET desprendiéndose.

**Tabla 46**

*Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 15% de PET*

Dosificación	PET 15%	Factor	Cantidad de PET (g)	Cantidad de muestras
1:2	1036.2	1.0	1036.2	3

## D) CARACTERÍSTICAS DEL ECOLADRILLO AL 25% DE FIBRAS DE PET

**Figura 45**

*Eco-ladrillos con 25% de fibras de PET*



Para el Eco-ladrillo adicionado con 25% de fibras de PET se tiene que, luego de su desmoldeado con respecto a su apariencia se puede visualizar un acabado agradable inclusive mejor que el anterior, uniforme en sus caras, de igual manera sus aristas presentan mayor definición que en las anteriores muestras. Asimismo, estructuralmente se puede decir que la muestra presenta una textura ligeramente irregular, debido a que posee mayor concentración de PET, con menor grado de compactación u dureza, manipulable y con un moderado peligro de desmoronamiento u rotura ya que se empieza a visualizarse en mayor grado cantidades de fibras de PET desprendiéndose.

**Tabla 47**

*Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 25% de PET*

Dosificación	PET 25%	Factor	Cantidad de PET (g)	Cantidad de muestras
1:2	1727.1	2.0	3454.2	4.5

## E) CARACTERÍSTICAS DEL ECOLADRILLO AL 35% DE FIBRAS DE PET

**Figura 46**

*Eco-ladrillos con 35% de fibras de PET*



Para el Eco-ladrillo adicionado con 35% de fibras de PET se tiene que, luego de su desmoldeado con respecto a su apariencia se puede visualizar un elevado nivel de esponjamiento, manteniendo ligeramente la uniformidad en sus caras y aristas. Asimismo, estructuralmente se puede decir que la muestra presenta una textura irregular, debido a que posee mayor concentración de PET que la anterior, con un grado de compactación u dureza débil, manipulable, pero con un alto peligro de desmoronamiento u rotura ya que se empieza a visualizarse un alto grado de cantidades de fibras de PET desprendiéndose o incluso hasta quebrantándose al manipularse.

**Tabla 48**

*Cantidad de Eco-ladrillos obtenidos al 35% de PET*

Dosificación	PET 35%	Factor	Cantidad de PET (g)	Cantidad de muestras
1:2	2417.9	1.0	2417.9	5

En el quinto acápite, pasado el tiempo de espera mínimo en donde las muestras quedaron sumergidas en agua, se retiran y se enviaron al laboratorio de mecánica de suelos en la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM para su “Análisis de laboratorio final” el cual consiste en evaluar:

### Figura 47


*Muestras de Ladrillo y Eco-ladrillos enviados al laboratorio*








2. **Resistencia frente a la compresión -.** En el presente análisis se le suministro una carga máxima a cada uno de los ladrillos, hasta tal punto que, las muestras empezaron a rajarse u quebrarse, como se muestra en la Tabla 49.

### Tabla 49

*Cargas máximas en Ladrillo de arcilla y Eco-Ladrillos*

Ítem	Código	Carga máxima (kg)	Rotura
1	Ladrillo de Arcilla	45743.74	

2	Ladrillo Patrón 0% PET	53534.25	
3	Eco-Ladrillo 5% PET	61967.17	
4	Eco-Ladrillo 15% PET	17049.38	
5	Eco-Ladrillo 25% PET	10706.85	
6	Eco-Ladrillo 35% PET	7780.31	



**Tabla 50***Ensayo de resistencia a la compresión en muestras de Ladrillos*

R*	Identificación	D*	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Espécimen cubico (cm)			T* (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso prom. (g)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
					Largo	Ancho	Alto				
1	Ladrillo de Arcilla	0.0%	22/01/2024	19/02/2024	22.95	12.54	9.09	-	287.7		158.98
2	Ladrillo de Arcilla	0.0%	22/01/2024	19/02/2024	22.98	12.21	9.04	-	280.5	2830	157.65
3	Ladrillo de Arcilla	0.0%	22/01/2024	19/02/2024	23.03	12.32	9.07	-	283.7		160.32
1	Ladrillo Patrón	0.0%	22/01/2024	19/02/2024	23.80	13.05	9.00	28	310.5		172.41
2	Ladrillo Patrón	0.0%	22/01/2024	19/02/2024	23.96	13.03	9.00	28	312.2	5257	168.24
3	Ladrillo Patrón	0.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.01	9.04	28	312.2		170.80
1	Eco-Ladrillo	5.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.01	9.12	28	312.3		198.41
2	Eco-Ladrillo	5.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.03	9.03	28	312.7	5254	201.12
3	Eco-Ladrillo	5.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.01	9.00	28	312.2		196.56
1	Eco-Ladrillo	15.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.07	9.00	28	313.7		54.35
2	Eco-Ladrillo	15.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.03	9.02	28	312.7	3569	60.21
3	Eco-Ladrillo	15.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.05	9.00	28	313.2		56.74
1	Eco-Ladrillo	25.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.07	13.08	9.08	28	314.8		34.01
2	Eco-Ladrillo	25.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.05	9.00	28	313.2	2935	38.47
3	Eco-Ladrillo	25.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.05	9.04	28	313.2		35.64
1	Eco-Ladrillo	35.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.24	9.08	28	317.8		24.48
2	Eco-Ladrillo	35.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.07	9.10	28	313.7	2007	20.27
3	Eco-Ladrillo	35.0%	22/01/2024	19/02/2024	24.00	13.15	9.07	28	135.6		22.61

*Nota:* En donde cada sigla significa: R\* = Repetición / D\* = Dosificación / T\* = Edad

3. **Absorción y absorción máxima** -. El presente análisis se realizó con el fin de determinar el nivel de impermeabilidad del ladrillo de arcilla y de los Eco-Ladrillos; para lo cual, se ejecutó según las especificaciones dadas por la NTP 399.613:2005 abarcando la prueba de sumersión de 24 horas para la determinación del porcentaje de absorción y el ensayo en caliente de 5 horas para la absorción máxima teniendo:



**Tabla 51***Ensayo de Absorción – Ladrillo de Arcilla*

Prueba de sumersión de 24 horas	Ladrillo de arcilla		
	Muestra	Valor	% Absorción
Peso seco del espécimen (gramos)		2780.0	10.4
Peso del espécimen saturado (gramos)		3070.0	

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla, cumpliendo así el requisito normativo indispensable para el presente ensayo.

**Tabla 52***Ensayo de Absorción – Ladrillo Patrón 0% de PET*

Prueba de sumersión de 24 horas	Ladrillo Patrón		
	Muestra	Valor	% Absorción
Peso seco del espécimen (gramos)		5265.0	1.7
Peso del espécimen saturado (gramos)		5355.0	



Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo patrón, las tres repeticiones arrojaron un % Absorción igual a 1.71%, cumpliendo así el requisito indispensable de la Norma E.070 Albañilería para unidades de concreto.



**Tabla 53***Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 5% de PET*



Prueba de sumersión de 24 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 5%		
	Muestra	Valor	% Absorción
Peso seco del espécimen (gramos)		5200.0	2.2
Peso del espécimen saturado (gramos)		5315.0	

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 5%, las tres repeticiones arrojaron un % Absorción igual a 2.21%, cumpliendo así el requisito indispensable de la Norma E.070 Albañilería para unidades de concreto.

**Tabla 54***Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 15% de PET*



Prueba de sumersión de 24 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 15%		
	Muestra	Valor	% Absorción
Peso seco del espécimen (gramos)		3535.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		3995.0	13.0

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 15%, las tres repeticiones arrojaron un %Absorción igual a 13.04%, cumpliendo únicamente el requisito para las unidades de albañilería de arcilla mas no el requisito normativo indispensable para las unidades de concreto.

**Tabla 55***Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 25% de PET*



Prueba de sumersión de 24 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 25%		
	Muestra	Valor	% Absorción
Peso seco del espécimen (gramos)		2875.0	20.3
Peso del espécimen saturado (gramos)		3460.0	

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 25%, las tres repeticiones arrojaron un %Absorción igual a 20.28%, cumpliendo únicamente el requisito para las unidades de albañilería de arcilla mas no el requisito normativo indispensable para las unidades de concreto.

**Tabla 56***Ensayo de Absorción – Eco-Ladrillo 35% de PET*

Prueba de sumersión de 24 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 35%		
	Muestra	Valor	% Absorción
Peso seco del espécimen (gramos)		1915.0	36.8
Peso del espécimen saturado (gramos)		2620.0	

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.



El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 35%, las tres repeticiones arrojaron un %Absorción igual a 36.892%, No cumpliendo los requisitos tanto para las unidades de albañilería de arcilla ni para las unidades de concreto.

**Tabla 57***Resumen del Ensayo de Absorción*

R*	Identificación	D*	Fecha de peso seco	Peso seco del espécimen (g)	Fecha inicio de sumersión de 24 horas	Hora inicio de ensayo	Fecha fin de sumersión de 24 horas	Hora fin de ensayo	Peso húmedo luego de 24 horas (g)	% Absorción	% Promedio
1	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	2780.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3070.0	10.43	
2	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	2830.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3130.0	10.60	10.54
3	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	2880.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3185.0	10.59	
1	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	5265.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	5355.0	1.71	
2	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	5245.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	5335.0	1.72	1.71
3	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	5260.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	5350.0	1.71	
1	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	5200.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	5315.0	2.21	
2	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	5220.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	5335.0	2.20	2.21
3	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	5200.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	5315.0	2.21	
1	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	3535.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3995.0	13.01	
2	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	3530.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3990.0	13.03	13.04
3	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	3560.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	4025.0	13.06	
1	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	2875.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3460.0	20.35	
2	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	2810.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3380.0	20.28	20.28
3	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	2845.0	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	11:35:08	3420.0	20.21	
1	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	1915.0	4/03/2024	11:30:52	4/03/2024	11:35:08	2620.0	36.81	
2	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	1985.0	4/03/2024	11:30:52	4/03/2024	11:35:08	2720.0	37.03	36.92
3	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	1950.0	4/03/2024	11:30:52	4/03/2024	11:35:08	2670.0	36.92	

*Nota:* En donde cada sigla significa: R\* = Repetición / D\* = Dosificación

**Tabla 58***Ensayo de Absorción Máxima – Ladrillo de Arcilla*



Ensayo en caliente de 5 horas	Ladrillo de arcilla		
	Muestra	Valor	% Absorción máxima
Peso seco del espécimen (gramos)		2780.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		3120.0	12.2

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción máxima:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla.

El ensayo realizado del Ladrillo de arcilla, las tres repeticiones arrojaron un % Absorción máxima igual a 12.31%, cumpliendo así el requisito normativo indispensable para el presente ensayo.

**Tabla 59***Ensayo de Absorción Máxima – Ladrillo Patrón*



Ensayo en caliente de 5 horas	Ladrillo Patrón		
	Muestra	Valor	% Absorción máxima
Peso seco del espécimen (gramos)		5265.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		5360.0	1.8

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción máxima:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo Patrón, las tres repeticiones arrojaron un %Absorción máxima igual a 1.81%, cumpliendo así el requisito indispensable de la Norma E.070 Albañilería para unidades de concreto.

**Tabla 60***Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 5% de PET*

Ensayo en caliente de 5 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 5%		
	Muestra	Valor	% Absorción máxima
Peso seco del espécimen (gramos)		5200.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		5330.0	2.5



Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción máxima:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 5%, las tres repeticiones arrojaron un % Absorción máxima igual a 2.50%, cumpliendo así el requisito indispensable de la Norma E.070 Albañilería para unidades de concreto.



**Tabla 61***Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 15% de PET*



Ensayo en caliente de 5 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 15%		
	Muestra	Valor	% Absorción máxima
Peso seco del espécimen (gramos)		3535.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		4115.0	16.4

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción máxima:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 15%, las tres repeticiones arrojaron un % Absorción máxima igual a 16.42%, no cumpliendo así el requisito normativo indispensable de la Norma E.070 Albañilería para unidades de concreto.

**Tabla 62***Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 25% de PET*



Ensayo en caliente de 5 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 25%		
	Muestra	Valor	% Absorción máxima
Peso seco del espécimen (gramos)		2875.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		3595.0	25.0

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción máxima:

% Absorción  $\leq$  22% para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq$  12%, para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 25%, las tres repeticiones arrojaron un % Absorción máxima igual a 25.21%, no cumpliendo así el requisito de la Norma E.070 Albañilería para unidades de concreto.

**Tabla 63***Ensayo de Absorción Máxima – Eco-Ladrillo 35% de PET*

Ensayo en caliente de 5 horas	Eco-Ladrillo con fibras de PET al 35%		
	Muestra	Valor	% Absorción máxima
Peso seco del espécimen (gramos)		1915.0	
Peso del espécimen saturado (gramos)		No se pudo realizar la medición	SIN VALOR

Según la NRE E.070, establece con referente al porcentaje de absorción máxima:

% Absorción  $\leq 22\%$  para las unidades de albañilería de arcilla y; asimismo,  $\leq 12\%$ , para las unidades de concreto.

El ensayo realizado del Ladrillo con fibras de PET al 35%, las tres repeticiones no arrojaron valor alguno en el ensayo de Absorción máxima debido a que la muestra no soporto la dilatación en el cuerpo y termino desmoronándose en el agua, siendo imposible su manipulación manual de la misma.

**Tabla 64***Resumen del Ensayo de Absorción máxima*

R*	Identificación	D*	Fecha de peso seco	Peso seco del espécimen (g)	Fecha de sumersión en caliente de 5 horas (g)	Hora inicio de ensayo	Punto de ebullición en 1 hora	Hora fin de hervido	Peso húmedo luego de 5 horas (g)	% Absorción máxima	% Promedio
1	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	2780.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	3120.0	12.23	
2	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	2830.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	3180.0	12.37	12.31
3	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	2880.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	3235.0	12.33	
1	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	5265.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	5360.0	1.80	
2	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	5245.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	5340.0	1.81	1.81
3	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	5260.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	5355.0	1.81	
1	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	5200.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	5330.0	2.50	
2	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	5220.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	5350.0	2.49	2.50
3	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	5200.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	5330.0	2.50	
1	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	3535.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	4115.0	16.41	
2	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	3530.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	4110.0	16.43	16.42
3	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	3560.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	4145.0	16.43	
1	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	2875.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	3595.0	25.04	
2	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	2810.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	3520.0	25.27	25.21
3	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	2845.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	3565.0	25.31	
1	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	1915.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	No se pudo realizar la medición	SIN VALOR	
2	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	1985.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	No se pudo realizar la medición	SIN VALOR	SIN VALOR
3	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	1950.0	5/03/2024	12:33:01	13:35:54	17:33:03	No se pudo realizar la medición	SIN VALOR	

*Nota:* En donde cada sigla significa: R\* = Repetición / D\* = Dosificación

4. **Coefficiente de saturación** -. El análisis del ensayo en mención se realizó para evaluar si aquellas unidades de albañilería soportan condiciones de intemperismo exigentes (lluvia intensa u contacto con agua constante); para lo cual se ejecutó según las especificaciones dadas por la NTP 399.613:2005 en donde previo a ello se requirió los resultados de la evaluación del ensayo de absorción y absorción máxima vistos en la tabla 57 “Resumen del ensayo de absorción” y 64 “Resumen del ensayo de absorción máxima” respectivamente, teniendo como resumen la tabla 65 y posteriormente en la tabla 65 se muestran los resultados del ensayo completo.

**Tabla 65**

*Resumen del coeficiente de saturación de las muestras*

Ítem	Identificación	D*	% Promedio
1	Ladrillo	Arcilla	0.86
2	Ladrillo Patrón	0.0%	0.95
3	Eco-Ladrillo	5.0%	0.88
4	Eco-Ladrillo	15.0%	0.79
5	Eco-Ladrillo	25.0%	0.80
6	Eco-Ladrillo	35.0%	SIN VALOR

*Nota:* En donde cada sigla significa: D\* = Dosificación

**Tabla 66***Coefficiente de saturación de los especímenes evaluados*

R*	Identificación	D*	Fecha de inicio del ensayo	Hora inicio de ensayo	Fecha fin del ensayo	Hora fin del ensayo	Peso seco del espécimen (gr)	Peso luego de 24h frio (gr)	Peso luego de 5h caliente (g)	Coefficiente de Saturación	% Promedio
1	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	2780.0	3070.0	3120.0	0.85	
2	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	2830.0	3130.0	3180.0	0.86	0.86
3	Ladrillo	Arcilla	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	2880.0	3185.0	3235.0	0.86	
1	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	5265.0	5355.0	5360.0	0.95	
2	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	5245.0	5335.0	5340.0	0.95	0.95
3	Ladrillo Patrón	0.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	5260.0	5350.0	5355.0	0.95	
1	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	5200.0	5315.0	5330.0	0.88	
2	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	5220.0	5335.0	5350.0	0.88	0.88
3	Eco-Ladrillo	5.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	5200.0	5315.0	5330.0	0.88	
1	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	3535.0	3995.0	4115.0	0.79	
2	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	3530.0	3990.0	4110.0	0.79	0.79
3	Eco-Ladrillo	15.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	3560.0	4025.0	4145.0	0.79	
1	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	2875.0	3460.0	3595.0	0.81	
2	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	2810.0	3380.0	3520.0	0.80	0.80
3	Eco-Ladrillo	25.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	2845.0	3420.0	3565.0	0.80	
1	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	1915.0	2620.0	No se pudo realizar la medición	SIN VALOR	
2	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	1985.0	2720.0	No se pudo realizar la medición	SIN VALOR	SIN VALOR
3	Eco-Ladrillo	35.0%	4/03/2024	11:30:52	5/03/2024	19:33:02	1950.0	2670.0	No se pudo realizar la medición	SIN VALOR	

*Nota:* En donde cada sigla significa: R\* = Repetición / D\* = Dosificación

Según la NTP 331.017, establece con referente al coeficiente de saturación:

Ladrillo tipo IV y V  $\leq 0,88$ , mientras que para el Ladrillo tipo III  $\leq 0,90$ ; considerando que mientras más bajo sea este valor las propiedades frente a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío serán más elevadas.

**Tabla 67**

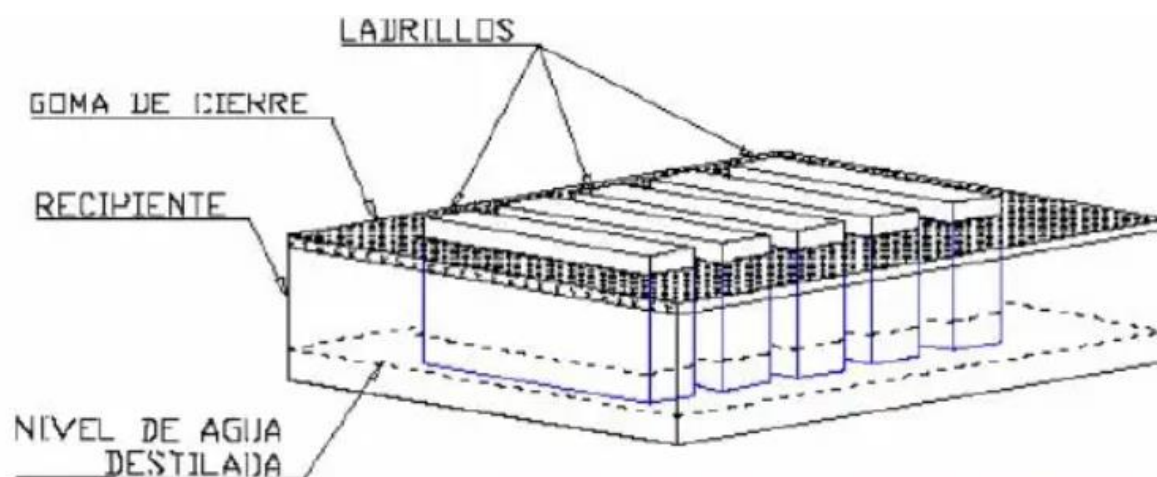
*Tipo de ladrillo y Condición de intemperismo según el Coef. Saturación*

Ítem	Identificación	Coeficiente de Saturación promedio	Tipo de Ladrillo	Condición de Intemperismo	
				Contacto directo con agua	Protegido
1	Ladrillo de Arcilla	0.86	Ladrillo IV u V	Moderado	Severo
2	Ladrillo Patrón	0.95	Ladrillo I u II	No puede ser utilizado	Bajo
3	Eco-Ladrillo 5% PET	0.88	Ladrillo IV u V	Moderado	Severo
4	Eco-Ladrillo 15% PET	0.79	Ladrillo IV u V	Moderado	Severo
5	Eco-Ladrillo 25% PET	0.80	Ladrillo IV u V	Moderado	Severo
6	Eco-Ladrillo 35% PET	SIN VALOR	No puede ser utilizado	No puede ser utilizado	No puede ser utilizado

5. **Eflorescencia** -. El presente ensayo se evaluó tomando en consideración la norma UNE 136029:2019 “Piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería – Ensayo de eflorescencia”; así como también, la norma ITINTEC 331.018 “Elementos de arcilla usados en albañilería – Requisitos”. En donde para ambos casos se tomaron un tamaño de muestra, por unidad, de 6 ladrillos comerciales (analizándose 5 y tomando uno como patrón); posterior a ello, se introdujeron las muestras dentro de un recipiente con agua, proveniente de la red potable, en donde el nivel del agua debió ser mayor a 2.5 cm de su base del recipiente y la separación entre estos será en intervalos no menores a 5 cm (Véase la Figura 48).

### Figura 48

#### Consideraciones para el ensayo de eflorescencia



*Nota:* Adaptado de ensayo de eflorescencia, de *UNE 136029:2019*.













Las muestras se dejan cubiertas como mínimo por 7 días para su posterior secado a temperatura ambiente durante 24 horas, seguido de un secado por estufa a 110 °C durante 24 horas. (Véase anexo 5).

Para la presente tesis se dejaron las seis muestras de eco-ladrillos y seis de ladrillos comerciales sumergidas en agua por 24 días, ello con el fin de obtener mayores resultados; debido a que, según Guevara, J. (2023) en su tesis “Niveles de sales y eflorescencia en las unidades de albañilería elaboradas en cinco canteras del distrito de Bambamarca, chota, 2022”. Sus unidades de albañilería de velo en horno (ladrillo comercial cocido) las sometió a intervalos de tiempo de 7, 14 y 28 días de exposición con agua. Concluyendo que el nivel de eflorescencia también se ve en incremento al aumentar el intervalo de tiempo de contacto con el agua; resultando en promedio el día 7 un 31.080%, el día 14 un 36.813% y el día 28 un 41.015% de eflorescencia en su superficie.

Para ello, manteniendo la metodología descrita por la UNE 136029:2019 se obtuvieron los siguientes resultados para el presente estudio:



**Tabla 68***Resultados de eflorescencia de Eco-Ladrillos y Ladrillo comercial*

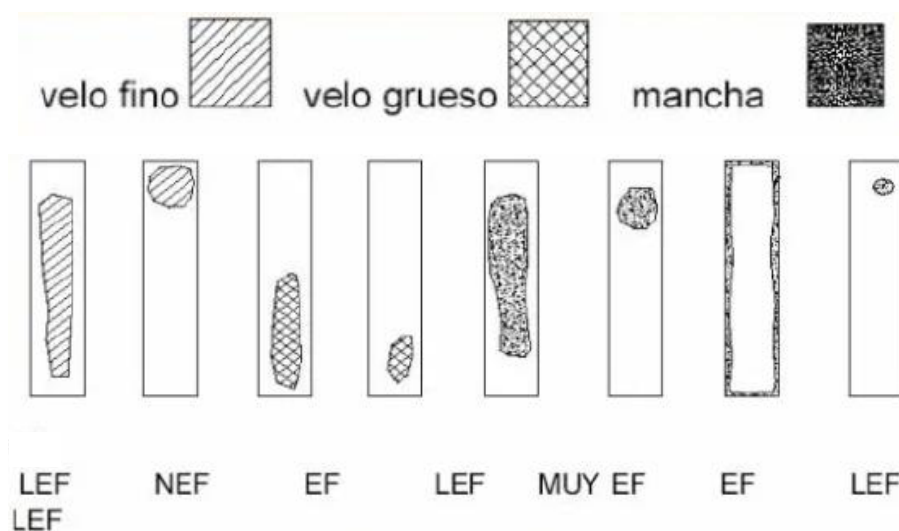
Ítem	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
1	Ladrillo comercial		Eco-Ladrillo	
2	Ladrillo comercial		Eco-Ladrillo	
3	Ladrillo comercial		Eco-Ladrillo	
4	Ladrillo comercial		Eco-Ladrillo	
5	Ladrillo comercial		Eco-Ladrillo	
6	Ladrillo comercial		Eco-Ladrillo	

La evaluación de los resultados se basa acorde a los criterios de la UNE 136029:2019, en donde se brindará una calificación individual para cada muestra, teniendo:

- Ladrillo no eflorescido (NEF) -. No se distingue diferencia alguna con el ladrillo patrón.
- Ladrillo ligeramente eflorescido (LEF) -. Se aprecia un velo homogéneo blanquecino de capa fina en las caras o aristas, o cuando se observa manchas pequeñas diferenciadas en aristas y vértices.
- Ladrillo eflorescido (EF) -. Se aprecian manchas diferenciadas en caras, vértices o aristas.
- Ladrillo muy eflorescido (Muy EF) -. Se aprecia una mancha diferenciada en casi toda la cara o superficie.

### Figura 49

*Intensidad de la eflorescencia*



*Nota:* Adaptado de ensayo de eflorescencia, de *UNE 136029:2019*.

La calificación de las muestras ensayadas se basará en el promedio de las seis u al mayor número de piezas de esta, en donde, se evaluarán acorde al tamaño de la superficie afectada de cada unidad, tomando como consideración la Figura 49 y los resultados de la Tabla 68. Según Vilela (2022), si el porcentaje de eflorescencia resulta menor a 5% de manchas gruesas en su superficie, se califica como un LEF, significando solo un problema estético mas no estructural.

**Tabla 69***Calificación de ensayo de eflorescencia de Eco-ladrillos*

Eco-Ladrillo	1	2	3	4	5	6
Calificación	LEF	LEF	LEF	NEF	NEF	EF
<b>Muestra</b>	<b>LIGERAMENTE EFLORESCIDO (LEF)</b>					

**Tabla 70***Calificación de ensayo de eflorescencia de Ladrillo comercial*

Ladrillo comercial	1	2	3	4	5	6
Calificación	MUY EF	MUY EF	MUY EF	EF	EF	MUY EF
<b>Muestra</b>	<b>MUY EFLORESCIDO (MUY EF)</b>					

Acorde a los resultados de las muestras ensayadas, se tiene que:

Los eco-ladrillos reaccionaron mejor ante el ladrillo comercial, detectándose afloramiento u cristalización ligera de sales en las caras, vértices u aristas de estos tomando una calificación de “Ladrillo ligeramente eflorescido” (LEF). Mientras que, las muestras de las unidades de albañilería comercial resultaron con calificación de “ladrillo muy Eflorescido” (MUY EF).

La norma UNE 136029:2019, emitida por los comités técnicos de normalización de la asociación española, presento las directrices para el ensayo de eflorescencia en donde se analizaron las muestras por unidades, mas no, el comportamiento en conjunto cuando se encuentran apiladas u en muro. Según Camayo, G. & Vega, J. (2021). En su tesis “Control de mortero para prevenir la aparición de patologías de eflorescencia en mamposterías, Distrito de San Agustín, Huancayo”; para analizar el afloramiento de estas simulo 4 muros (paredes) de 0.80m x 0.30m utilizando ladrillos pandereta, en donde a dos se les adiciono aditivo plastificante; les proporciono un clima húmedo, curándolos con agua y cubriéndolos con

plástico por un lapso de 15 días; asimismo, cumpliendo el plazo se le expuso al sol para la evaporación del agua contenida en los ladrillos.

Concluyendo que para los muros en donde no se les adicione aditivo plastificante mostraron afloramiento de eflorescencia en su superficie.

De igual manera según Guevara, J. (2023) en su tesis “Niveles de sales y eflorescencia en las unidades de albañilería elaboradas en cinco canteras del distrito de Bambamarca, chota, 2022”; al analizar la eflorescencia en velo de obra, cuyo procedimiento planteado consistió en pilas de tres unidades adheridas con mortero, estos fueron sometidas a contacto con agua durante 7, 14 y 28 días, simulando así condiciones reales de obra para climas húmedos. Concluyendo que mientras mayor sea la cantidad de tiempo de exposición de las pilas de albañilería frente a la humedad extrema (contacto agua) mayor será la amplitud de los rasgos de eflorescencia alcanzando porcentajes de 0.95% a 1.72% y 2.25% respectivamente.

La presente investigación tomo como referencia la metodología planteada por ambas tesis, en donde se analizó la eflorescencia mediante la simulación de dos muretes, utilizando en uno eco-ladrillos y en el otro ladrillo King Kong de 18 huecos (comercial) exponiendo a ambos al curado constante (cada cuatro horas) y cubriéndolos con plástico simulando un clima de alta humedad durante un periodo de dos semanas, dando pie a la generación de salitre (eflorescencia) con mayor facilidad, mostrando la comparación de los resultados en la Figura 51 y 53.

Según Guevara, J. (2023), el ensayo de eflorescencia en velo de obra (pilas) obtiene porcentajes de afectación menores que los de velo en horno (unidades); ello debido a que, el área total del muro o pila de tres unidades es mayor a la de un solo ladrillo, obteniendo así, menor porcentaje de incidencia de afectación.

Para la presente investigación se obtuvieron resultados muy diferidos tanto en el ensayo de eflorescencia por unidad y en el de muretes. Obteniendo la calificación de “Ladrillo ligeramente eflorescido” (LEF) para los Eco-ladrillos y la calificación de “Ladrillo muy eflorescido” (MUY EF) para el comercial.

**Figura 50**

*Muretes para determinación de Eflorescencia*

**Figura 51**

*Murete de Ladrillo de arcilla y Eco-Ladrillo*



**Figura 52**

*Fin de ensayo de eflorescencia*

**Figura 53**

Murete de Ladrillo de arcilla y Eco-Ladrillo



Acorde a los resultados mostrados en la Figura 53, el muro de eco-ladrillos muestra una calificación de “Ladrillo no eflorescido” (NEF). Mientras que el muro de ladrillo comercial resultó con calificación de “ladrillo Eflorescido” (EF). Ello basado según la afectación de la superficie total de cada uno de los muretes.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

#### 5.1.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk

##### Hipótesis -.

- **H1.** No hay presencia de normalidad en los datos sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- **H0.** Sí hay presencia de normalidad en los datos sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

##### Nivel de significancia -.

0,05

##### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

##### Resultado -.

**Tabla 71**

*Prueba de Shapiro-Wilk sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Ladrillo de arcilla	1,000	3	0,996
Ladrillo patrón	0,983	3	0,750
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	0,988	3	0,793
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	0,989	3	0,798
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	0,976	3	0,706
Eco-ladrillo al 35% de polietileno tereftalato	0,996	3	0,877

##### Decisión -.

Según se aprecia en la Tabla 71, hubo resultados p por encima de 0,05 en lo concerniente al tratamiento con ladrillo de arcilla ( $p = 0,996$ ), ladrillo patrón ( $p = 0,750$ ), eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato ( $p = 0,793$ ), eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato ( $p = 0,798$ ),

eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato ( $p = 0,706$ ), eco-ladrillo al 35% de polietileno tereftalato ( $p = 0,877$ ). Por lo cual, resulta adecuado rechazar la H1, De manera que sí hay presencia de normalidad en los datos sobre resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

### 5.1.2. Prueba de Homogeneidad de Levene

#### Hipótesis -.

- **H1.** No hay presencia de homogeneidad entre los tratamientos sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- **H0.** Sí hay presencia de homogeneidad entre los tratamientos sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

#### Nivel de significancia -.

0,05

#### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

#### Resultado -.

**Tabla 72**

*Prueba de Levene sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Se basa en la media	0,341	5	12	0,879

#### Decisión -.

En la Tabla 72, se aprecia un p de 0,879 ( $p > 0,050$ ). De manera que se rechaza la H1, y, por tanto, sí hay presencia de homogeneidad entre los tratamientos sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

En vista de que hay normalidad y homogeneidad en los datos sobre resistencia a la compresión es preciso utilizar la prueba paramétrica de Anova para evaluar si al menos un



tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

### 5.1.3. Prueba de ANOVA

#### Hipótesis -.

- **H1.** Al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- **H0.** Los tratamientos no se diferencian significativamente acerca de la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

#### Nivel de significancia -.

0,05

#### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

### Tabla 73

*Prueba de ANOVA sobre la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Entre grupos	89440,906	5	17888,181	3615,097	0,000
Dentro de grupos	59,378	12	4,948		
Total	89500,284	17			

#### Decisión -.

Se aprecia en la Tabla 73, que hubo un p de 0,000 ( $p < 0,05$ ). De manera que se rechaza la H0, y, por tanto, al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Esto quiere decir que se debe aplicar la prueba de Post – Hoc de Tukey. Esto para evaluar qué tratamiento resultó óptimo en cuanto a la resistencia a la compresión para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.

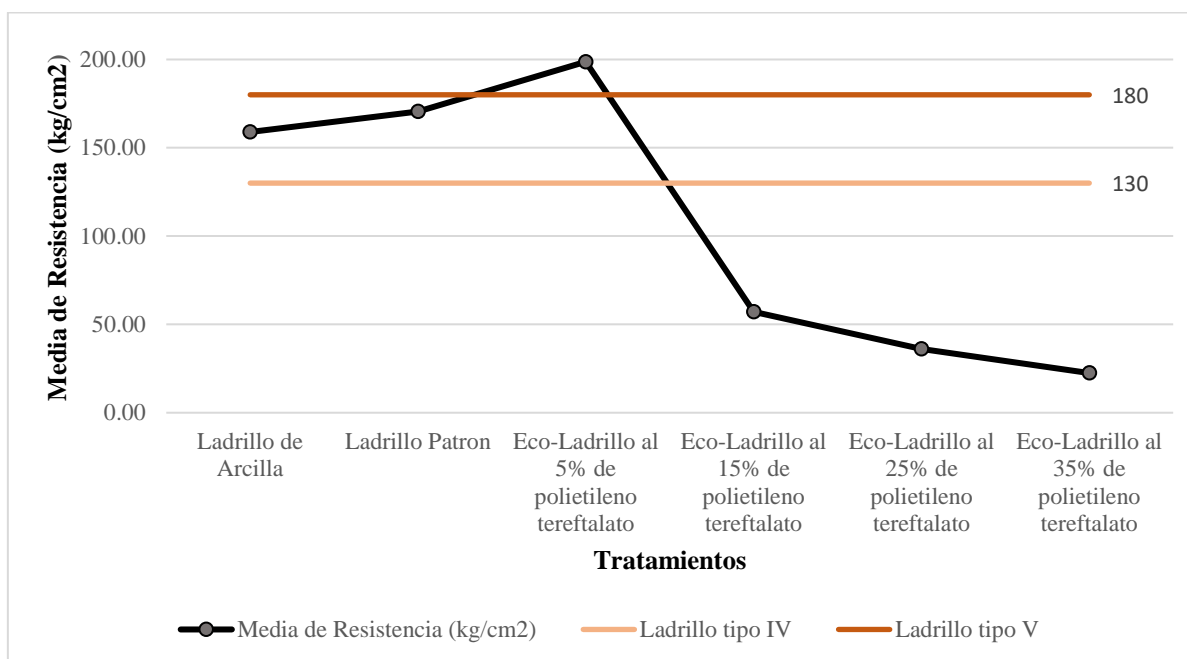
## 5.1.3. Prueba Post – Hoc de Tukey

**Tabla 74***Prueba Post – Hoc de Tukey sobre la resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)*

Tratamientos	N	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
		1	2	3	4	5	6
Eco-ladrillo al 35% de polietileno tereftalato	3	22,45					
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	3		36,04				
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	3			57,10			
Ladrillo de arcilla	3				158,98		
Ladrillo patrón	3					170,48	
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	3						198,70

**Interpretación -.**

La prueba de Tukey muestra en cada columna las medias de aquellos tratamientos que se diferencian significativamente. De tal manera que el tratamiento que presentó mejor resistencia a la compresión fue el eco-ladrillo al 5% de fibras de PET al presentar un valor significativamente mayor de resistencia de 198,70 kg/cm<sup>2</sup>, siendo este un ladrillo de tipo V. De manera que dicho tratamiento resultó óptimo para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.

**Figura 54***Gráfico de medias de Resistencia para los diferentes tratamientos*

## 5.2. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO DE ABSORCIÓN (%)

### 5.2.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk

#### Hipótesis -.

- **H1.** No hay presencia de normalidad en los datos sobre la absorción (%).
- **H0.** Sí hay presencia de normalidad en los datos sobre la absorción (%).

#### Nivel de significancia -.

0,05

#### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

#### Resultado -.

**Tabla 75**

*Prueba de Shapiro – Wilk sobre la absorción (%)*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Ladrillo de arcilla	0,794	3	0,100
Ladrillo patrón	0,750	3	<b>0,000</b>
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	0,750	3	<b>0,000</b>
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	0,987	3	0,780
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	1,000	3	1,000
Eco-ladrillo al 35% de polietileno tereftalato	1,000	3	1,000

#### Decisión -.

En la Tabla 75, se visualiza que hubo resultados p por debajo de 0,05 en lo concerniente al tratamiento con ladrillo patrón ( $p = 0,000$ ), y eco-ladrillo al 5% de fibras de PET ( $p = 0,000$ ), De manera que para estos tratamientos se rechaza la H0, y se interpreta que no hay presencia de normalidad en los datos sobre absorción (%). Siendo este el caso, ya resulta adecuado aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para saber si al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de absorción (%).

### 5.2.2. Prueba de Kruskal – Wallis

#### Hipótesis -.

- **H1.** Al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la absorción (%).
- **H0.** Los tratamientos no se diferencian significativamente acerca de la absorción (%).

#### Nivel de significancia -.

0,05

#### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

#### Resultado -.

### Tabla 76

*Prueba de Kruskal – Wallis sobre la absorción (%)*

	% Absorción
H de Kruskal-Wallis	16,613
gl	5
Sig. asintótica	0,005

#### Decisión -.

Según se observa hubo un p de 0,005 ( $p < 0,05$ ). Por lo cual, se rechaza la H0, y por tanto, al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la absorción (%). De manera que se debe aplicar la prueba de Post – Hoc de Dunn. Esto para evaluar qué tratamiento resultó óptimo en cuanto a la absorción para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.

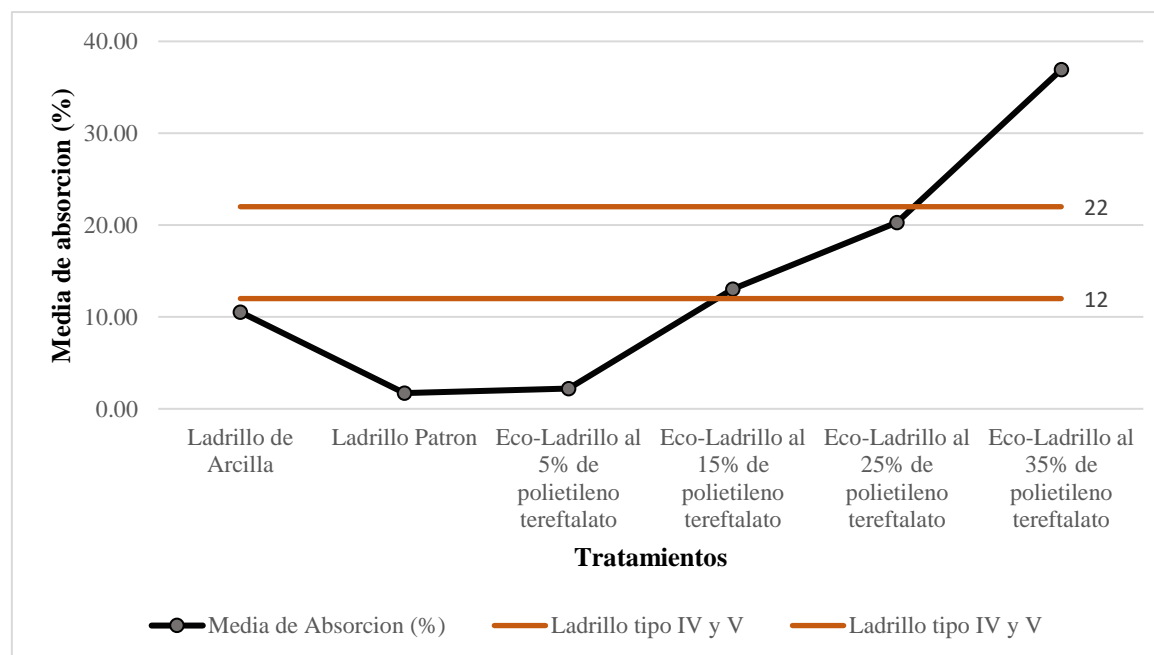
## 5.2.3. Prueba Post – Hoc de Dunn

**Tabla 77***Prueba Post – Hoc de Dunn sobre la absorción (%)*

Tratamientos	N	% Absorción			
		1	2	3	4
Ladrillo patrón	3	1,71			
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	3	2,21	2,21		
Ladrillo de arcilla	3	10,54	10,54	10,54	
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	3		13,03	13,03	13,03
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	3			20,28	20,28
Eco-ladrillo al 35% de polietileno tereftalato	3				36,92

**Interpretación -.**

Según se muestra, la prueba de Dunn indica en cada columna las medias de aquellos tratamientos que se diferencian significativamente. Por lo cual, el tratamiento con polietileno tereftalato que compite con los ladrillos de arcilla es al 5% de fibras de PET, esto al presentar una absorción de 2,21%, siendo este valor inferior al 12,0% estandarizado por normativa. No obstante, no llega ser óptimo por estar su media en la misma columna que la del ladrillo patrón.

**Figura 55***Gráfico de medias de Absorción para los diferentes tratamientos*

### 5.3. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO DE ABSORCIÓN MÁXIMA (%)

#### 5.3.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk

##### Hipótesis -.

- **H1.** No hay presencia de normalidad en los datos sobre la absorción máxima (%).
- **H0.** Sí hay presencia de normalidad en los datos sobre la absorción máxima (%).

##### Nivel de significancia -.

0,05

##### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

##### Resultado -.

#### Tabla 78

*Prueba de Shapiro – Wilk sobre la absorción máxima (%)*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Ladrillo de arcilla	0,942	3	0,537
Ladrillo patrón	0,750	3	<b>0,000</b>
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	0,750	3	<b>0,000</b>
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	0,750	3	<b>0,000</b>
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	0,858	3	0,263

##### Decisión -.

Se aprecia en la tabla que hubo resultados p por debajo de 0,05 al respecto del tratamiento con ladrillo patrón ( $p = 0,000$ ), eco-ladrillo al 5% de fibras de PET ( $p = 0,000$ ) y eco-ladrillo al 15% de fibras de PET ( $p=0,000$ ). Por lo cual, para estos tratamientos se rechaza la H0, y se interpreta que no hay presencia de normalidad en los datos sobre la absorción máxima (%). A partir de ello, ya resulta adecuado aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para saber si al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de absorción máxima (%).

### 5.3.2. Prueba de Kruskal – Wallis

#### Hipótesis -.

- **H1.** Al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la absorción máxima (%).
- **H0.** Los tratamientos no se diferencian significativamente acerca de la absorción máxima (%).

#### Nivel de significancia -.

0,05

#### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

#### Resultado -.

### Tabla 79

*Prueba de Kruskal – Wallis sobre la absorción máxima (%)*

	% Absorción máxima
H de Kruskal-Wallis	13,573
gl	4
Sig. asintótica	0,009

#### Decisión -.

Tal como se aprecia en la Tabla 79, hubo un p de 0,009 ( $p < 0,05$ ). Por lo cual, se rechaza la H0, y, por tanto, al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de la absorción máxima (%). Por lo cual se debe utilizar la prueba Post – Hoc de Dunn. Esto para evaluar qué tratamiento resultó óptimo en cuanto a la absorción máxima para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.

## 5.3.3. Prueba Post – Hoc de Dunn

**Tabla 80**

*Prueba Post – Hoc de Dunn sobre la absorción máxima (%)*

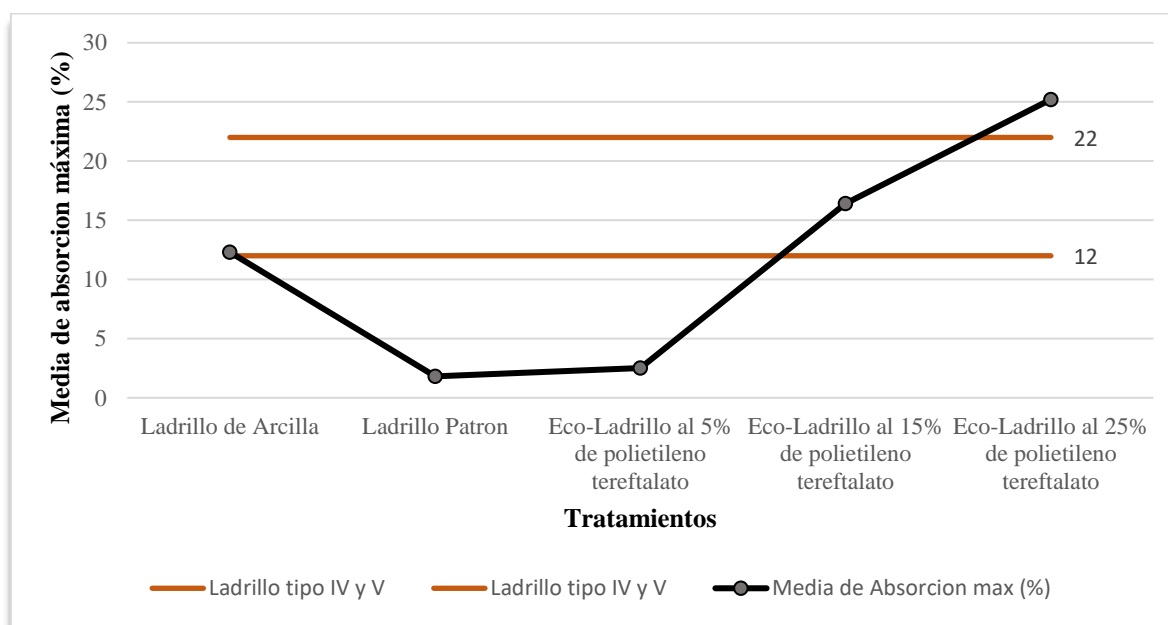
Tratamientos	N	% Absorción máxima		
		1	2	3
Ladrillo patrón	3	1,81		
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	3	2,50	2,50	
Ladrillo de arcilla	3	12,31	12,31	12,31
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	3		16,42	16,42
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	3			25,21

**Interpretación -.**

Tal como se aprecia mediante la prueba de Dunn, cada columna posee las medias de aquellos tratamientos que se diferencian significativamente. De manera que el tratamiento con polietileno tereftalato que compite con los ladrillos de arcilla es al 5% de fibras de PET, esto al presentar una absorción máxima de 2,50%, siendo este valor inferior al 12,0% estandarizado por normativa. Sin embargo, no llega ser óptimo por estar su media en la misma columna que la del ladrillo patrón.

**Figura 56**

*Gráfico de medias de Absorción máxima para los diferentes tratamientos*





## 5.4. DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL COEFICIENTE DE SATURACIÓN

### 5.4.1. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk

#### Hipótesis -.

- **H1.** No hay presencia de normalidad en los datos sobre el coeficiente de saturación.
- **H0.** Sí hay presencia de normalidad en los datos sobre el coeficiente de saturación.

#### Nivel de significancia -.

0,05

#### Regla de decisión -.

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

#### Resultado -.

**Tabla 81**

*Prueba de Shapiro – Wilk sobre el coeficiente de saturación*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Ladrillo de arcilla	0,750	3	<b>0,000</b>
Ladrillo patrón	---	3*	---
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	---	3*	---
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	---	3*	---
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	0,750	3	<b>0,000</b>

*Nota:* \*La prueba de Shapiro-Wilk no lanza resultado al haber datos iguales sobre el tratamiento analizado.

#### Decisión -.

Según se aprecia hubo resultados p por debajo de 0,05; con relación al tratamiento con ladrillo de arcilla ( $p = 0,000$ ), y eco-ladrillo al 25% de fibras de PET ( $p = 0,000$ ). De manera que para estos tratamientos se rechaza la H0, y se interpreta que no hay presencia de normalidad en los datos sobre coeficiente de saturación. De manera que resulta adecuado aplicar la prueba

no paramétrica de Kruskal – Wallis para saber si al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca de coeficiente de saturación.

#### 5.4.2. Prueba de Kruskal – Wallis

##### **Hipótesis -.**

- **H1.** Al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca del coeficiente de saturación.
- **H0.** Los tratamientos no se diferencian significativamente acerca del coeficiente de saturación.

##### **Nivel de significancia -.**

0,05

##### **Regla de decisión -.**

- Si  $p < 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H0.
- Si  $p > 0,05 \rightarrow$  resulta adecuado rechazar la H1.

##### **Resultado -.**

### **Tabla 82**

*Prueba de Kruskal – Wallis sobre el coeficiente de saturación*

	Coeficiente de saturación
H de Kruskal-Wallis	13,846
gl	4
Sig. asintótica	0,008

##### **Decisión -.**

Conforme se aprecia, hubo un p de 0,008 ( $p < 0,05$ ). Por lo cual, se rechaza la H0, y, por tanto, al menos un tratamiento se diferencia significativamente de los demás acerca del coeficiente de saturación. Por lo cual, se debe aplicar la prueba de Post – Hoc de Dunn. Esto para evaluar qué tratamiento resultó óptimo en cuanto al coeficiente de saturación para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.

## 5.4.3. Prueba Post – Hoc de Dunn

**Tabla 83**

*Prueba Post – Hoc de Dunn sobre el coeficiente de saturación*

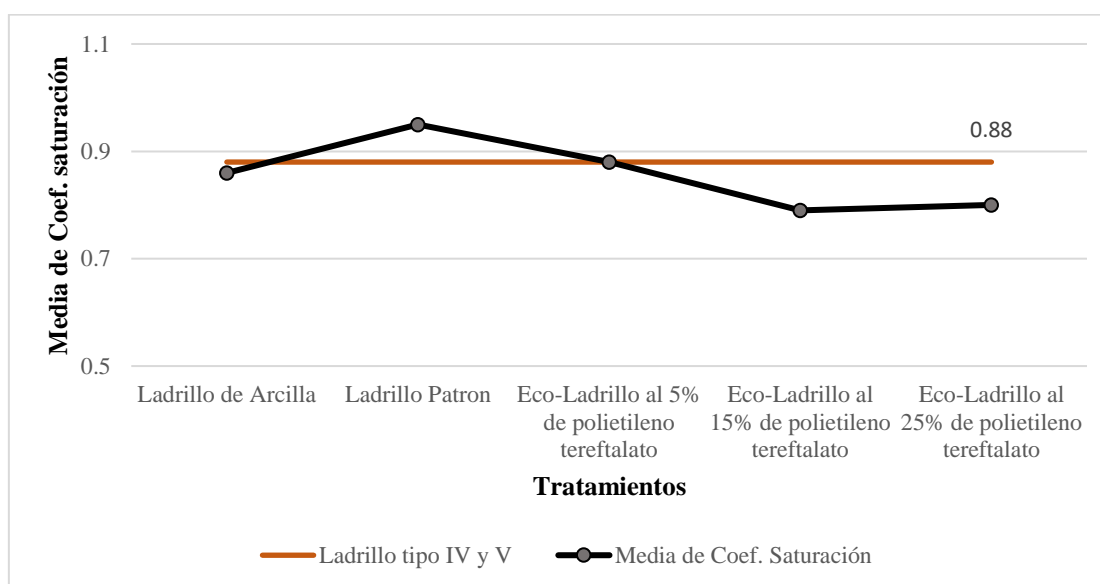
Tratamientos	N	Coeficiente de saturación		
		1	2	3
Eco-ladrillo al 15% de polietileno tereftalato	3	0,79		
Eco-ladrillo al 25% de polietileno tereftalato	3	0,80	0,80	
Ladrillo de arcilla	3	0,86	0,86	0,86
Eco-ladrillo al 5% de polietileno tereftalato	3		0,88	0,88
Ladrillo patrón	3			0,95

**Interpretación -.**

Mediante la prueba de Dunn se visualiza que cada columna posee las medias de aquellos tratamientos que se diferencian significativamente. Por lo cual, el tratamiento con polietileno tereftalato que compite con los ladrillos de arcilla es al 15% y al 25% de fibras de PET, esto al presentar coeficientes de saturación de 0,79 y 0,80 respectivamente. Asimismo, dichos tratamientos se encuentran por debajo del 0,88 estandarizado por normativa. De manera que dichos tratamientos con polietileno tereftalato resultaron óptimos para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.

**Figura 57**

*Gráfico de medias de Coeficiente de saturación para los diferentes tratamientos*



## CONCLUSIONES

- Se determino los parámetros físicos, químicos y mecánicos de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de villa el salvador, en donde el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET obtuvo el mayor resultado en cada uno de los parámetros evaluados, categorizándose como ladrillo Tipo V, en donde, su resistencia y durabilidad es considerado como “Muy alta” pudiendo ser este utilizado en construcciones de albañilería con exigencias rigurosas.
- En relación a la confiabilidad estructural, que tuvo que ver con la resistencia a la compresión de las muestras, se demostró que el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET obtuvo un valor promedio de  $198.70 \text{ Kg/cm}^2$  muy superior al ladrillo de arcilla cuyo valor llego al promedio de  $158.98 \text{ Kg/cm}^2$  y al ladrillo patrón cuyo valor promedio resulto en  $170.48 \text{ Kg/cm}^2$ , quedando así en primer lugar; de igual manera, al comparar dichos resultados con la Norma E.070 Albañilería 2019, se deduce que tanto el ladrillo de arcilla y el ladrillo patrón según los resultados del ensayo se encuentran categorizados como Ladrillo tipo IV cuya resistencia y durabilidad es “Alta” y apto para ser utilizado en construcciones de albañilería con exigencias rigurosas (NTP 331.017); en la misma línea, para el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET se deduce acorde al resultado obtenido que se encuentra categorizado como Ladrillo tipo V cuya resistencia y durabilidad es “Muy alta” y de igual manera apto para ser utilizado en construcciones de albañilería con exigencias rigurosas (NTP 331.017).
- Continuando con la confiabilidad estructural, el segundo lugar se lo llevo el Eco-Ladrillo con 15% de fibras de PET al tener un valor promedio de  $57.10 \text{ kg/cm}^2$  el cual según la Norma E.070 Albañilería 2019, se encuentra categorizado como Ladrillo de tipo I, siendo su resistencia y durabilidad considerado como “Muy bajo” y apto para construcciones de albañilería cuyas exigencias sean mínimas, es decir, para muros no portantes.
- La confiabilidad estructural de los Eco-Ladrillos y el ladrillo patrón se ha podido ver en incremento si se hubiera utilizado un mecanismo de prensa para la compactación de las muestras en los moldes, debido a que se fabricó de manera artesanal, esta compactación de la mezcla en los moldes se ha podido ver reducida.

- En relación al % de absorción, se demostró que el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET obtuvo un valor promedio de 2.21% muy superior al ladrillo de arcilla cuyo valor llegó al promedio de 10.54%; asimismo, el ladrillo patrón alcanzó un valor de 1.71% de absorción; contiguamente, al comparar dichos resultados con la Norma E.070 Albañilería 2019, se deduce que, tanto el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET y el ladrillo patrón cumplen muy por encima de la norma (12% para unidades de concreto), en la misma línea, se encuentran categorizados como Ladrillo tipo IV/V respectivamente según los resultados del ensayo.
  
- En referencia al % de absorción máxima, se demostró que el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET obtuvo un valor promedio de 2.50% muy superior al ladrillo de arcilla cuyo valor llegó al promedio de 12.31%; asimismo, el ladrillo patrón alcanzó un valor de 1.81% de absorción máxima, tomando las mismas consideraciones de la conclusión anterior referente al % Absorción, se deduce que, tanto el Eco-Ladrillo con 5% de fibras de PET y el ladrillo patrón cumplen muy por encima de la normativa y se siguen categorizando como Ladrillos tipo V; asimismo, los Eco-Ladrillos con mayor porcentaje de fibras de PET (15, 25 y 35%) no cumplen para este apartado, resultando muy absorbentes, en consecuencia, aumentarían el peso del muro y actuaría de manera directa con la generación de humedad.
  
- Los resultados del coeficiente de saturación muestran aceptación según la NTP 331.017, ya que, tanto el ladrillo de arcilla como los Eco-Ladrillos de 5, 15 y 25% de PET presentan valores promedios menores o iguales a 0,88, es decir, presentan mayores propiedades de resistencia frente a las condiciones de intemperismo exigentes (contacto directo con lluvias intensas, terreno o agua); en la misma línea, se encuentran categorizados como Ladrillos de tipo IV o V.

- El ensayo de eflorescencia evaluado según la metodología de la norma UNE 136029:2019 y la ITINTEC 331.018 para unidades de albañilería, concluyeron en que, los eco-ladrillos reaccionan mejor ante el ladrillo comercial, detectándose cristalización ligera de sales en su superficie, tomando una calificación de “Ladrillo ligeramente eflorescido” (LEF). Mientras que, las muestras de las unidades de albañilería comercial resultaron con calificación de “ladrillo muy Eflorescido” (MUY EF). Asimismo, según la metodología descrita por Camayo, G. & Vega, J. (2021), y Guevara, J. (2023) el área de afectación de la eflorescencia en muretes (pilas) concluyó en que, los eco-ladrillos muestran una calificación de “Ladrillo no eflorescido” (NEF). Mientras que el muro de ladrillo comercial resultó con calificación de “ladrillo Eflorescido” (EF). Demostrándose así lo mencionado por Guevara, J. (2023) en donde menciona que, el área total del muro (pila) al ser mayor a la de un solo ladrillo tendrá menor porcentaje de incidencia de afectación.

## RECOMENDACIONES

- Para las futuras investigaciones considerar evaluar otro tipo de polímero pudiendo tomar como referencia la Tabla 2 “Polímeros de adición más utilizados” y la Tabla 3 “Polímeros de condensación más utilizados” u alguna otra alternativa sustentable como: cascarilla de arroz, cáñamo, paja, fibras de hojas de piña, entre otras.
- Evaluar los Eco-Ladrillos con fibras de PET a una dosificación menor al 15%, ya que se pudo determinar que obtienen mejor comportamiento en sus propiedades cuando se tienen en menor proporción.
- Considerar una maquina trituradora con una cuchilla para partículas menor de 0.5 centímetros, ya que mientras más fino sea las partículas de plástico más se asemeja a la granulometría aceptada de la arena gruesa, pudiendo mejorar sus propiedades.
- Considerar variar el tamaño del molde para la fabricación de ladrillos comerciales según la necesidad del estudio.
- Se puede considerar evaluar las propiedades física, química y mecánica de los ecoladrillos ante las bloquetas de concreto.
- Considerar realizar un estudio de mercado para determinar si el producto de Eco-ladrillos es una alternativa económica frente a los ladrillos comerciales.
- Tomar en consideración siempre analizar 3 muestras para los diferentes tipos de ensayos a realizar en las unidades de albañilería, y que su costo de laboratorio es muy elevado para su estudio.
- Considerar la evaluación de los parámetros de estudio según la Normativa Ecuatoriana y en general de los países limítrofes con el Perú.





- Beltrán, M., y Marcilla, A. (2012). Tecnología de polímeros: Procesado y propiedades. (Libro). Universidad de Alicante. Pp. 17-283. Consultado el 21 de abril del 2023, de [https://books.google.co.ve/books?id=jxilUUn4\\_QAC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=jxilUUn4_QAC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false)
- Bhushaiah, R., Mohammad, S., & Srinivasa, D. (2019). Study of Plastic Bricks Made From Waste Plastic. (Artículo). India. Consultado el 21 de abril del 2023, de <IRJET-V6I4238.pdf>
- Billmeyer, F. (2020), Ciencia de los polímeros. (Libro). New York. Editorial Reverte, S. A. Pp. 10-505. Consultado el 21 de abril del 2023, de [https://books.google.com.pe/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Bianco, C., Isso, F., & Moskat, M. (2021). Plásticos en America Latina: Breve reseña de su producción, consumo e impactos ambientales. (Revista). Consultado el 08 de diciembre del 2023, de [Plásticos en América Latina 2022 \(no-burn.org\)](Plásticos en América Latina 2022 (no-burn.org))
- Chino, L & Mathios, A. (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. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de [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 \(unu.edu.pe\)](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 (unu.edu.pe))
- Camayo, G., & Vega, J. (2021), Control de mortero para prevenir la aparición de patologías de eflorescencias en mamposterías, Distrito de San Agustín, Huancayo. (Tesis de titulación). Huancayo – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Camayo LG-Vega VJA-SD.pdf \(ucv.edu.pe\)](Camayo LG-Vega VJA-SD.pdf (ucv.edu.pe))
- Carrasco, E., & Sinti, J. (2019). Diseño de un bloque de adobe compactado, utilizando fibra de la hoja de piña, para mejorar la resistencia a la compresión, Lamas 2019. (Tesis de titulación). Tarapoto – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Carrasco AEE-Sinti LJA-SD.pdf \(ucv.edu.pe\)](Carrasco AEE-Sinti LJA-SD.pdf (ucv.edu.pe))

- Castillo, D. (2018). Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción. (Proyecto de grado). Bogotá. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/14462?show=full>
- Constantin, J., Shitote, S., Abiero, Z., & Ronoh, E., (2019). Influence of coarse aggregate on the physical and mechanical performance of paving blocks made using waste plastic. Pp. 912-916. Consultado el 21 de abril del 2023, de [https://www.researchgate.net/publication/335677358\\_Influence\\_of\\_Coarse\\_Aggregate\\_on\\_the\\_Physical\\_and\\_Mechanical\\_Performance\\_of\\_Paving\\_Blocks\\_made\\_using\\_Waste\\_Plastic](https://www.researchgate.net/publication/335677358_Influence_of_Coarse_Aggregate_on_the_Physical_and_Mechanical_Performance_of_Paving_Blocks_made_using_Waste_Plastic)
- Decreto de alcaldía N° 008-2023-ALC/MVES. (2023). Programa municipal recicla 2023 – 20233. Villa el Salvador – Lima. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://www.gob.pe/institucion/munivillaelsalvador/normas-legales/4504362-008-2023-alc-mves>
- Díaz, L. 2011. La observación. Universidad autónoma de México. Pp. 1-29. Consultado el 21 de abril del 2023, de <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2714>
- Dias, T., Martins, H., Da Silva, D., Mazon, I., Trindade, J., & Rodrigues, R. (2017). Uso de granulado de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tijolos ecológicos. (Artículo). Brasil. Consultado el 21 de abril del 2023, de [SciELO - Brasil - Uso de granulado de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tijolos ecológicos](#)
- EUROSTAT. (2021). Archive: Estadísticas sobre residuos. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Home - Eurostat \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/)
- Fermín, J., Julcamoro, P., Martínez, D., Saccatoma, J. (2018). Prototipo de eco ladrillo para la construcción de viviendas ecológicas en zonas de escasos recursos económicos, Villa María del Triunfo, 2018. (Tesis de titulación). Lima – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Prototipo de eco ladrillo para la construcción de viviendas ecológicas en zonas de escasos recursos económicos, villa María del Triunfo, 2018 \(ucv.edu.pe\)](#)

- Federico, C., Moskat, M. (2021). Plásticos en América Latina: Breve reseña de su producción, consumo e impactos ambientales (Revista). #breakfreefromplastic, gaia, taller ecologista. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Plásticos en América Latina: Breve reseña de su producción, consumo e impactos ambientales - GAIA \(no-burn.org\)](#)
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., & Villarpando, H. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos (Artículo). Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre – Bolivia. Consultado el 21 de abril del 2023, de [\(PDF\) NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS \(researchgate.net\)](#)
- Gutiérrez, T., Chito, D., y Curvo, G. (2019). Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en Colombia. Universidad del Cauca. Pp. 13-141. Consultado el 21 de abril del 2023, de [https://books.google.com.pe/books/about/Pol%C3%ADmeros.html?id=XoewDwAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Pol%C3%ADmeros.html?id=XoewDwAAQBAJ&redir_esc=y)
- Guevara, J. (2023). Niveles de sales y eflorescencia en las unidades de albañilería elaboradas en cinco canteras del distrito de Bambamarca, chota, 2022. (Tesis de titulación). Chota – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Niveles de sales y eflorescencia en las unidades de albañilería elaboradas en cinco canteras del distrito de Bambamarca, Chota, 2022. \(unach.edu.pe\)](#)
- Kumar, S., Zhao, M., Zhang, H., Aminur, Md., Luo, Ch., Mahmudur, M. (2021). Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns. (Artículo). China. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns - ScienceDirect](#)
- Linarez, C. (2015). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos agrícolas (Cáscara y Ceniza de arroz), como material sostenible para la construcción. Iquitos – Loreto – 2014. (Tesis de titulación). Universidad nacional de la amazonia peruana. Iquitos – Loreto. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos agrícolas \(cáscara y ceniza de arroz\), como material sostenible para la construcción. Iquitos - Loreto - 2014 \(unapiquitos.edu.pe\)](#)

- Mejía, M., Chinchilla, V., & Mendoza, C. (2012). Determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes cilíndricos y cúbicos, utilizando arena del occidente del país. (Tesis de titulación). Santa Ana – El Salvador. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://repositorio.ues.edu.sv/items/d84b545a-c8a4-4368-8cf3-00a80dd79a4d>
- Muñoz, S., Delgado, J., & Facundo, L. (2021). Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: una revisión. (Artículo). Chiclayo – Perú. Volumen 18, Numero 1, pp. 1-9, enero-abril 2021. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://doi.org/10.20983/culcyt.2021.1>
- Muñoz, A. (2020). Comentarios a la norma E.030 diseño sismorresistente. Lima – Perú. Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción – SENCICO. Consultado el 21 de abril del 2023, de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS\\_A\\_LA\\_NORMA\\_PERUANA\\_E.030\\_DISE%C3%91O\\_SISMORRESISTENTE.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISE%C3%91O_SISMORRESISTENTE.pdf)
- Municipalidad de Villa el Salvador. (2023). Informe de Evaluación de Resultados PEI-POI 2022. V.E.S – Lima. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://www.gob.pe/institucion/munivillaelsalvador/informes-publicaciones/4202769-informe-de-evaluacion-de-resultados-pei-poi-2022>
- Norma Técnica Peruana (NTP) 334.051, (2013). Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Lima – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://pdfcoffee.com/334051-pdf-free.html>
- Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012, (2013). Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global. Lima – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://pdfcoffee.com/ntp-400012-2013-pdf-pdf-free.html>
- ONU. (2021). Noticias e informes de la ONU: Cambio climático y medio ambiente. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Naciones Unidas | Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano](https://www.un.org/es/development/dpd/press/unnews/)

- Pardo, A., y M. A. Ruiz. 2002. SPSS 11. Guía para el análisis de datos. Madrid: McGraw-Hill. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=448231>
- Rodríguez, E & Salazar, G. (2020). Diseño de ladrillo de arcilla artesanal con adición de ceniza de cascarilla de arroz para viviendas unifamiliares, Rioja – 2020. (Tesis de titulación). Universidad Cesar Vallejo. Moyobamba – Perú. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Diseño de ladrillo de arcilla artesanal con adición de ceniza de cascarilla de arroz para viviendas unifamiliares, Rioja – 2020 \(ucv.edu.pe\)](https://ucv.edu.pe)
- Ríos, J., & Martínez, J. (2021). Estudio de viabilidad para desarrollar un emprendimiento, enfocado en la creación de una empresa productora de ladrillos ecológicos hechos con fibra de cáñamo en el departamento del cauca. (Tesis de titulación). Santiago de Cali – Colombia. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Estudio de viabilidad para desarrollar un emprendimiento, enfocado en la creación de una empresa productora de ladrillos ecológicos hechos con fibra de cáñamo en el departamento del Cauca \(unicatolica.edu.co\)](https://unicatolica.edu.co)
- Resolución Ministerial N°355-2018-Vivienda. (2018). Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones. Lima – Perú. Publicada 23 octubre del 2018. Pp. 4-32. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/211900-355-2018-vivienda>
- Reynoso, S. (2018). Los polímeros plásticos: los conceptos básicos que debes conocer durante y al salir de la Universidad. (Libro). Cd de México, DF. 1° Edición, 2018. 2° Edición, 2019. Pp. 10-177. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://www.buscilibre.pe/libro-los-polimeros-plasticos-los-conceptos-basicos-que-debes-conocer-durante-y-al-salir-de-la-universidad/9781795192088/p/53443980>
- Rojas, L., y Rojas, L. 2000. Exploración al diseño experimental. Pp. 51-59. Ciencia e ingeniería neogranadina. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://doi.org/10.18359/rcin.1688>

- Roja, M. (2020). Propuesta de un plan de minimización y manejo de residuos sólidos en la asociación comercial cuarta etapa – VES. (Tesis de titulación). Universidad nacional tecnológica de lima sur. Villa el Salvador – Lima. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/773>
- SINIA. (2017). Estadística de residuos sólidos. Consultado el 21 de abril del 2023, de [Estadísticas « Minam – Sinia](#)
- Sanchez, E., Leiva, J., & Monteza, C., (2021). Elaboration and Characterization of Bricks Made with Addition of Calcined Rice Husk. (Articulo). Colombia. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://doi.org/10.19053/01211129.v30.n57.2021.13031>
- Roja, M. (2020). Propuesta de un plan de minimización y manejo de residuos sólidos en la asociación comercial cuarta etapa – ves. (Trabajo de suficiencia). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Perú. Consultado el 08 de diciembre del 2023, de [T088A\\_48805149\\_T.pdf \(untels.edu.pe\)](T088A_48805149_T.pdf)
- Vargas, E., Olivares, A., Tamayo, A., & Santos, L. 2017. Comportamientos proambientales de los empleados de la hotelería. El caso de un hotel certificado en Huatulco, México. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Consultado el 21 de abril del 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687490>

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
“PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MECÁNICOS DE ECOLADRILLOS ELABORADOS CON POLIETILENO TEREFTALATO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA EN CLÍMAS HÚMEDOS DE VILLA EL SALVADOR”	PG: ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y mecánicos óptimos de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa el Salvador?	OG: Determinar los parámetros físicos, químicos y mecánicos de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa el Salvador	HG: La creación de eco-ladrillos adicionando polietileno tereftalato contribuirá significativamente en la mejora de sus propiedades físico, químico y mecánica para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa el Salvador.	VD: Eco-ladrillos de polietileno tereftalato (PET)	Compresión	Experimental
	PE: ¿Cuáles son los parámetros físicos como absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación óptima de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador?	OE: Determinar los parámetros físicos como absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación óptima de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador.	HE: La absorción, absorción máxima y el coeficiente de saturación de los eco-ladrillos con 5% de fibras de PET, mantendrá un resultado óptimo frente al ladrillo comercial.		Absorción y absorción máxima	
	PE: ¿Cuáles son los parámetros químicos como la generación de eflorescencia (salitre) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador?	OE: Determinar los parámetros químicos como la generación de eflorescencia (salitre) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador	HE: Los eco-ladrillos presentaran un mayor rendimiento ante la generación de eflorescencia, “salitre”, que los ladrillos convencionales en presencia de humedad contante.		Eflorescencia o Salitre	
	PE: ¿Cuáles son los parámetros mecánicos como la confiabilidad estructural (compresión) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en climas húmedos de Villa El Salvador?	OE: Determinar los parámetros mecánicos como la confiabilidad estructural (compresión) de los eco-ladrillos elaborados con polietileno tereftalato para la construcción de mampostería en clima húmedos de Villa El Salvador.	HE: La confiabilidad estructural de los Eco-ladrillos (compresión) presentara mejores resultados ante el ladrillo patrón y uno convencional.	VI: Dosificaciones	Relación cemento – arena Porcentaje de PET	

ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Véase la tabla N°38 “Instrumento de recolección de datos”.

ANEXO 2.1. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS

**CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
400-CL-2022  
Área de Metrología  
Página 1 de 3

**Expediente** : 446A-06-2022

**Solicitante** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Dirección** : Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rimac - Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : TAMIZ

**Marca** : FORNEY

**Modelo** : No indica

**Serie** : 4BS8F767Z30

**Identificación** : MVAF-1 (\*)

**Ubicación** : No indica

**Procedencia** : U.S.A.

**N° de Tamiz** : No. 4

**Tamaño de abertura** : 4,75 mm

**Diámetro de tamiz** : 5"

**Fecha de calibración** : 2022-12-02

**Lugar** : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A - Rimac - Lima.

**Método utilizado** : Determinación de abertura y diámetro del alambre del tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.

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

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**VALERIA VELASCO FERNANDO**  
DIRECCIÓN GENERAL  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
SERJE DE METROLOGÍA E22  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 16:52  
Printed con www.2myn.pe

**VELASCO NAVARRO MIRIAM**  
ASISTENTE TÉCNICA  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
gerente@2myn.com  
Fecha: 17/12/2022 09:57  
Printed con www.2myn.pe

2022-12-16  
Fecha de emisión

Código de Servicio: 04807

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

**CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

Certificado de Calibración 400-CL-2022  
Página 2 de 3

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,5	19,2
Humedad Relativa (%hr)	52	50

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a TEST & CONTROL	Pie de rey 300 mm / 0,01 mm	TC-15160-2022

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 04807 y la fecha de calibración
- (\*) Código de identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Resultados de medición:**

**Mediciones para el Promedio de Abertura**

	Valor Nominal (**) mm	Promedio (*** mm)	Error mm	Incertidumbre mm	Error Máximo Permitido (**) mm
Horizontal	4,750	4,733	0,017	0,010	0,135
Vertical		4,746	0,004	0,006	0,135

**Abertura Nominal Máxima Encontrada**

	Abertura Nominal Máxima Encontrada (**) mm	Desviación Estándar Nominal (**) mm	Desviación Estándar Encontrada mm
Horizontal	5,12	4,80	0,028
Vertical		4,78	0,023

Código de Servicio: 04807

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

**CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

Certificado de Calibración 400-CL-2022  
Página 3 de 3

**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (*** (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	1,50	1,50	0,00	0,01
Vertical		1,50	0,01	0,01

**Diámetro Nominal Máximo Encontrado**

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (**) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (**) (mm)
Horizontal	1,9	1,8	1,3	1,8
Vertical		1,8		1,8

w: Tamaño de la Abertura  
d: Diámetro de Alambre

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 30 mediciones en horizontal y de 30 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 30 mediciones en horizontal y de 30 mediciones en vertical

Fin del documento

Código de Servicio: 04807

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

Nota: Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM



Tamiz N° 8



**CORPORACION  
2M & N S.A.C.**  
*Especialistas en Metrologia*

*Laboratorio  
de Calibración*

---

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**401-CL-2022**

**Área de Metrología**

Página 1 de 3

**Expediente** : 446A-06-2022

**Solicitante** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Dirección** : Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rímac - Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : TAMIZ

**Marca** : FORNEY

**Modelo** : No indica

**Serie** : 8BS8F785432

**Identificación** : M/VAF-2 (\*)

**Ubicación** : No indica

**Procedencia** : U.S.A.

**N° de Tamiz** : No. 8

**Tamaño de abertura** : 2,36 mm

**Diámetro de tamiz** : 8"

**Fecha de calibración** : 2022-12-03

**Lugar** : Laboratorio 02 - CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int."A" - Rímac - Lima.

**Método utilizado** : Determinación de abertura y diámetro del alambre de tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.

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

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACION 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



2022-12-16  
Fecha de emisión




VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL  
CORPORACION 2M & N S.A.C.  
JEFE DE METROLOGIA LAB 02  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 16:50  
Firmado con www.tscapu.pe



VELASCO MAURICIO MIRAN ARACELI  
CORPORACION 2M & N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
gerencia@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 16:58  
Firmado con www.tscapu.pe

**Código de Servicio:** 04808

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACION  
2M & N S.A.C.**  
*Especialistas en Metrologia*

*Laboratorio  
de Calibración*

---

Certificado de Calibración 401-CL-2022

Página 2 de 3

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,0	19,5
Humedad Relativa (%hr)	56	59

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a DM - INACAL	Pie de rey 300 mm / 0,01 mm	TC-15190-2022

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 04808 y la fecha de calibración
- (\*) Código de Identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Resultados de medición:**


Mediciones para el Promedio de Abertura					
	Valor Nominal (***) mm	Promedio (****) mm	Error mm	Incertidumbre mm	Error Máximo Permitido (**) mm
Horizontal	2,360	2,385	-0,025	0,004	0,009
Vertical		2,242	0,118	0,005	0,009

(\*\*\*\*)

	Abertura Nominal Máxima (**) mm	Abertura Máxima Encontrada (***) mm	Desviación Estándar Nominal (**) mm	Desviación Estándar Encontrada mm
Horizontal	2,59	2,42	0,071	0,013
Vertical		2,28		0,016

**Código de Servicio:** 04808

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACION  
2M & N S.A.C.**  
*Especialistas en Metrologia*

*Laboratorio  
de Calibración*

---

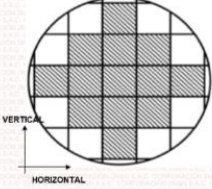
Certificado de Calibración 401-CL-2022

Página 3 de 3

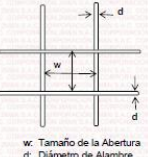
**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (****) (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	1,00	0,99	0,01	0,01
Vertical		0,95	0,05	0,01

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (****) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (****) (mm)
Horizontal	1,15	1,02		0,98
Vertical		1,02	0,85	0,91



VERTICAL  
HORIZONTAL



w: Tamaño de la Abertura  
d: Diámetro de Alambre

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 40 mediciones en horizontal y de 40 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 40 mediciones en horizontal y de 40 mediciones en vertical
- (\*\*\*\*) Las variaciones exceden a la variación máxima permisible según la Norma ASTM E11-20.

Fin del documento

**Código de Servicio:** 04808

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Tamiz N° 16

**CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**402-CL-2022**  
**Área de Metrología**  
Página 1 de 3

**Expediente** : 448A-06-2022

**Solicitante** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Dirección** : Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rimac - Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : TAMIZ

**Marca** : FORNEY

**Modelo** : No indica

**Serie** : 16BS8F781395

**Identificación** : MVAF-3 (\*)

**Ubicación** : No indica

**Procedencia** : U.S.A.

**N° de Tamiz** : No. 16

**Tamaño de abertura** : 1,18 mm

**Diámetro de tamiz** : 8"

**Fecha de calibración** : 2022-12-05

**Lugar** : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int."A" - Rimac - Lima

**Método utilizado** : Determinación de abertura y diámetro del alambre del tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.

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

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**VALERIA VELASCO FERNANDO**  
GABRIEL  
CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.  
JEFE DE METROLOGÍA LAB 02  
jvelasco@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 16:51  
Firmado con www.bccba.pe

**VALERIO NAVARRO MIRAN**  
ARACELI  
CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
jnavarro@2myn.com  
Fecha: 17/12/2022 11:00  
Firmado con www.bccba.pe

2022-12-16  
Fecha de emisión

**Código de Servicio: 04809**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

**CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

**Certificado de Calibración 402-CL-2022**  
Página 2 de 3

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,1
Humedad Relativa (%hr)	64	61

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a TEST & CONTROL	Pie de rey 300 mm / 0,01 mm	TC-15190-2022

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° D4809 y la fecha de calibración
- (\*) Código de identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Resultados de medición:**

Mediciones para el Promedio de Abertura					
	Valor Nominal (**) mm	Promedio (***) mm	Error mm	Incertidumbre mm	Error Máximo Permitido (***) mm
Horizontal	1,180	1,172	0,008	0,003	0,036
Vertical		1,182	-0,002	0,003	0,036

	Abertura Nominal Máxima (**) mm	Abertura Máxima Encontrada (***) mm	Desviación Estándar Nominal (**) mm	Desviación Estándar Encontrada mm
Horizontal	1,32	1,20	0,045	0,015
Vertical		1,21		0,014

**Código de Servicio: 04809**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

**CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

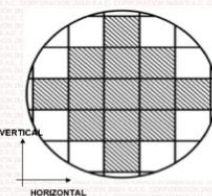
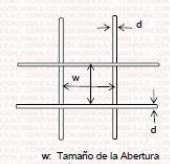
*Laboratorio de Calibración*

**Certificado de Calibración 402-CL-2022**  
Página 3 de 3

**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (***) (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	0,63	0,62	0,01	0,01
Vertical		0,60	0,03	0,01

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (***) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (***) (mm)
Horizontal	0,72	0,64		0,60
Vertical		0,63	0,54	0,58

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 80 mediciones en horizontal y de 80 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 80 mediciones en horizontal y de 80 mediciones en vertical

Fin del documento

**Código de Servicio: 04809**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC; 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Tamiz N° 30



*Laboratorio de Calibración*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
403-CL-2022  
**Área de Metrología**  
Página 1 de 3

---

**Expediente** : 446A-08-2022

**Solicitante** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Dirección** : Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rimac - Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : TAMIZ

**Marca** : FORNEY

**Modelo** : No indica

**Serie** : 30BS8F706626

**Identificación** : MVAF-4 (\*)

**Ubicación** : No indica

**Procedencia** : U.S.A.

**N° de Tamiz** : No.30

**Tamaño de abertura** : 600 µm

**Diámetro de tamiz** : 8"

**Fecha de calibración** : 2022-12-01

**Lugar** : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. Jr. Chiclayo N° 489 Int."A" - Rimac - Lima.

**Método utilizado** : Determinación de abertura y diámetro del alambre del tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.

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

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



2022-12-18  
Fecha de emisión




VALENCIA VELASCO FERNANDO  
DIRECCIÓN  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
ÁREA DE METROLOGÍA LAB 02  
perforacion2myn.com  
Perú: 911 2022 1648  
Firmado con www.tocapu.pe



VELASCO NAVARRO MIRIAM  
PROCESO  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
SERVICIO CLIENTES  
perforacion2myn.com  
Perú: 911 2022 1122  
Firmado con www.tocapu.pe

**Código de Servicio:** 04810  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



*Laboratorio de Calibración*

Certificado de Calibración 403-CL-2022  
Página 2 de 3

---

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,0	19,8
Humedad Relativa (%hr)	61	55

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a DM - INACAL	Redícula de medición 0,03 mm a 0,2 mm	LLA-308-2021

**Observaciones:**


- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 04810 y la fecha de calibración
- (\*) Código de identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Resultados de medición:**

Mediciones para el Promedio de Abertura					
	Valor Nominal (**) µm	Promedio (***) µm	Error µm	Incertidumbre µm	Error Máximo Permitido (***) µm
Horizontal	600,0	600,3	-0,3	1,0	19,0
Vertical		600,2	-0,2	1,1	19,0

	Abertura Nominal Máxima (**) µm	Abertura Máxima Encontrada (***) µm	Desviación Estándar Nominal (**) µm	Desviación Estándar Encontrada µm
Horizontal	601	612	28,06	5,07
Vertical		615		5,50

**Código de Servicio:** 04810  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



*Laboratorio de Calibración*

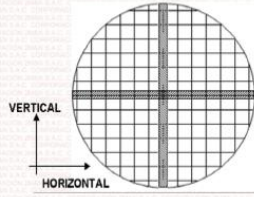
Certificado de Calibración 403-CL-2022  
Página 3 de 3

---

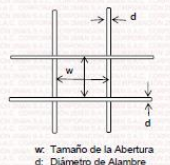
**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (***) (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	0,400	0,401	-0,001	0,002
Vertical		0,398	0,002	0,001

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (***) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (***) (mm)
Horizontal	0,40	0,41		0,39
Vertical		0,41	0,34	0,39



VERTICAL  
HORIZONTAL



w: Tamaño de la Abertura  
d: Diámetro de Alambre

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 100 mediciones en horizontal y de 100 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 100 mediciones en horizontal y de 100 mediciones en vertical

Fin del documento

**Código de Servicio:** 04810  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Tamiz N° 50



**CORPORACION  
2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrologia

*Laboratorio  
de Calibración*

---

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**404-CL-2022**  
**Área de Metrología**  
Página 1 de 3

---

<b>Expediente</b> :	448A-06-2022	<b>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</b>
<b>Solicitante</b> :	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
<b>Dirección</b> :	Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rimac - Lima - Perú	
<b>Equipo/ Instrumento</b> :	TAMIZ	
<b>Marca</b> :	FORNEY	
<b>Modelo</b> :	No indica	
<b>Serie</b> :	50BS8F786200	<b>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.</b>
<b>Identificación</b> :	MNAF-5 (*)	
<b>Ubicación</b> :	No indica	
<b>Procedencia</b> :	U.S.A.	<b>Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.</b>
<b>N° de Tamiz</b> :	No. 50	
<b>Tamaño de abertura</b> :	300 µm	<b>CORPORACION 2M &amp; N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</b>
<b>Diámetro de tamiz</b> :	8"	
<b>Fecha de calibración</b> :	2022-12-01	<b>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</b>
<b>Lugar</b> :	Laboratorio 02 - CORPORACION 2M & N S.A.C. Jr. Chiclayo N° 489 Int. A - Rimac - Lima	
<b>Método utilizado:</b> :	Determinación de abertura y diámetro del alambre del tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.	



2022-12-18  
Fecha de emisión




VALENCIA VELASCO PERIBANDO  
ASIA METROLOGIA  
CORPORACION 2M & N S.A.C.  
JEFE DE METROLOGIA LAB 02  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 16:48  
Firmado con www.ticopa.pe



VELASCO NAU/RRIO MIRAN  
ARACELI  
CORPORACION 2M & N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 17/12/2022 11:04  
Firmado con www.ticopa.pe

Código de Servicio: **04811**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correo: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACION  
2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrologia

*Laboratorio  
de Calibración*

---

Certificado de Calibración 404-CL-2022  
Página 2 de 3

---

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,7	20,3
Humedad Relativa (%hr)	80	58

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a DM - INACAL	Redícula de medición 0,03 mm a 0,2 mm	LLA-308-2021

**Observaciones:**


- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 04811 y la fecha de calibración
- (\*) Código de Identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Resultados de medición:**

Mediciones para el Promedio de Abertura					
	Valor Nominal (**) µm	Promedio (***) µm	Error µm	Incertidumbre µm	Error Máximo Permitido (**) µm
Horizontal	300,0	301,6	-1,6	0,2	10,4
Vertical		301,9	-1,9	0,2	10,4

	Abertura Nominal Máxima (**) µm	Abertura Máxima Encontrada (***) µm	Desviación Estándar Nominal (**) µm	Desviación Estándar Encontrada µm
Horizontal	358	304	18,15	1,31
Vertical		304		1,25

Código de Servicio: **04811**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correo: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACION  
2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrologia

*Laboratorio  
de Calibración*

---

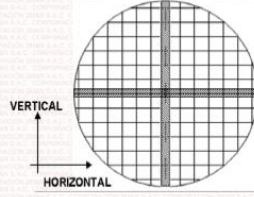
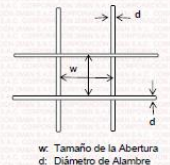
Certificado de Calibración 404-CL-2022  
Página 3 de 3

---

**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (***) (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	0,200	0,202	-0,002	0,001
Vertical		0,201	-0,001	0,001

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (***) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (***) (mm)
Horizontal	0,23	0,20		0,20
Vertical		0,21	0,17	0,20

w: Tamaño de la Abertura  
d: Diámetro de Alambre

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 180 mediciones en horizontal y de 180 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 180 mediciones en horizontal y de 180 mediciones en vertical

Fin del documento

Código de Servicio: **04811**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR CORPORACION 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correo: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Tamiz N° 100



**CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
405-CL-2022  
**Área de Metrología**  
Página 1 de 3

**Expediente** : 446A-06-2022

**Solicitante** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Dirección** : Av. Túpac Amaru No. 210 - Rímac - Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : TAMIZ

**Marca** : FORNEY

**Modelo** : No indica

**Serie** : 100BSF786130

**Identificación** : MVAF-6 (\*)

**Ubicación** : No indica

**Procedencia** : U.S.A.

**Nº de Tamiz** : No.100

**Tamaño de abertura** : 150 µm

**Diámetro de tamiz** : 8"

**Fecha de calibración** : 2022-12-01

**Lugar** : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. Jr. Chiclayo N° 489 Int."A" - Rímac - Lima.

**Método utilizado** : Determinación de abertura y diámetro del alambre del tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.

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

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.




2022-12-16  
Fecha de emisión

VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
JEFE DE METROLOGÍA LÍNEA 02  
PROMOCION@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 18:46  
Firmado con www.totopdf.pe

VELASCO MANABRO MIRIAM ANABEL  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
LOGIC@2myn.com  
Fecha: 17/12/2022 11:08  
Firmado con www.totopdf.pe

**Código de Servicio:** 04812

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-4230 RFC: 389-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

*Laboratorio de Calibración*

Certificado de Calibración 405-CL-2022  
Página 2 de 3

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,0	20,1
Humedad Relativa (%hr)	61	57

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a DM - INACAL	Redicula de medición 0,03 mm a 0,2 mm	LLA-308-2021

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 04812 y la fecha de calibración
- (\*) Código de Identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA


**Resultados de medición:**

Mediciones para el Promedio de Abertura					
	Valor Nominal (**) µm	Promedio (***) µm	Error µm	Incertidumbre µm	Error Máximo Permitido (**) µm
Horizontal	150,0	151,3	-1,3	0,3	6,0
Vertical		151,1	-1,1	0,3	6,0

	Abertura Nominal Máxima (**) µm	Abertura Máxima Encontrada (***) µm	Desviación Estándar Nominal (**) µm	Desviación Estándar Encontrada µm
Horizontal	188	155	11,80	1,84
Vertical		155		1,95

**Código de Servicio:** 04812

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-4230 RFC: 389-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

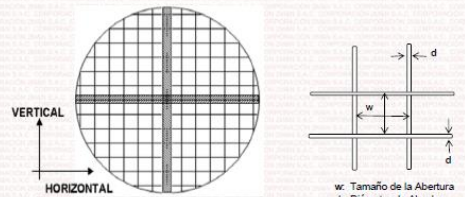
*Laboratorio de Calibración*

Certificado de Calibración 405-CL-2022  
Página 3 de 3

**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (***) (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	0,100	0,101	-0,001	0,001
Vertical		0,101	-0,001	0,001

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (***) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (***) (mm)
Horizontal	0,115	0,105		0,098
Vertical		0,105	0,085	0,098



w: Tamaño de la Abertura  
d: Diámetro de Alambre

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 200 mediciones en horizontal y de 200 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 200 mediciones en horizontal y de 200 mediciones en vertical

Fin del documento

**Código de Servicio:** 04812

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-4230 RFC: 389-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Tamiz N° 12

*Laboratorio de Calibración*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
406-CL-2022  
**Área de Metrología**  
Página 1 de 3

**Expediente** : 446A-06-2022

**Solicitante** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Dirección** : Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rímac - Lima - Perú

**Equipo/ Instrumento** : TAMIZ

**Marca** : FORNEY

**Modelo** : LA-0790-50

**Serie** : 12BS8F892467

**Identificación** : MVAF-7 (\*)

**Ubicación** : No indica

**Procedencia** : U.S.A.

**Nº de Tamiz** : No. 12

**Tamaño de abertura** : 1,7 mm

**Diámetro de tamiz** : 8"

**Fecha de calibración** : 2022-12-02

**Lugar** : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int."A" - Rímac - Lima.

**Método utilizado** : Determinación de abertura y diámetro del alambre del tamiz, por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la Norma ASTM E11-20.

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

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



2022-12-16  
Fecha de emisión



VALENCIA VELASCO FERNANDO  
GABRIEL  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
ÁREA DE METROLOGÍA  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 16/12/2022 16:53  
Firmado con www.tccscau.pe



VALENCIO NAVARRO MIRIAN  
VALENCIO  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
ÁREA DE METROLOGÍA  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 17/12/2022 11:10  
Firmado con www.tccscau.pe

**Código de Servicio:** 04813

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-6230 RFC: 389-645-623 | 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Laboratorio de Calibración*

**Certificado de Calibración 406-CL-2022**  
Página 2 de 3

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,8	19,7
Humedad Relativa (%hr)	53	52

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia a TEST & CONTROL	Pie de rey 300 mm / 0,01 mm	TC-15190-2022

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 04813 y la fecha de calibración
- (\*) Código de Identificación asignado por UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**Resultados de medición:**

**Mediciones para el Promedio de Abertura**

	Valor Nominal (**) mm	Promedio (***) mm	Error mm	Incertidumbre mm	Error Máximo Permitido (**) mm
Horizontal	1,700	1,721	-0,021	0,005	0,050
Vertical		1,721	-0,021	0,005	0,050

	Abertura Nominal Máxima (**) mm	Abertura Máxima Encontrada (***) mm	Desviación Estándar Nominal (**) mm	Desviación Estándar Encontrada mm
Horizontal		1,78		0,018
Vertical	1,88	1,75	0,057	0,018

**Código de Servicio:** 04813

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-6230 RFC: 389-645-623 | 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

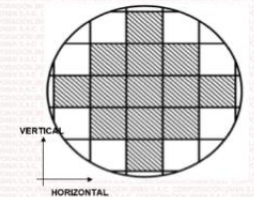
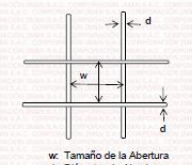
*Laboratorio de Calibración*

**Certificado de Calibración 406-CL-2022**  
Página 3 de 3

**Medición para el diámetro del Alambre**

	Valor Nominal (**) (mm)	Promedio (***) (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	0,80	0,80	0,00	0,01
Vertical		0,82	-0,02	0,01

	Diámetro Nominal Máximo (**) (mm)	Diámetro Máximo Encontrado (***) (mm)	Diámetro Nominal Mínimo (**) (mm)	Diámetro Mínimo Encontrado (***) (mm)
Horizontal	0,92	0,85	0,68	0,77
Vertical		0,85		0,79

**Nota:**

- (\*\*) Valor Nominal según la Norma ASTM E11-20
- (\*\*\*) El Valor promedio de la abertura resulta de 50 mediciones en horizontal y de 50 mediciones en vertical. El promedio del diámetro de alambre resulta de 50 mediciones en horizontal y de 50 mediciones en vertical

Fin del documento

**Código de Servicio:** 04813

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rímac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-6230 RFC: 389-645-623 | 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

# Horno



**CORPORACION ZM & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 024



INACAL  
Instituto Nacional de Acreditación y Certificación

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**403-CT-T-2022**  
**Área de Metrología**

Página 1 de 5

**Expediente :** 4454-06-2022

**Solicitante :** UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Dirección :** Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rimac - Lima - Perú

**Equipo :** HORNO

**Marca :** memmert

**Modelo :** UM-500

**Serie :** B592.1328

**Identificación :** HORN-8 (\*)

**Ubicación :** Área de Agregados (\*\*)

**Procedencia :** Alemania

**Tipo de Ventilación :** Forzada

**Nro. de Niveles :** 2

**Alcance del Equipo :** Temperatura ambiente +5 °C a 220 °C (\*\*\*)

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

Los resultados son válidos únicamente para el instrumento calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante se le aconseja disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo**

Descripción	TERMOMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	Autónix / TZHS
Alcance de medición	0 °C a 250 °C
Resolución	1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

CORPORACION ZM & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**Fecha de Calibración :** 2022-12-16

**Lugar de Calibración :** Área de Agregados - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Av. Túpac Amaru Nro. 210 - Rimac - Lima - Perú

**Método utilizado :** Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018- 'Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático' - SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.




2022-12-19  
**Fecha de emisión**

ALVAREZ NAVARRO ANGEL  
DUEÑO  
CORPORACION ZM & N S.A.C.  
AREA DE METROLOGIA-06-21  
REGISTRADO CON  
PERU 187202011117  
Firmado con www.tinaco.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAM  
ABOCIL  
CORPORACION ZM & N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
REGISTRADO CON  
PERU 381526232033  
Firmado con www.tinaco.pe


Cod. de Servicio: 02134-A

Cod. FT-T-03 Rev. 04



**CORPORACION ZM & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 024



INACAL  
Instituto Nacional de Acreditación y Certificación

**Certificado de Calibración 403-CT-T-2022**  
**Página 2 de 5**

**Condiciones ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24,5	24,7
Humedad Relativa %hr	71	85

**Patrones de referencia:**

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


Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia CORPORACION ZM & N S.A.C.	Termómetro Multicanal digital con doce termopares Tipo K con incertidumbres del orden desde 0,09 °C hasta 0,2 °C.	289-CT-T-2022
Patrones de Referencia a SAT	Termohigrómetro Digital con incertidumbre de $U = 0,3 \text{ °C} / 2,5 \text{ %hr}$	LT-0755-2022
Patrones de Referencia a ELICROM	Cronómetro Digital con exactitud 0,0012 % y incertidumbres de $U = 0,00091 \text{ s}$ a 0,089 s	CCP-0081-001-22
Patrones de Referencia a ELICROM	Cinta Métrica Clase II de 0 m a 5 m con resolución de 1 mm y con incertidumbre de $U = 56 \text{ µm}$	CCP-1261-001-22

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 02134-A y la fecha de calibración.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al equipo.
- (\*\*) Datos proporcionados por el solicitante.
- (\*\*\*) Dato tomado del manual del equipo.
- Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerado, luego del tiempo de estabilización.
- Las lecturas se iniciaron durante un tiempo de pre-calentamiento y estabilización de 2 h.
- La calibración se realizó con 40% de la carga típica.
- El tipo de carga que se empleó fue envase con arena y ladrillo.
- El esquema de distribución y posición de los termopares en los puntos de medición se muestra en la página 5
- Las Temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1000 (International Temperature Scale (ITS-00))
- Para la temperatura de trabajo 110 °C  $\pm$  5 °C (\*\*)
- Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura.
- Se programó el controlador de temperatura en 112 °C para la temperatura de trabajo
- El promedio de temperatura durante la medición fue 108,99 °C
- La máxima temperatura detectada fue 112,00 °C y la mínima temperatura detectada fue 105,49 °C


Cod. de Servicio: 02134-A

Cod. FT-T-03 Rev. 04



**CORPORACION ZM & N S.A.C.**  
Especialistas en Metrología

LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 024



INACAL  
Instituto Nacional de Acreditación y Certificación

**Certificado de Calibración 403-CT-T-2022**  
**Página 3 de 5**

**Resultados de medición:**

**Temperatura de Calibración: 110 °C  $\pm$  5 °C**

Tiempo (min)	Tem. del Punto (°C)	Indicaciones corregidas de los sensores expresados en (°C)										T.prom (°C)	T.max-T.min (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	112	110,86	111,30	111,70	110,62	111,17	105,66	105,04	105,73	105,99	107,21	108,63	6,16
02	112	110,86	111,30	111,70	110,67	111,32	105,78	105,08	105,67	105,11	105,14	105,13	5,67
04	112	110,80	111,49	112,00	110,82	111,61	107,52	106,33	107,11	105,49	105,49	105,45	5,67
06	112	110,80	111,54	112,00	110,87	111,61	107,03	106,28	106,42	107,96	105,05	105,25	5,72
08	112	110,85	111,40	111,90	110,62	111,37	105,95	105,54	105,63	105,99	107,16	105,72	5,98
10	112	110,80	111,30	111,70	110,52	111,17	105,56	105,54	105,73	107,37	107,41	105,69	6,16
12	112	110,56	111,35	111,80	110,62	111,32	105,64	105,69	106,47	105,11	105,05	105,05	5,91
14	112	110,80	111,54	112,00	110,87	111,61	107,52	105,33	107,11	105,45	105,49	105,45	5,67
16	112	110,70	111,40	111,90	110,77	111,37	105,69	105,13	105,27	107,95	107,90	105,11	5,76
18	112	110,80	111,44	111,85	110,72	111,42	105,61	105,79	105,88	107,42	107,16	105,80	6,34
20	112	110,60	111,30	111,70	110,57	111,17	105,55	105,54	105,63	105,98	107,16	105,62	6,16
22	112	110,56	111,30	111,85	110,52	111,32	105,83	105,03	105,32	107,88	105,10	105,07	5,81
24	112	110,70	111,44	111,90	110,72	111,47	105,47	105,33	107,11	105,45	105,49	105,41	5,57
26	112	110,80	111,54	112,00	110,87	111,61	105,83	105,13	105,13	107,82	107,80	105,14	5,87
28	112	110,60	111,40	111,80	110,52	111,32	105,61	105,54	105,63	105,98	107,16	105,65	6,28
30	112	110,56	111,30	111,70	110,52	111,17	105,85	105,59	105,68	107,39	107,21	105,69	6,19
32	112	110,65	111,30	111,80	110,52	111,37	105,88	105,89	106,37	107,91	105,49	105,15	5,81
34	112	110,70	111,44	111,80	110,87	111,61	107,52	105,33	107,11	105,45	105,05	105,39	5,47
36	112	110,80	111,54	112,00	110,67	111,42	105,29	105,89	105,93	107,67	107,86	105,88	6,11
38	112	110,56	111,30	111,70	110,62	111,17	105,56	105,54	105,63	105,98	107,16	105,61	6,16
40	112	110,86	111,30	111,80	110,57	111,32	105,29	105,89	105,03	107,82	107,81	105,88	5,91
42	112	110,70	111,44	111,85	110,57	111,37	107,52	105,33	107,11	105,45	105,49	105,38	5,52
44	112	110,80	111,54	112,00	110,87	111,61	105,64	105,08	105,27	107,82	107,70	105,11	5,91
46	112	110,65	111,40	111,85	110,52	111,37	105,90	105,79	105,73	105,98	107,38	105,75	6,12
48	112	110,56	111,30	111,70	110,52	111,17	105,56	105,54	105,63	107,42	107,16	105,66	6,16
50	112	110,65	111,40	111,80	110,57	111,37	105,49	105,94	105,27	107,72	107,80	105,01	5,91
52	112	110,70	111,44	111,90	110,87	111,61	107,52	105,33	107,11	105,45	105,49	105,43	5,57
54	112	110,80	111,54	112,00	110,87	111,42	105,49	105,89	105,17	107,77	107,81	105,03	5,11
56	112	110,60	111,35	111,70	110,62	111,17	105,75	105,59	105,49	105,98	107,16	105,64	5,21
58	112	110,56	111,30	111,80	110,52	111,37	105,70	105,64	105,68	107,37	107,31	105,72	6,16
60	112	110,70	111,40	111,85	110,52	111,42	105,74	105,13	105,67	105,95	105,05	105,16	5,72
T.PROM	112	110,67	111,40	111,84	110,65	111,35	105,44	105,92	105,22	107,70	107,73	105,89	
T.MAX	112	110,80	111,54	112,00	110,87	111,61	107,52	105,33	107,11	105,45	105,49	105,45	
T.MIN	112	110,56	111,30	111,70	110,52	111,17	105,61	105,54	105,49	105,58	107,16	105,62	
DTT	0	0,24	0,24	0,30	0,35	0,34	0,01	0,79	1,82	1,47	1,33		

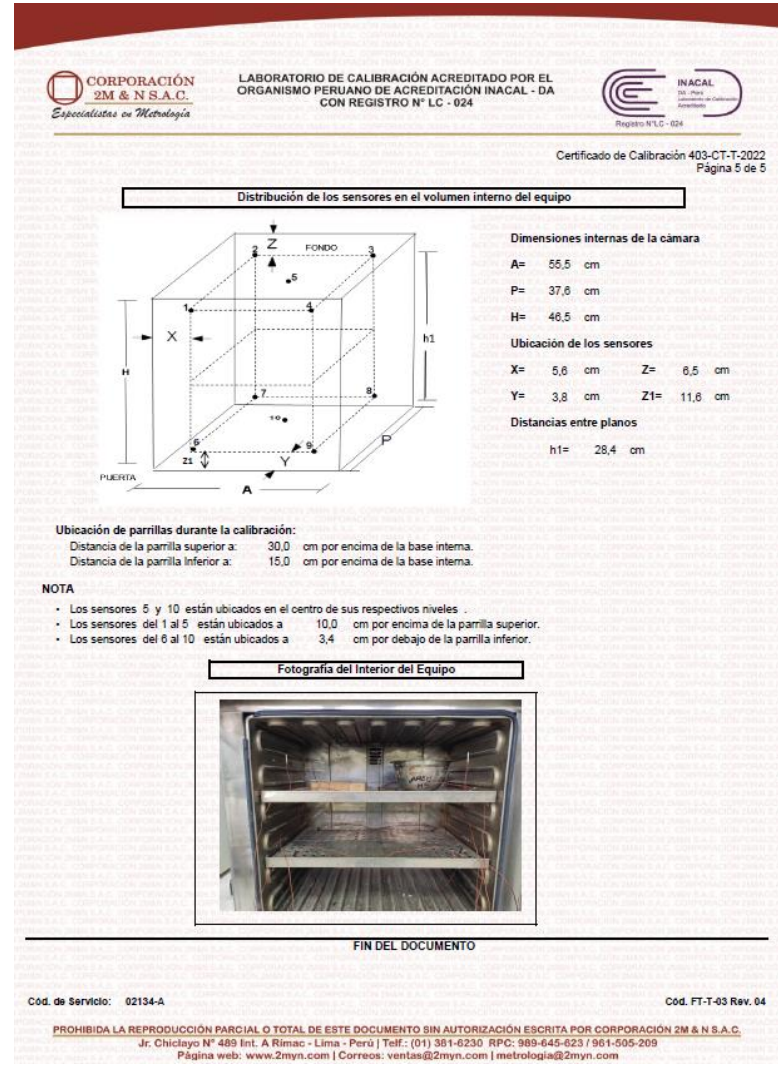
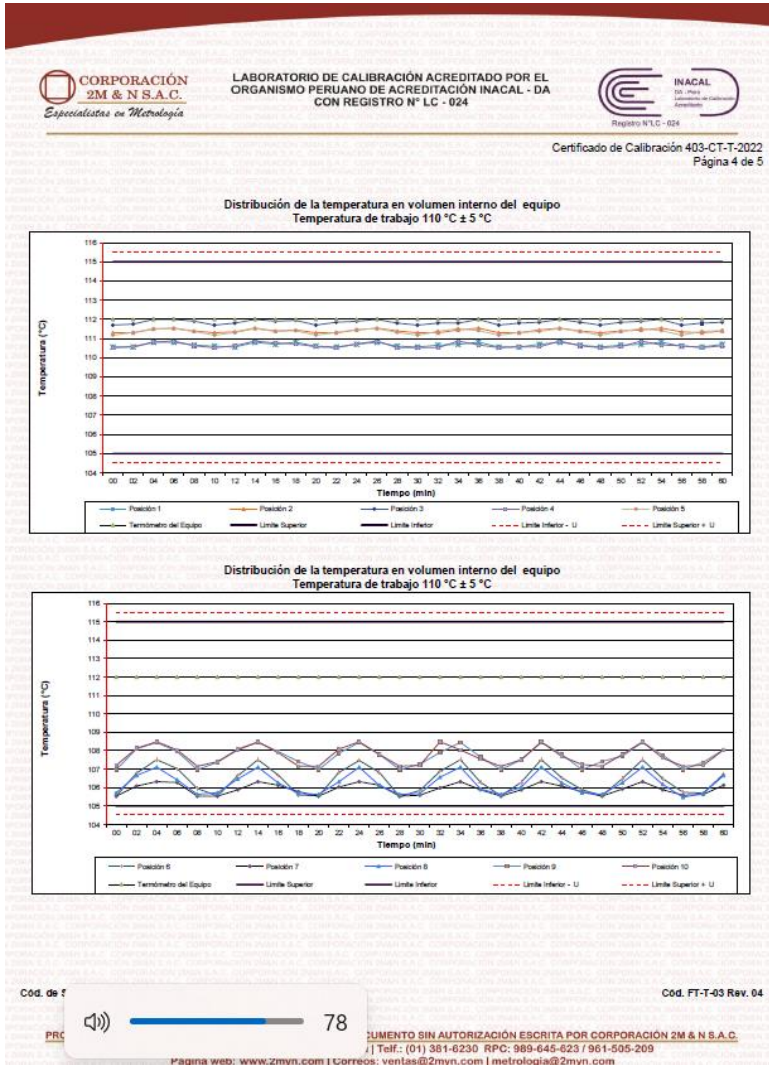
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,00	0,48
Mínima Temperatura Medida	105,49	0,47
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,81	0,26
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,92	0,76
Estabilidad Medida (s)	1,005	0,030
Uniformidad Medida	6,36	0,76

T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.  
T.MAX: Temperatura máxima.  
T.MIN: Temperatura mínima.  
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.  
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
Incertidumbre de las indicaciones del termómetro propio del medio isotermo. 0,58 °C.

Cod. de Servicio: 02134-A

Cod. FT-T-03 Rev. 04



Nota: Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM



Balanza



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** LM-205-2022

Expediente : 20419 Página 1 de 3

Solicitante UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNI  
 Dirección AV. TUPAC AMARU NRO. 210 RIMAC – LIMA -LIMA

**Laboratorio de Masa**

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

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

Instrumento de Medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Marca / Fabricante	OHAUS	
Modelo	PA224	
Serie	B729392899	
Identificación	1192	
Alcance de indicación	220	g
División de escala / resolución (d)	0.0001	g
División de verificación de escala (e)	0.001	g
Procedencia	CHINA	
Tipo	ELECTRÓNICA	
Clasificación	NO AUTOMÁTICA	
Capacidad mínima	0.01	g
Clase de exactitud	I	

Ubicación del equipo LABORATORIO NRO. 1 DE ENSAYO DE MATERIALES  
 Lugar de calibración AV. TUPAC AMARU NRO. 210 RIMAC – LIMA -LIMA (FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL)  
 Fecha de calibración 2022-09-09  
 Sello Fecha de emisión Jefe del laboratorio de calibración



2022-09-10

**CEM INDUSTRIAL**  
 JESUS QUINTO C.  
 JEFE DE LABORATORIO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGIA INDUSTRIAL  
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTIN DE PORRES  
 www.cemindustrial.com | jesus.quinto@cemind.com | vertica@cemind.com  
 Telfax: 958009776 / 958009777



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** LM-205-2022

Expediente : 20419 Página 2 de 3

**Método de Calibración:**  
 La calibración de balanzas se basa en al comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido (pesas patrón) utilizando como referencia el PC-011 "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" – Cuarta edición, abril 2010.

**Condiciones de calibración:**

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	21.0 °C	21.0 °C
HUMEDAD RELATIVA	75 %	75 %

**Patrones utilizados:**

TRAZABILIDAD	PESAS PATRON USADAS	CERTIFICADO DE CALIBRACION
INACAL	Juego de Pesas patrón Clase E2 (1mg – 1 kg)	LM-C-156-2022

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, para una distribución normal de aproximadamente 95%.
- El equipo tenía una diferencia de 0,8 miligramos con los patrones por lo que se ajustó.
- El equipo se identifica con código patrimonial 602206340164.

**Resultados de Calibración:**

El resultado de la incertidumbre expandida es:

$$U(R) = 2 \sqrt{1.63E-08 + 8.03E-13 R^2}$$

$$U( 220 ) = 0.0005 g$$

El resultado del Error corregido es:

$$R_{\text{corregido}} = R - ( 3.50E-07 ) R$$

$$R_{\text{corregido}} = 219.9993 g$$

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGIA INDUSTRIAL  
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTIN DE PORRES  
 www.cemindustrial.com | jesus.quinto@cemind.com | vertica@cemind.com  
 Telfax: 958009776 / 958009777



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** LM-205-2022

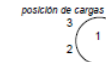
Expediente : 20419 Página 3 de 3

INSPECCIÓN VISUAL					
SISTEMA DE TRABAJO	NO TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACION LIBRE	TIENE	AJUSTE DE CERVO	TIENE	CURSOR	NO TIENE
NIVELACION	TIENE				

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

	Inicial	Final		Inicial	Final
TEMPERATURA	21.0 °C	21.0 °C	HUMEDAD RELATIVA	75 %	75 %

Medición N.º	Carga L = 100.0001 g			Carga L = 200.0003 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	99.9999	0	-0.0001	200.0007	0	0.0005
2	99.9999	0	-0.0002	200.0007	0	0.0005
3	100.0000	0	0.0000	200.0008	0	0.0003
4	99.9999	0	-0.0001	200.0005	0	0.0003
5	100.0000	0	0.0000	200.0006	0	0.0004
6	99.9999	0	-0.0001	200.0007	0	0.0005
7	100.0001	0	0.0001	200.0007	0	0.0005
8	100.0000	0	0.0000	200.0007	0	0.0005
9	100.0000	0	0.0000	200.0006	0	0.0004
10	100.0000	0	0.0000	200.0007	0	0.0005
	<b>EMP = 0.0022 g</b>			<b>EMP = 0.0022 g</b>		



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

	Inicial	Final
TEMPERATURA	21.0 °C	21.0 °C
HUMEDAD RELATIVA	75 %	75 %

Posición	Carga Minima*	Determinación de Eo			Carga L (g)	Determinación de Ec			EMP (g)
		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)		I (g)	ΔL (g)	Ec (g)	
1	0.0010	0	0.0000	0	70.0001	0	0.0002	0.0001	
2	0.0010	0	0.0000	0	70.0003	0	0.0003	0.0003	
3	0.0010 g	0.0010	0	0.0000	70.0000	70.0001	0	0.0002	0.0001
4	0.0009	0	0.0000	0	70.0000	0	0.0001	0.0001	
5	0.0010	0	0.0000	0	70.0003	0	0.0003	0.0003	
					<b>EMP = 0.0022 g</b>				

\*valor de la carga mínima

**ENSAYO DE PESAJE**

	Inicial	Final		Inicial	Final
TEMPERATURA	21.0 °C	21.0 °C	HUMEDAD RELATIVA	75 %	75 %

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				EMP (g)		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)			
0.001	0.0010	0	0.0001	0	0.0001	0.0000	0.0100	0	0.0001	0.0000	0.001
0.01	0.0100	0	0.0001	0.0000	0.0100	0	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.001
1	0.9999	0	0.0000	-0.0001	1.0000	0	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.001
5	5.0000	0	0.0001	0.0000	5.0000	0	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.001
20	19.9999	0	0.0000	-0.0001	19.9999	0	0.0000	-0.0001	-0.0001	0.0000	0.001
50	50.0000	0	0.0001	0.0000	49.9999	0	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0000	0.001
70	70.0001	0	0.0002	0.0001	70.0000	0	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.002
100.0001	100.0001	0	0.0001	0.0000	100.0001	0	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.002
150.0001	150.0000	0	0.0000	0.0000	150.0003	0	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.002
200.0003	200.0009	0	0.0007	0.0008	200.0008	0	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.002
220.0002	220.0011	0	0.0009	0.0008	220.0011	0	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.003

FIN DEL DOCUMENTO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGIA INDUSTRIAL  
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTIN DE PORRES  
 www.cemindustrial.com | jesus.quinto@cemind.com | vertica@cemind.com  
 Telfax: 958009776 / 958009777

*Nota:* Certificados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Anillo de carga 5000 Kg



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LF-110-2023**

Laboratorio de Fuerza Pág. 1 de 2

Expediente 20592

Solicitante **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNALM**

Dirección AV. LA UNIVERSIDAD S/N – LA MOLINA

Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos  
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado **ANILLO DE CARGA**

Alcance de Indicación 5000 Kgf

Marca (o Fabricante) WYKEHAM FARRANCE

Modelo NO INDICA

Número de Serie 8291

Identificación 6764A0020128

Procedencia ENGLAND

Indicador de Lectura DIAL ANALOGICO

Marca (o Fabricante) WYKEHAM FARRANCE ENG. LTD.

Modelo JOHN BULL

Número de Serie 7510

Identificación NO INDICA

Procedencia ENGLAND

Alcance de Indicación 0,050 mm

Resolución 0,002 mm

Transductor de Fuerza ANILLO DE CARGA

Alcance de Indicación 5000 Kgf

Marca (o Fabricante) WYKEHAM FARRANCE

Modelo NO INDICA

Número de Serie 8291

Identificación NO INDICA

Procedencia ENGLAND

Fecha de Calibración 2023-09-29

Ubic. Del Equipo LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Lugar de Calibración AV. LA UNIVERSIDAD S/N – LA MOLINA



CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL  
AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTIN DE PORRES.  
www.cejmindustria.pe    jesus.quinto@cejminda.com    ventas1@cejmindustria.pe  
Teléf.: 958009776 / 95800977

Jefe del laboratorio de calibración  
**CEM INDUSTRIAL**  
*Jesús Quinto C.*  
**JESÚS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LF-110-2023**

Laboratorio de Fuerza Pág. 2 de 2

**Método de Calibración**

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376 , Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

**Trazabilidad**

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú y con certificado INF-LE N° 064-23

**Resultados de medición**

Lectura de la máquina (Fi)	Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre	
	Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad		
%	DIAL	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	100	353,9	354,2	354,3	354	-2,0	0,1	0,48
20	200	700,3	701,1	700,2	701	-0,9	0,1	0,33
30	300	1054,2	1055,3	1054,3	1055	-1,3	0,1	0,28
40	400	1403,4	1404,0	1403,0	1403	-1,1	0,1	0,26
50	500	1748,3	1749,5	1748,2	1749	-0,8	0,1	0,26
60	600	2091,5	2092,7	2091,8	2092	-0,4	0,1	0,25
70	700	2433,2	2434,1	2432,9	2433	-0,1	0,0	0,25
80	800	2781,3	2782,1	2781,8	2782	-0,2	0,0	0,25
90	900	3127,4	3128,2	3126,8	3127	-0,1	0,0	0,25
100	1000	3471,1	3472,2	3470,2	3471	0,0	0,1	0,25
Lectura máquina en cero	0	0	0	0	0	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 20,6 °C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C

**Evaluación de los resultados**

De los resultados obtenidos durante la calibración se ha obtenido la siguiente ecuación cuadrática:

$$Y = A * X^2 + B * X + C$$

Donde:

Y = Indicación corregida del equipo en kgf;  
X= Lectura directa del Equipo, valores en kgf.

Los coeficientes obtenidos son:

A = -0,00003856  
B = 3,5036672  
C = 4,5455556

**Observaciones**

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.  
La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento.

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL  
AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTIN DE PORRES.  
www.cejmindustria.pe    jesus.quinto@cejminda.com    ventas1@cejmindustria.pe  
Teléf.: 958009776 / 95800977

Fuente: Certificados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM

Equipo de compresión



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Expediente: 20527

**LF-072-2023**

Página: 1 de 3

Solicitante: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNALM

Dirección: AV. LA UNIVERSIDAD S/N – LA MOLINA

**Laboratorio de Fuerza**

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

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

**Equipo** PRENSA DE CONCRETO  
**Marca / Fabricante:** ELE INTERNATIONAL  
**Modelo:** 70-2630/01  
**Serie/Identificación:** 1796-9-3154 / 602237600001  
**Alcance de indicación:** 1000 kN  
**Procedencia:** U.K.  
**Indicador de Lectura** INDICADOR DIGITAL  
**Marca / Fabricante:** ELE INTERNATIONAL  
**Modelo:** ADR TOUCH  
**Serie/Identificación:** 1912-4-0042 / NO INDICA  
**Alcance de indicación:** 2000 kN  
**Resolución:** 0,1 kN  
**Procedencia:** U.K.  
**Transductor de Fuerza**  
**Marca / Fabricante:** ELE  
**Modelo:** PA-21Y  
**Serie/Identificación:** 222155-0913 / NO INDICA  
**Alcance de indicación:** 700 bar  
**Procedencia:** U.K.

Ubicación del equipo: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Lugar de calibración: AV. LA UNIVERSIDAD SIN – LA MOLINA

Fecha de calibración: 2023-05-16



Fecha de emisión  
2023-05-24

Jefe del laboratorio de calibración  
**CEM INDUSTRIAL**  
*Jesús Quinto C.*  
**JESÚS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL  
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.  
 www.cemindustrial.pe | jeffus.quinto@cemind.com | ventas1@cemindustrial.pe  
 Telef.: 980009776 / 980009777



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Expediente: 20527

**LF-072-2023**

Página: 2 de 3

**Método de calibración:**

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión, Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

**Condiciones de calibración:**

	Inicial	Final
Temperatura	26,3 °C	26,5 °C
Humedad Relativa	62,0 °C	62,0 °C

**Patrones utilizados:**

Se utilizó patrón calibrado con trazabilidad al SI.

Trazabilidad	Instrumentos utilizados	Certificado
PUCP	Celda de carga de capacidad 200 t	INF-LE N° 064-23
METROIL	Termohigrómetro	1AT-0120-2023

**Observaciones:**

-Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.  
 -La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

**Resultados de medición:**

Indicación de la máquina de ensayo	Indicación del patrón de medición							Error de Indicación
	1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie con accesorios	Promedio		
% (kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
10 100	100,8	100,8	100,8	100,8	---	---	100,8	-0,8
20 200	200,6	200,8	199,8	---	---	---	200,4	-0,4
30 300	297,6	301,3	302,1	---	---	---	300,3	-0,3
40 400	400,4	401,8	403,1	---	---	---	401,8	-1,8
50 500	500,8	500,7	501,2	---	---	---	500,9	-0,9
60 600	597,3	603,3	602,3	---	---	---	601,0	-1,0
70 700	692,8	701,6	702,4	---	---	---	698,9	1,1
80 800	797,6	800,3	802,6	---	---	---	800,2	-0,2
90 900	895,7	904,5	905,3	---	---	---	901,8	-1,8
100 1000	998,3	1005,2	1004,2	---	---	---	1003	-3

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL  
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.  
 www.cemindustrial.pe | jeffus.quinto@cemind.com | ventas1@cemindustrial.pe  
 Telef.: 980009776 / 980009777



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Expediente: 20527

**LF-072-2023**

Página: 3 de 3

**Errores de medición relativos:**

Indicación de la máquina de ensayo	Errores relativos de indicación						Incertidumbre relativa (k=2)
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios		
% (kN)	q	b	v	a			(%)
10 100	-2,4	2,4	---	1,1	---	---	4,1
20 200	-0,2	0,5	---	0,6	---	---	1,9
30 300	-0,1	1,5	---	0,4	---	---	1,6
40 400	-0,4	0,7	---	0,3	---	---	1,0
50 500	-0,2	0,1	---	0,2	---	---	0,8
60 600	-0,2	1,0	---	0,2	---	---	0,9
70 700	0,2	1,4	---	0,2	---	---	1,0
80 800	0,0	0,6	---	0,1	---	---	0,6
90 900	-0,2	1,1	---	0,1	---	---	0,8
Error relativo en cero f <sub>0</sub>	0,0						

Clase de escala de máquina	Valor máximo permitido en % Según ISO 7500-1				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1	1	± 1,5	± 0,5	± 0,1
2	± 2	2	± 3	± 1	± 0,2
3	± 3	3	± 4,5	± 1,5	± 0,3

Fin de documento.

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL  
 AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.  
 www.cemindustrial.pe | jeffus.quinto@cemind.com | ventas1@cemindustrial.pe  
 Telef.: 980009776 / 980009777

Fuente: Certificados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM

## ANEXO 3. FORMATO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por  
 ABET  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Pag. 1 de 1

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
Obra : ENSAYOS PARA TESIS  
Ubicación : CALLE LOS CLAVELES 161, SAN GABRIEL  
DEPARTAMENTO DE LIMA - PROVINCIA DE LIMA - DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO  
Asunto : Ensayo de Granulometría en Agregados  
Expediente N° : 23-1892B-4  
Recibo N° : 81516  
Fecha de emisión : 05/10/2023

1. DE LA MUESTRA : MUESTRA DE MATERIAL PET TRITURADO, sin cantera especificada.  
2. MÉTODO DEL ENSAYO : Procedimiento interno AT-PR-24.  
3. RESULTADOS :

#### 3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		%RET	%RET ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
3/8"	9,50	0,0	0,0	100,0
N°4	4,75	1,3	1,3	98,7
N°8	2,36	67,8	69,2	30,8
N°16	1,18	23,9	93,0	7,0
N°30	0,60	5,3	98,3	1,7
N°50	0,30	1,2	99,5	0,5
N°100	0,15	0,3	99,8	0,2
FONDO		0,2	100,0	0,0

MÓDULO DE FINURA : 4,61

#### 3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES:

- La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- El procedimiento interno AT-PR-24 se basa en la NTP 400.012, la muestra fue tamizada y su MF fue calculado tomando como referencia una muestra de agregado bajo la norma estipulada.

Hecho por : Ing. M. Huayta  
Técnicos : Tec. M. M.

Ing. Oscar Miranda Hospital  
Jefe (p) del laboratorio

NOTAS:  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.




**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381 - 3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo  
de Materiales - UNI



Nota: Resultados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM




# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

### LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

Pág. 1 de 2

## INFORME

Del A

Obra

Ubicación

Asunto

Expediente N°

Recibo N°

Fecha de emisión

: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales

: DIEGO ENRRIQUE REVILLA PACHAS

: ENSAYOS PARA TESIS

: CALLE LOS CLAVELES 161. SAN GABRIEL

: DEPARTAMENTO DE LIMA - PROVINCIA DE LIMA - DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO

: Ensayo de Granulometría en Agregados

: 23-1892A-4

: 81516

: 05/10/2023

---

1. DE LA MUESTRA

2. MÉTODO DEL ENSAYO

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

: MUESTRA DE AGREGADO FINO (ARENA GRUESA), procedente de la cantera MANCHAY.

: Norma de referencia NTP 400.012:2021.  
Procedimiento interno AT-PR-24.

TAMIZ		%RET	%RET ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9,50	0,0	0,0	100,0	100
N°4	4,75	2,8	2,8	97,3	95 - 100
N°8	2,36	12,2	15,0	85,1	80 - 100
N°16	1,18	22,2	37,2	62,8	50 - 85
N°30	0,60	22,7	59,9	40,1	25 - 60
N°50	0,30	18,8	78,7	21,3	5 - 30
N°100	0,15	12,3	91,0	9,0	0 - 10
FONDO		9,0	100,0	0,0	0

MÓDULO DE FINURA : 2,85

3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. Huaynalava R.

Técnicos : Tec. M.M. Huaynalava R.

REVISADO APROBADO

Mag. Ing. Mar Huaynalava R.  
CIP: 189142

Ing. Oscar Miranda Hospinal

Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



# UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso

Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú

(511) 381 - 3343

(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Nota: Resultados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission  
**ABET**

Pág. 2 de 2

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

### Facultad de Ingeniería Civil

#### LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**Obra** : ENSAYOS PARA TESIS  
**Ubicación** : CALLE LOS CLAVELLES 161. SAN GABRIEL  
DEPARTAMENTO DE LIMA - PROVINCIA DE LIMA - DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO  
**Asunto** : Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados  
**Expediente N°** : 23-1892A-19  
**Recibo N°** : 81516  
**Fecha de emisión** : 05/10/2023

**1.0. DE LA MUESTRA** : MUESTRA DE AGREGADO FINO (ARENA GRUESA), procedente de la cantera MANCHAY.




**2.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 400.022:2021.  
Procedimiento interno AT-PR-22.

**3.0. RESULTADOS** :

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO DE MASA	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
MUESTRA DE AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)	2,60	2,63	1,15



**4.0. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. Huaynalaya  
Técnicos : Tec. M.M.Q.








Ing. Oscar Miranda Hospinal  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
 (511) 381 - 3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

 www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

Nota: Resultados de laboratorio N°1 Ensayo de Materiales, de UNI – LEM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS**

**PROYECTO : ENSAYO PARA TESIS**

**UBICACIÓN : CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL**

**FECHA : 14/11/2023**

**Téc.Resp. : MMR**

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 1-1</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.189 / 5.207</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.097	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	<b>D/L</b> :	-	-
<b>Area</b>	<b>A</b> :	27.02	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	<b>V</b> :	137.72	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	<b>P</b> :	281.05	g
<b>Densidad</b>	<b>γ</b> :	<b>2.04</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	5200.57	kg
<b>Resistencia</b>	<b>f<sup>lc</sup></b> :	<b>192.48</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



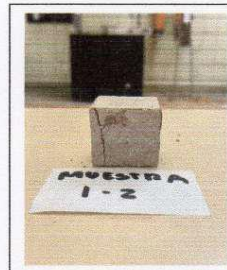
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 1-2</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.165 / 5.158</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.132	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	<b>D/L :</b>	-	-
<b>Area</b>	<b>A :</b>	26.64	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	<b>V :</b>	136.72	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	<b>P :</b>	279.19	g
<b>Densidad</b>	<b>γ :</b>	<b>2.04</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	5404.52	kg
<b>Resistencia</b>	<b>f<sup>lc</sup> :</b>	<b>202.86</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM





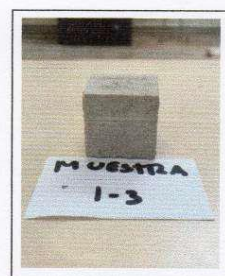
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 1-3</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.154 / 5.177</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.176	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	D/L :	-	-
<b>Area</b>	A :	26.68	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	V :	138.11	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	P :	287.83	g
<b>Densidad</b>	γ :	<b>2.08</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	6250.88	kg
<b>Resistencia</b>	f <sup>m</sup> c :	<b>234.27</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



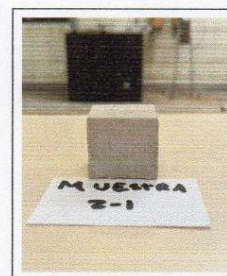
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 2-1</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.173 / 5.218</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.208	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	D/L :	-	-
<b>Area</b>	A :	26.99	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	V :	140.58	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	P :	300.21	g
<b>Densidad</b>	γ :	<b>2.14</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	4255.29	kg
<b>Resistencia</b>	f <sup>''</sup> c :	<b>157.65</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 2-2</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.141 / 5.168</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.184	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	D/L :	-	-
<b>Area</b>	A :	26.57	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	V :	137.73	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	P :	293.90	g
<b>Densidad</b>	γ :	<b>2.13</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	4354.20	kg
<b>Resistencia</b>	f <sup>lc</sup> :	<b>163.88</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 2-3</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.101 / 5.103</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.158	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	<b>D/L :</b>	-	-
<b>Area</b>	<b>A :</b>	26.03	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	<b>V :</b>	134.26	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	<b>P :</b>	286.21	g
<b>Densidad</b>	<b>γ :</b>	<b>2.13</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	4445.98	kg
<b>Resistencia</b>	<b>f<sup>lc</sup> :</b>	<b>170.80</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 3-1</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especimen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.194 / 5.212</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.207	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	<b>D/L :</b>	-	-
<b>Area</b>	<b>A :</b>	27.07	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	<b>V :</b>	140.96	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	<b>P :</b>	299.21	g
<b>Densidad</b>	<b>γ :</b>	<b>2.12</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	3293.70	kg
<b>Resistencia</b>	<b>f<sup>lc</sup> :</b>	<b>121.67</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 3-2</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especímen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.160 / 5.233</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.202	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	<b>D/L :</b>	-	-
<b>Area</b>	<b>A :</b>	27.00	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	<b>V :</b>	140.47	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	<b>P :</b>	306.86	g
<b>Densidad</b>	<b>γ :</b>	<b>2.18</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	5322.94	kg
<b>Resistencia</b>	<b>f<sup>''</sup>c :</b>	<b>197.13</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C-LMS-128/2023**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS NORMA NTP 334.051**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYO PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161 - SAN GABRIEL  
**FECHA :** 14/11/2023 **Téc.Resp. :** MMR

<b>Identificación</b>	:	<b>MUESTRA 3-3</b>	
<b>Fecha de Moldeo</b>	:	11/10/2023	
<b>Fecha de Ensayo</b>	:	10/11/2023	
<b>Muestra</b>	:	<b>Especímen Cúbico</b>	
<b>Edad</b>	:	-	
<b>Longitud</b>	:	<b>5.137 / 5.106</b>	cm
<b>Altura</b>	:	5.209	cm
<b>Diámetro / Altura</b>	<b>D/L :</b>	-	-
<b>Area</b>	<b>A :</b>	26.23	cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	<b>V :</b>	136.63	cm <sup>3</sup>
<b>Peso</b>	<b>P :</b>	303.30	g
<b>Densidad</b>	<b>γ :</b>	<b>2.22</b>	g/cm <sup>3</sup>
	:		
<b>Carga máxima</b>	:	4099.27	kg
<b>Resistencia</b>	<b>f<sup>''</sup>c :</b>	<b>156.28</b>	kg/cm <sup>2</sup>



**Observación:** Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
 LA MOLINA  
 LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA NTP 399.613**

**SOLICITANTE** : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS

**PROYECTO** : ENSAYOS PARA TESIS

**UBICACIÓN** : CALLE LOS CLAVELES 161. SAN GABRIEL

**FECHA** : La Molina, 19 de febrero de 2024

**Téc.Resp.:** FMQ

**ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL**

**DIMENSIONES ESPECIFICADAS**

DN:	23 cm	12.5 cm	9 cm
<b>MUESTRA</b>	L prom (cm)	H prom (cm)	A prom (cm)
LADRILLO 18 HUECOS	22.95	12.54	8.09
<b>PROMEDIO</b>	22.95	12.54	8.09
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	0.16	0.14	0.04
<b>V (%)</b>	0.22	-0.30	-0.97

**ENSAYO ALABEO**

MUESTRA	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
LADRILLO 18 HUECOS	0.50	0.00	0.55	0.50
<b>PROMEDIO</b>	0.50	0.00	0.55	0.50

**ENSAYO PORCENTAJE DE VACIOS**

**ENSAYO SUCCION**

**ENSAYO ABSORCIÓN**

MUESTRA	V <sub>e</sub> (cm <sup>3</sup> )	V <sub>s</sub> (cm <sup>3</sup> )	ÁREA DE VACIOS (cm <sup>2</sup> )	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	S (gr/200 cm <sup>2</sup> -min)	P sat (24 h) (g)	Absorción (%)
LADRILLO 18 HUECOS	2614.80	1226.77	46.99	267.74	21.79	3000.96	12.08
<b>PROMEDIO</b>			46.99		21.79		12.08

**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.



Ing. Carlos Bravo Aguilar  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA NTP 399.613**

**SOLICITANTE** : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS

**PROYECTO** : ENSAYOS PARA TESIS

**UBICACIÓN** : CALLE LOS CLAVELES 181, SAN GABRIEL

**FECHA** : La Molina, 19 de febrero de 2024

**Téc.Resp. :** FMQ

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**


MUESTRA	L prom (cm)	H prom (cm)	A prom (cm)	ÁREA (cm)	CARGA MÁXIMA (kgf)	RESIST. COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
LADRILLO 18 HUECOS	22.95	12.54	9.09	287.74	45743.74	158.98
<b>Promedio de Resistencia a la compresión</b>						<b>158.98</b>

**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.



**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM




**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE UNIDADES DE CONCRETO NTP 399.604**

SOLICITANTE : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
 PROYECTO : ENSAYOS PARA TESIS  
 UBICACIÓN : CALLE LOS CLAVELES 161, SAN GABRIEL  
 FECHA : La Molina, 19 de febrero de 2024 Tec.Resp. : FMO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



**I. CARACTERISTICAS GENERALES DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET**

Materia Prima: Concreto  
Método de fabricación: Artesanal

Forma: Sólido

**II. DIMENSIONES ESPECIFICADAS**


MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (g)
Ladrillo Patrón de concreto con 0% fibra de PET	23.80	13.05	9.00	2855.00

**III. RESULTADOS DEL ENSAYO**





MUESTRA	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo Patrón de concreto con 0% fibra de PET	310.51	53534.25	172.41

**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


**NOTA:** Los ladrillos se ensayaron realizando refrentado de yeso en la parte superior e inferior.



**Ing. Carlos Brevo Aguilar**  
Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

 Av. La Molina s/n Lima 12   
  Teléfono: (01) 614 7800 / anexo 259 / (01) 349 5679  
 mecanicadesuelos\_unalm@lamolina.edu.pe   
  www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/AGRICOLA/laebafma/

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE UNIDADES DE CONCRETO NTP 399.604**

SOLICITANTE : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
 PROYECTO : ENSAYOS PARA TESIS  
 UBICACIÓN : CALLE LOS CLAVELES 161, SAN GABRIEL  
 FECHA : La Molina, 19 de febrero de 2024 Tec.Resp. : FMC

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**I. CARACTERISTICAS GENERALES DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET**

Materia Prima: Concreto  
Método de fabricación: Artesanal

Forma: Sólido

**II. DIMENSIONES ESPECIFICADAS**


MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (g)
Ladrillo de concreto con 5% fibra de PET	24.00	13.01	9.12	5343.00

**III. RESULTADOS DEL ENSAYO**





MUESTRA	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo de concreto con 5% fibra de PET	312.32	61967.17	198.41

**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


**NOTA:** Los ladrillos se ensayaron realizando refrentado de yeso en la parte superior e inferior.



**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

 Av. La Molina s/n Lima 12  
  Teléfono: (01) 614 7900 / anexo 259 / (01) 349 5679  
 mecanicadesuelos\_unalm@lamolina.edu.pe  
  www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/AGRICOLA/labetsna/

*Nota:* Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE UNIDADES DE CONCRETO NTP 399.604**

SOLICITANTE : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
 PROYECTO : ENSAYOS PARA TESIS  
 UBICACIÓN : CALLE LOS CLAVELES 161, SAN GABRIEL  
 FECHA : La Molina, 19 de febrero de 2024 Tec.Resp. : FMO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

I. CARACTERISTICAS GENERALES DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET

Materia Prima: Concreto  
Método de fabricación: Artesanal

Forma: Sólido

II. DIMENSIONES ESPECIFICADAS


MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (g)
Ladrillo de concreto con 15% fibra de PET	24.00	13.07	9.00	3612.00

III. RESULTADOS DEL ENSAYO





MUESTRA	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo de concreto con 15% fibra de PET	313.68	17049.38	54.35

OBSERVACION: Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


NOTA: Los ladrillos se ensayaron realizando refrentado de yeso en la parte superior e inferior.

  
**Ing. Carlos Bravo Aguilera**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

---

 Av. La Molina s/n Lima 12   
  Teléfono: (01) 614 7800 / anexo 259 / (01) 349 5679  
 mecanicadesuelos\_unalm@lamolina.edu.pe   
  www.lamolina.edu.pe/FACULTADAGRICOLA/laebafms/

Nota: Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE UNIDADES DE CONCRETO NTP 399.604**

**SOLICITANTE :** DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
**PROYECTO :** ENSAYOS PARA TESIS  
**UBICACIÓN :** CALLE LOS CLAVELES 161, SAN GABRIEL  
**FECHA :** La Molina, 19 de febrero de 2024 **Téc.Resp. :** FMQ

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**I. CARACTERISTICAS GENERALES DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET**

**Materia Prima:** Concreto  
**Método de fabricación:** Artesanal

**Forma:** Sólido

**II. DIMENSIONES ESPECIFICADAS**


MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (g)
Ladrillo de concreto con 25% fibra de PET	24.07	13.08	9.08	3121.00

**III. RESULTADOS DEL ENSAYO**

MUESTRA	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo de concreto con 25% fibra de PET	314.79	10705.85	34.01

**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


**NOTA:** Los ladrillos se ensayaron realizando reentado de yeso en la parte superior e inferior.



**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

↑ Av. La Molina s/n Lima 12    📞 Teléfono: (01) 614 7600 / anexo 259 / (01) 349 5679  
 📧 mecanicadesuelos\_unalm@lamolina.edu.pe    🌐 www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/AGR/ICOLA/batma/

Nota: Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DOT.C - LMS - 018/2024**

**ENSAYO DE UNIDADES DE CONCRETO NTP 399.604**

SOLICITANTE : DIEGO ENRIQUE REVILLA PACHAS  
 PROYECTO : ENSAYOS PARA TESIS  
 UBICACIÓN : CALLE LOS CLAVELES 161, SAN GABRIEL  
 FECHA : La Molina, 19 de febrero de 2024 Téc.Resp. : FMO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

I. CARACTERISTICAS GENERALES DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET

Materia Prima: Concreto  
 Método de fabricación: Artesanal

Forma: Sólido

II. DIMENSIONES ESPECIFICADAS


MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (g)
Ladrillo de concreto con 35% fibra de PET	24.00	13.24	9.08	2122.00

III. RESULTADOS DEL ENSAYO





MUESTRA	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo de concreto con 35% fibra de PET	317.84	7780.31	24.48

OBSERVACION: Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.

NOTA: Los ladrillos se ensayaron realizando refrentado de yeso en la parte superior e inferior.



**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Agrícola - UNALM

 Av. La Molina s/n Lima 12
  Teléfono: (01) 614 7600 / anexo 259 / (01) 349 5679  
 mecanicadesuelos\_unalm@lamolina.edu.pe
  www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/AGRICOLA/faba/fma/

Nota: Resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos, de UNALM

## ANEXO 4. CÁLCULOS DEL DISEÑO

Cálculos para la Fase 1. Diseño y elaboración del ladrillo patrón.

DOSIFICACION	CEMENTO	ARENA	AGUA
1:2	X/2	X	(48% x X/2) + P.agua
1:3	X/3	X	(48% x X/3) + P.agua
1:4	X/4	X	(48% x X/4) + P.agua

DOSIFICACIÓN	CEMENTO	ARENA	AGUA
1:2	487.5 gr	975 gr	245.213 ml
1:3	325 gr	975 gr	167.213 ml
1:4	243.75 gr	975 gr	128.213 ml

### Resultado de Laboratorio:

P.E (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.60

%Absorción (%H) = 1.15

3 repeticiones (3 cubos 5x5x5)

Agua = 0.48% x Cemento

Volumen(cubo) = 375 cm<sup>3</sup>

$P_{v.arena} = P_{arena} / V_{probetas}$

Parena = P<sub>v.arena</sub> x V<sub>probetas</sub>

Parena = 2.60 x 375

**Parena = 975 gr.**

Ecuación 1

### Corrección por humedad:

$P_{agua} = (\%H \times P_{arena}) / 100$

P.agua = **11.21**

Ecuación 2

$$P_{v.arena} = \frac{P_{arena}}{V_{probetas}}$$

Donde:

- P<sub>v.arena</sub> = Peso volumétrico del agregado fino (gr / cm<sup>3</sup>)

- V<sub>probetas</sub> = Volumen total de los moldes (cm<sup>3</sup>)

- P<sub>arena</sub> = Peso de la arena total (gr)

Despejando el Peso de la arena total:

$$P_{arena} = P_{v.arena} \times V_{probetas}$$

Ecuación 1

La fórmula que se utilizó para la corrección por el factor humedad es la siguiente:

$$\%H = \frac{P_{agua}}{P_{arena}} \times 100$$

Donde:

- %H = Porcentaje de humedad (dato obtenido del ensayo de laboratorio)

- P<sub>agua</sub> = Peso del agua absorbida (cm<sup>3</sup>)

- P<sub>arena</sub> = Peso de la arena (gr)

De la fórmula se procedió a despejar el peso del agua, teniendo:

$$P_{agua} = \frac{\%H \times P_{arena}}{100}$$

Ecuación 2

$$P_{total} = (48\% \times \text{Cantidad de cemento}) + P_{agua}$$

Donde:

- P<sub>total</sub> = Peso total del agua a ser suministrado a la mezcla final

- P<sub>agua</sub> = Peso del agua absorbida (cm<sup>3</sup>)

Cálculos para la Fase 2. Diseño y elaboración de los Eco-ladrillos.

Calculo - Volumen del molde	Resultado	Unidad
Volumen de piramide invertida	151.08	cm <sup>3</sup>
Volumen total del molde	2808	cm <sup>3</sup>
Volumen del molde	2657	cm <sup>3</sup>

### Resultado de Laboratorio:

P.E (gr/cm<sup>3</sup>) = 2.60

%Absorción = 1.15

Abase cubo = 312

Vpiramide invertida = 151.083

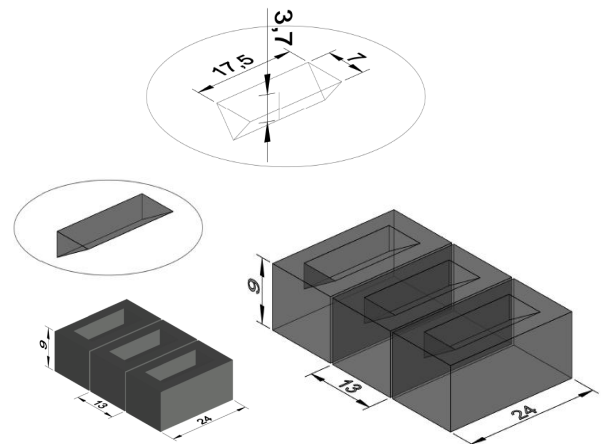
$V = Abxh$

V = 2808

Diferencia de volumen = 2657

**Peso arena = Densidad/Volumen**

**6908**



**Regla general:**

- Según el análisis de rotura en muestra cubicas se determino que:  
La dosis optima a ser utiliza en la elaboracion de eco-ladrillos es la Dosificacion de **1:2**.

DOSIFICACION	CEMENTO	ARENA	AGUA
1:2	X/2	X	(48% x X/2) + P.agua

**Correccion por humedad:**

Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (cm3)		
1:2	3454.1	6908.2	1658.0		79.4443
					<b>1737.4</b>
Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (cm3)	PET 5%	
1:2	3281.4	6562.8	1575.1	345.4	75.5
					<b>1650.5</b>
Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (cm3)	PET 15%	
1:2	2936.0	5872.0	1409.3	1036.2	67.5
					<b>1476.8</b>
Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (cm3)	PET 25%	
1:2	2590.6	5181.2	1243.5	1727.1	59.6
					<b>1303.1</b>
Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (cm3)	PET 35%	
1:2	2245.2	4490.3	1077.7	2417.9	51.6
					<b>1129.3</b>

***COSTO DE UNA UNIDAD DE ECOLADRILLO CON 5% DE PET***

Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	PET 5%	Factor	Cantidad de muestras	
1:2	8.2035	16.4070	345.4	2.5	27.5	<b>S/ 0.98</b>
precio:	S/ 23.00	S/ 5.00			S/ 28.00	
	5.18	5.49				



## ANEXO 5. GLOSARIO DE TERMINOS

**Prototipo:** Ejemplar original o primer modelo de algo que se quiere lanzar al mercado.

**Eco-ladrillo:** Ladrillos elaborados a base de residuos inorgánicos reaprovechables.

**Polímero:** También conocido como “resina plástica” en donde existen tres clases clasificadas por: hules, plásticos y fibras diferencias por el tipo de monómero, el número de unidades que se repiten y el tipo de conexión entre “meros”

**Poliétileno tereftalato:** Es un poliéster con excelentes propiedades físicas, mecánicas y químicas utilizado comúnmente para diversos envases y botellas.

**Sustentable:** Que se sustenta o se defiende con razones y se puede mantener a lo largo del tiempo sin agotar los recursos.

**Sostenible:** Que se puede sostener y mantener a lo largo del tiempo sin agotar los recursos o causar daño al medio ambiente.

**Mampostería:** Es un proceso de construcción que consiste en fabricar muros y fachadas para propósitos diversos usando mampuestos (elementos o materiales como ladrillos, bloques de hormigón, piedra, acero, entre otros) uniéndose con una mezcla de mortero.

**Unidades de albañilería:** También llamada unidades de mampostería o comúnmente ladrillos o bloques.

**Agregado fino:** es aquel agregado que pasa por el tamiz 3/8 pero queda retenido en la malla N.º 200 el producto más comercial es la arena, producto de desintegración de rocas.

**Muro portante:** Es aquel muro que soporta todas las cargas de los otros elementos estructurales también llamado como “muro de carga”

**Muro no portante:** Es aquel muro que no soporta carga alguna y únicamente se utiliza como muros divisores entre ambientes.

**Mortero:** Es una mezcla de cemento. u algún otro aglutinante inorgánico, agregado fino y agua, con algún otro posible aditivo.

**Reutilizar:** Acción de reusar o dar una segunda vida útil a aquellos productos inorgánicos desechados.

**Mitigar:** Acción de disminuir o minimizar una situación determinada, reduciendo así su intensidad.

**Nocivo:** Se refiere a algo que es dañino o perjudicial ya sea para el ser humano, animales o plantas.

**Gases de efecto invernadero:** Son aquellos gases que retienen el calor u rayos infrarrojos del sol, dentro de la atmosfera terrestre.

## ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO

Ensayo de Absorción – Muestras remojando por 24 hora



Ensayo de Absorción – Retiro de muestras luego de 24 horas



### Ensayo de Absorción – Pesaje de muestras saturadas



### Ensayo de Absorción máxima – Materiales



Ensayo de Absorción máxima – Inicio del ensayo



Ensayo de Absorción máxima – Punto de ebullición en 1 hora



Ensayo de Absorción máxima – Fin del ensayo



Ensayo de Absorción máximo – Muestras dilatadas



Ensayo de Eflorescencia – Colocación de muestras en agua



Ensayo de Eflorescencia – Muestras cubiertas por 24 días

