

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto  
incorporado PET reciclado en Abancay, 2022**

Asesor:

Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Autor:

Pacheco Ramos, Elizabeth

Para optar el título profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac - Perú

2025

## Acta de sustentación



Universidad  
Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 054



En la ciudad de Abancay, a los veinte días del mes de agosto del 2025, siendo las 9:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0656-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 08 de agosto del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén
Replicante :	Ing. Cayo Baca, Holguer

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

**Decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto incorporado PET reciclado en Abancay, 2022**

Desarrollado por las (los) Bachilleres (es):

**Br: Pacheco Ramos, Elizabeth**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad  
(Unanimidad o Mayoría) (\*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
<b>Pacheco Ramos, Elizabeth</b>	<b>Aprobada</b>

Siendo las 10:20am horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ing. Gamarra Mota, Ruben

Replicante: Ing. Cayo Baca, Holguer

(.....)  
(.....)  
(.....)

Abancay 26 de agosto del 2025

Se expide la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 348

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES  
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559  
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565  
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752  
[www.utea.edu.pe](http://www.utea.edu.pe)

(\*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.  
(\*\*) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción; Art. 18 RGGAT.

# Reporte de similitud






## 22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el Informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

### Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 19%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de Integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



## Metadatos

<b>Datos del autor</b>		
Nombres y Apellidos	:	Pacheco Ramos, Elizabeth
Tipo de Documento de identidad	:	DNI
Numero de Documento de identidad	:	43708775
URL ORCID	:	<a href="https://orcid.org/0000-0002-8344-9617">https://orcid.org/0000-0002-8344-9617</a>
<b>Datos del Asesor</b>		
Nombres y apellidos	:	Dra. Vera Teves, Rosa Marina
Tipo de Documento de identidad	:	DNI
Numero de Documento de identidad	:	45400628
URL ORCID	:	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6401-416X">https://orcid.org/0000-0001-6401-416X</a>
<b>Datos de la Investigación</b>		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años que se realizó la investigación	:	2022
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de Similitud	:	22%
URL de OCDE	:	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a>

## **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a quien es el autor y creador de la vida, a quien nos permitió como seres humanos descubrir las cosas explicables e inexplicables de lo que nos rodea,

A mi esposo, mi hija Edeli Esperanza te dedico a ti porque con tu inocencia y tus manos tan pequeñas me ayudaste, Jana Loyda me facilitaste en mi rol de maestra, Hefziba el impulso para seguir soñando y por último la niña de mis ojos, Valeria que me hace entender que la vida continua, que no debo de rendirme.

Elizabeth Pacheco Ramos

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis progenitores por darme la vida, haberme cuidado alimentado y darme todo lo que pudieron, por haberme enseñado con su ejemplo la moral y virtudes, que aprendí he ido perfeccionando en la vida, no soy perfecta, pero en mi imperfección trato de valorar su esfuerzo y esperanza que pusieron mí. Y sé que desde el cielo me dan su bendición.

## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo determinar el decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto incorporado PET reciclado en Abancay, 2022. Se busca determinar en qué medida este material puede sustituir parcial o totalmente los agregados tradicionales sin comprometer sus aspectos físicos y mecánicos.

De enfoque cuantitativa, diseño experimental y nivel de investigación aplicada. Se fabricaron muestras de ladrillos con diversas cantidades de PET reciclado (25%, 50% y 75%), comparándolos con un espécimen patrón sin adición de PET. Los resultados de ensayos de laboratorio para evaluar el peso, la absorción de agua, la estabilidad dimensional y “f’c” a los 7, 14 y 28 días de curado.

Los hallazgos muestran que la adición de PET reduce significativamente el peso del ladrillo, alcanzando una disminución de hasta 8.5% en relación con el espécimen patrón. En términos de absorción de agua, los ladrillos con PET registraron un ligero aumento, sin comprometer la estabilidad dimensional. Respecto al f’c, los ladrillos con 25% de PET alcanzaron el 79.47% de f’c patrón a los 28 días, evidenciando un proceso de endurecimiento progresivo.

Se concluye que la incorporación de PET reciclado en la producción de ladrillos de concreto representa una opción viable para la reducción de peso y el aprovechamiento de residuos plásticos, sin afectar significativamente su desempeño estructural.

**Palabras clave:** ladrillos de concreto, polietileno tereftalato reciclado, resistencia mecánica, sostenibilidad.

## Abstract

This investigation aims to analyze the influence of incorporating recycled PET in reducing the weight of the king kong concrete brick in the city of Abancay, 2022. The objective is to determine to what extent this material can partially or completely replace traditional aggregates without compromising its physical and mechanical properties.

The study follows a quantitative approach and an experimental design. Brick samples were produced with varying amounts of recycled PET (25%, 50%, and 75%), and these were compared to a control specimen with no PET added. Laboratory tests were conducted to evaluate weight, water absorption, dimensional stability, and compressive strength (" $f_c$ ") at 7, 14, and 28 days of curing.

The findings show that the addition of PET significantly reduces the weight of the brick, achieving a reduction of up to 8.5% compared to the control specimen. In terms of water absorption, the bricks with PET showed a slight increase, without compromising dimensional stability. Regarding compressive strength (" $f_c$ "), bricks with 25% PET reached 79.47% of the control specimen's strength at 28 days, demonstrating a progressive hardening process.

It is concluded that the incorporation of recycled PET in the production of concrete bricks represents a viable option for weight reduction and the utilization of plastic waste, without significantly affecting structural performance.

**Keywords:** concrete bricks, recycled polyethylene terephthalate, mechanical strength, sustainability.

## Índice

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Acta de sustentación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Reporte de similitud</b> .....	<b>iii</b>
<b>Metadatos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>viii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xv</b>
<b>Índice de anexos</b> .....	<b>xvi</b>
<b>I. Introducción</b> .....	<b>17</b>
<b>II. Planteamiento del problema</b> .....	<b>19</b>
2.1. Descripción y formulación del problema.....	19
2.1.1. Problema general .....	21
2.1.2. Problemas específicos.....	21
2.2. Objetivos.....	21
2.2.1. Objetivo general .....	21
2.2.2. Objetivos específicos .....	21
2.3. Justificación e importancia .....	21
2.4. Hipótesis .....	23
2.5 Variables .....	24
<b>III. Marco Teórico</b> .....	<b>26</b>
3.1. Antecedentes .....	26

3.2.	Bases teóricas.....	34
3.3.	Definición de términos.....	57
<b>IV.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>59</b>
4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	59
4.1.1.	Tipo de investigación .....	59
4.1.2.	Nivel de investigación .....	59
4.1.3.	Diseño.....	60
4.2.	Ámbito temporal y espacial .....	60
4.3.	Población y muestra.....	61
4.4.	Instrumento .....	62
4.5.	Procedimiento .....	64
4.6.	Análisis de datos .....	67
4.7.	Consideraciones éticas.....	68
<b>V.</b>	<b>Resultados y discusión.....</b>	<b>70</b>
5.1	Resultados.....	70
5.2.	Discusión .....	124
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>132</b>
<b>VII.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>134</b>
<b>VIII.</b>	<b>Referencia.....</b>	<b>135</b>
<b>IX.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>147</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	25
<b>Tabla 2</b> Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....	35
<b>Tabla 3</b> Requisitos de resistencia y absorción .....	36
<b>Tabla 4</b> Ventajas y desventajas del reciclaje cuaternario .....	50
<b>Tabla 5</b> Datos técnicos de Polietileno Tereftalato .....	51
<b>Tabla 6</b> Granulometría del agregado Fino .....	70
<b>Tabla 7</b> Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado grueso.....	71
<b>Tabla 8</b> Peso Unitario varillado y vacíos del agregado grueso.....	72
<b>Tabla 9</b> Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado fino .....	73
<b>Tabla 10</b> Peso Unitario varillado y vacíos del agregado fino .....	73
<b>Tabla 11</b> Peso específico y absorción del agregado grueso.....	74
<b>Tabla 12</b> Peso específico y absorción del agregado fino .....	75
<b>Tabla 13</b> Contenido de Humedad del Agregado grueso .....	75
<b>Tabla 14</b> Contenido de humedad del agregado fino .....	76
<b>Tabla 15</b> Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado grueso.....	76
<b>Tabla 16</b> Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado grueso.....	77
<b>Tabla 17</b> Ensayo de abrasion .....	77
<b>Tabla 18</b> Resumen de los ensayos del agregado Grueso .....	78
<b>Tabla 19</b> Resumen de los ensayos del agregado fino .....	78
<b>Tabla 20</b> Resistencia Deseada .....	79
<b>Tabla 21</b> Valores del agregado fino.....	79
<b>Tabla 22</b> Valores del agregado grueso.....	80
<b>Tabla 23</b> Datos Generales del diseño.....	80
<b>Tabla 24</b> Datos de diseño del agregado fino.....	81

<b>Tabla 25</b> Datos de diseño del agregado grueso .....	81
<b>Tabla 26</b> Procesamiento para diseño .....	82
<b>Tabla 27</b> Volumen absoluto.....	82
<b>Tabla 28</b> Contenido de agregado fino.....	83
<b>Tabla 29</b> Valores de diseño .....	83
<b>Tabla 30</b> Corrección por humedad .....	84
<b>Tabla 31</b> Pesos corregidos por humedad .....	84
<b>Tabla 32</b> Proporción de materiales para mezcla de concreto .....	85
<b>Tabla 33</b> Datos Generales del diseño.....	85
<b>Tabla 34</b> Datos de diseño del agregado fino.....	86
<b>Tabla 35</b> Datos de diseño del agregado grueso .....	86
<b>Tabla 36</b> Procesamiento para diseño .....	87
<b>Tabla 37</b> Volumen absolute .....	87
<b>Tabla 38</b> Contenido de agregado fino.....	88
<b>Tabla 39</b> Valores de diseño.....	88
<b>Tabla 40</b> Corrección por humedad .....	88
<b>Tabla 41</b> Pesos corregidos por humedad .....	89
<b>Tabla 42</b> Proporción de materiales para mezcla de concreto .....	89
<b>Tabla 43</b> Variabilidad Dimensional.....	90
<b>Tabla 44</b> Alabeo de muestra patrón .....	91
<b>Tabla 45</b> Resistencia a la compresión.....	92
<b>Tabla 46</b> Peso Promedio .....	92
<b>Tabla 47</b> Succión promedio .....	93
<b>Tabla 48</b> Absorción promedio .....	94
<b>Tabla 49</b> Resistencia a la compresión de pila.....	95

<b>Tabla 50</b> Densidad (Peso).....	96
<b>Tabla 51</b> Variación dimensional con adición de plástico 25% .....	97
<b>Tabla 52</b> Alabeo con adición de plástico 25%.....	98
<b>Tabla 53</b> Resistencia a la compresión de muestras +25% plástico.....	99
<b>Tabla 54</b> Humedad con adición al 25% .....	100
<b>Tabla 55</b> Succión al 25% PET reciclado .....	100
<b>Tabla 56</b> Absorción al 25% PET reciclado.....	101
<b>Tabla 57</b> Resistencia a la compresión de pila.....	102
<b>Tabla 58</b> Densidad (Peso) al 25 % con PET.....	103
<b>Tabla 59</b> Briquetas Patrón a los 7 días.....	103
<b>Tabla 60</b> Briquetas Patrón a los 14 días.....	104
<b>Tabla 61</b> Briquetas Patrón a los 28 .....	105
<b>Tabla 62</b> Resistencia a la compresión de muestras patrón.....	105
<b>Tabla 63</b> Briquetas + PET con 25% a los 7 días.....	106
<b>Tabla 64</b> Briquetas + PET con 25% a los 14 días.....	107
<b>Tabla 65</b> Briquetas + PET con 25% a los 28 días.....	108
<b>Tabla 66</b> Promedio de Resistencia + 25% PET .....	108
<b>Tabla 67</b> Briquetas + PET con 50% a los 7 días.....	110
<b>Tabla 68</b> Briquetas + PET con 50% a los 14 días.....	110
<b>Tabla 69</b> Briquetas + PET con 50% a los 28 días.....	111
<b>Tabla 70</b> Promedio de resistencia + 50% PET .....	112
<b>Tabla 71</b> Briquetas + PET con 75% a los 7 días.....	113
<b>Tabla 72</b> Briquetas + PET con 75% a los 14 días.....	114
<b>Tabla 73</b> Briquetas + PET con 75% a los 28 días.....	114
<b>Tabla 74</b> Resistencia Promedio + 75% de PET .....	115

<b>Tabla 75</b> Comparación de Resistencia 7 días .....	117
<b>Tabla 76</b> Comparación de Resistencia a los 14 días.....	118
<b>Tabla 77</b> Comparación de Resistencia a los 28 días.....	119
<b>Tabla 78</b> Diferencia de peso concreto patrón VS concreto con adición al 25 % PET.....	121
<b>Tabla 79</b> Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre el decremento de la densidad unitaria de peso de los ladrillos king kong .....	122
<b>Tabla 80</b> Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades físicas los ladrillos king kong .....	123
<b>Tabla 81</b> Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades mecánicas de los ladrillos king kong .....	124

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Diagrama de diferentes tipos de materiales usados en concreto sustentable .....	40
<b>Figura 2</b>	Curva Granulométrica del agregado Fino .....	71
<b>Figura 3</b>	Resistencia a la compresión de muestras patrón .....	106
<b>Figura 4</b>	Promedio de Resistencia + 25% PET .....	109
<b>Figura 5</b>	Promedio de resistencia + 50% PET .....	112
<b>Figura 6</b>	Resistencia Promedio + 50% de PET .....	116
<b>Figura 7</b>	Comparación de Resistencia a los 7 días .....	118
<b>Figura 8</b>	Comparación de Resistencia a los 14 días .....	119
<b>Figura 9</b>	Comparación de Resistencia a los 28 días .....	121

## Índice de anexos

<b>Anexos 1</b>	Matriz de consistencia.....	148
<b>Anexos 2</b>	Informes de laboratorio.....	149
<b>Anexos 3</b>	Certificados de calibración.....	198
<b>Anexos 4</b>	Panel fotográfico.....	213

## I. Introducción

El presente estudio aborda el decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto incorporado PET reciclado en Abancay, 2022. En el paradigma actual de la industria edificadora, se busca desarrollar materiales más eficaces y sustentables que minimicen el daño ecológico sin comprometer su desempeño estructural. En este sentido, la reutilización de plásticos como el (PET) en la fabricación de ladrillos de concreto representa una alternativa innovadora para reducir el peso del material y fomentar el sistema constructivo basado en la regeneración de materiales.

El interés en desarrollar esta indagación surge de la creciente problemática ambiental generada por la concentración de desechos plásticos, especialmente botellas de PET, cuya persistencia en la ambiente abarca múltiples generaciones humanas. En la ciudad de Abancay, como en muchas otras localidades, la gestión de residuos plásticos representa un desafío significativo. Por ello, se exploró la posibilidad de incorporar estos desechos en la producción de ladrillos de concreto, con el fin de disminuir su peso sin afectar sus propiedades mecánicas. Asimismo, este estudio responde al apremio por contar con alternativas edificadoras menos densas, lo que reduciría los gastos de transporte, facilitar la manipulación en obra y mejorar la eficiencia estructural en edificaciones.

Para alcanzar estos objetivos, se empleó una metodología experimental, en la que se fabricaron diferentes especímenes de ladrillos king kong con proporciones variables de PET reciclado. Luego, se ejecutaron ensayos de resistividad mecánica y pruebas de peso para determinar los efectos de la inclusión de PET en los aspectos del ladrillo. La indagación se ejecutó en condiciones de laboratorio, siguiendo normativas técnicas establecidas para la producción y ensayo de materiales constructivos.

El propósito de esta indagación es determinar en qué medida la incorporación de PET reciclado influye en la reducción del peso del ladrillo king kong de concreto sin comprometer

sus propiedades estructurales. Específicamente, se busca analizar las variaciones en densidad, el  $f'c$  y absorción de agua, comparando los resultados obtenidos con los de ladrillos convencionales. A partir de estos hallazgos, se pretende ofrecer una alternativa viable para el negocio constructor en Abancay y otras localidades con necesidades iguales.

En la estructura, este se compone de seis capítulos estructurados en el orden siguiente: en el I: Introducción, se expone el contexto del estudio, las justificaciones, los objetivos y el alcance del trabajo investigativo. El II: Formulación de la problemática, desarrolla la problemática ambiental y constructiva que motiva la investigación, así como la formulación de la hipótesis. En el III: Marco Teórico, se presentan antecedentes de estudios relacionados, fundamentos científicos sobre la inclusión de plásticos reciclados en materiales constructivos y normativas aplicables. El IV: Metodología describe el diseño experimental, los procedimientos de fabricación de los ladrillos, los ensayos realizados y los métodos de análisis de datos. En el V: Hallazgos, se presentan los hallazgos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio y su respectiva interpretación. Finalmente, el Capítulo VI: Conclusiones sintetiza los principales resultados de la indagación y plantea recomendaciones para posteriores aplicaciones y estudios.

## II. Planteamiento del problema

### 2.1. Descripción y formulación del problema

Existen dos factores con alta incidencia en el progreso del calentamiento global; El elemento inicial es el aumento progresivo de emisiones causantes del calentamiento atmosférico derivado de la alta acumulación de residuos y basura compuesta principalmente por plástico, papel, cartones, restos de comida, etc.; y en segundo lugar, por la emisión de CO<sub>2</sub> ocasionada durante la fabricación de componentes esenciales como productos siderúrgicos, cementos y arcillas cocidas, que requieren un alto consumo de energía y contribuyen al deterioro ambiental (García y Vigo, 2019).

Por un lado, y como parte del primer factor, el (PET) se constituye como un material altamente contaminante usado como recipiente de bebidas, aceites, cosméticos entre otros productos y químicos, que se produce en millones de toneladas anualmente, de las cuales, solo se recicla el 30% (Ramírez, 2022). En ese sentido, las botellas de plástico como derivado de este material, tardan hasta 1,000 años en degradarse, y de estos se compran hasta 1'200,000 und/min a nivel global; es decir, 20,000 botellas/sg; los cuales, son desechables; motivo por el cual, se posicionan como el tipo más común de desechos de plásticos en el mundo (Gutiérrez et al., 2022). Y como ya lo mencionó la revista Science; de mantenerse la tendencia, se estima que para el año 2050 habría más plástico que peces (Reyes, 2022).

Por otro lado, está ampliamente reconocido que la base de una construcción es responsable de transferir y soportar las cargas estructurales, y depende tanto del tipo de suelo como de la carga que soporta (Llamccaya, 2018). Ello, en las zonas periurbanas y rurales de naciones como Perú, constituye un tema sumamente relevante; Considerando que la composición del terreno se configura como un elemento decisivo que puede comprometer notablemente la solidez de las viviendas construidas por sus propios moradores; lo cual, si lo trasladamos a nivel local, preocupa debido a que de acuerdo con al Plan de Desarrollo

Urbano (2012), la ciudad de Abancay cuenta con suelos de bajas capacidades portantes en el Noreste, tiene suelos limosos y arenosos con alta saturación de aguas subterráneas; lo que ha generado movimientos de masa de tierra y modificado el relieve e infraestructura física como viviendas; ello sumado a las precipitaciones altas con deficiente drenaje y al relieve inclinado que facilita el escurrimiento de aguas pluviales.

Situación que aún hoy en día se puede apreciar; y que hace denotar la importancia que es trabajar sobre los dos aspectos señalados que condicionan la cimentación. Por estas razones expuestas, es que resulta importante evaluar técnicas y vías alternas que, en vista de esta problemática, promuevan una infraestructura de mayor calidad y adaptabilidad a las condiciones de la ciudad; así como el impulso de técnicas sustentables que ayuden a mitigar el impacto ambiental que la elaboración del concreto supone para el mundo. Ello a través de un estudio que evalúe el impacto en la disminución del peso de los ladrillos king kong de concreto incorporando PET reciclado de Abancay 2024, con el objetivo de principal de reducir la sobrecarga en la cimentación por el peso de la propia estructura.

A nivel mundial se ha evidenciado un conjunto de desafíos medioambientales generados por el negocio constructor, especialmente por la elaboración de los componentes del concreto, y por la industria del plástico a través del PET como uno de su principales derivados; esto a nivel local ha supuesto una oportunidad para abordar otro dilema, como es la capacidad resistiva del terreno de las viviendas principalmente; pues, ante las características geotécnicas, hidrológicas y geológicas de la ciudad de Abancay; esta capacidad de ver seriamente comprometida. Motivo por el cual, en esta indagación, la principal interrogante que se buscará aclarar, y cómo respuesta además al problema de la contaminación; será ¿Cuál es la influencia de la incorporación de PET reciclado en la disminución del peso del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay, 2024? Ello, en virtud de lograr reducir el peso estructural para beneficiar a la capacidad portante

de la cimentación de las viviendas de la ciudad de Abancay.

### **2.1.1. Problema general**

¿De qué manera la incorporación de PET reciclado decrementa la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto Abancay, 2022?

### **2.1.2. Problemas específicos**

a. ¿De qué manera la disminución de la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto incorporando PET reciclado influye en las propiedades físicas Abancay, 2022?

b. ¿De qué manera la disminución de la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto incorporando PET reciclado influye en las propiedades mecánicas Abancay, 2022?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo general**

Determinar el decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto incorporado PET reciclado en Abancay,2022

### **2.2.2. Objetivos específicos**

a. Demostrar de qué manera la disminución de la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto incorporando PET reciclado influye en las propiedades físicas Abancay, 2022.

b. Explicar de qué manera la disminución de la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto incorporando PET reciclado influye en las propiedades mecánicas Abancay, 2022.

## **2.3. Justificación e importancia**

### **2.3.1. Justificación**

**Justificación social:** La indagación busca mejorar aspectos técnicos en la construcción de

viviendas que reduzcan la carga estructural y favorezca a la seguridad de las familias, así como la consecución de metas sociales y ambientales cruciales en búsqueda de un crecimiento responsable en la comunidad de Abancay.

**Justificación teórica:** Pese a que existen estudios que muestran los efectos de la implementación del PET en la fabricación de ladrillos de concreto, a nivel regional no se ha determinado de qué manera esto optimiza la eficiencia estructural de las construcciones, ante lo cual, también se hace necesario la determinación de los aspectos mecánicos de los ladrillos resultantes, y finalmente un análisis ambiental para validar la solidez de la adopción de esta alternativa en la ciudad de Abancay.

**Justificación metodológica:** La indagación basada en un análisis cuantitativo, explicativa y experimental sustentados en pruebas de laboratorio, recaudación y análisis de data, así como el diseño y fabricación de muestras, permitirán redactar resultados confiables según las condiciones específicas de la ciudad de Abancay acordes con los objetivos de la investigación.

**Justificación práctica:** Reside en la capacidad de producción de ladrillos con un menor peso derivado del uso de PET; lo que contribuirá a aliviar la carga sobre la cimentación; ello no solo optimiza el rendimiento estructural, reduciendo los riesgos asociados con cargas excesivas, sino que también podría prevenir asentamientos diferenciales y daños a largo plazo en las estructuras; sin olvidar que proporciona una alternativa responsable y funcional para gestionar residuos plásticos, mitigando las consecuencias ambientales de su inadecuada manipulación.

### **2.3.2. Importancia**

El estudio sobre el decremento del peso del ladrillo king kong de concreto mediante la inclusión de PET reciclado en la ciudad de Abancay, 2023 reviste una gran relevancia en los ámbitos ambiental, estructural y económico, dado el impacto que la reutilización de

plásticos puede generar en el negocio constructor. La creciente acumulo de residuos plásticos, especialmente el PET, representa un grave problema ambiental, ya que su degradación natural puede tardar varios siglos. En este contexto, su incorporación en la confección de materiales constructivos no solo aporta a reducir la contaminación, y al mismo tiempo incentiva la adopción de materiales recuperados en el sector.

Desde un punto de vista estructural, el decremento del peso del ladrillo king kong permite obtener diversas ventajas en el proceso de edificación. Un material más ligero facilita el proceso de manipulación, reduce los costos de transporte y minimiza la carga muerta de las estructuras, lo que puede influir en la eficiencia de los diseños arquitectónicos y la seguridad de las construcciones. Además, la optimización del peso del ladrillo puede ser clave en zonas de alta sismicidad como Abancay, donde la reducción de la carga estructural puede mitigar los efectos de los movimientos telúricos sobre las edificaciones.

En términos económicos, la utilización de PET reciclado como sustituto parcial de agregados tradicionales podría disminuir los costos de producción de los ladrillos, ya que el PET es un material abundante y de bajo costo, al ser un residuo de desecho. Su reutilización en el negocio constructor no solo representaría una solución viable para reducir costos de manufactura, sino que también incentivaría prácticas de economía circular, impulsando la recolección, procesamiento y comercialización de residuos plásticos reciclables.

## **2.4. Hipótesis**

### ***2.4.1 Hipótesis general***

La incorporación de PET reciclado decrementa la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

### ***2.4.2. Hipótesis específicas***

**a.** La incorporación de PET reciclado influye en las propiedades físicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

**b.** La incorporación de PET reciclado influye en las propiedades Mecánicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

## **2.5 Variables**

### **Variable 1**

PET Reciclado

### **Variable 2**

Densidad unitaria de Peso del ladrillo king kong

**Tabla 1***Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Variable independiente PET Reciclado</b>	Material termoplástico derivado del petróleo, ampliamente utilizado en envases y botellas, que puede ser reciclado y reutilizado en diversas aplicaciones industriales. (Lizcano y Guerrero, 2020).	Se incorpora en diferentes proporciones como sustituto parcial de agregados en la mezcla del concreto para la fabricación de ladrillos.	Propiedades mecánicas	Porcentaje de sustitución al 25%	%	De razón	Ficha de recolección de dato
			Propiedades térmicas	Porcentaje de sustitución al 50%	%		
			Propiedades químicas	Porcentaje de sustitución al 75%	%		
<b>Variable dependiente Densidad unitaria de Peso del ladrillo king kong de concreto</b>	Magnitud física que representa la cantidad de masa contenida en un objeto, en este caso, el ladrillo king kong de concreto (López, 2022).	Se mide en kilogramos (kg) utilizando una balanza de precisión para la comparación de la reducción de peso entre ladrillos con y sin PET reciclado.	Propiedades físicas	Alabeo	mm	De razón	Ficha de recolección de dato
				Absorción	%		
				Variación dimensional	mm		
			Propiedades mecánicas	Densidad	kg/cm <sup>3</sup>	De razón	Ficha de recolección de dato
				Resistencia a la compresión	kPa		
	Resistencia a flexión	kPa					
	Tracción	N/m <sup>2</sup>					
	Módulo de elasticidad						

*Nota.* La tabla muestra la descripción de las variables y su concepto para encontrar las dimensiones para luego describirlas.

### III. Marco Teórico

#### 3.1. Antecedentes

##### A nivel internacional

**Villalta et al.** (2023) Ejecutaron una indagación con la **finalidad** de diseñar una pieza constructiva de densidad reducida mezclando mortero con EPS, PET y vermiculita, estableciendo un análisis comparativo de su beneficio económico frente a los productos tradicionales del sector. Indagación cuantitativa, de diseño experimental, para una elección total de 45 bloques. Se **demostró** que el modelo de bloque N°4, formulado con 20% de poliestireno expandido, PET y vermiculita, emergió como la opción superior para elementos constructivos aligerados, registrando módulos de ruptura de 9.57 MPa, 9.53 MPa y 9.48 MPa tras completarse el periodo máximo de curado de 28 días, ubicándolo dentro de la clasificación C (para alivianamiento de losas). En el aspecto económico, la indagación plasmó que el precio de los bloques convencionales es de 0,27 centavos, mientras que los bloques de peso reducidos tienen un costo de 0,36 centavos, lo que supone un incremento del 33%. Se **infirió** que la composición del bloque No. 4 resulta idónea para la fabricación de bloques aligerados, dado que los ensayos confirman su cumplimiento con los estándares estipulados en la normativa ecuatoriana.

**Carreño** (2020) realizó una indagación con el **objetivo** de valorar la eficiencia técnica y la rentabilidad económica del empleo de PET reciclado como sustitución parcial de finos áridos en hormigón aplicable al mercado chileno. Indagación cuantitativa, diseño experimental. Los **hallazgos** plasmaron bajos valores del  $f'c$  para las mezclas en cuanto crece la cantidad de PET hasta en un 45%; en tanto que la capacidad flexiva mostró un promedio de 0.1 MPa por encima del hormigón convencional, logrando incluso mejoras en un 85.5% respecto a la mezcla sin plástico; la absorción de agua varió desde un -9% hasta un +56% respecto al hormigón convencional, ello en función de la homogeneidad de los

materiales, lo cual, radica en el tipo de PET. Se **concluyó** que independientemente de la resistencia que se requiera, Se puede reemplazar desde el 0,5% al 20% de PET en la pasta y hallar los datos esperados; pues los limitantes hasta dicho margen son las cantidades de cemento, su alta resistencia , la relación A/C debe ser entre 0.45 y 0.50 y la forma del plástico, ya sea triturado, en forma de fibras, pulverizado o procesado mediante tratamiento térmico, considerando que la primera variante podría ocasionar dificultades en la trabajabilidad, por lo que se sugeriría incorporar aditivos plastificantes.

**Gareca et al.** (2020) Realizaron una indagación con el **propósito** de medir los parámetros físicos y prestaciones mecánicas de ladrillos elaborados con criterios ambientales a través de la incorporación de residuos inorgánicos específicos como nuevo recurso constructor. Indagación cuantitativa, experimental y método de la modelación; con un espécimen aleatorio simple de 78 probetas con adición de (PS), (PEBD), (PP), y (PET). Los **hallazgos** para el PET mostraron una reducción del peso de hasta un 3.64% con un 3.5% de PET respecto al mortero de cemento, La medición de  $f'c$  evidencia una capacidad resistente de 128,10 kg/cm<sup>2</sup> para la formulación con 2%; Del mismo modo, las indagaciones demostraron que el PET, utilizado como fracción del árido fino en concentraciones que no superan el 5%, permite desarrollar una resistencia satisfactoria ante cargas de compresión y adecuada facilidad de manejo; se determinó un 10.11% de absorción para la dosificación de 3.5% de PET, lo que cumple con la norma colombiana; y el ensayo a flexión mostró un valor de 25.55 kg/cm<sup>2</sup> con la inclusión de 3.5% de PET. Se **concluyó** que con los cuatro residuos se logra fabricar elementos constructivos amigables con el ambiente sin comprometer su efectividad; pues, sus propiedades físico mecánicas y de costo compiten con los de primera calidad; con menor absorción, Lo que rebaja la partida presupuestaria dirigida al aislamiento de muros de cierre; y menor densidad, reduciendo la carga muerta de la edificación.

Infante y Valderrama (2019) realizaron una investigación cuyo **objetivo** fue analizar los atributos ingenieriles, indicadores económicos y aspectos ambientales de bloques cementantes con reemplazo alternativo de la fracción fina por PET. Indagación cuantitativa, diseño experimental, con adición de 5%, 10%, 15% y 20% de PET. Los **hallazgos** mostraron que la capacidad flexiva y compresión con adición de PET presentaron una disminución en un promedio de 20% y 13% respectivamente; siendo la adición de 10% de PET la que mostró menor decrecimiento en la resistencia a compresión (8%), lo que hace suponer que una correcta proporción permite mantener cierta uniformidad en la probeta para unir las fisuras formadas en la etapa inicial; además, se evidencia una proporcionalidad en la reducción de la absorción de H<sub>2</sub>O de modo parejo a excepción de la mezcla con 20% de PET, lo que se infiere podría ser a una heterogeneidad de la mezcla a mayor cantidad de PET, lo que dificulta su adherencia y provoca un aumento en la porosidad. **Infiriendo** que, técnicamente las muestras de hormigón con sustitución del 10% de PET demostraron características mecánicas que satisfacen la norma de Chile para elementos no estructurales, posibilitando así la edificación de muros no portantes.

**Piñeros y Herrera** (2018) desarrollaron una indagación cuya **finalidad** es desarrollar una evaluación técnica y financiera sobre la introducción de elementos modulares producidos con plásticos reciclados para particiones sin función de soporte, destinados a la construcción residencial en áreas urbanas de Colombia. Indagación aplicada y experimental. La **evaluación** demuestra que los materiales con inclusión de PET al 10%, 20% y 25% alcanzan la resistencia estipulada específica; en cambio, aquellos con concentraciones del 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% presentaron valores de resistencia insuficientes; además, se evidenció una notable reducción del peso del bloque con PET, siendo el menor el que contiene 80% de PET (0.784 gr) que el convencional que alcanza 1.075 gr. Se

**concluyó** que el agregado de PET al 25% contó con el dato necesitado a los 7 y 14 días; con aporte en el peso unitario del bloque de ladrillo.

### **B nivel nacional**

**Ruiz (2023)** Condujo un estudio destinado a precisar la incidencia del PET en las características de los bloques de concreto destinados a muros no estructurales. Metodológicamente aplicada, con diseño experimental, empleando una muestra compuesta por 60 bloques de concreto, y utilizando como instrumentos de recaudación de data la guía de observación y equipamiento de laboratorio especializado. Los **hallazgos** que el alabeo fue mejor para el grupo de 2.5% de PET, con variaciones de 0.51mm y 0.30mm para la adición de 1.5% y 3.5%; capaz de mejorarse por otro método de moldeado; la variación dimensional fue mejor para el grupo de 0% de PET; el  $f'c$  con mejor resultado la obtuvo el grupo de 1.5% de PET con una media de  $158.14 \text{ kg/cm}^2$  cumpliendo con lo estipulado en la normativa. Se **concluyó** que los bloques con PET aportan significativas ventajas favoreciendo las capacidades mecánicas del ladrillo de concreto para muros no portante, siendo la adición de 1.5% PET la mejor dosificación.

**Benavidez (2022)** realizó un estudio con el **objetivo** de evaluar los aspectos del ladrillo macizo de hormigón con incorporación de cal hidratada y plástico PET reciclado, contrastándolas con las del ladrillo tradicional según los aspectos estipulados en la normativa peruana. La indagación es cuantitativa, de alcance explicativo, experimental, con un especimen de 63 ladrillos, con sustitución de 3%, 6% y 9% de cal por cemento y de PET por arena y confitillo. Como resultado se determinará que los residuos plásticos PET poseen menor densidad unitaria y específica en comparación con otros agregados; cuando se modifica la mezcla base a través de la adición de cal hidratada o PET (en proporciones de 3%, 6% y 9%) se observa un incremento en la trabajabilidad con asentamientos que van de 1" a 1.2", aunque acompañado de una reducción en el  $f'c$  desde  $225.23 \text{ kg/cm}^2$  hasta  $203.63$

y  $182.23 \text{ kg/cm}^2$  correspondientemente; Sin embargo, mantenga valores de resistencia característicos más elevados al  $f_c$  patrón; identificándose la combinación con 9% de cal hidratada y 9% de PET como la formulación óptima que ofrece mejores propiedades técnicas ( $f_c > 173.35 \text{ kg/cm}^2$ ), viabilidad económica (con precio igual al concreto estándar: 235.83 soles) y beneficios ambientales para la fabricación del ladrillo tipo 17. Se **ajustan** que los bloques elaborados con cal y PET logran mayor  $f_c$  ( $188.75 \text{ kg/cm}^2$ ), superior estabilidad en pilas ( $180,32 \text{ kg/cm}^2$ ) y resistencia mayor en muretes ( $58,79 \text{ kg/cm}^2$ ) en comparación con el ladrillo regulado convencional por la normativa; resultandos apropiados tanto para muros estructurales como no estructurales.

**Condori y Navarrete** (2022) desarrollaron un estudio con el propósito de diseñar y evaluar las capacidades físicas (peso) y mecánicas ( $f_c$ ) de ladrillos con adición de PET e ichu para su implementación en viviendas. La indagación es aplicada, enfoque cuantitativo, de diseño experimental y alcance explicativo, con 35%, 40%, 45%, 50%, 55% y 60% de PET y 5% de ichu. Entre los resultados se destaca que, respecto al peso de los bloques, la muestra PET 35% fue la que tuvo mayor peso (4550 gr.) en comparación con las demás; siendo el menor la muestra 55% PET (4135 gr.); por otro lado, en el  $f_c$ , el espécimen PET 35% mostro diferencias significativas con  $137.8 \text{ kg/cm}^2$  en relación a los especímenes PET de 40%, 45%, 50%, 55% y 60% entre las cuales no hubo diferencia significativa, con valores extremos de  $106.73 \text{ kg/cm}^2$  y  $118.13 \text{ kg/cm}^2$ ; Las mediciones de calor interior mostraron una fluctuación de  $2^\circ\text{C}$  respecto a la temperatura promedio en la vivienda prototipo. La investigación concluyó que los componentes constructivos elaborados con concreto y PET poseen propiedades de conservación térmica por períodos extensos, considerándose adecuados como alternativa en trabajos de mampostería que no deban soportar cargas significativas ni cumplir roles estructurales.

**Pérez** (2021) desarrolló una indagación con la finalidad de determinar los cambios generados por el PET en los aspectos de ladrillos de concretos fabricados con criterios sostenibles destinados a edificaciones carabayenses. La indagación de diseño cuasi-experimental con enfoque cuantitativo, incorporando proporciones de 10, 25 y 40% de PET calculadas según el peso del árido grueso. Los **hallazgos** evidenciaron que mediante la incorporación de PET, partiendo desde una muestra control con 0% de PET que alcanzó una capacidad de 230.64 kg/cm<sup>2</sup>, las adiciones de 10% de PET lograron 232.33 kg/cm<sup>2</sup>, con 25% de PET se obtuvieron 258.90 kg/cm<sup>2</sup>, y con 40% de PET se registraron 189.01 kg/cm<sup>2</sup>, donde la cantidad de árido fino disminuyó proporcionalmente al peso sustituido; los muretes presentaron resistencias de (1.55, 1.31, 0.97 y 0.96)Mpa con incorporaciones de 0%, 10%, 25% y 40% respectivamente; respecto a la variación dimensional, considerando una medida estándar de (23 x 9 x 13) cm, se clasificaron los ladrillos con proporciones de 0%, 10% y 40% como ladrillos tipo IV, mientras que los elaborados con 25% calificaron como ladrillos tipo V. Se **concluye** que la inclusión de PET en los bloques de concreto consigue optimizar sus aspectos al incrementar el f'c por unidad, mejorar el f'c diagonal en muros y minimizar la variación dimensional de estas unidades.

**Cruz y Leiva** (2021) ejecutaron una indagación con el **propósito** de analizar la utilización del PET como suplente del componente arenoso en la confección de unidades de construcción modular conforme a los estándares estipulados en la normativa peruana. La indagación cuantitativa, con diseño experimental, empleando el método inductivo-analítico y utilizando una muestra compuesta por 192 bloques. Los **hallazgos** indicaron que los bloques con incorporaciones de 0, 3, 6 y 9% de PET presentaron variaciones dimensionales que no difirieron significativamente respecto al bloque patrón; Sin embargo, en las pruebas de absorción y el f'b se observaron variaciones considerables en comparación con el patrón; lo que permitió clasificar los bloques (0%, 3% PET) como unidades de albañilería "bloque

P" y a los de (6%, 9% PET) como unidades de albañilería "bloque NP" según su categorización para multas estructurales. Se **concluye** que al superar la proporción de hojuelas de plástico PET reciclado, los "Bloques P" no evidencian mejoras en sus propiedades, confirmándose que el citado efecto sobre la resistencia compresiva se vuelve notable con la inclusión de concentraciones que parten del 3% de PET, a pesar de ello, se ajustan a los lineamientos previstos en la normativa.

**Bailón y Huatuco** (2021) condujeron una indagación con el **propósito** de determinar las consecuencias de la utilización del PET como material granular en la confección de unidades de mampostería para muros perimetrales en el sector cooperativo huancaíno en 2021. La indagación aplicada, cuantitativa y cuasi experimental, utilizando una muestra estructurada por 30 sondas con niveles de suplencia del agregado grueso de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Los **hallazgos** evidenciaron que el  $f'c$  incrementaba proporcionalmente al aumento en la dosificación de PET; Específicamente, evolucionó desde 210  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (con 0% PET) hasta 307  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (con 100% PET); en cuanto al impacto ambiental, la valoración mediante la matriz de Leopold resultó menor para aquellas de albañilería fabricadas con PET (2.25); mientras que los costos de producción de cada ladrillo PET es de S/1.00, requiriéndose 11 ladrillos PET para asentar 1  $\text{m}^2$  de muro; en contraste con los modelos tradicionales de ladrillo arcillosos y de 18 huecos que demandan 37 unidades para cubrir la misma superficie de 1  $\text{m}^2$ . Se **verificó** que la utilización del tereftalato de polietileno reemplazando el componente grueso del agregado ejerce un impacto determinante en la elaboración de elementos constructivos para cerramientos murales, detectándose un incremento considerable en la propiedad  $f't$  que, junto a su valor económico de 1.00 sol por unidad y su reducida afectación medioambiental, representa una alternativa conveniente para tales aplicaciones edificativas.

**Flores y Ochoa** (2019) realizaron un trabajo investigativo con el **objetivo** de analizar los aspectos mecánico-físico de los modelos experimentales de ladrillo donde se ha reemplazado el árido fino por PET de (20, 40, 60 y 80) %, comparándolos con un ladrillo de fabricación artesanal según los parámetros estipulados en la Normativa peruana. La indagación cuantitativa, hipotético-deductivo, experimental, con un espécimen total de 45 ladrillos; aplicando encuestas, entrevistas y guías de observación como instrumentos. Los **hallazgos** mostraron que el prototipo de ladrillo con 20% de PET mostró la mayor capacidad a la compresión; el modelo más liviano se logró con la dosificación de 80% de PET (2939.80 gr), siendo más liviano que el artesanal (3154.80); se lograron variaciones de alabeo admisibles para todos los prototipos según la NTP E.070 menor a 4mm; por otro lado, el modelo con 20% de PET presentó la menor variación dimensional con 0.21% largo, 0% ancho y 0.46% alto; finalmente, se identificó una menor absorción de parte de prototipo con 80% de PET, con 2.94% en promedio. Se **determinan** que los aspectos presentan mejoras en los modelos experimentales de ladrillo en los que se ha sustituido el árido fino por PET en proporciones de (20, 40, 60 y 80) %, en comparación con un ladrillo de fabricación artesanal, de acuerdo con los criterios previamente definidos en la normativa para elementos de albañilería no estructural.

### **Nivel local**

**Leguía** (2022) ejecutó una indagación con el **propósito** de establecer el efecto de las diferentes cantidades de PET reciclado en los aspectos físicos y mecánicos de los bloques de concreto fabricado en la comunidad de Abancay. La indagación aplicada, de alcance explicativo, experimental, enfoque cuantitativo, con una muestra de 16 briquetas. Los **resultados** mostraron una contrastación significativa en porcentajes de absorción de los diferentes tratamientos ( $p\text{-valor}=0.00679<0.05$ ); de igual manera, se observó un  $p\text{-valor}=0.281, 0.343$  y  $0.947>0.05$  para las diferencias entre los promedios del largo, alto y

ancho respectivamente; siendo esto no significativo; por el lado del peso, se observó un  $p$ -valor=0.003<0.05, que supone una contrastación incrementada en los promedios de dicha variable; de igual manera sucedió con la resistencia a la compresión ( $p$ -valor=0.000<0.05). Se **demuestra** que la dosificación del PET repercute considerablemente en los parámetros de absorción, masa y resistencia ante cargas compresivas de las briquetas de prueba.

## **3.2. Bases teóricas**

### **3.2.1. Ladrillo king kong de concreto**

Elemento constructivo fundamental, elaborado primordialmente con sustancias terrosas naturales, configurado mediante técnicas de prensado y transformado estructuralmente bajo procesos térmicos intensivos, de forma rectangular (López, 2022).

De acuerdo con la norma E.70 (2019), Las unidades cuya dimensión y peso posibilitan su manipulación con una mano sola se denominan ladrillos; mientras que aquellas que, por sus dimensiones y masa, requieren ser manejadas con las dos manos se clasifican como bloques; en su conjunto recibe el nombre de unidades de albañilería; las cuales pueden presentar configuraciones huecas, sólidas, tubulares o alveolares; y específicamente cuando son fabricados con concreto y sometidas a procesos de curado con H<sub>2</sub>O, deben cumplir un período mínimo de espera de 28 días antes de su utilización. Dentro de esta categorización, las unidades de albañilerías sólidas o macizas pueden presentarse con o sin perforaciones; si los tiene, se proyectarán verticalmente sobre la base del ladrillo, manteniendo un área bruta definida del 70% y con un 30% de vacío; en función a ello, según Román (2021), el ladrillo modelo king kong estaría dentro de la clasificación de ladrillo sólido o macizo. Y entre sus características principales está que no debe excederse del 30% del área del asiento; capaz de ser usado sobre elementos de sostén en zonas propensas a movimientos telúricos (López, 2022).

De acuerdo con la NTP 399.601 (2016), estas unidades con dimensiones modulares

elaboradas mediante la pasta de cemento portland, H<sub>2</sub>O y áridos se denominan ladrillos de concreto. Según Núñez (2019), el proceso de elaboración de bloques de concreto se realiza exclusivamente a través de técnicas de moldeo que incorporan presión, vibración o la combinación de ambos métodos; y su ventaja reside en que, dependiendo de su dosificación, puede lograr unidades de mayor resistencia según el uso al que se destine.

### 3.2.1.1 Clasificación del ladrillo.

#### a) Clasificación según fines estructurales:

**Tabla 2**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	+8	+6	+4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	+7	+6	+4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	+5	+4	+3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	+4	+3	+2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	+3	+2	+1	2	17.6 (180)
Bloque P*	+4	+3	+2	4	4.9 (50)
Bloque NP**	+7	+6	+4	8	2.0 (20)

*Nota.* La tabla muestra la clasificación de tipos de unidades de albañilería, para considerar en su diseño. Fue tomado de Pérez (2019). para muro portante y para muro no portante.

**b) Clasificación según su uso y capacidad:** Respecto a su tipo, la NTP 399.601 (2016) la misma norma señala que estos se clasifican en cuatro tipos:

- ✓ **Tipo 24:** Destinado para aplicaciones como revestimientos arquitectónicos y paredes exteriores sin acabados adicionales, así como en situaciones que exigen elevado  $f'_c$  y alta protección contra la infiltración de humedad y condiciones climáticas severas con menores temperaturas.

- ✓ **Tipo 17:** Indicado para ejecuciones generales que requieren resistencia media compresiva, protección moderada contra efectos del frío y barrera adecuada contra la penetración húmeda.
- ✓ **Tipo 14:** Apropriado para usos donde solo se necesita un nivel intermedio de  $f^c$ .
- ✓ **Tipo 10:** De aplicación general, combinado utilizado en estructuras que exigen una moderada resistencia.

**Tabla 3***Requisitos de resistencia y absorción*

Tipo	Resistencia a la compresión, min., Mpa, respecto al área bruta promedio		Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades)
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

*Nota.* La presente tabla muestra tipo de unidades de albañilería, para considerar la absorción de agua, fuente tomada de Núñez (2019), para requisitos de la resistencia y absorción.

**3.2.1.2 Pruebas de ensayo al ladrillo.** En concordancia con la NTP 399.604 (2016) y la Norma E.070 de albañilería (2019) estas unidades deben someterse a una serie de evaluaciones establecidas por la normativa que define los protocolos para el muestreo y análisis de estos elementos constructivos, incluyendo como parámetros de medición: las dimensiones físicas, la capacidad de  $f^c$ , el esfuerzo compresivo, el nivel de absorción, el peso unitario (densidad), el grosor y el contenido de humedad presente en las unidades.

**Muestreo:** este se efectúa a pie de obra y selecciona 10 und de un grupo de 50 millares; cuyo objetivo será evaluar la calidad y características de las und de albañilería en lugar de construcción.

**Absorción:** Los análisis se conducirán respetando la NTP 399.604 para unidades de concreto. Esta prueba evalúa el nivel de impermeabilidad del ladrillo, estableciendo como parámetro máximo un 22% de absorción, puesto que valores superiores indicarían una unidad con excesiva porosidad, lo que resultaría en deficiencia resistencia ante factores climáticos y comprometería la correcta adherencia entre el elemento constructivo y el mortero de unión (Huamani y Solis, 2020). Su cálculo según la NTP 399.604 (2016) se da a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción, kg/m}^3 = \frac{(W_s - W_d)}{(W_s - w_d)} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

**Donde:**

$W_s$ : peso saturado

$W_1$ : peso sumergido

$W_d$ : peso seco al horno

- **Alabeo:** implica la medición de las áreas de asiento, abarcando tanto las convexidades como las concavidades; y su importancia radica en que a medida que el alabeo aumenta, también lo hace el grosor de la junta, y esto puede generar pérdida de adherencia, así como propiciar la ocurrencia de fallos debido a esfuerzos de tracción (Nayhua, 2022) (Guadalupe, 2019).
- **Variación dimensional:** este indicador es importante porque al aumentarse el grosor de la junta, se reducirá tanto el  $f'c$  como la capacidad para soportar fuerzas cortantes en el muro de albañilería, lo que también afecta la resistencia al corte (Camacho, 2019). Metodológicamente se debe seguir los pasos estipulados en la NTP 399.604 (Ministerio de Vivienda, 2019). Ello para ladrillos de concreto.
- **Resistencia a la compresión del ladrillo:** De acuerdo con Puentes (2021), para

determinar este valor se divide la carga de falla por la superficie neta de la sección transversal a la dirección de la carga; Mientras que en unids macizas, las resistencias neta y bruta resultan idénticas, dado que se halla al dividir la máxima carga por la superficie total de apoyo del ladrillo. Estos valores deben ser verificados mediante los correspondientes test de los laboratorios según la NTP 399.604 (2019).

- **Esfuerzo de compresión:** de acuerdo a la NTP 399.604 (2016); para ello, se identifica:

i) el esfuerzo a compresión del área neta; que se expresa como

$$\text{MPa} = P_{\text{max}} / A_n$$

Donde: P máx = carga compresiva máxima

$A_n$  = área del espécimen promedio,  $\text{mm}^2$

ii) el esfuerzo de compresión del área bruta del espécimen; el cual se expresa

como  $\text{MPa} = P_{\text{max}} / A_g$

Donde: P máx = carga N

$A_g$  = área bruta del espécimen,  $\text{mm}^2$

- **Peso unitario o Densidad:** Para calcular la densidad seca al horno es a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad, } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \left( \frac{W_d}{W_s - W_1} \right) \times 100$$

Donde:

$W_d$  = peso seco al horno

$W_s$  = peso saturado

$W_i$  = peso sumergido

- **Espesor:**

✓ **Espesor equivalente del tabique:** corresponde al resultado de sumar todos

los espesores medidos de los tabiques presentes en la unidad, multiplicar este valor por 12 y luego dividir el producto entre la longitud total de la unidad.

- ✓ **Espesor equivalente:** definido como el espesor medio del componente sólido en la und y se halla de la siguiente manera:

$$Te, mm = \frac{Vn}{(LxH)}$$

**Donde:**

Te = espesor equivalente, mm

Vn = volumen promedio neto, mm<sup>3</sup>

L = longitud promedio, mm

H = altura promedio, mm

- **Contenido de humedad:** Según la NTP 399.604 (2016)La ecuación para su cálculo es:

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

**Donde:**

W<sub>r</sub>: peso recibido

W<sub>d</sub>: peso seco al horno

W<sub>s</sub>: peso saturado

**3.2.1.3 Concreto:** Compuesto estructural derivado de la mezcla de cemento, agua, áridos gruesos y finos, susceptible de incluir componentes complementarios. La excelencia de este material depende de múltiples factores, como la selección de sus constituyentes, la pericia técnica del ingeniero, los métodos de implementación y los sistemas de verificación. De ahí la relevancia de estudiar exhaustivamente sus materiales integrantes, los protocolos de gestión y las estrategias de mantenimiento (Sáenz y Valle, 2021). A pesar de las múltiples cualidades del material, Es de

conocimiento general que su fabricación se encuentra entre los principales agentes contaminantes, debido sobre todo al gran volumen de agregados de origen pétreo necesarios para su fabricación, que ocupan alrededor del 75% del volumen del concreto (Acevedo y Posada, 2018). Por ello la importancia de evaluar alternativas que logren desarrollar un hormigón sostenible que posibilite reutilizar algunos materiales de desecho y reducir el problema de la eliminación de residuos; con capacidad también para mejorar su resistencia mecánica y durabilidad (Zamora et al., 2021).

### Figura 1

*Diagrama de diferentes tipos de materiales usados en concreto sustentable*



*Nota.* La presente figura muestra los materiales orgánicos, para ser considerados en el concreto sustentable. fuente tomada de Zamora et al. (2021).

**a) Agregados:** Los materiales de agregación constituyen del 65% al 80% del V° total; estos inciden significativamente en las cualidades del concreto durante su estado fresco y también cuando se ha solidificado, pudiendo provenir de formaciones rocosas de origen volcánico, sedimentaria o metamórficas (Sáenz y

Valle, 2021). La selección precisa de ingredientes mejora las capacidades estructurales del concreto, incrementando su capacidad de soporte y siendo los más comunes en proyectos constructivos, los agregados finos y gruesos (Cabarcas y Colpas, 2020).

Diferentes propiedades del agregado, como su tamaño, forma, textura, petrografía, mineralogía, etc., Impactan en las cualidades y el funcionamiento de la zona de interfaz de transición; por ejemplo, los elementos minerales presentes en el agregado pueden generar una interacción química entre el agregado y el cemento, fortaleciendo o debilitando la unión (Kalra & Mehmood, 2018).

De acuerdo con Moncaleano y Jaramillo (2016) el contacto entre el árido y la pasta cementante genera dos efectos:

- **Epitaxia:** proceso que incrementa la cohesión entre determinados agregados calizos y la pasta de cemento conforme avanza el tiempo; contribuyendo positivamente al desarrollo de las propiedades del concreto.
- **Reacción álcali-agregado:** fenómeno perjudicial que genera fuerzas de tensión dentro de la matriz endurecida del concreto, provocando deterioros estructurales por la escasa aptitud del concreto para tolerar cargas tractivas.

**a.1) Agregado fino:** La procedencia de este agregado puede ser diversa: desde fuentes naturales, pasando por materiales procesados industrialmente, hasta combinaciones de ambos. La normativa internacional, específicamente el estándar ASTM C33, establece un rango de módulo de finura que oscila entre 2.3 como valor mínimo y 3.1 como valor máximo, proporcionando un marco técnico para su evaluación y uso en aplicaciones constructivas

(Solorzano et al., 2024).

**a.2) Agregado grueso:** Su obtención implica intervenciones geológicas estratégicas que transforman los recursos minerales primarios en elementos procesados, capaces de conferir al hormigón su esqueleto estructural y garantizar su capacidad de carga y resistencia mecánica (Mohanta y Murmu2022). Por lo general, como el agregado grueso constituye alrededor del 70% del volumen de la pasta de concreto, su contribución a los estándares de resistencia y durabilidad del concreto es crucial; sin embargo, este efecto se intensifica en el concreto de resistencia alta debido a las restricciones en la proporción a/c; específicamente cuando esta proporción es igual o inferior a 0.4, la resistencia de la unión entre mortero y agregado es equivalente a la resistencia del agregado en sí (Kalra y Mehmood, 2018).

**b) Cemento:** constituye un componente aglomerante que posee cualidades de adherencia y cohesión, Posibilitando la aglomeración de las partículas minerales para constituir un compuesto sólido; que obtiene la destreza de fraguar y solidificarse cuando hace contacto con H<sub>2</sub>O, experimentando un proceso químico denominado hidratación (Moncaleano y Jaramillo, 2016).

Durante su manufactura, los especialistas incorporan materiales complementarios con el objetivo de equilibrar la concentración de óxidos, compensando potenciales deficiencias en las materias primas originales. Estos aditivos correctores permiten ajustar la composición del material base, garantizando que la mezcla final cumpla con los estándares técnicos y propiedades estructurales requeridas para su uso industrial y constructivo (Pampilla et al., 2022).

La fabricación utiliza energía para procesar materias primas compuestas

principalmente de piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), arcilla ( $\text{AlSi}$ ), arena ( $\text{SiO}_2$ ) y mineral de hierro ( $\text{Fe}$ ) para producir clínker, que se muele con yeso, piedra caliza, etc., para producir cemento.; estos pasan por una etapa de premezcla, luego mezcla homogénea con la composición química requerida (harina cruda), para pasar a un horno rotativo; proceso en el que se descompone  $\text{CaCO}_2$  a unos  $900\text{ }^\circ\text{C}$ , liberando ( $\text{CO}_2$ ) y dejando  $\text{CaO}$ ; para luego pasar a la clinquerización, donde el  $\text{CaO}$  reacciona a altas temperaturas ( $1,400 - 1,500\text{ }^\circ\text{C}$ ) con sílice, alúmina y óxidos ferrosos, sin perjuicio de agregar otros componentes según la composición requerida; luego el clínker se refresca, se combina con yeso y piedra caliza para producir cemento Portland y/o con otros componentes según el tipo de cemento que se desea producir (Singh et al., 2016). Como resultado de este proceso, la industria productora de cemento portland se ha convertido en un contribuyente significativo a las emisiones de dióxido de carbono, representando aproximadamente el 7% del  $\text{CO}_2$  generado globalmente; principalmente debido a los procesos de calcinación y la quema de combustibles (Acevedo y Posada, 2018) (Sanjuán et al., 2022).

De acuerdo con Fadini et al. (2021) Los constituyentes bien conocidos del cemento son ( $3\text{CaOSiO}_2 - \text{C3S}$ ), ( $2\text{CaOSiO}_2 - \text{C2S}$ ), ( $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 - \text{C3A}$ ) y ( $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{C4AF}$ ), y otros minerales que pueden formarse en cantidades menores como ( $\text{CaO}$ ), ( $\text{MgO}$ ) y varios sulfatos alcalinos.

Según Singh et al. (2016) Las principales variedades de cemento producidos en la industria han sido: Cemento con escoria de alto horno (PSC), Cemento Resistente a Sulfatos (PPC), Cemento Portland Ordinario (OPC), cemento para pozos petroleros y cemento blanco.

La producción del cemento portland implica la sinterización de una alimentación cruda compuesta de piedra arcillosa y caliza a aproximadamente 1450 °C que conforma el clinker que luego será molido y enfriado con un 5% de roca de yeso y un 5% de un componente adicional menor, que generalmente es piedra caliza (Harrison et al., 2019). A razón de ello, las capacidades del clinker de cemento Portland pueden variar de una planta a otra (Aitcin, 2016).

**c) Agua:** cumple una función fundamental en la preparación del hormigón, ya que proporciona la hidratación necesaria al cemento y contribuye a la fluidez de la pasta, facilitando una trabajabilidad adecuada de la mezcla; Sin embargo, para este propósito, el H<sub>2</sub>O debe ser potabilizada y estar libre de contaminantes como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y componentes orgánicos (Carreño, 2020).

**d) Aditivos:** son insumos que se utilizan para transformar las capacidades del concreto o mortero, en su inicio, en el proceso de fraguado o cuando ya está endurecido, para adaptarlo de manera más efectiva a los trabajos o exigencias particulares y para cumplir con los parámetros y especificaciones exclusivas de cada tipo de construcción (Cabarcas y Colpas, 2020).

## **Dimensiones de la variable ladrillo king kong de concreto**

### **Propiedades físicas**

Estas están relacionadas con sus características observables y medibles sin alterar su composición química. Incluyen la densidad, porosidad, absorción de agua, textura, forma y tamaño. Estas propiedades influyen en la manejabilidad del ladrillo, su durabilidad y su capacidad de adherencia con otros materiales de construcción, impactando en la eficiencia y calidad de las edificaciones (Sáenz y Valle, 2021).

## **Propiedades mecánicas**

Estas referidas a su destreza para soportar esfuerzos y cargas sin sufrir fallas estructurales. Estas propiedades incluyen el  $f'c$ ,  $f't$ , módulo de elasticidad y tenacidad. Son cruciales para examinar la calidad estructural del ladrillo y su desempeño en la construcción, asegurando su capacidad de soportar el peso y las fuerzas externas a las que estará expuesto (Camacho, 2019).

### **Indicadores de la dimensión propiedades mecánicas**

#### **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión es la capacidad de un material para soportar cargas que tienden a reducir su tamaño, sin que se produzca fractura o colapso. Es una propiedad fundamental en materiales de construcción, especialmente en concretos y morteros, y se expresa como la máxima carga por unidad de área que puede resistir antes de fallar. Esta resistencia se determina generalmente mediante ensayos estandarizados sobre especímenes cilíndricos o cúbicos (Neville y Brooks, 2010).

#### **Resistencia a flexión**

La resistencia a la flexión, también conocida como módulo de ruptura, representa la capacidad de un material para resistir fuerzas que inducen una curvatura. Se mide como la tensión máxima que puede soportar un material en su cara más extrema cuando se somete a una carga transversal, siendo especialmente relevante en elementos estructurales como vigas y losas (Mindess y Darwin, 2003).

#### **Tracción**

La resistencia a la tracción se refiere a la capacidad de un material para resistir fuerzas que tienden a estirarlo o alargarlo. Es un parámetro clave en materiales que deben soportar cargas longitudinales, y su evaluación permite determinar el punto en el que un material se rompe por estiramiento (Callister y Rethwisch, 2018). En el caso del concreto, se suele utilizar el

ensayo de tracción indirecta o por división diametral.

### **Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad, también denominado módulo de Young, es una medida de la rigidez de un material. Representa la relación entre el esfuerzo (tensión) aplicado y la deformación unitaria resultante en la zona elástica del material. Cuanto mayor es el módulo, menor es la deformación ante una carga dada, siendo un indicador crucial para el análisis estructural y de deformaciones (Beer et al., 2012).

#### **3.2.2 PET reciclado**

El polietileno tereftalato (PET o PETE) es un material polimérico con múltiples usos y aplicaciones versátiles; que, por sus características, Lo establecido como un elemento adecuado para la elaboración de contenedores como frascos y/o botellas, piezas o inclusive materiales textiles (Lizcano y Guerrero, 2020).

El tereftalato de polietileno (PET), surge de la reacción entre el tereftalato dimetílico y el etilenglicol, mediante un proceso de polimerización desarrollado en dos fases térmicas: la inicial transcurre entre 150-200°C, mientras la segunda se ejecuta bajo condiciones de vacío parcial (0.3KPa) a temperaturas que oscilan entre 260-290°C (Rodríguez et al., 2017). Se distingue por su notable liviandad, capacidad para resistir fuerzas compresivas y golpes, elevado nivel de transparencia y luminosidad, aptitud para mantener intactos el sabor y aroma de los productos alimenticios, ofrece protección contra gases y ser completamente reciclable (Álvarez, y otros, 2020). También, se distingue por su elevada tenacidad y magnífica capacidad tanto a la fatiga como al desgarramiento; exhibe un comportamiento superior cuando está en contacto con ácidos, humedad, aceites, grasas y solventes (Acevedo y Posada, 2018).

Por su estructura química, integra el grupo molecular de los compuestos poliméricos denominados poliésteres; su obtención se realiza a través de un procedimiento de

policondensación que combina el ácido tereftálico con el etilenglicol (Lizcano y Guerrero, 2020).

El PET es un elemento termoplástico que puede ser reprocesado ya que al calentarse y ablandarse puede ser moldeado y enfriado recurrentemente (Gutiérrez et al., 2022).

Reducir el daño ecológico asociado a los plásticos es posible mediante su recuperación y reutilización como insumo para la generación de nuevos materiales con valor agregado (Ordoñez et al., 2023).

De acuerdo con Gareca et al. (2020) El aprovechamiento representa un proceso a través del cual los componentes que completan su función primordial son descartados y luego reutilizados con un nuevo propósito, permitiendo que un producto sea utilizado múltiples veces según sus propiedades; esto conlleva:

- Preservación y optimización de recursos de la naturaleza.
- Reducción de la masa de residuos que requieren eliminación.
- Protección del ecosistema.
- Prolongación de la utilidad de los componentes con diversas aplicaciones.
- Optimización de la vida en cuestión de calidad.

Se requiere la implementación de métodos innovadores que permitan aprovechar el significativo volumen de residuos plásticos, para lo cual el reciclaje ofrece cuatro modalidades principales: un método primario centrado en la re-extrusión que genera un producto de calidad equivalente, un método secundario o mecánico donde se degrada el material reciclado, un método terciario que implica una transformación química, y un método cuaternario orientado a la recuperación de energía (Ordoñez et al., 2023).

**i) re-extrusión de desechos:** Conocido también como reciclaje in-situ, de ciclos cerrados o de reprocesamientos (Narváez y Manrique, 2021). Abarca el proceso de clasificación, purificación, transformación granular y configuración plástica mediante técnicas de

modelado como inyección, compresión y termo conformación (Caro et al., 2017). Se trata de un proceso de recuperación de un único tipo de polímero, que mantiene cualidades muy próximas al material no utilizado previamente; generalmente se emplea en procedimientos donde los requisitos de calidad son tan rigurosos como los de los artículos para los que fueron concebidos en principio; y se estima como una etapa complicada puesto que los desechos provienen de mezclas diversas (Nones, 2019).

**ii) método mecánico:** Se transforma el material plástico en productos con características inferiores a las del polímero inicial; por tanto, evita la necesidad de separación y limpieza, permitiendo que los diferentes plásticos se combinen, se trituren y se fundan conjuntamente en un extrusor, generalmente para producir gránulos o pellets (Caro et al., 2017). El reciclaje transforma los desechos plásticos industriales o de consumo en gránulos reutilizables, desarrollándose mediante etapas como trituración, eliminación de impurezas, lavado, secado, aglutinado y extrusión. El tratamiento varía según el nivel de contaminación y la calidad del material reciclado; finalmente, el producto triturado, limpio y homogéneo se funde en una extrusora, generalmente con pigmentos y aditivos, obteniéndose una granza lista para ser procesada mediante distintas técnicas de transformación según los requerimientos específicos (Nones, 2019).

Nones (2019) destaca que ni la primera ni la segunda fase de reciclado proporcionan beneficios hacia el objetivo de sostenibilidad en el ámbito energético

**iii) Reciclaje terciario o químico:** En contraste con el método mecánico, este enfoque químico prescinde de la etapa de purificación, ya que aprovecha el desecho plástico como materia prima para regenerar el material original o crear uno con propiedades diferentes, fundamentándose en una reacción química (Narváez y Manrique, 2021). Se trata de un proceso que descompone la estructura del polímero hasta convertirlo en sustancias químicas elementales y materiales combustibles; en el cual las cadenas moleculares extensas del

polímero se desintegran para formar hidrocarburos de cadena corta (monómeros) o se transforman en monóxidos de carbono y moléculas de hidrógeno; y se subdivide principalmente en a) pirólisis, b) gasificación, c) metanólisis y d) glicólisis (Caro et al., 2017). Su uso contribuye al concepto de sostenibilidad de energías, puesto que se encamina hacia la creación del componente primario del cual proceden inicialmente los plásticos; esencialmente, toda obtención de monómeros a partir de desechos plásticos por medio de la despolimerización se designa como reciclaje terciario (Nones, 2019)

**a) Pirólisis:** Este tratamiento se desarrolla en condiciones de reacción drásticas (temperaturas por encima de 450°C y considerables tiempos de residencia) debido a la necesidad de aplicar cantidades grandes de energía calórica para descomponer los enlaces carbono-carbono, donde se recobran los materiales primarios de los plásticos, facilitando la fabricación de polímeros puros con características optimizadas y contaminación reducida; concretamente para el PET, su pirólisis produce carbón activado (Nones, 2019).

**b) Gasificación:** Mediante el calentamiento de plásticos oxígeno o aire, a través de este proceso se obtienen gases de síntesis como monóxido de carbono e hidrógeno, susceptibles de ser utilizados en la fabricación de metanol o amoníaco, e incluso como agentes en procesos siderúrgicos de hornos de ventilación (Nones, 2019).

**c) Metanólisis:** En este procedimiento, el PET se descompone mediante la depolimerización con metanol a elevadas temperaturas, generalmente entre 180 y 280°C, y a presiones comprendidas entre 2 y 4 MPa; con empleo de catalizadores convencionales de transesterificación Como  $Zn(CH_3COO)_2$ ,  $Mg(CH_3COO)_2$ ,  $Co(CH_3COO)_2$  o  $PbO_2$ , siendo el acetato de cinc el más comúnmente utilizado; y cuyo hallazgo principal de este procedimiento es la obtención de tereftalato de dimetilo (DMT) y etilenglicol (EG), Empleados como insumos fundamentales para la fabricación subsiguiente del PET (Bertolotti et al., 2005).

**d) Glicólisis:** se refiere a un proceso de condensación inversa que implica el uso de etilenglicol (EG) en exceso (en proporciones de 6:1), Utilizando una proporción catalizador/PET del 1% y un lapso de reacción cercano a 3 horas, se provoca la degradación que produce oligómeros de cadena corta y bis-hidroxi etilen tereftalato (BHET), mediante la combinación de escamas de PET reciclado con etilén glicol, complementado con acetato de cinc como catalizador, bajo temperaturas de 195 a 220°C y presión atmosférica estándar.

**iv) Reciclaje cuaternario o valorización energética:** El proceso involucra el calentamiento de materiales plásticos con la intención de aprovechar la energía térmica resultante en otros procedimientos. En síntesis, se utiliza el plástico como combustible para reciclar energía (Caro et al., 2017). El calor generado al quemar plásticos puede convertirse en energía mecánica, eléctrica o térmica, posibilitando una reducción de hasta 99% de los residuos, contribuyendo así a disminuir los requisitos sanitarios asociados al tratamiento de residuos (Narváez y Manrique 2021). Es una técnica se emplea cuando el material pierde propiedades tras un número de ciclos de reciclaje, limitando las opciones al descarte a vertederos o incineración (Nones, 2019).

#### Tabla 4

*Ventajas y desventajas del reciclaje cuaternario*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Menos espacio ocupado en los vertederos	- Emanación de gases contaminantes
- Recuperación de metales	- Surgimiento de compuestos orgánicos volátiles, humo, partículas de materiales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dibenzofuranos policlorados y dioxinas
- Manejo de diferentes cantidades de desechos	

*Nota.* La tabla muestra las ventajas y desventajas en el reciclaje cuaternario, para tener en cuenta como reciclaje sostenible. Fuente adaptada de Nones (2019).

Aunque existen modalidades para controlar las desventajas como: La inclusión de carbón activado, descenso térmico de gases derivados de la combustión, neutralización de compuestos ácidos, inclusión de amoníaco en la cámara de combustión y/o métodos de

filtrado (Nones, 2019).

**3.2.2.1 Propiedades del PET.** De acuerdo con Velásquez (2021), las propiedades mostradas a continuación son correctas para utilizarlas como materiales alternativos en las pastas cementantes:

- ✓ Mantiene su integridad bajo esfuerzos constantes
- ✓ Resiste notable el desgaste por uso
- ✓ Facilita el movimiento gracias a su óptimo coeficiente de deslizamiento
- ✓ Muestra resistencia efectiva ante agentes químicos
- ✓ Cuenta con propiedades térmicas altamente funcionales

**Tabla 5**

*Datos técnicos de Polietileno Tereftalato*

<b>Datos técnicos del polietileno tereftalato (PET)</b>		
<b>Propiedades mecánicas</b>		
Peso específico	134	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción	825	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1450	Kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	15	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	%
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Absorción de humedad	0.25	%
<b>Propiedades térmicas</b>		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm por °C
<b>Propiedades químicas</b>		
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	Buena	
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	Buena	
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

*Nota.* La tabla muestra los datos técnicos de polietileno tereftalato del plástico, para ser considerados como material de concreto sostenible. Fuente tomado de Echevarría (2017).

**3.2.2.2 Características físicas y mecánicas del concreto con adición de PET.**

Saucedo et al. (2021) estas son: Trabajabilidad, durabilidad, permeabilidad, temperatura, capacidad a la tracción, capacidad a la abrasión y módulo young. Los cuales se pasarán a explicar a continuación:

**Trabajabilidad:** aquella propiedad que determina la resistencia ideal de la mezcla, permitiendo una correcta colocación y compactación del concreto fresco en la zona de construcción (Saucedo et al., 2021). Y de acuerdo con Saucedo et al. (2021) Al agregar fibras PET en concentraciones del 1% y 0.75% al concreto, se lograron asentamientos de pasta del 70% y 60% correspondientemente, evidenciando así una mejor capacidad de trabajo.

**Durabilidad:** Es destacable la resistencia química de las fibras de PET en diferentes condiciones; en primer lugar, estos demostraron no experimentar ataques de álcalis cuando se incorporan en hormigones convencionales; a su vez, frente a ciclos de congelamiento y deshielo, así como otros ambientes químicos agresivos que incluían  $\text{NaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , las fibra de PET han demostrado no verse afectadas; lo que sugiere una buena resistencia química de las fibras en diversas condiciones (Ojeda et al., 2020). Por otro lado, Krishnamoorthy et al. (2017) También demostraron que las fibras de PET con fracción de  $V^\circ$  del 1.00% y vinculación de 0.45 tuvieron un mejor desempeño frente a ataques ácidos como cloruro. Según Solórzano et al. (2024) La degradación prematura de materiales suele originarse por una inadecuada selección de componentes, la omisión de normativas, dosificaciones imprecisas, evaluación insuficiente del contexto y otros factores relacionados.

**Permeabilidad:** Aborda la penetración profunda del agua cuando partículas de PET, presentes en zonas de transición interfacial, operan como nexos entre poros, facilitando el flujo de agua (Agip y Bustamante, 2022). El aumento de estos residuos en dichas zonas genera puentes entre los poros, incrementando los espacios vacíos

en la estructura del concreto. Características como su forma no uniforme y su adherencia deficiente con la pasta de cemento son consideradas responsables del aumento en la profundidad de penetración del H<sub>2</sub>O, elevando así la permeabilidad del material. (Saucedo et al., 2021)

**Absorción:** Al agregar fibras de PET a la estructura del concreto, se limita la dispersión del agua en su estructura, lo que conlleva a una menor capacidad absorbente del material resultante (Saucedo et al., 2021).

**Temperatura:** Las altas temperaturas ejercen influencia sobre la capacidad mecánica del concreto, debido a que el calentamiento desencadena la liberación de presiones que se han acumulado en su red de poros (Agip y Bustamante, 2022).

Dos procesos ocurren cuando el concreto se expone a temperaturas altas: el fenómeno termomecánico, que concierne a la dilatación por calor dentro del elemento afectado, y el fenómeno de termoagua, relacionado con la circulación de componentes (aire, vapor y agua líquida) a través de los poros, generando así presiones elevadas; en ese sentido, la incorporación de fibras y sus propiedades inherentes alteran la microestructura del concreto y sus propiedades bajo altas temperaturas; pues, Los procesos de fusión y deterioro que sufren las fibras juegan un papel importante en la expansión del volumen poroso (Saucedo et al., 2021)

**Resistencia a la tracción:** Mencionan el papel que desempeñan las fibras en el refuerzo del concreto, característica que depende de la interfaz donde coinciden la fibra y la matriz (Agip y Bustamante, 2022). Saucedo et al. (2021) la capacidad de refuerzo de la fibra en el concreto depende de su interacción con la matriz y su propia resistencia. Habitualmente, los códigos de diseño no contemplan la resistencia a tracción por su naturaleza frágil, no obstante, en mezclas fibroreforzadas, esta propiedad aumenta significativamente para efectos de diseño (Sáenz y Valle, 2021).

**Resistencia a la compresión:** es una capacidad mecánica crucial en las unidades de albañilería; ya que, representa su destreza para resistir una carga específica por unidad de área; se emplea como parámetro de diseño, vinculándose con durabilidad, impermeabilidad, dureza y rigidez para evaluar la calidad, y se puede adaptar al uso previsto, garantizando durabilidad y calidad (Nuñez, 2018). Esta resistencia, obtenida mediante carga unidireccional sobre cajas cúbicas o cilíndricas, se denomina  $f_c$  uniaxial (Kong y Mostofizadeh, 2021). En este caso, la forma geométrica y longitud de la fibra pueden influir en el comportamiento de resistencia del concreto (Saucedo et al., 2021).

**Resistencia a la abrasión:** Saucedo et al. (2021) Sugiere que a medida que se incrementa la sustitución de áridos finos y gruesos por residuos de PET, la capacidad al desgaste también aumenta; y lo atribuye al hecho de que los desechos del PET exhiben una resistencia buena a la abrasión y poseen una tenacidad alta.

**Elasticidad del material:** considerando que el PET tiene un módulo de elasticidad mucho menor al de los áridos naturales, el incremento en la cantidad de PET reduce la elasticidad del concreto resultante. Este declive se manifiesta gradualmente porque los desechos PET Su nivel de durabilidad es inferior al de la arena natural, con variaciones morfológicas menos pronunciadas ante tensiones comparables (Saucedo et al., 2021). De acuerdo con Kalra y Mehimood (2018), este índice está relacionado con el tipo de agregado; por lo tanto, el tipo y la mineralogía del agregado afectan varias propiedades del concreto y, por lo tanto, no debe tratarse como un material inerte.

**3.2.2.3 Beneficios del PET en el concreto:** Existen diversos beneficios que la adición del PET ha sido capaz de otorgar al concreto entre las cuales tenemos las siguientes según Saucedo et al. (2021) y Villalta et al. (2023):

- Permite optimizar la resistencia frente a la tracción, ya que los compuestos que incorporan fibras demuestran una mejor respuesta tras la fisuración. Además, estos materiales interactúan con las fisuras provocadas por la humedad ambiental o las variaciones térmicas del entorno.
- En ambientes calurosos, PET destaca por proporcionar aislamiento contra el calor, favoreciendo la reducción del consumo energético destinado a sistemas de enfriamiento.
- Potencia la ductilidad gracias a su capacidad para limitar la aparición de grietas; lo que supone una mayor capacidad de deformación sin romperse.
- La aplicación de polímeros reforzados con fibra de PET para confinar el concreto resultó en una resistencia notoriamente superior ante impactos; es decir, mejora la resistencia máxima al impacto y prolonga su duración al proceso.
- El empleo de PET en el concreto ha demostrado ser efectivo como refuerzo para las probetas añadidas a las vigas de hormigón; lo que contribuye a fortalecer la estructura.
- Los exámenes de resistencia e impacto realizados en concreto autocompactante con variados niveles PET han confirmado un aumento destacable en su capacidad compresiva, flexión e impacto, además de potenciar su capacidad para absorber energía y su deflexión máxima, beneficios derivados de incorporar fibras PET recicladas.
- El peso específico de los materiales constructivos con PET resulta inferior al del concreto tradicional, característica que se traduce en componentes constructivos más ligeros.
- Demuestra resistencia ante la humedad y los elementos, puede ser clavado y aserrado con facilidad, ofrece buena adherencia para los revoques, y presenta un costo de

producción similar al del tabique convencional.

- El concreto sin armadura es naturalmente frágil, quebradizo y deficiente en capacidad tractiva; Sin embargo, la adición de fibras de PET distribuidas de manera discontinua y aleatoria tiende a mejorar su resistencia, puesto que influyen a las fracturas originadas por la exposición a la humedad o las oscilaciones térmicas del medio ambiente.

De acuerdo con Caballero et al. (2017) Por su menor densidad respecto a otros agregados, la incorporación del PET es más apropiada cuando se realiza por volumen, evitando así la distorsión del porcentaje teórico que ocurriría al dosificarlo por peso, donde el porcentaje real empleado sería mayor que el planificado.

Asimismo, Gareca et al. (2020) Indican que, La densidad disminuye cuando se reemplaza parcialmente la arena por plástico reciclado; Por fin, existe una vinculación inversa entre la cantidad de PET presente en el agregado y la densidad final del ladrillo.

### **Dimensiones de la variable PET reciclado**

#### **Propiedades mecánicas**

Estas se refieren a su comportamiento frente a cargas externas, esfuerzos y deformaciones. Estas incluyen el  $f^c$ , el  $f^t$ , la dureza y la elasticidad. En el caso de su incorporación en el concreto para la fabricación de ladrillos, estas propiedades influyen en la capacidad estructural del material, determinando su durabilidad, resistencia y desempeño ante fuerzas externas (Cruz y Leiva,2020).

#### **Propiedades térmicas**

Las propiedades térmicas del PET reciclado están relacionadas con su respuesta ante cambios de temperatura, incluyendo su conductividad térmica, capacidad calorífica y punto de fusión. Al ser incorporado en el concreto, estas propiedades pueden afectar el aislamiento térmico del ladrillo, reduciendo la transferencia de calor y contribuyendo a la eficacia

energética de las edificaciones (Cruz y Leiva,2020).

### **Propiedades Químicas**

Las propiedades químicas del PET reciclado hacen referencia a su composición molecular, estabilidad química y reactividad con otros materiales. Esto incluye su resistencia a la degradación, la interacción con componentes del concreto, su hidrofobicidad y su comportamiento ante agentes corrosivos o alcalinos. En la fabricación de ladrillos, estas propiedades determinan su compatibilidad con la mezcla de cemento y su impacto en la durabilidad del producto final (Cruz y Leiva,2020).

### **3.3. Definición de términos**

**Residuo:** Hace referencia al sobrante generado durante un trabajo, que queda inhabilitado para futuros usos tras cumplir su función inicial (Torres et al., 2018).

**Reciclaje:** proceso que transforma los desechos generados por la sociedad mediante su separación, recolección, clasificación y transformación, con el propósito de reintegrarlos a la actividad comercial o industrial (Torres et al., 2018).

**Panel divisorio:** muro elaborado y erguido para resistir únicamente su propio peso y las cargas horizontales que se ejercen de manera perpendicular a su superficie (Ministerio de Vivienda, 2019).

**Durabilidad:** aptitud para enfrentar agentes externos adversos tales como temperaturas inferiores a lo normal, infiltración hídrica, erosión por abrasión, componentes corrosivos, fluctuaciones térmicas bruscas, y otros, sin experimentar deterioro en sus condiciones fisicoquímicas con el transcurso del tiempo (Segura et al., 2022).

**Módulo de elasticidad:** es una medida caracterizada por la rigidez de materiales sólidos según su comportamiento elástico sometido a esfuerzos normales (Pineda et al., 2014) (Ahmadi y Kioumars, 2023).

**Resistencia a la flexión:** Herramienta de análisis que cuantifica la resistencia máxima de

una viga o losa de concreto sin refuerzo antes de su colapso por momento flector expresado en módulo de rotura (National Ready Mixed Concrete Association, 2017).

**Fatiga:** fenómeno de ruptura ocasionado por esfuerzos de magnitud o dirección cambiante, caracterizado por la deformación de materiales bajo cargas próximas, pero no necesariamente equivalentes, al punto de fractura (Muñoz et al., 2021)

**Resistencia a la abrasión:** Cuantifica la durabilidad de la superficie del concreto cuando está expuesta a fuerzas de fricción y desgaste constante (León, 2021).

**Permeabilidad:** Representa la capacidad de migración de sustancias líquidas a través de los conductos intersticiales de un material en un tiempo determinado (León, 2021).

**Reciclaje:** Metodología para recuperar y rehabilitar residuos, convirtiéndolos en materiales aprovechables con integración directa en procesos productivos (Sanmartín et al., 2017).

**Tenacidad:** Se conceptualiza como la cantidad de energía que un material puede retener por unidad de volumen antes de experimentar su rotura (Muñoz et al., 2021).

**Variación dimensional:** es el resultado de las imperfecciones en la geometría de cada unidad de albañilería cuando se quieren hacer juntas o mayores a las sugeridas.

**Densidad:** Criterio que relaciona directamente la masa total de un objeto con el espacio que este comprende (Callister y Rethwisch, 2021).

## IV. Metodología

### 4.1. Tipo y nivel de investigación

#### 4.1.1. Tipo de investigación

Aplicada es un tipo de estudio que busca generar conocimientos con un propósito práctico, es decir, su objetivo es resolver problemas específicos mediante la implementación de soluciones innovadoras basadas en principios científicos. A diferencia de los estudios básicos, se distingue por su orientación práctica hacia la implementación de soluciones, contrastando con los estudios fundamentales que priorizan la construcción conceptual y el avance del saber teórico (Hernández, Fernández y Baptista, 2022).

Esta indagación se cataloga como aplicada, dado que examina la influencia del PET reciclado en la disminución del peso de los ladrillos king kong fabricados con concreto, pretendiendo ofrecer una solución sostenible y realizable para el ámbito constructivo de Abancay. Mediante un enfoque experimental, se estudia el resultado de añadir PET a la composición del concreto, intentando optimizar el material mientras se mantienen sus cualidades estructurales.

#### 4.1.2. Nivel de investigación

El nivel correlacional en la investigación busca identificar el vínculo de causa y efecto entre las variables de indagación, proporcionando una comprensión profunda de los fenómenos analizados. A diferencia del nivel descriptivo, que se enfoca en caracterizar un fenómeno, y del nivel correlacional, que determina la relación entre variables, el nivel explicativo intenta determinar el porqué de los eventos observados. Este tipo de investigación se basa en pruebas experimentales para comprobar hipótesis y establecer relaciones de causalidad, permitiendo la formulación de teorías o principios científicos aplicables a diferentes contextos (Hernández, Fernández y Baptista, 2022).

Esta indagación se sitúa en un nivel explicativo, porque explica la relación causal entre la incorporación de PET reciclado y la reducción del peso del ladrillo king kong de concreto. A través de un diseño experimental, se pretende demostrar de manera científica cómo la sustitución parcial de agregados tradicionales por partículas de PET afecta la densidad del ladrillo, permitiendo su aligeramiento sin comprometer sus propiedades mecánicas.

#### **4.1.3. *Diseño***

Experimental es un método de investigación que permite establecer relaciones causales entre variables mediante la manipulación intencional de una o más variables independientes y el control de factores externos que puedan influir en los resultados. Su fin es examinar el efecto de una intervención o tratamiento en una variable dependiente, utilizando técnicas de aleatorización y grupos de control para garantizar la validez del estudio (Hernández Sampieri et al., 2022).

En el contexto de la indagación el diseño experimental se utilizará para analizar cómo la incorporación de PET reciclado como material agregado en la mezcla de concreto afecta los aspectos del ladrillo. Mediante la manipulación de diferentes proporciones de PET, se evaluará su impacto en variables como la resistividad compresiva y la densidad, asegurando el control de factores externos que puedan tener incidencia en los hallazgos.

### **4.2. *Ámbito temporal y espacial***

#### **4.2.1. *Temporal***

El proyecto de indagación se desarrollará entre los meses de septiembre a diciembre del año 2023 y de enero a junio del año 2024 según el calendario académico 2023-II y 2024-I de la UTEA.

#### **4.2.2. Espacial**

Esta indagación se ejecutó en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac; acorde con sus características topográficas, geológicas, climáticas, entre otras que afecten los aspectos del concreto según el origen de los agregados.

### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Definida como el conjunto total de elementos, individuos u objetos de indagación que poseen rasgos compartidos y que son objeto de análisis en una investigación. Puede ser finita o infinita y su correcta delimitación es crucial para garantizar la validez y aplicabilidad de los hallazgos alcanzados. La población se establece con base en criterios específicos que permiten su estudio y, en muchos casos, se trabaja con una muestra representativa de la misma para optimizar los recursos y el tiempo de investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2022).

En esta indagación, la población está constituida por la totalidad de ladrillos king kong de concretos fabricados en la ciudad de Abancay, tanto aquellos elaborados con materiales convencionales como los que incorporan PET reciclado en su composición. Esta población incluye todos los ladrillos producidos en condiciones controladas de laboratorio y aquellos que podrían fabricarse a nivel industrial en la región. La correcta delimitación de la población es fundamental para respaldar los hallazgos y estos sean representativos y puedan extrapolarse a un contexto más amplio dentro del sector de la construcción sostenible.

#### **4.3.2. Muestra**

Constituye una porción representativa del universo poblacional elegida para el estudio con el propósito de conseguir resultados generalizables. Su elección se basa en criterios metodológicos que garantizan que las conclusiones obtenidas sean aplicables al total del universo. Existen diferentes métodos de muestreo, que pueden ser probabilísticos

(cuando cada componente posee idénticas posibilidades de resultar elegido) o no probabilísticos (cuando la selección se realiza por conveniencia, juicio o accesibilidad) (Hernández, Fernández y Baptista, 2022).

En el presente trabajo investigativo, el espécimen se encuentra compuesto por un conjunto de ladrillos king kong de concretos confeccionados en condiciones de laboratorio, en los cuales se han incorporado diferentes proporciones de PET reciclado como sustituto parcial de agregados tradicionales. La selección del espécimen se realizó considerando variaciones en la composición del ladrillo, con finalidad de analizar los efectos del PET reciclado en la reducción del peso del material sin comprometer sus propiedades estructurales. Los ladrillos seleccionados puestos a pruebas de resistividad, peso y absorción de agua, asegurando que los data recabada sean representativos y permitan evaluar la viabilidad de la incorporación del PET en la edificación en la ciudad de Abancay.

#### **4.4. Instrumento**

##### ***4.4.1. Instrumentos a Utilizar en el Estudio***

Con el fin de ejecutar el estudio sobre el decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto incorporado PET reciclado en Abancay, 2022, se emplearán diversos instrumentos que permitan la preparación de materiales, fabricación de los ladrillos, ensayos físicos y mecánicos, y recaudación de data. Se detallan los principales instrumentos utilizados en cada etapa del estudio:

##### **4.4.1.1. Instrumentos para la Preparación de Materiales.**

Estos instrumentos se emplearán en la clasificación, procesamiento y mezcla de los componentes de los ladrillos:

- **Balanza digital de precisión:** Para medir con exactitud las proporciones de los materiales.

- **Tamices granulométricos:** Para clasificar las partículas de PET reciclado según su tamaño antes de incorporarlas a la mezcla.
- **Trituradora de plástico o molino de cuchillas:** Para reducir el tamaño del PET reciclado y obtener partículas de dimensiones adecuadas para su incorporación en la mezcla.
- **Mezcladora de concreto:** Para garantizar la homogenización de los materiales en la mezcla del ladrillo.
- **Moldes metálicos para ladrillos:** Para dar forma a los ladrillos king kong con dimensiones estandarizadas (12 cm x 24cm x 10cm).
- **Vibrador mecánico de concreto:** Para eliminar burbujas de aire y mejorar la compactación de la mezcla dentro del molde.

#### 4.4.1.2. Instrumentos para el Curado y Secado de los Ladrillos.

Estos equipos asegurarán el correcto endurecimiento de los ladrillos y el control de humedad:

- **Tanque de curado:** Para sumergir los ladrillos en agua y asegurar una correcta hidratación del cemento, siguiendo normativas de curado.

#### 4.4.1.3. Instrumentos para la Medición de Propiedades Mecánicas y Físicas.

Estos equipos permitirán evaluar las resistencias y características del ladrillo fabricado:

- **Máquina de compresión universal:** Para realizar ensayos de  $f_c$  y determinar la capacidad de carga del ladrillo en megapascales (MPa).
- **Balanza electrónica de precisión:** Para medir el peso exacto de cada ladrillo y comparar su reducción en función del contenido de PET reciclado.
- **Cámara de absorción de agua:** Para medir la porosidad del ladrillo y su capacidad de absorción, determinando la influencia del PET en la retención de agua.

- **Calibrador Vernier:** Para verificar las dimensiones de los ladrillos y evaluar posibles variaciones en la fabricación.

#### **4.4.1.4. Instrumentos para la Recaudación y Análisis de Data.**

Estos instrumentos ayudarán a sistematizar la información obtenida y realizar análisis estadísticos:

- **Hojas de registro de datos:** Para documentar la data obtenida en cada ensayo de resistencia, peso y absorción de agua.
- **Software estadístico (SPSS):** Para examinar y procesar la información recopilada, realizar pruebas de significancia y evaluar la relación entre la incorporación de PET y la reducción de peso del ladrillo.
- **Cámara fotográfica o microscopio digital:** Para documentar las características visuales del ladrillo antes y después de los ensayos.

### **4.5.Procedimiento**

El estudio sobre el decremento de la densidad unitaria de peso ladrillo king kong de concreto incorporado PET reciclado en Abancay,2022. sigue un procedimiento detallado y estructurado en varias fases, asegurando el rigor metodológico y la confiabilidad de los hallazgos. Se plasma el proceso a realizar de manera detallada y escrupulosa.

#### **4.5.1. Fase de Planificación y Preparación del Estudio**

##### **4.5.1.1. Revisión Bibliográfica y Fundamentación Científica.**

Se ejecutó una revisión exhaustiva de literatura científica sobre la incorporación de materiales reciclados en la construcción, con énfasis en el uso de PET en la fabricación de concretos y ladrillos.

Se identificaron normativas nacionales e internacionales sobre la producción y ensayo de ladrillos de concreto, tales como NTP y la ASTM C67.

#### **4.5.1.2. Selección y Recolección de Materiales.**

Se adquirieron los materiales básicos para la confección de los ladrillos: cemento Portland, arena, agua y PET reciclado.

Se recolectaron botellas de PET post-consumo, asegurando que provengan de fuentes confiables y libres de contaminantes.

Se seleccionaron equipos y herramientas adecuadas para la trituración del PET y la producción de los ladrillos.

#### **4.5.2. Fase de Procesamiento del PET Reciclado**

##### **4.5.2.1. Clasificación y Limpieza del PET.**

Se separaron las botellas de PET según su tipo y color para garantizar la homogeneidad en la mezcla.

Se lavaron y desinfectaron las botellas con agua y detergente industrial para eliminar residuos de líquidos, etiquetas y pegamentos.

Se secaron completamente para evitar interferencias con la proporción de agua.

##### **4.5.2.2. Trituración y Tamizado del PET.**

Se utilizaron molinos de cuchillas para triturar el PET en partículas de tamaño controlado.

Se tamizaron las partículas con tamices granulométricos para obtener tamaños específicos (ejemplo: 2 mm – 5 mm).

Se almacenaron las partículas de PET en condiciones secas y controladas para su posterior incorporación en la mezcla del ladrillo.

#### **4.5.3. Fase de Elaboración de los Ladrillos de Concreto con PET**

##### **4.5.3.1. Preparación de la Mezcla de Concreto.**

Se definieron tres proporciones de PET reciclado (ejemplo: 25%, 50% y 75%) como sustituto parcial de agregados finos (arena).

Se preparó una mezcla **control** sin PET para realizar comparaciones.

Se utilizó una **mezcladora de concreto** para homogeneizar los componentes hasta alcanzar una consistencia uniforme.

Se verificó la **trabajabilidad de la mezcla** mediante el **ensayo de asentamiento de cono de Abrams**.

#### **4.5.3.2. Moldeo y Compactación de los Ladrillos.**

Se vertió la mezcla en **moldes metálicos estandarizados** para ladrillo king kong ((12 cm x 24cm x 10cm).

Se aplicó **vibración mecánica** para eliminar burbujas de aire y garantizar una compactación uniforme.

Se alisaron las superficies de los ladrillos y se dejaron en reposo durante 24 horas para el fraguado inicial.

#### **4.5.4. Fase de Curado y Secado de los Ladrillos**

##### **4.5.4.1. Proceso de Curado.**

Se retiraron los ladrillos de los moldes después de **24 horas** y se sumergieron en un **tanque de curado** con agua limpia.

Se realizó el curado durante **7, 14 y 28 días**, siguiendo normativas técnicas de resistencia de materiales.

Se registraron variaciones de peso y humedad en los ladrillos durante el curado.

##### **4.5.4.2. Secado Final.**

Se dejaron los ladrillos en **condiciones ambientales controladas** para su secado completo antes de los ensayos mecánicos.

Se registraron observaciones sobre su textura, color y posibles fisuras.

#### **4.5.5. Fase de Ensayos de Propiedades Mecánicas y Físicas**

##### **4.5.5.1. Ensayo de Peso y Densidad.**

Se pesaron los ladrillos con balanza de precisión para comparar su reducción de peso en función del % de PET incorporado.

Se determinó la densidad de cada ladrillo con la fórmula:

$$\text{Densidad}=\text{Masa}/\text{Volumen}$$

#### **4.5.5.2. Ensayo de Resistencia a la Compresión.**

Se sometieron los ladrillos a una máquina universal para medir la carga máxima soportada antes de la fractura.

Se registraron los valores obtenidos en megapascales (MPa) para cada muestra y se compararon con los estándares normativos.

#### **4.5.5.3. Ensayo de Absorción de Agua.**

Los ladrillos fueron introducidos en agua por un día según la norma ASTM C67.

Se midió el % de absorción de agua comparando el peso antes y después de la inmersión.

#### **4.5.5.4. Ensayo de Dureza Superficial.**

Se utilizó un **esclerómetro de Schmidt** para evaluar la resistencia superficial del ladrillo a impactos y desgaste.

Se compararon los valores obtenidos entre ladrillos convencionales y aquellos con PET reciclado.

### **4.6. Análisis de datos**

Para el estudio "Disminución del peso del ladrillo king kong de concreto mediante la incorporación de PET reciclado en la ciudad de Abancay, 2022", se aplicarán diversas pruebas estadísticas con el fin de analizar la influencia del PET reciclado en la reducción del peso del ladrillo sin comprometer sus propiedades estructurales. La selección de las pruebas

dependerá del tipo de datos obtenidos. A continuación, se detallan las pruebas estadísticas a emplear:

### **Prueba de Comparación de Medías**

- **a) Prueba ANOVA de un Factor (Análisis de Varianza)**
- Se utilizará cuando se analicen **tres o más grupos experimentales** (ladrillos con dosificación 0%, PET 25%, PET 50% y 75% de PET reciclado).
- Permite determinar si hay contraste significativo en el peso de los ladrillos según el porcentaje de PET incorporado.
- **b) Prueba t de Student para Muestras Independientes**
- Se aplicará si se comparan dos grupos (ladrillos convencionales vs. ladrillos con PET reciclado).
- Evalúa si existe una diferencia significativa en el peso entre ambos tipos de ladrillos.

### **Prueba de Correlación y Regresión Lineal**

Para evaluar la relación entre el % de PET reciclado y la reducción del peso del ladrillo, se aplicarán:

- Coeficiente de correlación de Pearson (si los datos son normales) o Spearman (si no son normales).
- Regresión lineal simple con el propósito de establecer si se presenta una correlación directa entre la cantidad de PET incorporado y la disminución del peso del ladrillo.

### **4.7. Consideraciones éticas**

Durante la ejecución de la indagación sobre la disminución del peso del ladrillo king kong de concreto mediante la incorporación de PET reciclado en la ciudad de Abancay, 2022, se siguieron estrictas consideraciones éticas para garantizar la integridad de la indagación, el cuidado del entorno natural y la claridad en la recolección y evaluación de la información.

### **Cumplimiento de Normativas y Regulaciones**

- Se respetaron las normativas locales y extranjeras sobre la fabricación y ensayo de ladrillos de concreto, garantizando que el proceso siguiera estándares técnicos reconocidos.
- Se tomó en cuenta la normativa ambiental vigente para el manejo de residuos plásticos y su reutilización en la construcción.

### **Respeto por el Medio Ambiente**

- Se promovió el uso de materiales reciclados con el objetivo de reducir la contaminación ambiental causada por residuos plásticos.
- Se minimizaron los desechos generados durante la fabricación de los ladrillos y se establecieron prácticas adecuadas para su disposición final responsable.

### **Acceso a la Información y Difusión Responsable**

- Se garantizó que los hallazgos de la indagación fueran publicados de manera clara y transparente, asegurando que los hallazgos pudieran ser replicados por otros investigadores.
- Se observaron los derechos de propiedad intelectual y se referenciaron apropiadamente todas las fuentes empleadas, siguiendo los lineamientos del formato APA 7.

### **Consideraciones en la Experimentación**

- Los ensayos fueron diseñados para no comprometer la seguridad de los investigadores ni de terceros.
- Se aplicaron estrictos protocolos de calidad en la fabricación de los ladrillos, asegurando que la incorporación de PET reciclado no generara impactos negativos en la resistencia o seguridad del material.

## V. Resultados y discusión

### 5.1 Resultados

#### 5.1.1. Análisis de las propiedades físicas del agregado

**Tabla 6**

*Granulometría del agregado Fino*

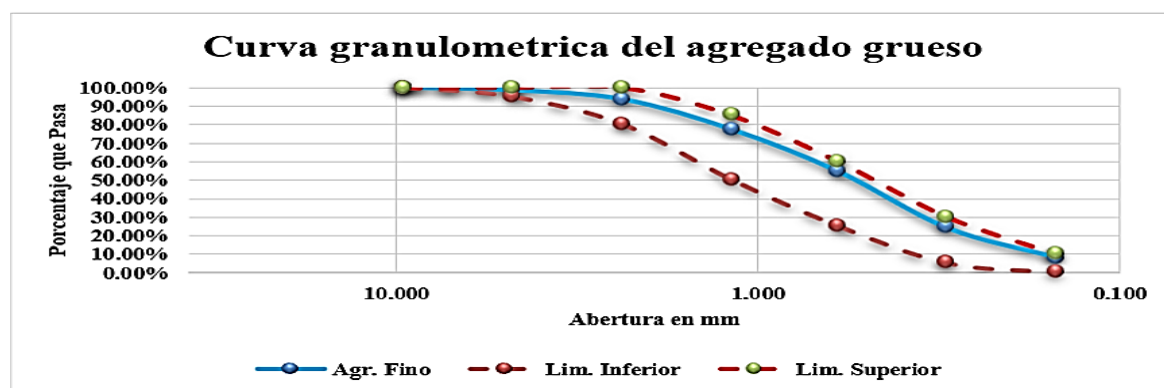
<b>Análisis granulométrico por lavado y tamizado</b>									
<b>Muestra inicial</b>	1055.6 gr	<b>Muestra lavada y secada</b>			642.6	<b>Peso Recipiente</b>	0.0 gr	<b>Huso</b>	
<b>Tamiz (Pulg.)</b>	<b>Tamiz (mm)</b>	<b>Peso ret. (gr.)</b>	<b>Peso corr. (gr.)</b>	<b>%ret.</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00 %	100%	100%	
N° 4	4.750	15.2	15.20	1.44%	1.44%	98.56%	95%	100%	
N° 8	2.360	51.9	51.90	4.92%	6.36%	93.64%	80%	100%	
N° 16	1.180	171.9	171.90	16.28 %	22.64%	77.36%	50%	85%	
N° 30	0.600	239.1	239.10	22.65 %	45.29%	54.71%	25%	60%	
N° 50	0.300	321.2	321.20	30.43 %	75.72%	24.28%	5%	30%	
N° 100	0.150	168.8	168.80	15.99 %	91.71%	8.29%	0%	10%	
N°200	0.075	35.0	35.00	3.32%	95.03%	4.97%			
<b>Cazuela</b>		2.0	52.50	4.97%	100.00%				
Total		1005.1	1055.6	100%					
<b>Módulo de fineza</b>							<b>2.43</b>		

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la granulometría del agregado fino, para considerar en el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. Realizado en abril 2023.

El análisis granulométrico del material está compuesto mayormente por partículas finas, con una mínima retención en tamices gruesos. La mayor acumulación ocurre en los tamices N°50 (0.300 mm) y N°30 (0.600 mm), con 30.43% y 22.65% respectivamente, alcanzando un 75.72% retenido acumulado. En los tamices más finos, la retención disminuye progresivamente hasta 3.32% en el N°200 (0.075 mm). El M.F obtenido es 2.43, lo que sugiere que el material es predominantemente fino.

**Figura 2**

*Curva Granulométrica del agregado Fino*



*Nota.* Esta figura muestra los resultados de la curva granulométría del agregado fino. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El análisis granulométrico indica que la muestra analizada es un material bien graduado con predominancia de partículas finas, ya que presenta un 54.71% que pasa el tamiz N° 30 (0.600 mm) y un 24.28% que pasa el tamiz N° 50 (0.300 mm), lo que sugiere una granulometría adecuada para concretos con buena trabajabilidad o suelos con cohesión moderada. Además, el % pasante del tamiz N° 200 (0.075 mm) es del 4.97%, dentro de un rango aceptable para agregados en construcción.

**Tabla 7**

*Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado grueso*

<b>Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso</b>		
Datos del ensayo	Muestra 01	
P. Molde (gr)	10073	10073
P. Molde + Mtra Suelta (gr)	24001	24011
P. de la Mtra Suelta (gr)	13928	13938
V° Molde (cm <sup>3</sup> )	9060.52	9060.52
P. Un. Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1.537	1.538
P. Esp. (kg/m <sup>3</sup> )	2595.152	2595.152
P. Un. Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1537.219	1538.322
% de Vacíos	40.77%	40.72%
P. Un. Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1537.770	
% de Vacíos	40.74%	

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado grueso, para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo de peso suelto del agregado grueso arrojó valores de 1537.77 kg/m<sup>3</sup>, con un % de vacíos promedio de 40.74%. El peso específico del material es 2595.15 kg/m<sup>3</sup>, indicando una densidad dentro de los rangos esperados para agregados gruesos.

**Tabla 8**

*Peso Unitario varillado y vacíos del agregado grueso*

<b>Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso</b>		
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>	
N° de Capas	3	3
N° de Golpes	25	25
P. del Molde (gr)	10073	10073
P. del Molde + Mtra Varillada (gr)	26775	26889
P. de la Mtra Varillada (gr)	16702	16816
V° del Molde (cm <sup>3</sup> )	9060.52	9060.52
P. Un. Varillado (gr/cm <sup>3</sup> )	1.843	1.856
P. Esp. (kg/m <sup>3</sup> )	2595.152	2595.152
P. Un. Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1843.38	1855.96
% de Vacíos	28.97%	28.48%
P. Un. Comp. (kg/m <sup>3</sup> )	1849.67	
% de Vacíos	28.73%	

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados agregado grueso para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo de P.U varillado del árido grueso obtuvo un valor promedio de 1849.67 kg/m<sup>3</sup>, con un porcentaje de vacíos de 28.73%, evidenciando una reducción significativa en comparación con el suelto unitario. El peso específico del material se mantiene en 2595.15 kg/m<sup>3</sup>, lo que confirma su densidad.

### compactación del agregado al aplicar la varillado

**Tabla 9**

*Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado fino*

<b>Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino</b>		
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>	<b>Muestra 01</b>
P. Molde (gr)	4611	4611
P. Molde + Mtra Suelta (gr)	8125	8176
P. de la Mtra Suelta (gr)	3514	3565
V° Molde (cm <sup>3</sup> )	2610.76	2610.76
P. Un. Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1.346	1.366
P. Esp. (kg/m <sup>3</sup> )	2625.472	2625.472
P. Un. Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1345.968	1365.503
% de Vacíos	48.73%	47.99%
P. Un. Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1355.74	
% de Vacíos	48.36%	

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados del agregado fino para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo de P.U suelto del agregado fino obtuvo un valor promedio de 1355.74 kg/m<sup>3</sup>, con un porcentaje de vacíos de 48.36%. El peso específico del material es 2625.47 kg/m<sup>3</sup>, lo que indicaría una densidad típica para este tipo de agregado.

**Tabla 10**

*Peso Unitario varillado y vacíos del agregado fino*

<b>Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino</b>		
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>	<b>Muestra 01</b>
N° de Capas	3	3
N° de Golpes	25	25
P. del Molde (gr)	4611	4611
P. del Molde + Mtra Varillada (gr)	8851	8825
P. de la Mtra Varillada (gr)	4240	4214
V° del Molde (cm <sup>3</sup> )	2610.76	2610.76
P. Un. Varillado (gr/cm <sup>3</sup> )	1.624	1.614
P. Esp. (kg/m <sup>3</sup> )	2625.472	2625.472
P. Un. Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1624.048	1614.089
% de Vacíos	38.14%	38.52%
P. Un. Comp. (kg/m <sup>3</sup> )	1619.07	
% de Vacíos	38.33%	

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado fino para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo de P.U varillado del agregado fino obtuvo un valor promedio de 1619.07 kg/m<sup>3</sup>, con un % de vacíos de 38.33%, lo que representa una reducción respecto al estado suelto. El peso específico del material se mantiene en 2625.47 kg/m<sup>3</sup>, evidenciando una mayor compactación tras la aplicación del varillado.

### **Tabla 11**

*Peso específico y absorción del agregado grueso*

<b>Peso específico y absorción del agregado grueso</b>	
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>
P. de la canastilla Smg (gr)	0
P. de la Mtra Seca (gr)	2012.8
P. de la canastilla + mtra Smg. (gr)	1271.1
P. de la Mtra Sat. con Sup. Seca (gr)	2046.7
P. del Agua Abs. (gr)	33.9
P. Esp. (gr/cm <sup>3</sup> )	2.60
Cap. de Abs. (%)	1.68%

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados del agregado fino realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo de peso específico se estimó en 2.60 g/cm<sup>3</sup> y la capacidad de absorción en 1.68%. Estos hallazgos indican que el agregado presenta una absorción moderada de agua.

**Tabla 12***Peso específico y absorción del agregado fino*

<b>Gravedad específica y absorción del agregado fino</b>	
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>
V° del Picnómetro (ml)	500
P. del Picnómetro (gr)	187.2
P. de la Mtra Seca (gr)	486.5
P. del Picnómetro + H <sub>2</sub> O + Mtra (gr)	986.6
P. de la Mtra Satda. con Sup. Seca (gr)	502.4
P. del Picnómetro + H <sub>2</sub> O (gr)	685.4
P. de la Mtra Smg (gr)	301.2
P. del H <sub>2</sub> O Desp. (gr)	185.3
P. del H <sub>2</sub> O Abs. (gr)	15.9
P. Esp. (gr/cm <sup>3</sup> )	2.63
Cap. de Abs.	3.27%

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado fino realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo de peso específico se estimó en 2.63 g/cm<sup>3</sup> y la capacidad de absorción en 3.27%.

Estos valores indican que este tipo de agregado tiene una moderada capacidad de absorción de H<sub>2</sub>O.

**Tabla 13***Contenido de Humedad del Agregado grueso*

<b>Contenido de humedad del agregado grueso</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Cápsula N°	1	2	3
P. ag. húm. + rec. (g)	2042.50	2011.90	2035.70
P. ag. seco + rec. (g)	2031.90	2001.70	2026.10
P. del H <sub>2</sub> O (g)	10.60	10.20	9.60
P. del rec. (g)	130.10	128.40	129.20
P. neto del suelo seco (g)	1901.80	1873.30	1896.90
% de Humedad	0.56	0.54	0.51
<b>w (%) Promedio =</b>	<b>0.54</b>		

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado fino realizados en laboratorio

para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El contenido de humedad de este agregado arrojó un valor promedio de 0.54%, indicando una baja presencia de H<sub>2</sub>O en el material.

**Tabla 14**

*Contenido de humedad del agregado fino*

<b>Contenido de humedad del agregado fino</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Cápsula N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Cápsula N°	614.80	627.30	658.10
P. ag. húm. + rec. (g)	603.30	615.70	645.30
P. ag. seco + rec. (g)	11.50	11.60	12.80
P. del H <sub>2</sub> O (g)	60.70	65.40	60.90
P. del rec. (g)	542.60	550.30	584.40
P. neto del suelo seco (g)	2.12	2.11	2.19
<b>w (%) Promedio =</b>	<b>2.14</b>		

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado fino realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El contenido de humedad de este agregado mostró un valor promedio de 2.14%, lo que indica una mayor retención de agua en relación con el grueso.

**Tabla 15**

*Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado grueso*

<b>% De fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Cápsula N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
P. de la mtra. seca antes de lavar (g)	2031.90	2001.70	2026.10
P. de la mtra. seca después de lavar (g)	2013.50	1984.30	2008.90
Material que pasa N° 200 (g)	18.40	17.40	17.20
P. del rec. (g)	130.10	128.40	129.20
% de mat. fino que pasa N° 200	0.97%	0.93%	0.91%
<b>w (%) Promedio =</b>	<b>0.93%</b>		

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del A.G. realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El % promedio de material fino pasante del tamiz N° 200 en el árido grueso es 0.93%, lo que indica un bajo contenido de partículas finas.

**Tabla 16**

*Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado grueso*

<b>% De fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado fino</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Cápsula N°	2	3	3
P. de la mtra. seca antes de lavar (g)	603.30	615.70	645.30
P. de la mtra. seca después de lavar (g)	577.10	588.30	616.70
Material que pasa N° 200 (g)	26.20	27.40	28.60
P. del rec. (g)	60.70	65.40	60.90
% de mat. fino que pasa N° 200	4.83%	4.98%	4.89%
<b>w (%) Promedio =</b>	<b>4.90%</b>		

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado fino realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El % promedio de material fino pasante del tamiz N° 200 en el agregado fino es **4.90%**, lo que indica un contenido moderado de partículas finas.

**Tabla 17**

*Ensayo de abrasion*

<b>Abrasión los ángeles al desgaste</b>	
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>
Gradación	D
Número de esferas	6.00
1 1/2" en 1" (gr)	0.00
1" en 3/4" (gr)	0.00
P. que pasa 3/4" en 1/2" (gr)	0.00
tamiz y 1/2" en 3/8" (gr)	0.00
retenido 3/8" en 1/4" (gr)	0.00
1/4" N° 4 (gr)	0.00
N° 4 en N° 8 (gr)	5000.10
P. tot. in. (gr)	5000.10
P. después del tamizado N° 12 (gr)	3810.40
P. tot. de desgaste (gr)	1189.70
Desg. (%)	23.79%
El valor al Desgaste de las partículas gruesas del material de préstamo (Cantera) es igual a 34.49%	
(Cantera) es igual a 23.79%	

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados de la abrasión al desgaste realizados en el laboratorio de suelos, para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El ensayo Los ángeles determino la resistencia al desgaste de los áridos gruesos. En este caso, el material presenta un desgaste del 23.79%, lo que sugiere una resistencia aceptable dentro de los límites normativos.

**Tabla 18**

*Resumen de los ensayos del agregado Grueso*

<b>Características</b>	<b>Agregado grueso</b>
% de finos pasante el tamiz N° 200 (%)	0.93
Hum. nat. (%)	0.54
TMN (Pulg)	3/8
MF	5.48
Huso	89
P. un. suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1537.77
P. un. comp. (kg/m <sup>3</sup> )	1849.67
P. esp. (g/cm <sup>3</sup> )	2.60
Abs. (%)	1.68
Desgaste del ag. (%)	23.79

*Nota.* Esta tabla demuestra las características del A.G. realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Se exhibe los hallazgos de los ensayos al material grueso extraído de la cantera Ballon – Pachachaca mostrando los valores dentro del rango permitido según los requerimientos técnicos y la NTP 400.037 del árido grueso para la elaboración del concreto.

**Tabla 19**

*Resumen de los ensayos del agregado fino*

<b>Características</b>	<b>Agregado fino</b>
% de finos pasante el tamiz N° 200 (%)	4.90
Hum, nat. (%)	2.14
Mód.de finesa	2.43
P. un. suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1355.74
P. un. comp. (kg/m <sup>3</sup> )	1619.07
P. esp. (g/cm <sup>3</sup> )	2.63
Abs. (%)	3.27

*Nota.* Esta tabla demuestra las características del A.F. realizados en laboratorio para tomar en consideración las muestras para la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Se exhibe los hallazgos de los ensayos al material fino extraído de la cantera Ballón – Pachachaca mostrando los valores dentro del rango permitido según los requerimientos técnicos y la NTP 400.037 del agregado grueso para la elaboración del concreto.

### 5.1.2 Valores de diseño concreto

**Tabla 20**

*Resistencia Deseada*

<b>Resistencia deseada <math>f'_{cr}</math></b>		
$f_{cr}$	130	
F.S	0	
$f'_{cr} =$	130.0	$\text{Kg/cm}^2$
Cemento		
Peso específico	3.11	$\text{gr/cm}^3$

*Nota.* La tabla nos muestra los factores de corrección para considerar en el diseño de mezcla de acuerdo a la normativa ACI. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La resistencia deseada del concreto es de  $130 \text{ kg/cm}^2$ , sin considerar un factor de seguridad adicional. En cuanto al cemento empleado, presenta un peso específico de  $3.11 \text{ g/cm}^3$ , lo que influye en la densidad y el desempeño de la mezcla.

**Tabla 21**

*Valores del agregado fino*

<b>Agregado Fino</b>		
P.esp.	2.63	$\text{gr/cm}^3$
MF	2.43	
% de Abs.	3.27	%
% de Hum.	2.14	%
P. un. suelto	1355.74	$\text{Kg/m}^3$
P. un. comp.	1619.07	$\text{Kg/m}^3$

*Nota:* La tabla demuestra los resultados del agregado fino para considerar en la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los valores del agregado grueso para lograr la dosificación correcta fueron conseguidos, gracias a los ensayos realizados a los materiales para un diseño de mezcla teórico utilizado es (ACI), con un agregado proveniente de la cantera Ballon- Pachachaca de la ciudad de Abancay, obteniendo la data necesaria para el diseño.

**Tabla 22**

*Valores del agregado grueso*

<b>Agregado Grueso</b>		
TMN	3/8	"
P. esp.	2.60	gr/cm <sup>3</sup>
P. un.suelto	1537.77	Kg/m <sup>3</sup>
P. un. comp.	1849.67	Kg/m <sup>3</sup>
% de Abs.	1.68	%
% de Hum.	0.54	%

*Nota.* Esta tabla demuestra los valores del A.G. realizados en laboratorio para tomar en consideración en la aplicación del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los valores del agregado fino para lograr la dosificación correcta fueron conseguidos, gracias a los ensayos que se realizaron a los materiales para un diseño de mezcla teórico utilizado es (ACI), con un agregado proveniente de la cantera Ballon- Pachachaca de la ciudad de Abancay, obteniendo los valores necesarios para el diseño.

### **5.1.3. Diseño de Mezcla para un concreto con resistencia a la compresión 130 Kg/cm<sup>2</sup>**

#### **Sin aditivo**

**Tabla 23**

*Datos Generales del diseño*

<b>Datos</b>		
fcr	130	kg/cm <sup>2</sup>
F.S	0	kg/cm <sup>2</sup>
f'cr (Diseño)	130	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Cemento Portland</b>		
Peso específico	3.11	gr/cm <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla demuestra los valores del diseño sin aditivo, para considerar en el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La resistencia deseada del concreto es de  $130 \text{ kg/cm}^2$ , sin considerar un factor de seguridad adicional. En cuanto al cemento empleado, presenta un peso específico de  $3.11 \text{ g/cm}^3$ , lo que influye en la densidad y el desempeño de la mezcla.

**Tabla 24**

*Datos de diseño del agregado fino*

<b>Datos de diseño del agregado fino</b>		
MF	2.43	---
P. esp.	2625.47	$\text{kg/m}^3$
P. un. suelto	1355.74	$\text{kg/m}^3$
P. un. comp.	1619.07	$\text{kg/m}^3$
Abs.	3.27	%
Hum.	2.14	%

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del A. F., para considerar en el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El agregado fino empleado en el diseño presenta un M.F de 2.43, con un peso específico de  $2625.47 \text{ kg/m}^3$ . Su P.U en estado suelto es de  $1355.74 \text{ kg/m}^3$ , mientras que en estado compactado alcanza los  $1619.07 \text{ kg/m}^3$ . Además, posee una capacidad de absorción del 3.27% y una humedad natural del 2.14%, características que tienen incidencia en la dosificación y comportamiento del concreto.

**Tabla 25**

*Datos de diseño del agregado grueso*

<b>Datos de diseño del agregado grueso</b>		
TMN	3/8	"
P. esp.	2595.15	$\text{kg/m}^3$
P. un. suelto	1537.77	$\text{kg/m}^3$
P. un. comp.	1849.67	$\text{kg/m}^3$
Abs.	1.68	%
Hum.	0.54	%

*Nota.* Esta tabla demuestra los resultados del agregado grueso, para considerar en el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El árido grueso utilizado en el diseño tiene un TMN de 3/8", con un peso específico de  $2595.15 \text{ kg/m}^3$ . Su P.U suelto es de  $1537.77 \text{ kg/m}^3$  y, en estado compactado, alcanza los

1849.67 kg/m<sup>3</sup>. Además, presenta una capacidad de absorción del 1.68% y un contenido de humedad natural del 0.54%, factores clave en la dosificación del concreto.

**Tabla 26**

*Procesamiento para diseño*

<b>Procesamiento</b>		
Asent.	3 - 4	Pulgadas
V° un. de H <sub>2</sub> O	227	Lt/m <sup>3</sup>
Cont. de aire	3	%
a/c	0.79	
Factor cemento	287.34	kg/m <sup>3</sup>
# de bolsas	6.76	bolsas
Cont. A.G	0.497	
P. A.G	918.99	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla demuestra el procesamiento del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El procesamiento del concreto diseñado considera un asentamiento de 3 a 4 pulgadas y un V° unitario de agua de 227 L/m<sup>3</sup>, con un contenido de aire del 3%. La relación a/c es de 0.79, con un factor cemento de 287.34 kg/m<sup>3</sup>, equivalente a 6.76 bolsas. Además, el contenido de agregados gruesos es de 0.497, con un peso de 918.99 kg/m<sup>3</sup>, asegurando una adecuada trabajabilidad y resistencia del concreto.

**Tabla 27**

*Volumen absoluto*

<b>Volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.092	m <sup>3</sup>
Agua	0.227	m <sup>3</sup>
Aire	0.030	m <sup>3</sup>
A.G	0.354	m <sup>3</sup>
Sub - Total	0.704	m <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla demuestra los datos en volúmenes del procesamiento para el diseño de mezcla.

Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El cálculo de volúmenes absolutos muestra que el cemento representa 0.092 m<sup>3</sup>, el agua 0.227 m<sup>3</sup>, el aire 0.030 m<sup>3</sup> y el agregado grueso 0.354 m<sup>3</sup>, alcanzando un subtotal de 0.704 m<sup>3</sup>, lo que permite analizar la proporción de cada componente en la mezcla.

**Tabla 28***Contenido de agregado fino*

<b>Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto fino	0.296	m <sup>3</sup>
Peso fino seco	778.423	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra es resultado aplicado en el diseño de mezcla del contenido del agregado fino. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El contenido de agregado fino se establece con un volumen absoluto de 0.296 m<sup>3</sup> y un peso seco de 778.423 kg/m<sup>3</sup>, asegurando la proporción adecuada en la mezcla diseñada. Este valor se corrige considerando la humedad presente en el material, garantizando la precisión en la dosificación.

**Tabla 29***Valores de diseño*

<b>Valores de diseño</b>		
Cemento	287.34	kg/m <sup>3</sup>
Agua	227.00	Lt/m <sup>3</sup>
A.F seco	778.42	kg/m <sup>3</sup>
A.G seco	918.99	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los valores del diseño de mezcla, para considerarlos en la elaboración del material de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los valores de diseño para la mezcla de concreto incluyen un contenido de cemento de 287.34 kg/m<sup>3</sup> y un volumen de agua de 227.00 L/m<sup>3</sup>, asegurando la hidratación adecuada. Además, el agregado fino seco se encuentra en 778.42 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el agregado grueso seco es de 918.99 kg/m<sup>3</sup>, garantizando una adecuada proporción en la mezcla para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

**Tabla 30***Corrección por humedad*

<b>Corrección por humedad</b>		
A.F húmedo	795.08	kg/m <sup>3</sup>
A.G húmedo	923.95	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los resultados aplicando la corrección en el diseño de mezcla, para considerarlos en la elaboración del material de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La corrección por humedad indica que el agregado fino húmedo tiene un peso de 795.08 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el agregado grueso húmedo alcanza 923.95 kg/m<sup>3</sup>, ajustando así la dosificación para mantener la relación a/c correcta en la mezcla.

**Tabla 31***Pesos corregidos por humedad*

<b>Pesos corregidos por humedad</b>		
Cemento	287.34	kg/m <sup>3</sup>
Agua	246.30	Lt/m <sup>3</sup>
A.F seco	795.08	kg/m <sup>3</sup>
A.G seco	923.95	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los resultados corregidos por humedad, para considerarlos en la elaboración del material de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los pesos corregidos por humedad reflejan los ajustes necesarios en la dosificación de materiales para compensar la humedad presente en los áridos. Se mantiene el contenido de cemento en 287.34 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el volumen de agua aumenta a 246.30 L/m<sup>3</sup>. El agregado fino corregido alcanza 795.08 kg/m<sup>3</sup> y el agregado grueso, 923.95 kg/m<sup>3</sup>, asegurando una adecuada relación agua-material para la mezcla de concreto.

**Tabla 32***Proporción de materiales para mezcla de concreto*

<b>Cantidad de materiales y proporción</b>						
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad /m<sup>3</sup></b>		<b>Proporción en V° por bolsa</b>		<b>Proporción en V° para 1 m<sup>3</sup></b>	
Cemento	287.34	Kg	1.00	Bolsa	6.761	bolsas
Agua	246.30	L	36.43	Lt	0.246	m <sup>3</sup>
Agr. Fino	795.08	Kg	3.06	pie <sup>3</sup>	0.586	m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	923.95	Kg	3.14	pie <sup>3</sup>	0.601	m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra las proporciones en diferentes cantidades, para la mezcla de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

En ausencia de datos históricos de  $f'c$  que permitan calcular la desviación estándar en este proyecto, se recurrió a la información facilitada por el ACI para cuantificar la resistencia promedio. De este modo, se inició la dosificación teórica para elaborar un concreto hidráulico con  $f'c$  equivalente a  $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$ , precisando las cantidades y proporciones adecuadas de los materiales.

#### **1.5.4. Diseño de Mezcla para un concreto con resistencia a la compresión 130 Kg/Cm<sup>2</sup>**

##### **Con PET**

**Tabla 33***Datos Generales del diseño*

<b>Datos</b>		
$f'cr$	130	kg/cm <sup>2</sup>
F.S	0	kg/cm <sup>2</sup>
$f'cr$ (Diseño)	130	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Cemento portland</b>		
Peso específico	3.11	gr/cm <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra la resistencia que se obtuvo en el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

**Tabla 34***Datos de diseño del agregado fino*

<b>Datos de diseño del agregado fino</b>		
M.F	2.43	---
P. esp.	2625.47	kg/m <sup>3</sup>
P. un. suelto	1355.74	kg/m <sup>3</sup>
P. un. comp.	1619.07	kg/m <sup>3</sup>
Abs.	3.27	%
Hum.	2.14	%

*Nota.* La tabla muestra los datos del diseño de agregado fino, para considerarlos en la elaboración del material de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El agregado fino utilizado en el diseño presenta un M.F de 2.43, con un peso específico de 2625.47 kg/m<sup>3</sup>. Su P.U en estado suelto es de 1355.74 kg/m<sup>3</sup>, mientras que en estado compactado alcanza los 1619.07 kg/m<sup>3</sup>. Además, posee una capacidad de absorción del 3.27% y una humedad natural del 2.14%, características que influyen en la dosificación y comportamiento del concreto.

**Tabla 35***Datos de diseño del agregado grueso*

<b>Datos de diseño del agregado grueso</b>		
TMN	3/8	"
P. esp.	2595.15	kg/m <sup>3</sup>
P. un. suelto	1537.77	kg/m <sup>3</sup>
P. un. comp.	1849.67	kg/m <sup>3</sup>
Abs.	1.68	%
Hum.	0.54	%

*Nota.* La tabla muestra los datos de diseño del agregado grueso, para el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El agregado grueso empleado en el diseño tiene un TMN de 3/8", con un peso específico de 2595.15 kg/m<sup>3</sup>. Su peso unitario suelto es de 1537.77 kg/m<sup>3</sup> y, en estado compactado, alcanza los 1849.67 kg/m<sup>3</sup>. Además, presenta una capacidad de absorción del 1.68% y un contenido de humedad natural del 0.54%, factores clave en la dosificación del concreto.

**Tabla 36***Procesamiento para diseño*

<b>Procesamiento</b>		
Asent.	3 - 4	Pulgadas
V° un. de H <sub>2</sub> O	227	Lt/m <sup>3</sup>
Cont. de aire	3	%
a/c	0.79	
Factor cemento	287.34	kg/m <sup>3</sup>
# de bolsas	6.76	bolsas
Cont. A.G	0.497	
Peso A.G	918.99	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los datos que se consideraron de las tablas de referencias y pruebas de campo para el diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El procesamiento del concreto diseñado considera un asentamiento de 3 a 4 pulgadas y un V° unitario de agua de 227 L/m<sup>3</sup>, con un contenido de aire del 3%. La relación a/c es de 0.79, con un factor cemento de 287.34 kg/m<sup>3</sup>, equivalente a 6.76 bolsas. Además, el contenido de agregado grueso es de 0.497, con un peso de 918.99 kg/m<sup>3</sup>, asegurando una correcta trabajabilidad y resistencia del concreto.

**Tabla 37***Volumen absolute*

<b>Volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.092	m <sup>3</sup>
Agua	0.227	m <sup>3</sup>
Aire	0.030	m <sup>3</sup>
A.G	0.354	m <sup>3</sup>
Sub - Total	0.704	m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los resultados de los volúmenes del diseño de mezcla. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El cálculo de volúmenes absolutos muestra que el cemento representa 0.092 m<sup>3</sup>, el agua 0.227 m<sup>3</sup>, el aire 0.030 m<sup>3</sup> y el agregado grueso 0.354 m<sup>3</sup>, alcanzando un subtotal de 0.704 m<sup>3</sup>, lo que permite analizar la proporción de cada componente en la mezcla.

**Tabla 38***Contenido de agregado fino*

<b>Contenido de agregado fino</b>		
V°	0.296	m <sup>3</sup>
absoluto fino		
Peso fino seco	778.423	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra el resultado del contenido del agregado fino. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El contenido de agregado fino se establece con un volumen absoluto de 0.296 m<sup>3</sup> y un peso seco de 778.423 kg/m<sup>3</sup>, asegurando la proporción adecuada en la mezcla diseñada. Este valor se corrige considerando la humedad presente en el material, garantizando la precisión en la dosificación.

**Tabla 39***Valores de diseño*

<b>Valores de diseño</b>		
Cemento	287.34	kg/m <sup>3</sup>
Agua	227.00	Lt/m <sup>3</sup>
A.F seco	778.42	kg/m <sup>3</sup>
A.G seco	918.99	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los valores de diseño en kg. Para considerar en el diseño de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los valores de diseño para la mezcla de concreto incluyen un contenido de cemento de 287.34 kg/m<sup>3</sup> y un volumen de agua de 227.00 L/m<sup>3</sup>, asegurando la hidratación adecuada. Además, el agregado fino seco se encuentra en 778.42 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el agregado grueso seco es de 918.99 kg/m<sup>3</sup>, garantizando una adecuada proporción en la mezcla para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

**Tabla 40***Corrección por humedad*

<b>Corrección por humedad</b>		
A.F húmedo	795.08	kg/m <sup>3</sup>
A.G húmedo	923.95	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra la corrección de humedad para considerar en la mezcla de concreto.

Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La corrección por humedad indica que el agregado fino húmedo tiene un peso de 795.08 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el agregado grueso húmedo alcanza 923.95 kg/m<sup>3</sup>, ajustando así la dosificación para mantener la relación a/c correcta en la mezcla.

**Tabla 41**

*Pesos corregidos por humedad*

<b>Pesos corregidos por humedad</b>		
Cemento	287.34	kg/m <sup>3</sup>
Agua	246.30	Lt/m <sup>3</sup>
A.F seco	795.08	kg/m <sup>3</sup>
A.G seco	923.95	kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra los pesos corregidos por humedad para considerar en la mezcla de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023. Los pesos corregidos por humedad reflejan los ajustes necesarios en la dosificación de materiales para compensar la humedad presente en los agregados. Se mantiene el contenido de cemento en 287.34 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el volumen de agua aumenta a 246.30 L/m<sup>3</sup>. El agregado fino corregido alcanza 795.08 kg/m<sup>3</sup> y el agregado grueso, 923.95 kg/m<sup>3</sup>, asegurando una adecuada relación agua-material para la mezcla de concreto.

**Tabla 42**

*Proporción de materiales para mezcla de concreto*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad de materiales y proporción</b>				
	<b>Cantidad</b>	<b>Proporción en</b>		<b>Proporción en</b>	
	<b>/m<sup>3</sup></b>	<b>Volumen por bolsa</b>		<b>volumen para 1 m<sup>3</sup></b>	
Cemento	287.34 Kg	1.00	Bolsa	6.761	bolsas
Agua	246.30 L	36.43	Lt	0.246	m <sup>3</sup>
Agr. Fino	579.57 Kg	2.23	pie <sup>3</sup>	0.427	m <sup>3</sup>
Agr. Grueso	923.95 Kg	3.14	pie <sup>3</sup>	0.601	m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra la proporción de materiales, para considerar en la mezcla de concreto. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023. En este proyecto, al no disponer de registros previos de f'c que permitan el cálculo de la desviación estándar, se empleó la información facilitada por el ACI para establecer la resistencia media. De este modo, se desarrolló la dosificación teórica para elaborar un concreto hidráulico con de f'c= 130 kg/cm<sup>2</sup>.

### 5.1.5 Ensayos de Diseño de Albañilería de las propiedades físicas

#### Muestras de albañilería concreto patrón

**Tabla 43**

*Variabilidad Dimensional*

<b>Variabilidad dimensional</b>												
N°	Muestra	Características físicas de las unidades										
		Largo (cm)			Ancho (cm)				Altura (cm)			
		L1	L2	LP	A1	A2	AP	H1	H2			
1	M-1	23.5	23.5	23.5	11.9	11.9	11.9	99	99	99		
2	M-2	23.8	23.8	23.8	11.9	11.9	11.9	99	99	99		
3	M-3	24	24	24	12.1	12.1	12.1	99	99	99		
4	M-4	23.5	23.5	23.5	11.7	11.7	11.7	99	99	99		
5	M-5	24	24	24	11.9	11.9	11.9	98	98	98		
6	M-6	24	24	24	11.8	11.8	11.8	97	97	97		
7	M-7	24	24	24	11.9	11.9	11.9	99	99	99		
8	M-8	23.5	23.5	23.5	11.7	11.7	11.7	98	98	98		
9	M-9	23.5	23.5	23.5	11.5	11.5	11.5	98	98	98		
10	M-10	24	24	24	11.9	11.9	11.9	98	98	99		
<b>Promedio</b>		23.8	23.8	23.8	11.8	11.8	11.8	99	99	98		
			MP=	23.78		MP=	11.83		MP=	98.45		

*Nota.* La presente tabla muestra los ensayos realizados, para considerar si cumple con el tipo V según la norma e-070. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla muestra la variabilidad dimensional de unidades con adición de plástico PET reciclado, evaluando el largo, ancho y altura. Se observa que el largo varía entre 23.5 cm y 24.0 cm, con un promedio de 23.78 cm, lo que indica una variación mínima. evidenciando mayor estabilidad en

comparación con las otras dimensiones. En general, la variabilidad es baja, lo que sugiere que la adición de PET reciclado no genera deformaciones significativas en las unidades evaluadas.

**Tabla 44**

*Alabeo de muestra patrón*

N°	Muestra	<b>Alabeo</b>					
		Medida cara superior (mm)			Medida cara inferior (mm)		
		Convexidad (mm)		concavidad	Convexo (mm)		concavidad
		Lado I.	Lado D.	Centro	Lado I.	Lado D.	Centro
1	M-1	1.1	1.1		1.1	1.1	
2	M-2	1.1	2.1		3.1	2.1	
3	M-3	2.1	1.1		2.1	3.1	
4	M-4	1.1	1.1		1.1	1.1	
5	M-5	2.1	1.1		2.1	2.1	
6	M-6	1.1	2.1		2.2	2.1	
7	M-7	1.1	1.1		1.1	1.1	
8	M-8	2.1	2.1		2.1	2.1	
9	M-9	1.1	1.1		1.1	1.1	
10	M-10	2.1	2.1		2.1	2.1	
Promedio		<b>2</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	

*Nota.* La tabla muestra el promedio del ensayo de alabeo, para ser comparado con la normativa NTP E-070. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla muestra la variabilidad del alabeo en las unidades evaluadas, midiendo la convexidad en la cara superior e inferior. Se observa que los valores de convexidad en la cara superior varían entre 1.1 mm y 2.1 mm, con un promedio de 2 mm, mientras que en la cara inferior fluctúan entre 1.1 mm y 3.1 mm, con un promedio de 2 mm. No se reportan valores de concavidad, lo que sugiere que la deformación predominante es convexa.

**Tabla 45***Resistencia a la compresión*

Muestra	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima		Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	en %
				Kg	KN			
M-1	7	23.50	11.90	19186	191.86	279.65	68.61	53%
M-2	7	23.80	11.90	21799	217.99	283.22	76.97	59%
M-3	14	24.00	12.10	27001	270.01	290.40	92.98	72%
M-4	14	23.50	11.70	26101	261.01	274.95	94.93	73%
M-5	28	24.00	11.90	37000	370.00	285.60	129.55	100%

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la rotura de briquetas sin adición en diferentes tiempos. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla muestra los resultados de un ensayo de resistencia a la compresión en cinco muestras de un material a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días). Se observa que a los 7 días las muestras M-1 y M-2 alcanzan el 53 % y 59 % de la resistencia máxima, respectivamente, evidenciando que más de la mitad de la capacidad final se desarrolla en la primera semana. A los 14 días, las muestras M-3 y M-4 incrementan su resistencia al 72 % y 73 %, mostrando un crecimiento significativo en la segunda semana. Finalmente, a los 28 días, la muestra M-5 alcanza la resistencia máxima de 129.55 kg/cm<sup>2</sup>, tomándose como referencia del 100 %. Estos resultados reflejan el patrón típico de la evolución de la resistencia a la compresión, con un rápido incremento inicial seguido de una estabilización conforme avanza el tiempo de curado.

**Tabla 46***Peso Promedio*

Muestra	Peso		Humedad natural (%)
	Peso natural (gr)	Peso seco (gr)	
M-1	5011.20	4907.20	2.12%
M-2	4988.50	4887.50	2.07%
M-3	5037.10	4934.10	2.09%
M-4	4992.60	4885.60	2.19%
M-5	4995.00	4892.00	2.11%
Promedio =			2.11%

*Nota* : La tabla muestra los resultados de diferencias de los pesos del ladrillo de concreto sin adición. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Las muestras presentadas muestran el peso total con humedad y el peso seco tras eliminar el agua. La humedad natural de las muestras, que varía ligeramente entre 2.07% y 2.19%, refleja el porcentaje de agua presente en las muestras respecto a su peso total. El promedio de humedad natural entre todas las muestras es de 2.11%, lo que indica que, en promedio, las muestras contienen un 2.11% de agua. Este valor es relevante para determinar las propiedades físicas y comportamentales del material bajo condiciones naturales.

**Tabla 47**

*Succión promedio*

Muestra	Succión							
	Largo Cm	Ancho Cm	Espesor Cm	Peso		Succión W gr	Área Bruta cm <sup>2</sup>	S Gr
M-1	23.50	11.90	99.00	Inicial - seco 4907.20	Final + agua 4924.10	17	279.65	12.09
M-2	23.80	11.90	99.00	4887.50	4904.50	17	283.22	12.00
M-3	24.00	12.10	99.00	4934.10	4951.30	17	290.40	11.85
M-4	23.50	11.70	99.00	4885.60	4902.60	17	274.95	12.37
M-5	24.00	11.90	98.00	4892.00	4908.80	17	285.60	11.76
<b>Promedio</b>								12.01

*Nota.* La tabla de muestra el promedio del ensayo de succión de las unidades de albañilería, para determinar su grado de succión. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

En las muestras presentadas, se observa el peso inicial (seco) y el peso final (con agua), lo que permite calcular la succión de cada muestra. La succión se mide en gramos y se determina por la diferencia entre el peso final y el peso inicial, que se encuentra en un rango de 17 gramos para todas las muestras. El área de cada muestra también se presenta, con valores que van desde 274.95 cm<sup>2</sup> hasta 290.40 cm<sup>2</sup>.

**Tabla 48***Absorción promedio*

Muestra	Absorción			Absorción
	natural (gr)	Peso seco (gr)	Saturado (gr)	
M-1	5011.20	4907.20	4924.10	3.44
M-2	4988.50	4887.50	4904.50	3.48
M-3	5037.10	4934.10	4951.30	3.49
M-4	4992.60	4885.60	4902.60	3.48
M-5	4995.00	4892.00	4908.80	3.43
Promedio =				3.46

*Nota.* La tabla de muestra el promedio del ensayo de absorción, para determinar su porcentaje de absorción. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

En las muestras analizadas, se calcula la absorción de agua como la diferencia entre el peso saturado (con agua) y el peso seco de cada muestra. Los resultados obtenidos para las muestras fueron los siguientes: M-1 con 3.44%, M-2 con 3.48%, M-3 con 3.49%, M-4 con 3.48%, y M-5 con 3.43%. El promedio de absorción para todas las muestras es de 3.46%.

**Tabla 49***Resistencia a la compresión de pila*

<b>Resistencia a la compresión de pila</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Alto de pila (cm)</b>	<b>Espesor pila (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Esbeltez (cm)</b>	<b>P max (kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia fm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
M-1	32.9	12	23.6	2.7	43380	283.2	153.18	0.866	132.65
M-2	33.5	12	24	2.8	42940	288	149.1	0.866	129.12

*Nota.* La tabla de muestra los resultados de resistencia a la compresión, para ser analizados en el cumplimiento de su resistencia. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

En cuanto al  $f^c$ , para la M-1 se obtiene un valor de 132.65 kg/cm<sup>2</sup>, considerando un factor de corrección de 0.866 que ajusta el valor obtenido a condiciones normales. Para la M-2, el valor es de 129.12 kg/cm<sup>2</sup>, también ajustada por el mismo factor. Estas resistencias indican la capacidad de las muestras para soportar fuerzas de compresión, con valores cercanos entre ambas, reflejando un comportamiento similar en términos de  $f^c$ .

**Tabla 50***Densidad (Peso)*

Muestra de bloque patrón	Peso		Volumen/ cm <sup>3</sup>	Densidad aparente seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad absoluta seca (kg/cm <sup>3</sup> )
	Peso natural (gr)	Peso seco (gr)			
M-1	5011.20	4907.20	27685.35	181.01	177.25
M-2	4988.50	4887.50	28038.78	177.91	174.31
M-3	5037.10	4934.10	28749.60	175.21	171.62
M-4	4992.60	4885.60	27220.05	183.42	179.49
M-5	4995.00	4892.00	27988.80	178.46	174.78
			PROMEDIO =	179.20	175.49

*Nota.* La tabla de muestra los resultados de densidad, para ser analizados en su investigación.

Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma hallazgos del peso, volumen y densidad en muestras de bloques patrón, evaluando tanto el peso natural como el seco. Se observa que la muestra M-1 tiene el mayor peso seco con 4907.20 g y la M-5 el menor con 4892.00 g. En cuanto al volumen, la muestra M-5 registra el valor más alto con 27988.80 cm<sup>3</sup>, mientras que la M-4 tiene el menor con 27220.05 cm<sup>3</sup>. En términos de densidad aparente seca, la M-4 presenta el mayor valor con 183.42 kg/m<sup>3</sup> y la M-3 el menor con 175.21 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la densidad absoluta seca varía entre 171.62 kg/m<sup>3</sup> en la muestra M-3 y 179.49 kg/m<sup>3</sup> en la M-4. El promedio general de densidad aparente seca es de 179.20 kg/m<sup>3</sup> y de densidad absoluta seca de 175.49 kg/m<sup>3</sup>, lo que indica una variabilidad moderada en la estructura de los bloques analizados.

**Muestras de albañilería concreto con adición de PET**

**Tabla 51**

*Variación dimensional con adición de plástico 25%*

<b>Variabilidad dimensional con adición de plástico PET reciclado</b>										
N°	Muestra	Características físicas de las unidades								
		Largo (cm)			Ancho (cm))			Altura (cm))		
		L1	L2	Lp	A1	A2	Ap	H1	H2	Hp
1	M-1	24.1	24.1	24.1	12.1	12.1	12.1	99	99	99
2	M-2	23.8	23.8	23.8	12.1	12.1	12.1	99	99	99
3	M-3	23.6	23.6	23.6	11.5	11.5	11.5	99	99	99
4	M-4	24	24	24	12	12	12	99	99	99
5	M-5	23.5	23.5	23.5	11.8	11.8	11.8	98	98	98
6	M-6	24	24	24	11.8	11.8	11.8	97	97	97
7	M-7	24	24	24	11.5	11.5	11.5	99	99	99
8	M-8	23.8	23.8	23.8	12	12	12	98	98	98
9	M-9	23.5	23.5	23.5	11.5	11.5	11.5	98	98	98
10	M-10	24	24	24	11.9	11.9	11.9	98	98	99
Promedio		23.8	23.8	23.8	11.8	11.8	11.8	99	99	98
			Mp=	23.83		Mp=	11.82		Mp=	98.45

*Nota.* La tabla de muestra los resultados Variación dimensional con adición de PET 25%, para considerar sus valores en la investigación. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Se observa que el largo varía entre 23.5 cm y 24.1 cm, con un promedio de 23.83 cm, lo que indica una variación mínima de 0.6 cm. El ancho fluctúa entre 11.5 cm y 12.1 cm, con un promedio de 11.82 cm, mostrando ligeras diferencias entre muestras. En general, la variabilidad dimensional es baja, lo que sugiere que la adición de PET reciclado no genera deformaciones significativas en las unidades evaluadas.

**Tabla 52***Alabeo con adición de plástico 25%*

N°	Muestra	Alabeo con adición de plástico PET reciclado					
		Medida cara superior (mm)			Medida cara inferior (mm)		
		Convexidad (mm)		Concavidad	Convexo (mm)		Concavidad
		Lado I.	Lado D.	Centro	Lado I.	Lado D.	Centro
1	M-1	1.1	1.1		1.1	1.1	
2	M-2	1.1	2.1		3.1	2.1	
3	M-3	2.1	1.1		2.1	3.1	
4	M-4	1.1	1.1		1.1	1.1	
5	M-5	2.1	2.1		2.1	2.1	
6	M-6	2.1	2.1		2.2	2.1	
7	M-7	2.1	2.1		1.1	1.1	
8	M-8	2.1	2.1		2.1	2.1	
9	M-9	1.1	1.1		1.1	1.1	
10	M-10	2.1	2.1		2.1	2.1	
	Promedio	1.7	1.7		1.81	1.8	

*Nota. La tabla muestra los resultados de la aplicación del alabeo a cada unidad de albañilería con adición de PET al 25%, para ser observar sus características al cumplimiento de la normativa. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.*

La tabla plasma la variabilidad del alabeo en unidades con adición de plástico PET reciclado, evaluando la convexidad y concavidad en la cara superior e inferior. Se observa que la convexidad en la cara superior varía entre 1.1 mm y 2.1 mm, con un promedio de 1.7 mm, mientras que en la cara inferior fluctúa entre 1.1 mm y 3.1 mm, con un promedio de 1.81 mm. La concavidad no presenta valores registrados, lo que indica que la deformación predominante es convexa. En general, la variabilidad del alabeo es baja, con una ligera tendencia a mayor deformación en la cara inferior, lo que sugiere que la adición de PET reciclado no genera irregularidades significativas en la planicidad de las unidades evaluadas.

**Tabla 53***Resistencia a la compresión de muestras +25% plástico*

<b>Resistencia a la compresión con incorporación del 25 % PET reciclado</b>									
Muestra	Alto de pila (cm)	Espesor pila (cm)	Ancho (cm)	Esbeltez (cm)	P máx. (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia fm (kg/cm <sup>2</sup> )	Factor de corrección	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
M+25%	33	12	24	2.8	11980	288	41.60	0.866	36.02
M+25%	34	12	24	2.8	10840	288	37.64	0.866	32.60
M+25%	33.5	12	24	2.8	11741	288	40.77	0.866	35.30

*Nota. La tabla demuestra los resultados de la resistencia con adición de PET al 25%, para conocer su resistencia alcanzada. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.*

La tabla plasma datos en unidades con 25% de PET reciclado, evaluando parámetros como altura, espesor, ancho, esbeltez, carga máxima (P máx.), área de carga y resistencia corregida. Se observa que la resistencia media sin corrección (fm) varía entre 37.64 kg/cm<sup>2</sup> y 41.60 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia final corregida oscila entre 32.60 kg/cm<sup>2</sup> y 36.02 kg/cm<sup>2</sup>, con un factor de corrección de 0.866. Estos valores indican una ligera reducción en la resistencia tras la aplicación del factor de corrección, lo que sugiere que la adición de PET reciclado influye en el f'c, pero sin generar una pérdida significativa en la capacidad estructural de las unidades evaluadas.

**Tabla 54***Humedad con adición al 25%*

<b>Humedad +25 % PET Reciclado</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Natural</b>	<b>Seco</b>	<b>Kg</b>
M-1	3999.1	3951.1	1.21%
M-2	4191	4187.9	0.07%
M-3	4025	3985.8	0.98%
M-4	4108	4103.5	0.11%
M-5	4007	3979.2	0.70%
PROMEDIO =			0.62%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de contenido de humedad a cada unidad de albañilería con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma hallazgos de humedad en muestras con un 25 % de adición de PET reciclado, comparando el peso en estado natural y seco. Se observa que la muestra M-1 tiene la mayor humedad con un 1.21 %, mientras que la M-2 presenta el valor más bajo con un 0.07 %. Las muestras M-3, M-4 y M-5 registran valores intermedios de 0.98 %, 0.11 % y 0.70 %, respectivamente. En promedio, la humedad de las muestras es de 0.62 %, lo que indica una absorción moderada de humedad en presencia de PET reciclado.

**Tabla 55***Succión al 25% PET reciclado*

<b>Succión + 25 % PET reciclado</b>								
	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Espesor</b>	<b>Peso</b>		<b>Succión</b>	<b>Área</b>	<b>S</b>
<b>MUESTRA</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>Inicial -seco</b>	<b>Final + agua</b>	<b>W gr</b>	<b>Bruta cm<sup>2</sup></b>	<b>gr</b>
M-1	24.00	12.00	9.00	3951.10	3958.10	7	288.00	4.86
M-2	24.00	12.00	9.00	4187.90	4194.00	6	288.00	4.24
M-3	24.00	12.00	9.00	3985.80	3993.20	7	288.00	5.14
M-4	24.00	12.00	9.00	4103.50	4109.20	6	288.00	3.96
M-5	24.00	12.00	9.00	3979.20	3986.20	7	288.00	4.86
<b>PROMEDIO</b>								4.61

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la succión a cada unidad de albañilería con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma hallazgos de la succión en muestras con un 25 % de PET reciclado, considerando sus dimensiones, peso en estado seco e hidratado, y la cantidad de agua absorbida. Todas las muestras tienen las mismas dimensiones de 24 cm de largo, 12 cm de ancho y 9 cm de espesor, con un área bruta de 288 cm<sup>2</sup>. Se observa que la muestra M-4 tiene la mayor succión con 5.28 g, mientras que la M-2 registra la menor con 4.24 g. Las muestras M-1, M-3 y M-5 presentan valores intermedios de 4.86 g, 5.14 g y 4.86 g, respectivamente. En promedio, la succión de las muestras es de 4.61 g, lo que indica una absorción moderada de agua en presencia de PET reciclado.

**Tabla 56**

*Absorción al 25% PET reciclado*

<b>Absorción + 25 % PET Reciclado</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Peso</b>			<b>Absorción</b>
	<b>natural (gr)</b>	<b>seco (gr)</b>	<b>Saturado (gr)</b>	
M-1	3999.10	3951.10	3958.10	17.72%
M-2	4191.00	4187.90	4194.00	14.57%
M-3	4025.00	3985.80	3993.20	18.57%
M-4	4108.00	4103.50	4109.20	13.89%
M-5	4007.00	3979.20	3986.20	17.59%
			<b>PROMEDIO =</b>	<b>16.47%</b>

*Nota.* la tabla muestra la absorción al 25% del PET reciclado en cinco muestras realizadas.

Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla muestra el 25 % de PET reciclado, analizando el peso en estado natural, seco y saturado. Se observa que la muestra M-1 presenta la mayor absorción con un 17.72 %, seguida de la M-5 con 17.59 %, mientras que la muestra M-2 tiene la menor absorción con 14.57 %. Las muestras M-3 y M-4 registran valores intermedios de 18.57 % y 13.89 %, respectivamente. En promedio, la absorción de agua en las muestras es de 16.47 %, lo que indica una capacidad moderada de retención de humedad en presencia de PET reciclado.

**Tabla 57***Resistencia a la compresión de pila*

<b>Resistencia a la compresión de pila + 25 % PET reciclado</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Alto de pila (cm)</b>	<b>Espesor pila (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Esbeltez (cm)</b>	<b>P max (kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia fm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
M+25%	33	12	24	2.8	11980	288	41.60	0.866	36.02
M+25%	34	12	24	2.8	10840	288	37.64	0.866	32.60
M+25%	33.5	12	24	2.8	11741	288	40.77	0.866	35.30

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la resistencia de pilas con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma hallazgos con un 25 % de PET reciclado, considerando dimensiones, carga máxima y resistencia corregida. Todas las muestras tienen un espesor de 12 cm, un ancho de 24 cm y una esbeltez de 2.8. La carga máxima varía entre 10,840 kg en la segunda muestra y 11,980 kg en la primera, con áreas constantes de 288 cm<sup>2</sup>. La resistencia sin corregir oscila entre 37.64 kg/cm<sup>2</sup> y 41.60 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia corregida, al aplicar el factor de corrección de 0.866, resulta en valores de 32.60 kg/cm<sup>2</sup> a 36.02 kg/cm<sup>2</sup>. En general, los hallazgos reflejan una resistencia moderada a la compresión en las muestras analizadas.

**Tabla 58***Densidad (Peso) al 25 % con PET*

Muestra de bloque con adición PET al 25%	Peso		Volumen/ cm <sup>3</sup>	Densidad aparente seca (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad absoluta seca (kg/m <sup>3</sup> )
	Peso natural (gr)	Peso seco (gr)			
M-1	3999.10	3951.10	28869.39	138.52	136.86
M-2	4191.00	4187.90	28510.02	147.00	146.89
M-3	4025.00	3985.80	26868.60	149.80	148.34
M-4	4108.00	4103.50	28512.00	144.08	143.92
M-5	4007.00	3979.20	27175.40	147.45	146.43
PROMEDIO =				145.37	144.49

*Nota.* La tabla muestra los resultados de densidad a cada unidad de albañilería con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla presenta los hallazgos de densidad en bloques con un 25 % de PET reciclado, evaluando su peso natural y seco, volumen y densidades aparente y absoluta secas. Se observa que la muestra M-1 tiene la menor densidad aparente seca con 138.52 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la M-5 registra la mayor con 147.45 kg/m<sup>3</sup>. En cuanto a la densidad absoluta seca, la M-1 presenta el menor valor con 136.86 kg/m<sup>3</sup> y la M-2 el más alto con 146.89 kg/m<sup>3</sup>. El promedio general de densidad aparente seca es de 145.37 kg/m<sup>3</sup> y el de densidad absoluta seca de 144.49 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.1.6 Ensayos de Compresión Axial de muestras patrón

**Tabla 59***Briquetas Patrón a los 7 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón 01	7	14265	14,302.26	176.7	98.11	75.47%
2	Patrón 02	7	13991	14,025.14	176.7	79.37	61.06%
3	Patrón 03	7	14989	15,034.51	176.7	85.08	65.45%
4	Patrón 04	7	14157	14,193.03	176.7	74.60	57.36%
5	Patrón 05	7	14994	15,039.57	176.7	85.11	65.47%

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 7 días, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos de  $f'c$  de muestras de concreto con un curado de 7 días sin adición de PET. En este caso, el  $f'c$  tiende a seguir un patrón más consistente, ya que el concreto sin aditivos externos no presenta las posibles variaciones causadas por materiales reciclados.

**Tabla 60**

*Briquetas Patrón a los 14 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón 01	14	20280	20,385.83	176.7	109.65	88.34%
2	Patrón 02	14	21254	21,370.94	176.7	120.94	93.03%
3	Patrón 03	14	22674	22,807.12	176.7	129.07	99.29%
4	Patrón 04	14	20368	20,474.84	176.7	115.87	89.13%
5	Patrón 05	14	21864	21,987.89	176.7	124.44	95.72%

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 14 días, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla muestra los hallazgos de  $f'c$  de muestras de concreto con un curado de 14 días sin adición de PET. En este caso, el  $f'c$  tiende a seguir un patrón más consistente, ya que el concreto sin aditivos externos no presenta las posibles variaciones causadas por materiales reciclados. A medida que el tiempo de curado aumenta, el  $f'c$  va mejorando progresivamente.

**Tabla 61***Briquetas Patrón a los 28*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón 01	28	22586	22,718.12	176.7	128.57	98.90%
2	Patrón 02	28	23000	23,136.84	176.7	132.39	101.84%
3	Patrón 03	28	22894	23,029.63	176.7	130.22	100.17%
4	Patrón 04	28	22990	23,126.73	176.7	130.89	100.69%
5	Patrón 05	28	22664	22,797.01	176.7	129.02	99.24%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 28 días, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla muestra los hallazgos de  $f'c$  de muestras de concreto con un curado de 28 días sin adición de PET. En este caso, el  $f'c$  tiende a seguir un patrón más consistente, ya que el concreto sin aditivos externos no presenta las posibles variaciones causadas por materiales reciclados. A medida que el tiempo de curado aumenta, el  $f'c$  va mejorando progresivamente.

**Tabla 62***Resistencia a la compresión de muestras patrón*

Muestra	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima		Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	En %
				Kg	Kn			
Patrón	7	23.65	11.90	20492	204.93	281.44	84.45	64.96%
Patrón	14	23.75	11.90	26551	265.51	282.67	119.99	93.10%
Patrón	28	24.00	11.90	37000	370.00	285.60	130.21	99.24%

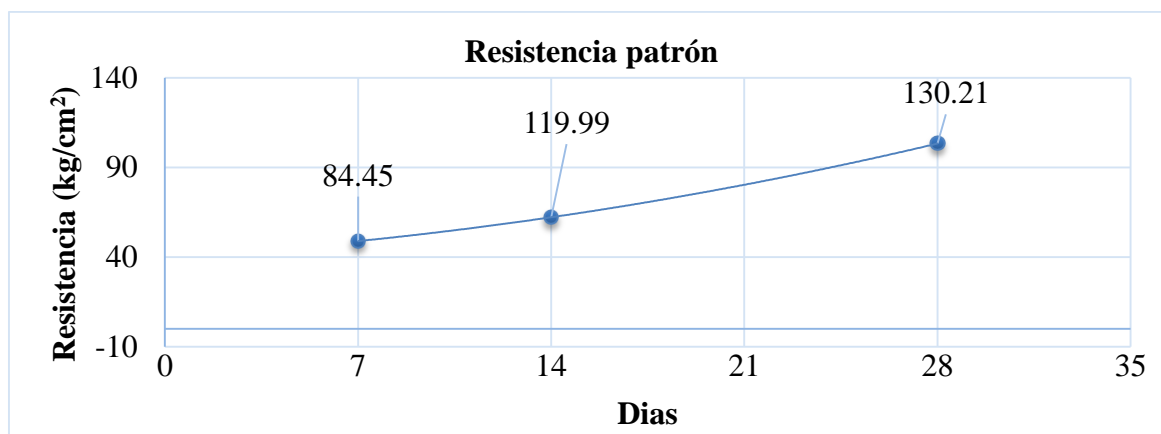
*Nota.* La tabla demuestra el resumen de la resistencia a compresión de las briquetas a los diferentes días, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los hallazgos alcanzados de las muestras sin adición de PET muestran una resistencia máxima de 130.21, lo que indica que el material base tiene un  $f'c$  constante, relativamente superior comparación con las muestras que contienen PET. Además, se observó una menor

deformación antes de la falla, lo que sugiere que las muestras con PET son más flexibles y menos rígidas.

**Figura 3**

*Resistencia a la compresión de muestras patrón*



*Nota.* La figura muestra el resultado de la resistencia de las briquetas sin adición, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

### Ensayos de Compresión Axial a muestras adicionadas + PET al 25%

**Tabla 63**

*Briquetas + PET con 25% a los 7 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	+25% de plástico	7	9012	8,989.38	176.7	50.87	39.13%
2	+25% de plástico	7	8627	8,599.99	176.7	48.67	37.44%
3	+25% de plástico	7	9164	9,143.11	176.7	54.03	41.56%
4	+25% de plástico	7	7987	7,952.69	176.7	45.01	34.62%
5	+25% de plástico	7	8563	8,535.26	176.7	48.30	37.16%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 7 días con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del  $f^c$  de muestras de concreto con una adición de 25% PET a lo largo de 7 días de curado. Se manifiesta cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, lo que permite evaluar el impacto de este material reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. En general, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET.

**Tabla 64**

*Briquetas + PET con 25% a los 14 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón +25% de plástico	14	10606	10,601.55	176.7	60.00	46.15%
2	Patrón +25% de plástico	14	11253	11,255.92	176.7	69.42	53.40%
3	Patrón +25% de plástico	14	11562	11,568.45	176.7	65.47	50.36%
4	Patrón +25% de plástico	14	10963	10,962.62	176.7	79.21	60.93%
5	Patrón +25% de plástico	14	10581	10,576.26	176.7	59.85	46.04%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 14 días con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del  $f^c$  de muestras de concreto con una adición de 25% PET a lo largo de 14 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, lo que permite evaluar el impacto de este material reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. En general, se puede notar un aumento de la resistencia a medida que aumenta.

**Tabla 65***Briquetas + PET con 25% a los 28 días*

<b>N° registro</b>	<b>Elemento</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fuerza (kg)</b>	<b>Fuerza (kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje %</b>
1	+25% de plástico	28	18790	18,878.85	176.7	135.46	104.20%
2	+25% de plástico	28	18090	18,170.87	176.7	125.73	96.72%
3	+25% de plástico	28	17265	17,336.46	176.7	98.11	75.47%
4	+25% de plástico	28	18360	18,443.94	176.7	110.10	84.70%
5	+25% de plástico	28	18360	18,443.94	176.7	110.10	84.70%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 28 días con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del  $f'c$  de muestras de concreto con una adición de 25% PET a lo largo de 14 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, lo que permite evaluar el impacto de este material reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. En general, se puede notar un aumento de la resistencia a medida que aumenta.

**Tabla 66***Promedio de Resistencia + 25% PET*

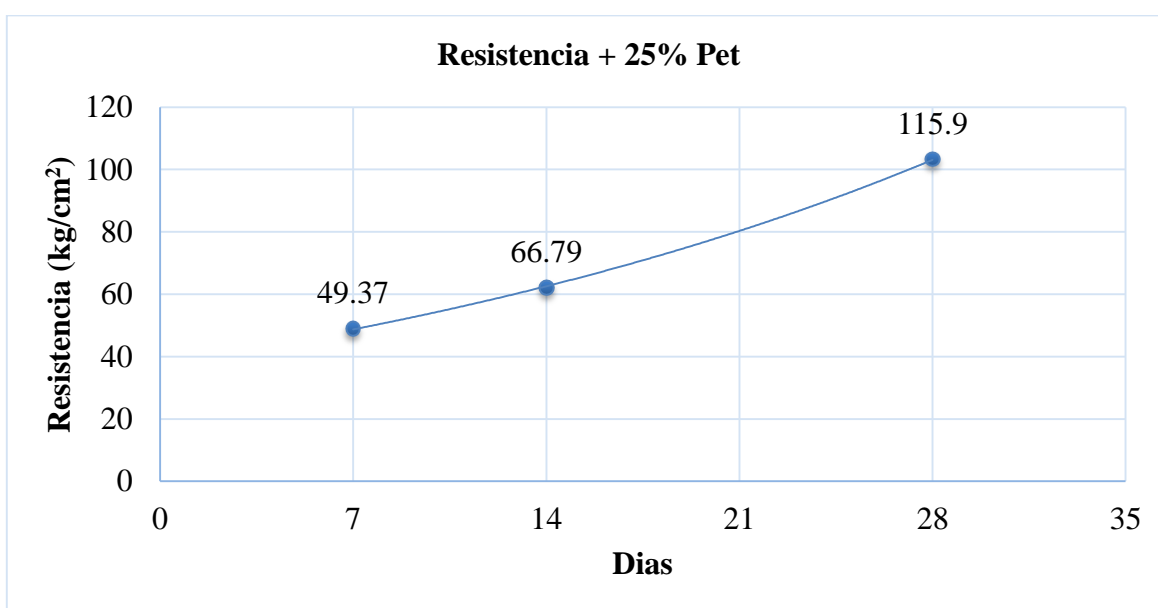
<b>N° registro</b>	<b>Elemento</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fuerza (kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje %</b>
1	+25% de plástico	7	8644.09	176.7	49.37	37.98%
2	+25% de plástico	14	10992.96	176.7	66.79	51.38%
3	+25% de plástico	28	18254.21	176.7	115.9	89.16%

*Nota.* La tabla demuestra el promedio de la resistencia a compresión de las briquetas a los diferentes días con adición de PET al 25%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Se observa que a medida que aumenta la edad de las muestras, también lo hacen la fuerza y la resistencia. La muestra de 7 días presenta un valor de 49.37 kg/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de 37.98%. La de 14 días muestra una resistencia de 66.79 kg/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de 51.38%. Finalmente, la muestra de 28 días tiene un valor de 115.9 kg/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de 89.16%. Este incremento en la resistencia con el tiempo indica una mejora en las propiedades mecánicas del material conforme envejece.

#### Figura 4

*Promedio de Resistencia + 25% PET*



*Nota.* La figura muestra el promedio de la resistencia con adición al 25% de PET. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La curva de resistencia de las muestras muestra que, a medida que pasan los días, la resistencia aumenta significativamente. A los 7 días, la resistencia es baja (49.37 kg/cm<sup>2</sup>), subiendo a 66.79 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días, y alcanzando el valor máximo de 115.9 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Esto indica que el material mejora su resistencia con el tiempo, mostrando un proceso de endurecimiento progresivo y consolidación.

### Ensayos de Compresión Axial a muestras adicionadas + 50% de PET

**Tabla 67**

*Briquetas + PET con 50% a los 7 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón +50% de PET	7	7912	7,876.84	176.7	44.58	34.29%
2	Patrón +50% de PET	7	6270	6,216.12	176.7	35.18	27.06%
3	Patrón +50% de PET	7	5864	5,805.49	176.7	32.86	25.27%
4	Patrón +50% de PET	7	7014	6,968.60	176.7	39.44	30.34%
5	Patrón +50% de PET	7	4350	4,274.23	176.7	24.19	18.61%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 7 días con adición de PET al 50%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del  $f_c$  de muestras de concreto con una adición de 50% PET a lo largo de 7 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, lo que permite evaluar el impacto de este material reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. En general, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET.

**Tabla 68**

*Briquetas + PET con 50% a los 14 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón +50% de PET	14	9235	9,214.92	176.7	52.15	40.12%
2	Patrón +50% de PET	14	8253	8,221.72	176.7	46.53	35.79%
3	Patrón +50% de PET	14	9425	9,407.08	176.7	53.24	40.95%
4	Patrón +50% de PET	14	9356	9,337.30	176.7	52.84	40.65%
5	Patrón +50% de PET	14	8215	8,183.29	176.7	46.31	35.62%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 14 días con adición de PET al 50%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del  $f^c$  de muestras de concreto con una adición de 50% PET a lo largo de 14 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, lo que permite evaluar el impacto de este material reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. En general, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET.

**Tabla 69**

*Briquetas + PET con 50% a los 28 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón +50% de PET	28	10154	10,144.40	176.7	57.41	44.16%
2	Patrón +50% de PET	28	9998	9,986.62	176.7	56.52	43.47%
3	Patrón +50% de PET	28	10012	10,000.78	176.7	56.60	43.54%
4	Patrón +50% de PET	28	9836	9,822.77	176.7	55.59	42.76%
5	Patrón +50% de PET	28	9981	9,969.42	176.7	56.42	43.40%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 28 días con adición de PET al 50%, para su respectivo análisis.

Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

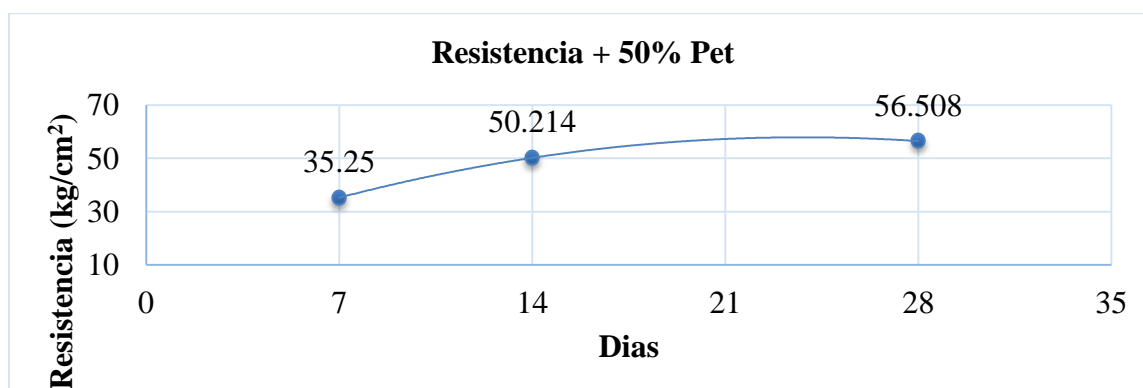
La tabla plasma los hallazgos del  $f^c$  de muestras de concreto con una adición de 50% PET a lo largo de 28 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, lo que permite evaluar el impacto de este material reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. En general, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET.

**Tabla 70***Promedio de resistencia + 50% PET*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	+50% de plástico	7	6282	6228.256	176.7	35.25	27.11%
2	+50% de plástico	14	8896.8	8872.862	176.7	50.214	38.63%
3	+50% de plástico	28	9996.2	9984.798	176.7	56.508	43.47%

*Nota.* La tabla demuestra los resultados de la resistencia a compresión de las briquetas a los 7 días con adición de PET al 50%, para su respectivo análisis. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

En este caso, la muestra con el 50% de plástico muestra una mejora progresiva en su resistencia a medida que aumentan los días. A los 7 días, la resistencia es relativamente baja (35.25 kg/cm<sup>2</sup>), pero aumenta significativamente a 50.21 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y sigue subiendo a 56.51 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Este comportamiento refleja un endurecimiento del material, en el que su resistencia aumenta conforme madura con el tiempo. Además, los porcentajes también siguen una tendencia de crecimiento, indicando que el material gana más fortaleza con cada fase del proceso de curado.

**Figura 5***Promedio de resistencia + 50% PET*

*Nota.* La tabla muestra el promedio de resistencia con adición al 50% de PET, para su respectivo análisis.

Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los resultados muestran cómo la resistencia del material con un 50% de plástico varía según el tiempo de curado. En el primer registro (a los 7 días), la resistencia es baja (35.25 kg/cm<sup>2</sup>), lo que indica que el material aún está en proceso de endurecimiento. A los 14 días, la resistencia aumenta a 50.214 kg/cm<sup>2</sup>, lo que refleja una mejora significativa en sus propiedades mecánicas. Finalmente, a los 28 días, la resistencia alcanza los 56.508 kg/cm<sup>2</sup>, lo que sugiere que el material ha continuado endureciéndose y mejorando en su rendimiento.

### Rotura de Briquetas + PET al 75% mediante ensayo a compresión

**Tabla 71**

*Briquetas + PET con 75% a los 7 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón +75% de PET	7	4330	4,254.00	176.7	24.07	18.52%
2	Patrón +75% de PET	7	4120	4,041.61	176.7	22.87	17.59%
3	Patrón +75% de PET	7	5850	5,791.33	176.7	32.77	25.21%
4	Patrón +75% de PET	7	3475	3,389.25	176.7	19.18	14.75%
5	Patrón +75% de PET	7	3370	3,283.06	176.7	18.58	14.29%

*Nota.* La tabla muestra de los resultados con adición de PET al 75%, para describir la

resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del f<sup>c</sup> de muestras de concreto con una adición de 75% PET a lo largo de 07 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET, lo que sugiere que, aunque la adición de PET puede contribuir a la sostenibilidad y al reciclaje de materiales, su efecto en la resistencia a compresión es negativo.

**Tabla 72***Briquetas + PET con 75% a los 14 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón +75% de PET	14	6120	6,064.41	176.7	34.32	26.40%
2	Patrón +75% de PET	14	7921	7,885.94	176.7	44.63	34.33%
3	Patrón +75% de PET	14	7630	7,591.62	176.7	42.96	33.05%
4	Patrón +75% de PET	14	8010	7,975.95	176.7	45.14	34.72%
5	Patrón +75% de PET	14	5956	5,898.54	176.7	33.38	25.68%

*Nota.* La tabla muestra los resultados de las briquetas con adición a PET, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del f<sup>c</sup> de muestras de concreto con una adición de 75% PET a lo largo de 14 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET, lo que sugiere que, aunque la adición de PET .

**Tabla 73***Briquetas + PET con 75% a los 28 días*

Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1 Patrón +75% de PET	28	7340	7,298.32	176.7	52.75	40.58%
2 Patrón +75% de PET	28	7360	7,318.54	176.7	52.87	40.67%
3 Patrón +75% de PET	28	8670	8,643.48	176.7	54.64	42.03%
4 Patrón +75% de PET	28	8267	8,235.88	176.7	46.61	35.85%
5 Patrón +75% de PET	28	8664	8,637.41	176.7	48.88	37.60%

Nota. La tabla muestra los resultados de las briquetas con adición a PET, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

La tabla plasma los hallazgos del  $f^c$  de muestras de concreto con una adición de 75% PET a lo largo de 28 días de curado. Se observa cómo la resistencia varía según el porcentaje de PET incorporado, se puede notar una disminución de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de PET, lo que sugiere que, aunque la adición de PET puede contribuir a la sostenibilidad y al reciclaje de materiales, su efecto en la resistencia a compresión es negativo.

**Tabla 74**

*Resistencia Promedio + 75% de PET*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	+75% de plástico	7	4229	4151.85	176.7	23.494	18.07%
2	+75% de plástico	14	7127.4	7083.292	176.7	40.086	30.84%
3	+75% de plástico	28	8060.2	8026.726	176.7	51.15	39.35%

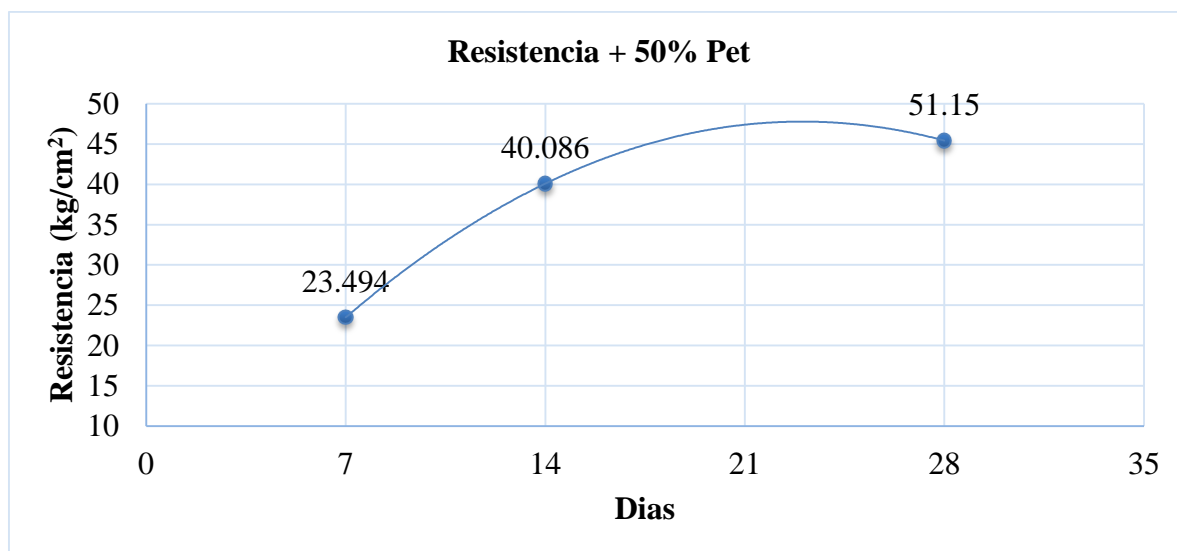
Nota. La tabla muestra los promedios de las briquetas con adición a PET. para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Los hallazgos plasman que, al aumentar el porcentaje de plástico en el material (en este caso, un 75%), la resistencia del material también mejora con el tiempo. A los 7 días, la resistencia es baja (23.49 kg/cm<sup>2</sup>), lo que indica que el material aún no ha alcanzado su máxima capacidad de endurecimiento. A los 14 días, la resistencia aumenta a 40.09 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una mejora sustancial en sus propiedades. Finalmente, a los 28 días, la resistencia llega a 51.15 kg/cm<sup>2</sup>, lo que muestra una mejora continua en la resistencia del material con el tiempo. El porcentaje de mejora también sigue un patrón creciente, lo que sugiere que,

aunque el material con más plástico tarda más en alcanzar su máxima resistencia, continúa fortaleciéndose a medida que se cura.

### Figura 6

*Resistencia Promedio + 50% de PET*



*Nota.* La tabla muestra los promedios de las briquetas con adición a PET, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

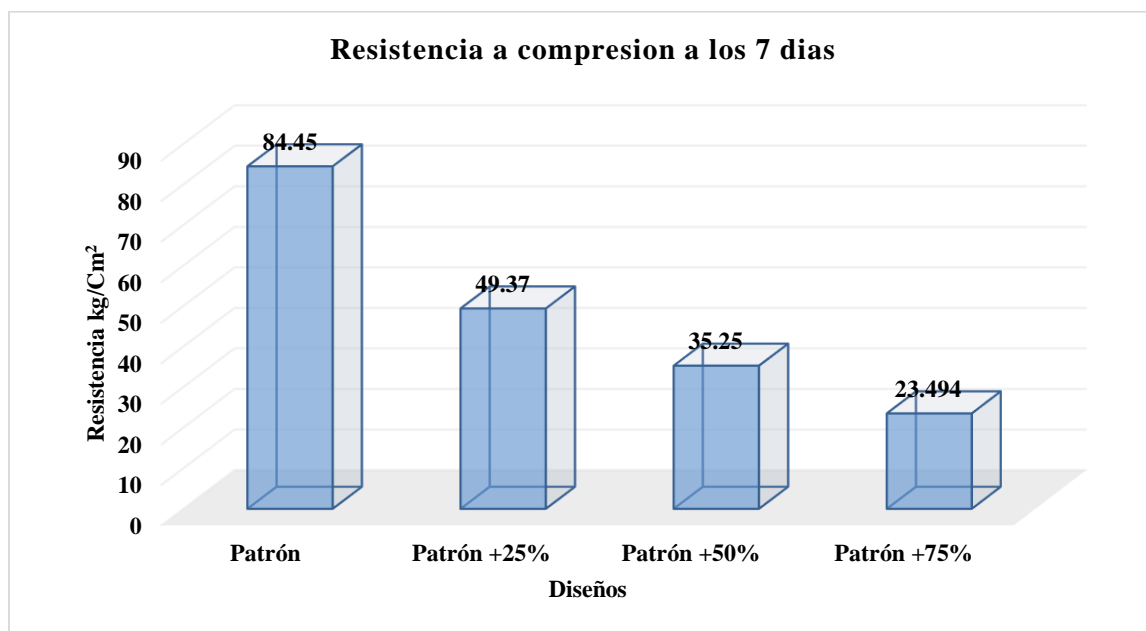
La curva de resistencia muestra un comportamiento progresivo a medida que aumenta su edad. Desde los primeros 7 días, la resistencia crece a un ritmo moderado, alcanzando 23.49 kg/cm<sup>2</sup>, pero con el paso del tiempo, a los 14 días, el material experimenta una mejora más notable, llegando a 40.09 kg/cm<sup>2</sup>. Esta tendencia se acentúa aún más a los 28 días, cuando la resistencia alcanza los 51.15 kg/cm<sup>2</sup>. Así, la curva indica que el material gana resistencia de manera acelerada a medida que envejece.

**Tabla 75***Comparación de Resistencia 7 días*

<b>N° registro</b>	<b>Elemento</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fuerza</b>	<b>Fuerza (kg)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje %</b>
<b>1</b>	Patrón	7	20492	204.93	281.44	84.45	64.96%
<b>2</b>	Patrón +25%	7	7250	8644.09	176.7	49.37	37.98%
<b>3</b>	Patrón +50%	7	6282	6228.256	176.7	35.25	27.11%
<b>4</b>	Patrón +75%	7	4229	4151.85	176.7	23.494	18.07%

*Nota.* La tabla muestra las comparaciones de las briquetas sin adición a PET. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Se observa en la tabla que, a medida que aumenta el porcentaje de plástico en el material, la resistencia disminuye. El primer registro, correspondiente al patrón, tiene la mayor resistencia de 84.45kg/cm<sup>2</sup>, con un 64.96% de mejora en comparación con el valor inicial. Sin embargo, al agregar más plástico, la resistencia se reduce progresivamente: el patrón +25% de plástico presenta una resistencia de 49.37 kg/cm<sup>2</sup>, con un 37.98% de mejora; el patrón +50% de plástico tiene una resistencia de 35.25 kg/cm<sup>2</sup>, con un 27.11% de mejora; y finalmente, el patrón +75% de plástico muestra una resistencia aún más baja de 23.49 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando solo un 18.07% de mejora. Esto sugiere que, a pesar de que todos los materiales ganan resistencia con el tiempo, el aumento de plástico en la mezcla reduce la capacidad del material para soportar cargas, lo que afecta negativamente su rendimiento.

**Figura 7***Comparación de Resistencia a los 7 días*

*Nota.* La figura muestra las barras con los resultados de la compresión de las briquetas de adición, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

**Tabla 76***Comparación de Resistencia a los 14 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón	14	26551	265.51	282.67	119.99	93.10%
2	Patrón +25%	14	11010.96	10992.96	176.7	66.79	51.38%
3	Patrón +50%	14	8896.8	8872.862	176.7	50.214	38.63%
4	Patrón +75%	14	7127.4	7083.292	176.7	40.086	30.84%

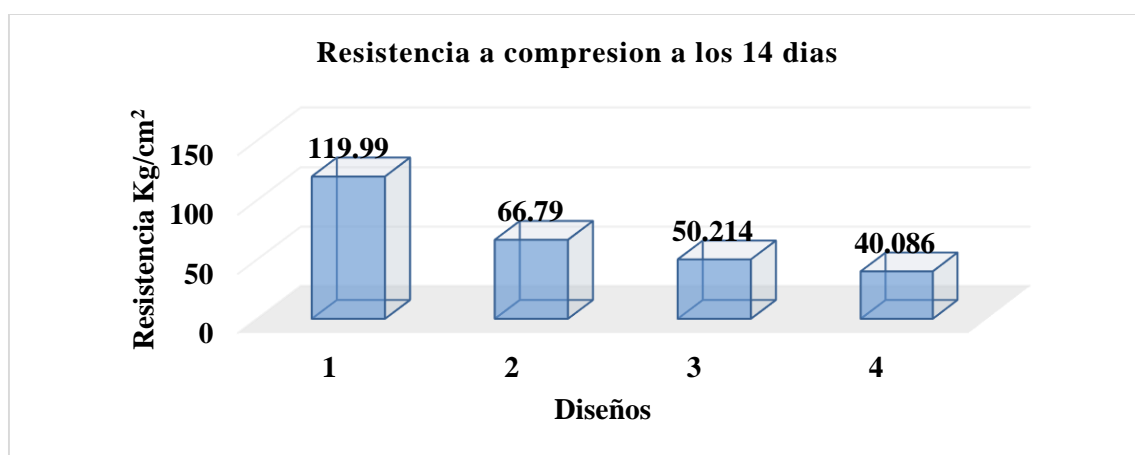
*Nota.* La tabla muestra e resumen comparativo sin adición y con edición de PET, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

Se observa en la tabla que, al igual que en los registros anteriores, el aumento en el porcentaje de plástico incorporado en el material afecto negativamente su resistencia. El primer registro, correspondiente al patrón, muestra la mayor resistencia de 119.99 kg/cm<sup>2</sup>, con un 93.10%

de mejora. En comparación, el patrón +25% de plástico presenta una resistencia de 66.79 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando solo un 51.38% de mejora. El patrón +50% de plástico tiene una resistencia de 50.21 kg/cm<sup>2</sup>, con un 38.63% de mejora, mientras que el patrón +75% de plástico muestra la resistencia más baja, de 40.09 kg/cm<sup>2</sup>, con un 30.84% de mejora. Esto confirma que, aunque todos los materiales experimentan una mejora en resistencia con el tiempo, el aumento de plástico reduce la capacidad del material para soportar cargas, afectando negativamente su rendimiento a medida que se incorpora más plástico.

**Figura 8**

*Comparación de Resistencia a los 14 días*



*Nota.* La figura muestra las barras de comparación sin adición y con adición a PET, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

**Tabla 77**

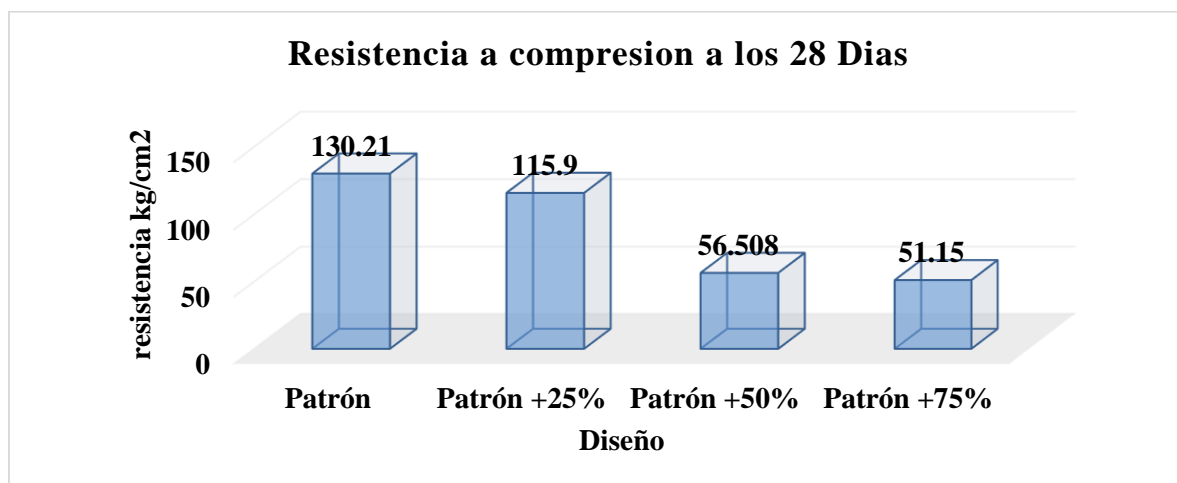
*Comparación de Resistencia a los 28 días*

N° registro	Elemento	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje %
1	Patrón	28	37000	370	285.6	130.21	100.17%
2	Patrón +25%	28	8656	8254.21	176.7	115.9	89.16%
3	Patrón +50%	28	9996.2	9984.798	176.7	56.508	43.47%
4	Patrón +75%	28	8060.2	8026.726	176.7	51.15	39.35%

*Nota.* La tabla muestra la comparación de los resultados, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023. Se observa en la tabla que, al igual que en los registros anteriores, la incorporación de más plástico al material reduce su resistencia. El primer registro, correspondiente al patrón, tiene la mayor resistencia de 130.21 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el valor base con 100% de mejora. En el caso del patrón +25% de plástico, la resistencia disminuye a 115.9 kg/cm<sup>2</sup>, con un 89.16% de mejora. El patrón +50% de plástico presenta una resistencia de 56.51 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale a solo un 43.47% de mejora, y finalmente, el patrón +75% de plástico muestra la resistencia más baja de 45.43 kg/cm<sup>2</sup>, con solo un 34.94% de mejora. Estos resultados sugieren que, a pesar de que todos los materiales experimentan un aumento en la resistencia con el tiempo, la incorporación de mayores cantidades de plástico disminuye significativamente la capacidad del material para resistir la carga aplicada, afectando su rendimiento.

**Figura 9**

*Comparación de Resistencia a los 28 días*



Nota. La figura muestra las barras de comparación sin adición y con adición a PET, para describir la resistencia obtenida. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

**Tabla 78**

*Diferencia de peso concreto patrón VS concreto con adición al 25 % PET*

Bloque patrón		Bloque con adición PET (25%)		Diferencia	
Peso natural (gr)	Peso seco (gr)	natural (gr)	seco (gr)	Peso aparente (gr)	Peso absoluto (gr)
5004.20	4901.28	4066.2	4041.50	938.86	859.78

Nota. La tabla muestra las diferencias de peso sin adición y con adición a PET. Fuente de laboratorio de suelos Saywite Apurímac SAC. realizado en abril 2023.

El análisis comparativo de la densidad del concreto patrón frente al concreto con adición del 25% de PET muestra una reducción significativa en el peso de los bloques. El bloque patrón presentó un peso natural de 5004.20 gramos y un peso seco de 4901.28 gramos, mientras que el bloque con PET alcanzó un peso natural de 4066.2 gramos y un peso seco de 4041.50 gramos. La diferencia en peso aparente fue de 938.86 gramos, y en peso absoluto de 859.78 gramos, lo que evidencia que la incorporación de PET al 25% reduce la densidad del concreto, lo que podría influir en sus propiedades estructurales y mecánicas.

## Contrastación de hipótesis

### Contrastación de hipótesis general (prueba de Anova)

**Ho:** La incorporación de PET reciclado no decrementa la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

**H1:** La incorporación de PET reciclado decrementa la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

### Tabla 79

*Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre el decremento de la densidad unitaria de peso de los ladrillos king kong*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	69.697	3	10.895	12.565	0.000
Dentro de grupos	14.255	6	2.356		
Total	83.952	9			

*Nota.* La presente tabla muestra resultados de varianza sobre el decremento de la densidad de peso de los ladrillos de concreto. Fuente obtenidos del software estadístico SPSS V.26

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 76 examina la influencia de distintos tratamientos en el decremento de la densidad unitaria de peso de los ladrillos king kong. Los resultados evidencian una suma de cuadrados entre grupos de 69.697, con tres grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 10.895. El estadístico F obtenido es 12.565, con un valor de significancia (Sig.) de 0.000, lo que indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados.

Por otro lado, la variabilidad dentro de los grupos se refleja en una suma de cuadrados de 14.255, con seis grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 2.356. La variabilidad total de los datos asciende a 83.952, con nueve grados de libertad (gl).

Dado que el valor de significancia es inferior al umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula,

lo que confirma que las modificaciones en la composición del ladrillo han generado un efecto significativo en su densidad unitaria de peso. Este resultado sugiere que la incorporación de PET reciclado ha influido en la reducción de la densidad del material, lo que podría mejorar su eficiencia estructural y su facilidad de manipulación sin comprometer su desempeño mecánico, donde se llegó a la conclusión que La incorporación de PET reciclado decrementa la densidad unitaria de peso del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

### **Contrastación de hipótesis específica 1 (prueba de Anova)**

**Ho:** La incorporación de PET reciclado no influye en las propiedades físicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

**H1:** La incorporación de PET reciclado influye en las propiedades físicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

### **Tabla 80**

*Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades físicas los ladrillos king kong*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	71.123	3	10.567	8.368	0.0321
Dentro de grupos	14.325	6	9.2668		
Total	85.448	9			

*Nota.* La presente tabla muestra resultados de varianza sobre el decremento de la densidad de peso de los ladrillos de concreto. Fuente obtenidos del software estadístico SPSS V.26

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 77 evalúa la influencia de distintos tratamientos sobre las propiedades físicas de los ladrillos king kong. Los resultados indican una suma de cuadrados entre grupos de 71.123, con tres grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 10.567. El estadístico F obtenido es 8.368, con un valor de significancia (Sig.) de 0.0321, lo que indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas

entre los grupos evaluados.

Dado que el valor de significancia es inferior al umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que las modificaciones en la composición del ladrillo han generado un efecto significativo en sus propiedades físicas. Estos resultados sugieren que la incorporación de PET reciclado ha impactado aspectos clave como la densidad, la absorción de agua y la estabilidad dimensional del material. Donde se llegó a la conclusión de La incorporación de PET reciclado influye en las propiedades físicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

### **Contrastación de hipótesis específica 2 (prueba de Anova)**

**H<sub>0</sub>:** La incorporación de PET reciclado no influye en las propiedades Mecánicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

**H<sub>1</sub>:** La incorporación de PET reciclado influye en las propiedades Mecánicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022.

### **Tabla 81**

*Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades mecánicas de los ladrillos king kong*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	73.895	3	11.591	10.587	0.008
Dentro de grupos	12.698	6	3.895		
Total	86.593	9			

*Nota.* La presente tabla muestra resultados de varianza sobre el decremento de la densidad de peso de los ladrillos de concreto. Fuente obtenidos del software estadístico SPSS V.26

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 78 examina la influencia de distintos tratamientos sobre las propiedades mecánicas de los ladrillos king kong. Los resultados muestran una suma de cuadrados entre grupos de 73.895, con tres grados de

libertad (gl) y una media cuadrática de 11.591. El estadístico F obtenido es 10.587, con un valor de significancia (Sig.) de 0.008, lo que indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados.

Por otro lado, la variabilidad dentro de los grupos se refleja en una suma de cuadrados de 12.698, con seis grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 3.895. La variabilidad total de los datos asciende a 86.593, con nueve grados de libertad (gl).

Dado que el valor de significancia es inferior al umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que las modificaciones en la composición del ladrillo han generado un efecto significativo en sus propiedades mecánicas. Estos resultados sugieren que la incorporación de PET reciclado ha impactado aspectos clave como la resistencia mecánica, el módulo de elasticidad y la capacidad de carga del material. Donde se concluyó que la incorporación de PET reciclado influye en las propiedades Mecánicas del ladrillo king kong de concreto en la ciudad de Abancay 2022

## **5.2. Discusión**

En el ámbito de la indagación sobre materiales de edificación sustentables, diversas investigaciones han abordado el uso de residuos plásticos en la fabricación de bloques y hormigones. A partir de una comparación detallada, es posible establecer relaciones entre los hallazgos previos y los hallazgos de esta indagación, considerando tanto las similitudes como las diferencias en términos de resistencia, costos y viabilidad estructural.

En primer lugar, Villalta et al. (2023) diseñaron un bloque alivianado con poliestireno expandido, PET y vermiculita con el propósito de evaluar su costo-beneficio. A través de un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, analizaron 45 bloques, encontrando que una composición con 20% de PET y otros aditivos alcanzó un módulo de ruptura de 9.57 MPa a los 28 días, con costos un 33% superiores a los bloques tradicionales. Sus conclusiones destacan que una dosificación adecuada permite cumplir con la normativa vigente. En

contraste con esta indagación, se observa que la incorporación de PET influye directamente en el  $f^c$  en función de su porcentaje. Asimismo, Villalta et al. (2023) identificaron que una proporción controlada optimiza las propiedades mecánicas sin comprometer la viabilidad estructural. No obstante, el  $f^c$  obtenida en esta indagación es menor en valores absolutos, lo que sugiere que factores como la composición del material y su granulometría inciden significativamente en el desempeño mecánico. A pesar de estas diferencias, ambos estudios coinciden en que una dosificación controlada permite mantener la calidad estructural y mejorar la eficiencia en costos.

Por otro lado, Carreño (2020) analizó el uso de PET reciclado en hormigones en Chile, aplicando un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Sus hallazgos revelaron que el  $f^c$  se redujo en un 45% en función de la cantidad de PET incorporado, mientras que la resistencia a la flexión se incrementó en un 85.5%. Concluyó que una sustitución de hasta el 20% de PET es viable bajo ciertas condiciones. En relación con esta indagación, también se evidencia una disminución en el  $f^c$  con el aumento del contenido de PET. Sin embargo, a diferencia del estudio de Carreño (2020), la resistencia a flexión en esta indagación no muestra una mejora tan significativa. A pesar de estas diferencias, ambos estudios subrayan que el porcentaje de PET incorporado es un factor determinante en las propiedades mecánicas del material y que una proporción controlada puede mejorar ciertos aspectos estructurales, mientras que un exceso reduce la cohesión interna.

De manera similar, Gareca et al. (2020) evaluaron ladrillos ecológicos con residuos inorgánicos mediante un diseño experimental que incluyó 78 probetas. Los resultados indicaron una reducción del peso del 3.64% con la incorporación de un 3.5% de PET y un  $f^c$  de 128.10 kg/cm<sup>2</sup>. Sus conclusiones establecen que los ladrillos con residuos cumplen con las normas de calidad y reducen costos. En comparación con el presente estudio, la inclusión de PET también condujo a una reducción del peso de los materiales, lo que sugiere

una tendencia consistente en la literatura. No obstante, el  $f_c$  obtenido en este estudio fue inferior a la reportada por Gareca et al. (2020), lo que indica que otros factores, como el tipo de agregados empleados, pueden influir en el desempeño mecánico. A pesar de ello, ambos estudios concluyen que la aplicación de PET es viable y puede ayudar a una mejora en la edificación.

Por su parte, Infante y Valderrama (2019) evaluaron bloques de hormigón con diferentes proporciones de PET (5%, 10%, 15% y 20%) en un diseño experimental. Sus hallazgos mostraron una reducción del 20% en la resistencia a flexión y del 13% en la resistencia a compresión, concluyendo que la adición de un 10% de PET mantiene propiedades mecánicas aceptables. En esta indagación, se confirma la tendencia de disminución de la resistencia con el aumento del contenido de PET, similar a lo reportado por Infante y Valderrama (2019). Sin embargo, este estudio ha considerado otros factores como el tamaño de partícula del PET y su impacto en la trabajabilidad del material, lo que podría explicar ciertas variaciones en los resultados obtenidos.

Finalmente, Piñeros y Herrera (2018) analizaron bloques de mampostería con plástico reciclado mediante un diseño experimental que incorporó hasta un 80% de PET. Sus resultados indicaron que hasta un 25% de PET mantiene la resistencia estructural, mientras que mayores proporciones reducen significativamente la cohesión del material. Concluyeron que una dosificación del 25% es la óptima para garantizar propiedades mecánicas adecuadas. En relación con esta indagación, ambas indagaciones coinciden en que una proporción moderada de PET puede mantener las propiedades mecánicas dentro de rangos aceptables. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que valores superiores al 20% afectan considerablemente el  $f_c$ , lo que refuerza las conclusiones de Piñeros y Herrera (2018) sobre la importancia de un control riguroso en la dosificación.

En síntesis, la comparación de los antecedentes revisados con los hallazgos manifestados en esta indagación permite identificar patrones comunes en cuanto a la influencia del PET en la resistencia y en la viabilidad estructural de los materiales. Si bien existen diferencias en los valores absolutos de resistencia y en la mejora de ciertas propiedades, todos los estudios coinciden en que una dosificación controlada de PET es clave para optimizar el desempeño mecánico del material sin comprometer su aplicabilidad en la construcción sustentable. La comparación continuará con los antecedentes nacionales, evaluando sus diferencias y similitudes con los hallazgos manifestados en esta indagación.

En comparación con los antecedentes nacionales tenemos En primer lugar, **Villalta et al. (2023) diseñaron** un bloque alivianado con poliestireno expandido, PET y vermiculita con el propósito de evaluar su costo-beneficio. A través de un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, analizaron 45 bloques, encontrando que una composición con 20% de PET y otros aditivos alcanzó un módulo de ruptura de 9.57 MPa a los 28 días, con costos un 33% superiores a los bloques tradicionales. Sus conclusiones destacan que una dosificación adecuada permite cumplir con la normativa vigente. En contraste de esta indagación, se observa que la incorporación de PET influye directamente en el  $f'c$  en función de su porcentaje. Asimismo, Villalta et al. (2023) identificaron que una proporción controlada optimiza las propiedades mecánicas sin comprometer la viabilidad estructural. No obstante, el  $f'c$  obtenido en esta indagación es menor en valores absolutos, lo que sugiere que factores como la composición del material y su granulometría inciden significativamente en el desempeño mecánico. A pesar de estas diferencias, ambos estudios coinciden en que una dosificación controlada permite mantener la calidad estructural y mejorar la eficiencia en costos.

Por otro lado, Carreño (2020) analizó el uso de PET reciclado en hormigones en Chile, aplicando un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Sus hallazgos revelaron

que la resistencia a la compresión se redujo en un 45% en función de la cantidad de PET incorporado, mientras que la resistencia a la flexión se incrementó en un 85.5%. Concluyó que una sustitución de hasta el 20% de PET es viable bajo ciertas condiciones. En relación con la presente investigación, también se evidencia una disminución en el  $f^c$  con el aumento del contenido de PET. Sin embargo, a diferencia del estudio de Carreño (2020), la resistencia a flexión en esta indagación no muestra una mejora tan significativa. A pesar de estas diferencias, ambos estudios subrayan que el porcentaje de PET incorporado es un factor determinante en las propiedades mecánicas del material y que una proporción controlada puede mejorar ciertos aspectos estructurales, mientras que un exceso reduce la cohesión interna.

De manera similar, Gareca et al. (2020) evaluaron ladrillos ecológicos con residuos inorgánicos mediante un diseño experimental que incluyó 78 probetas. Los resultados indicaron una reducción del peso del 3.64% con la incorporación de un 3.5% de PET y un  $f^c$  de 128.10 kg/cm<sup>2</sup>. Sus conclusiones establecen que los ladrillos con residuos cumplen con las normas de calidad y reducen costos. En contraste con esta indagación, la inclusión de PET también condujo a una reducción del peso de los materiales, lo que sugiere una tendencia consistente en la literatura. No obstante, el  $f^c$  obtenido en este estudio fue inferior a la reportada por Gareca et al. (2020), lo que indica que otros factores, como el tipo de agregados empleados, pueden influir en el desempeño mecánico. A pesar de ello, ambos estudios concluyen que la aplicación de PET es viable y puede ayudar a una mejora en la edificación.

Por su parte, Infante y Valderrama (2019) evaluaron bloques de hormigón con diferentes proporciones de PET (5%, 10%, 15% y 20%) en un diseño experimental. Sus hallazgos mostraron una reducción del 20% en la resistencia a flexión y del 13% en la resistencia a compresión, concluyendo que la adición de un 10% de PET mantiene

propiedades mecánicas aceptables. En esta indagación, se confirma la tendencia de disminución de la resistencia con el aumento del contenido de PET, similar a lo reportado por Infante y Valderrama (2019). Sin embargo, este estudio ha considerado otros factores como el tamaño de partícula del PET y su impacto en la trabajabilidad del material, lo que podría explicar ciertas variaciones en los resultados obtenidos.

Finalmente, Piñeros y Herrera (2018) analizaron bloques de mampostería con plástico reciclado mediante un diseño experimental que incorporó hasta un 80% de PET. Sus resultados indicaron que hasta un 25% de PET mantiene la resistencia estructural, mientras que mayores proporciones reducen significativamente la cohesión del material. Concluyeron que una dosificación del 25% es la óptima para garantizar propiedades mecánicas adecuadas. En relación con esta indagación, ambas indagaciones coinciden en que una proporción moderada de PET puede mantener las propiedades mecánicas dentro de rangos aceptables. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que valores superiores al 20% afectan considerablemente el  $f'_c$ , lo que refuerza las conclusiones de Piñeros y Herrera (2018) sobre la importancia de un control riguroso en la dosificación.

En cuanto a los antecedentes nacionales, Ruiz (2023) determinó que la adición de 1.5% de PET optimizó el  $f'_c$  en bloques de concreto para muros no portantes, alcanzando 158.14 kg/cm<sup>2</sup> y cumpliendo con la norma E.070. En comparación, la presente investigación ha obtenido valores similares con porcentajes ligeramente distintos, lo que sugiere que la granulometría del agregado influye en la resistencia final.

Asimismo, Benavidez (2022) analizó ladrillos sólidos con PET y cal, encontrando una resistencia óptima de 188.75 kg/cm<sup>2</sup> con un 9% de PET y cal. En la presente investigación, valores comparables se lograron con diferentes proporciones de PET, indicando que la combinación de aditivos puede mejorar la eficiencia del material.

Finalmente, Pérez (2021) y Cruz y Leiva (2021) también analizaron la adición de PET en bloques de concreto, encontrando valores óptimos de resistencia en ciertos porcentajes. La presente investigación complementa estos hallazgos al evaluar la distribución granulométrica y su impacto en la resistencia final, proporcionando una visión más detallada del comportamiento del material.

## VI. Conclusiones

1 La incorporación de PET reciclado en los ladrillos king kong de concreto reduce significativamente su peso en comparación con la muestra patrón. La contrastación entre el patrón y con un 25% de adición de PET revela una disminución notable en el peso del material, tanto en su estado natural como seco. El bloque con PET presenta una reducción de 938.86 gramos en peso aparente y 859.78 gramos en peso absoluto en relación con el bloque patrón, lo que sugiere que la incorporación de PET reduce la densidad del concreto. Esta reducción puede ser beneficiosa para aplicaciones que requieran materiales más livianos; sin embargo, afecta esta modificación a la resistencia mecánica y durabilidad del concreto.

2 La adición de PET reciclado afecta la absorción de agua y la estabilidad dimensional del ladrillo. En contraste con el patrón, que presentó una absorción de 3.27%, los ladrillos con 25% de PET registraron un valor ligeramente superior de 3.46%, indicando una mayor retención de humedad. En términos de dimensiones, la muestra patrón presentó un largo promedio de 23.78 cm, un ancho de 11.83 cm y una altura de 98.45 mm, mientras que los ladrillos con PET mostraron valores muy similares, con un largo de 23.83 cm, ancho de 11.82 cm y altura de 98.45 mm, evidenciando que la variabilidad dimensional es mínima. Estos resultados indican que la adición de PET no altera significativamente las dimensiones del ladrillo y se mantiene dentro de los parámetros aceptables para su uso en construcción .

3 El  $f'c$  de los ladrillos con PET reciclado es inferior a la de la muestra patrón en las primeras etapas, pero mejora progresivamente con el tiempo. A los 7 días, la muestra patrón presentó una resistencia de 72.79 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los ladrillos con 25% de PET alcanzaron 48.92 kg/cm<sup>2</sup> y los de 50% de PET, 41.60 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa una reducción del 32.8% y 42.9%, respectivamente. Sin embargo, a los 28 días, la resistencia

de la muestra patrón fue de 129.55 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los ladrillos con 25% de PET alcanzaron 103.31 kg/cm<sup>2</sup> (79.47% de la resistencia patrón) y los de 50% de PET llegaron a 98.11 kg/cm<sup>2</sup> (75.47% de la resistencia patrón). Estos resultados sugieren que, aunque la resistencia inicial disminuye con la incorporación de PET, el material presenta un endurecimiento progresivo, lo que lo hace viable para aplicaciones estructurales que no requieran alta resistencia a compresión.

## VII. Recomendaciones

1. Se recomienda promover el uso de PET reciclado en la fabricación de ladrillos king kong de concreto para reducir el peso de los elementos constructivos sin comprometer su estabilidad dimensional. Esta reducción en el peso, que alcanza hasta un 8.5%, contribuye a la disminución de cargas estructurales y facilita su manipulación en obra. No obstante, es fundamental establecer criterios de dosificación adecuados que permitan mantener la resistencia y durabilidad del material, asegurando su viabilidad en aplicaciones constructivas.

2. Dado que la incorporación de PET reciclado no altera significativamente las dimensiones del ladrillo, se recomienda su uso como alternativa sostenible en el negocio constructor. Sin embargo, debido al ligero incremento en la absorción de agua (de 3.27% en la muestra patrón a 3.46% en los ladrillos con 25% de PET), es conveniente realizar estudios adicionales para evaluar su comportamiento en condiciones de alta humedad. Asimismo, se sugiere optimizar la dosificación y compactación del material para minimizar los efectos de la absorción y garantizar su desempeño en entornos húmedos o expuestos a la intemperie.

3. La reducción inicial en el  $f'c$  de los ladrillos con PET reciclado sugiere la necesidad de considerar este material en aplicaciones no estructurales o de carga moderada. Dado que la resistencia mejora con el tiempo, alcanzando hasta el 79.47% de la resistencia de la muestra patrón a los 28 días, se recomienda evaluar su aplicación en muros de cerramiento, particiones interiores y elementos secundarios dentro de edificaciones. Además, se sugiere continuar con investigaciones enfocadas en mejorar la adherencia entre el PET y la matriz cementicia, con el fin de optimizar la resistencia mecánica sin afectar los beneficios en términos de peso y sostenibilidad.

## VII. Referencia

- Acevedo, J., Posada, F. (2018). Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, (Vol. 18). ISSN: 2248-4094. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n34/1692-3324-rium-18-34-45.pdf>
- Ahmadi, M., Kioumars, M. (2023). Predicting the elastic modulus of normal and high strength concretes using hybrid ANN-PSO. (marzo 2023), *Materialstoday: Proceedings*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.178>
- Agip, Z., Bustamante, D. (2022). *Influencia del uso de fibras PET recicladas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico f'c 210 kg/cm2*, Chiclayo 2022. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad Cesar Vallejo, 2022. Repositorio institucional de la universidad de Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/94379>
- Aïtcin, P. (2016). Portland cement. P. C. Aïtcin and R. Flatt. (2016). *Science & Technology of Concrete Admixtures*. s.l.: Woodhead Publishing, <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rtlxCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=A%C3%AFtcin,+P.+C.+2016.+Portland+cement.+%5Bbook+auth.%5D+P.+C.+A%C3%AFtcin+and+R.+Flatt.+Science+and+Technology+of+Concrete+Admixtures&ots=FMGcQKxwse&sig=jOfCVAKlo2d1IA4dcXBGtP550G0#v=onepage&q&f=false>
- Álvarez, M., Ortiz, T. (2020). *Proyecto de investigación Bloques PET como alternativa de material para la construcción*. Cundinamarca: Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO, 2020. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], UNIMINUTO

Repositorio institucional UNIMINUTO.

<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/12059>

Bailón, E. Huatuco, C. (2021). *Uso de plástico PET como agregado en la fabricación de unidades de albañilería ecológica para la construcción de muros de cerramiento en el sector Cooperativa Santa Isabel, distrito de Huancayo, al 2021*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad Continental, 2021.

Repositorio institucional Huancayo: Universidad Continental, 2021.

<https://hdl.handle.net/20.500.12394/10451>

Benavidez, R. (2022). *Evaluación del ladrillo sólido de concreto adicionando cal hidratada y plástico PET reciclado*, [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad Nacional Autónoma de Chota, 2022].

Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/365>

Bertolotti, B., et al. (2005). Poliéster y reciclaje químico del Poli tereftalato de etileno, junio 2005, *Revista de QUÍMICA*, (Vol. 19, pp. 13-20).

<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/18726>

Caro, R. et al. (2017). Proceso de conversión de residuos plásticos en combustible. 2, 2017, Jóvenes en la Ciencia. *Revista de divulgación científica*, (Vol. 3, pp. 2388-2392).

<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1978>

Caballero, M., Flores, L., Álvarez, C. (2017). *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietilen-Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción*. s.l.: [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], universidad de Cartagena, 2017. Repositorio institucional. Doi:

<http://dx.doi.org/10.57799/11227/7902>

- Cabarcas, C., Colpas, M. (2020). *Evaluación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto estructural ecológico con fibras PET propuesto conforme a la Norma NSR-10*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad de la Costa-CUC, 2020. Repositorio institucional cuc. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7835?locale-attribute=en>
- Camacho, A. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto con reemplazo de vidrio por agregado fino y fluorita por agregado grueso en diferentes porcentajes, Cajamarca 2017*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad Privada del Norte, 2019. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11537/21256>
- Carreño, C. (2020). *Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad de Chile, 2020. Repositorio institucional <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177847>
- Condori, S. Navarrete, H. (2022). *Diseño de un prototipo de ladrillo a base de PET y Jara ichu para construcción termoaislantes en asentamientos humanos de Lima*, [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Científica del Sur, 2022. Tesis. Doi: Repositorio institucional <https://doi.org/10.21142/tl.2022.2615>
- Cruz, O., Leiva, G. (2021). *Uso del tereftalato de polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería, Jaén 2020*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil], Universidad Nacional de Jaén, 2021. Repositorio institucional. [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/405/1/Cruz\\_ONK\\_Leiva\\_GRL.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/405/1/Cruz_ONK_Leiva_GRL.pdf)

- Dirección de Normalización-INACAL. 2016. *pdfcoffee.com*. [En línea institucional] diciembre 2016. <https://pdfcoffee.com/399601-2-pdf-free.html>.
- Echevarría, G. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1501>
- Fadini, N., et al. (2021). A review on the evolution of Portland cement and chemical admixture in Brazil. 6, 2021, *IBRACON*, (Vol. 14. ISSN: 1938-4195). Doi: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952021000600003>
- Flores, F. Ochoa, T. (2019). *Evaluación comparativa de un prototipo de ladrillo macizo de cemento sustituyendo el agregado fino por PET respecto a un ladrillo artesanal, Cusco-2018*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Andina del Cusco, 2019. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2863>
- García, R., Vigo, R. (2019). *Revisión sistemática sobre la utilización de plástico reciclado (PET) en la elaboración de ladrillo de concreto armado*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2019. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11537/15028>
- Gareca, M., et al. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. 21, 2020, *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, (Vol. 18, pp. 25-61). <http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v18n21/v18n21a03.pdf>
- Gutiérrez, L., Tamayo, G., Barajas, A. (2022). Reciclaje de botellas de pet para manufactura aditiva. 29, 2022, *Investigación y Ciencia Aplicada a la Ingeniería (INCAING)*, (Vol. 5, pp. 88-96.) ISSN: 2448-9131. <http://ojs.incaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/96>

- Guadalupe, H. (2019). *Diseño de ladrillo artesanal con cidrio triturado y puzolana para mejorar sus propiedades físico-mecánicas*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Peruana los Andes, 2019.  
Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/796>
- Harrison, T., Roderick, J., Lawrence, D. (2019). The production of low energy cements. [book auth.] P. C. Hewlett and M. Liska. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete. quinta*. 2019, (pp. 341-361). Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100773-0.00008-3>
- Huamani, M., Solis, G. (2020). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, Arequipa 2020*. s.l.: [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Continental, 2020. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8087>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). *Datos del plástico*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1205/mapas/mapa03.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1205/mapas/mapa03.pdf).
- Infante, A., Valderrama, U. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información tecnológica* 5, 2019, (Vol. 30. ISSN 0718-0764). doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500025>
- Kalra, M., Mehmood, G. (2018). A Review paper on the Effect of different types of coarse aggregate on Concrete. 8, 2018, *Materials Science and Engineering*, (Vol. 431. Doi): <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/431/8/082001>

- Kong, F., Mostofizadeh, S. (2021). A Mini Review on Properties of Portland Cement Concrete with Geopolymer Materials as Partial or Entire Replacement. 2, 2021, *Infrastructures*, (Vol. 6). Doi: <https://doi.org/10.3390/infrastructures6020026>
- Krishnamoorthy, M., et al. (2017). Durability studies on Polyethylene Terephthalate (PET) fibre reinforced concrete. 10, octubre 2017, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, (Vol. 8, pp. 634-640). ISSN: 0976-6316. <http://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=8&IType=10>
- Leguía, R. (2022). *Influencia de la dosificación del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de bloquetas de concreto en el distrito y provincia de Abancay-Apurímac, 2021*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Tecnológica de los Andes, 2022. Repositorio institucional. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/477>
- León, P. (2021). *Efecto de la implementación de aditivos en la resistencia de concreto de alto desempeño*. s.l.: [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021. Repositorio institucional. [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/8715/Efecto\\_implementacion\\_aditivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/8715/Efecto_implementacion_aditivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lizcano, R., Guerrero, C. (2020). *Análisis del tereftalato de polietileno (plástico PET) en tuberías hidráulicas domésticas bajo diverso régimen de flujo*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad de la Costa, 2020. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11323/8472>
- Llamccaya, H. (2018). *Evaluación de las viviendas autoconstruidas para determinar la vulnerabilidad sísmica en la urbanización Patibamba Baja – Abancay – Apurímac - 2018*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2018. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34668>

- López, L. (2022). *Diseño y análisis de un ladrillo estructural ecológico de arcilla aserrín y goma sin cocción, como alternativa constructiva-Pucallpa*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2022. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/102617>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones. *Propuesta de Norma E.070 Albañilería*. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>
- Moncaleano, A., Jaramillo, C. (2016). *Uso de diferente agregados finos y agregados gruesos y fibras en el concreto*. Bogotá: [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad de La Salle, 2016. I Repositorio institucional. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1091&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1091&context=ing_civil)
- Mohanta, N. , Murmu, M. (2022). Alternative coarse aggregate for sustainable and eco-friendly concrete - A review. 1, 2022, *Journal of Building Engineering*, (Vol. 59. Doi): <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105079>
- Muñoz, C., Chalaco, V.,Areche, G. (2021). Descripción del comportamiento de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) *extruido*. 4, 2021, *Polo del Conocimiento*, (Vol. 6, pp. 295-314). ISSN: 2550-682X. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926974>
- Municipalidad Provincial de Abancay. (2012). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Abancay 2012-2021*. (s.n., 2012). Plan técnico. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3620>
- Narvaez, S., Manrique, H. (2021). *Formulación de una propuesta de gestión de residuos de poliestireno expandido Caso de estudio Empresa dedicada a la importación de alimentos*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad de La

Salle, 2021. Repositorio institucional.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2923&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2923&context=ing_ambiental_sanitaria).

National Ready Mixed Concrete Association. (2017). *concretesupplyco.com*. 2017.  
<https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>.

Nayhua, Q. 2022. *Influencia de la incorporación de cenizas de Queñual y Chachacomo en las propiedades de muros de ladrillos artesanales, Cusco-2022*[Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2022. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/111376>

Nones, F. (2019). *Gestión y técnicas de reciclaje polimérico: Estudio del escenario actual, aplicaciones y nuevas tendencias* [Tesis para la obtención de título de maestría] Universidad Politécnica de Catalunya, 2019. Repositorio institucional.  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/173625/Mem%C3%B2ria\\_NonesClaudio%20Ernesto.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/173625/Mem%C3%B2ria_NonesClaudio%20Ernesto.pdf?sequence=1)

Núñez, E. (2018). *Mejoramiento de la resistencia a la compresión del bloque de concreto incorporando ceniza de arroz y cachaza. Chilayo 2018*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2018. Repositorio institucional.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/27511>

Núñez, R. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2019. Repositorio institucional.  
<https://hdl.handle.net/11537/14775>

Ordoñez, A., et al. (2023). Pirólisis del tereftalato de polietileno y poliestireno para la síntesis de nanoestructuras de carbono: una revisión bibliométrica. 2, 2023, *Revista UIS*

- Ingenierías*, (Vol. 22, pp. 29-42). ISSN en línea: 2145 – 8456. doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v22n2-2023003>
- Ojeda, J., Mercante, I., Fajardo, N. (2020). Diseño y ensayo de fibras plásticas recicladas para refuerzo de mortero. 1, s.l.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2020, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, (Vol. 36, pp. 55-62). doi: <https://doi.org/10.20937/rica.2020.36.53423>
- Pampilla, C., et al. (2022). Procesador de datos para estimar la composición del crudo en la dosificación de materias primas para la elaboración de cemento. 1, *Lima: s.n., enero-junio 2022, Industrial Data*, (Vol. 25. ISSN 1810-9993). Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v25i1.19686>
- Pérez, C. (2021). *Influencia del plástico PET en las propiedades de ladrillos de concreto ecológicos para viviendas unifamiliares, Carabayllo-2021*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2021. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85019>
- Pérez, V. (2019). *Diseño de ladrillo king kong tipo 14 con polietileno tereftalato para albañilería confinada, Tarapoto-2018*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2019. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39517>
- Piñeros, M., Herrera, M., (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Católica de Colombia, 2018. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/10983/22382>
- Pineda J., Estévez, R. Daza, R. (2014). Estimación del Módulo de Elasticidad (E) en una secuencia de Arcillas Blandas Lacustres de la Ciudad de Bogotá (Colombia).

- Guayaquil: s.n., 2014. *12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. (pp. 22-24). <http://hdl.handle.net/11634/22355>
- Puentes, C. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia*. s.l.: [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Autónoma de Sinaloa, 2021. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11323/8235>
- Ramírez, A. (2022). Reciclaje de tereftalato de polietileno. 14, Sucre: s.n., 2022, *Ingeniería y sus alcances*, (Vol. 6, pp. 47-63). ISSN-L:2664-8245. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v6i14.90>
- Román, R. (2021). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo king kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo-2021*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2021. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/79184>
- Reyes, A. (2022). 5S para el acopio y reciclaje del PET en instalaciones públicas y privadas en México. 4, julio-agosto 2022, *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, (Vol. 6. ISSN: 2707-2215). doi: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2771](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2771)
- Rodríguez, R., et al. (2017). Factibilidad de uso del PET reciclado en elementos de cubiertas y envolventes. 2, San José : s.n., 2017, *Ingeniería*, (Vol. 27, pp. 40-55). ISSN: 2215-2652. <https://www.redalyc.org/pdf/441/44170539004.pdf>
- Ruiz, R. (2023). *Influencia del tereftalato de polietileno (PET) en las propiedades del bloque de concreto para muros no portantes Trujillo 2023*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2023. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/127125>

- Saucedo, R. , Atoche, Z., Muñoz, P., (2021). Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: revisión de la literatura. 2, 2021, in *Avances: Investigación en Ingeniería*, (Vol. 18). doi: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6942>
- Sáenz, D. ,Valle, B. (2021). Estudio comparativo sobre el comportamiento mecánico del concreto con fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclado y concreto con fibra de acero. 5, septiembre 2021, *Dominio de las Ciencias*, (Vol. 7. ISSN: 2477-8818). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383807>
- San martín, R., Zhigue, L., Alaña, C. (2017). El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. 1, enero-marzo 2017, *Revista Universidad y Sociedad*, (Vol. 9. ISSN: 2218-3620). <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>
- Sanjuán, M., Menéndez, E. , Recino, H. (2022). Mechanical Performance of Portland Cement, Coarse Silica Fume, and Limestone (PC-SF-LS) Ternary Portland Cements. 8, 2022, *Materials*, (Vol. 15). doi: <https://doi.org/10.3390/ma15082933>
- Segura, T., et al. (2022). Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. 1, 2022, (Vol. 14, pp. 179-192. ISSN 2218-3620). <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n1/2218-3620-rus-14-01-179.pdf>
- Singh, G., et al. (2016). A Review Article on Manufacturing Process of Cement, Environmental Attributes, Topography and Climatological Data Station: IMD, Sidhi M.P. 4, 2016, *Journal of Medicinal Plants Studies*, (Vol. 4, pp. 47-53). [https://www.researchgate.net/publication/328698368\\_A\\_Review\\_Article\\_on\\_Manufacturing\\_Process\\_of\\_Cement\\_Environmental\\_Attributes\\_Topography\\_and\\_Climatological\\_Data\\_Station\\_IMD\\_Sidhi\\_MP](https://www.researchgate.net/publication/328698368_A_Review_Article_on_Manufacturing_Process_of_Cement_Environmental_Attributes_Topography_and_Climatological_Data_Station_IMD_Sidhi_MP)
- Solorzano, P., Zambrano, G., Guerra, M. (2024). Carcaterísticas de dos agregados finos que influyen en la resistividad del hormigón. 1, enero 2024, *Polo del Conocimiento*, (Vol.

9, pp. 1813-1829). ISSN: 2550-682X.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9281990>

Torres, M., Vallejos, C., Sierra, M. (2018). Alternativa producción de material reciclado PET en la ciudad de Ibarra, Ecuador. *diciembre 2018, Uniandes Episteme*, (Vol. 5, pp. 489-499).

<https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/1499>

Velásquez, V. (2021). *Bloques de concreto sustentables a partir de la utilización de material de reciclaje (PET)*. s.l.: [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cooperativa de Colombia, 2021]. Informe de investigación.

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/314984df-3ee2-471a-982c-f55608150341/content>

Villalta, G., Gonzáles, T., Valero, F. (2023). Diseño de un bloque alivianado utilizando poliestireno expandido, PET, vermiculita como agregados. 3, *Guayaquil : s.n., 2023, Digital Publisher CEIT*, (Vol. 8, pp. 383-394. ISSN-e 2588-0705). doi:

<https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1708>

Zamora, C., et al. (2021). Sustainable Development of Concrete through Aggregates and Innovative Materials: A Review. 2, 2021, *Applied Sciences*, (Vol. 11). doi:

<https://doi.org/10.3390/app11020629>