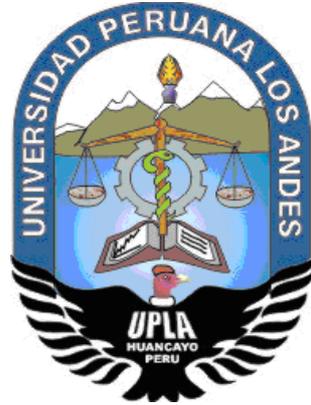


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**TESIS**

**INCORPORACION DEL POLIETILENO  
TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS  
PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS EN LAS  
UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO**

PRESENTADO POR:

**Bach. SEDANO CHUPURGO, Mabely**

Línea de Investigación Institucional:

**NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

**M SC. TÍBER JOEL CANO CAMAYO**  
Asesor metodológico

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
Asesor temático

## **DEDICATORIA:**

Al motor de mi vida, mis padres (Felipe y Norma) y mis hermanos, lo más importante que tengo, a quienes amo demasiado, que día a día me brindaron apoyo incondicional y me dieron fuerzas para luchar y conseguir mis metas, a mis sobrinos, cuñados(as) que son parte de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por haberme acompañado en cada momento de mi vida, por haberme guiado y bendecido.

A mis asesores y amigos, por su apoyo, orientación y por haber compartido sus conocimientos con mi persona, de esta manera poder desarrollar y culminar la presente tesis.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**

Presidente

---

**ING. JULIO BUYU NAKANDAKARE SANTANA**

Jurado Revisor

---

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

Jurado Revisor

---

**ING. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES**

Jurado Revisor

---

**Mg. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**

Secretario Docente

## INDICE

DEDICATORIA: .....	iii
INDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	21
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.2.1. Problema general .....	22
1.2.2. Problemas específicos .....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	23
1.3.1. Justificación práctica.....	23
1.3.2. Justificación ambiental.....	23
1.3.3. Justificación metodológica .....	24
1.4. DELIMITACIONES .....	24
1.4.1. Espacial .....	24
1.4.2. Temporal.....	24
1.4.3. Económica.....	24
1.5. LIMITACIONES .....	25
1.6. OBJETIVOS.....	25
1.6.1. Objetivo general.....	25
1.6.2. Objetivos específicos.....	25

CAPÍTULO II MARCO TEORICO .....	26
2.1. Antecedentes.....	26
Internacionales: .....	26
Nacionales.....	28
2.2. Marco conceptual .....	31
2.3. Definición de términos .....	41
2.4. Hipótesis .....	43
2.4.1 Hipótesis general.....	43
2.4.2 Hipótesis específicas.....	43
2.5. Variables.....	43
2.5.1 Definición conceptual de la variable .....	43
2.5.2 Definición operacional de las variables .....	44
2.5.3 Operacionalización de las Variables .....	45
CAPÍTULO III METODOLOGIA .....	46
3.1 Método de investigación .....	46
3.2 Tipo de investigación .....	46
3.3 Nivel de la investigación .....	46
3.4 Diseño de investigación .....	47
3.5 Población y muestra .....	47
3.6 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	47
3.6.1 Técnicas de recopilación de datos.....	47
3.6.2 Instrumentos de recopilación de datos .....	48
3.7 Procesamiento de la información.....	50
Fase de análisis de datos (gabinete) .....	77
Procesamiento de la información de resultados .....	77
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	88

CAPÍTULO IV RESULTADOS .....	89
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	114
CONCLUSIONES .....	118
RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	121
ANEXOS.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	:Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....	34
<b>Tabla 2</b>	:Datos técnicos del Polietileno Tereftalato .....	39
<b>Tabla 3</b>	:Operacionalización de las variables .....	45
<b>Tabla 4</b>	:Resistencia promedio requerida .....	61
<b>Tabla 5</b>	:Consistencia de la mezcla .....	61
<b>Tabla 6</b>	:Tamaño máximo nominal del agregado.....	62
<b>Tabla 7</b>	:Relación agua-cemento.....	63
<b>Tabla 8</b>	:Proporción de PET en la mezcla de concreto.....	64
<b>Tabla 9</b>	:Dato granulométrico del agregado fino .....	78
<b>Tabla 10</b>	:Formato de la granulometría del agregado fino .....	78
<b>Tabla 11</b>	:Formato de las características del agregado fino .....	79
<b>Tabla 12</b>	:Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras (patrón).....	81
<b>Tabla 13</b>	:Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 3% PET) .....	82
<b>Tabla 14</b>	:Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 5% PET) .....	82
<b>Tabla 15</b>	:Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 10% PET) .....	82
<b>Tabla 16</b>	:Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería patrón. ....	83
<b>Tabla 17</b>	:Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET. ....	83
<b>Tabla 18</b>	:Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET. ....	84
<b>Tabla 19</b>	:Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET. .....	84

<b>Tabla 20:</b> Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería patrón.....	85
<b>Tabla 21:</b> Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET.....	85
<b>Tabla 22:</b> Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET.....	86
<b>Tabla 23:</b> Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET.....	86
<b>Tabla 24:</b> Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería patrón.....	87
<b>Tabla 25:</b> Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET.....	87
<b>Tabla 26:</b> Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET.....	87
<b>Tabla 27:</b> Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET.....	88
<b>Tabla 28:</b> Resultados del promedio y porcentaje de variación dimensional de cada muestra de unidad de albañilería.....	90
<b>Tabla 29:</b> Resultados de alabeo de unidades de cada muestra de unidad de albañilería.....	90
<b>Tabla 30:</b> Absorción de cada muestra de unidad de albañilería.....	91
<b>Tabla 31:</b> Resultados de resistencia a la compresión de unidades de albañilería.....	92
<b>Tabla 32:</b> Clasificación de cada una de las muestras de unidades de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET).....	94
<b>Tabla 33:</b> Resultados del análisis granulométrico del agregado fino N.T.P 400.012.2013.....	95
<b>Tabla 34:</b> Resumen de las características del agregado fino.....	96
<b>Tabla 35:</b> Diseño de mezcla con incorporación de 3% de PET.....	97
<b>Tabla 36:</b> Diseño de mezcla con incorporación de 5% de PET.....	98
<b>Tabla 37:</b> Diseño de mezcla con incorporación de 10% de PET.....	100
<b>Tabla 38:</b> Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de 10 unidades de albañilería de concreto patrón.....	103

<b>Tabla 39:</b> Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3% de PET. ....	103
<b>Tabla 40:</b> Resultado de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho), de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5% de PET. ....	104
<b>Tabla 41:</b> Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10% de PET. ....	104
<b>Tabla 42:</b> Alabeo (cóncavo y convexo) de las unidades de albañilería patrón. ....	105
<b>Tabla 43:</b> Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET. ....	106
<b>Tabla 44:</b> Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET. ....	106
<b>Tabla 45:</b> Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET. ....	107
<b>Tabla 46:</b> Absorción de las unidades de albañilería de concreto patrón. ....	108
<b>Tabla 47:</b> Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3 % de PET. ....	108
<b>Tabla 48:</b> Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5 % de PET. ....	109
<b>Tabla 49:</b> Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10 % de PET. ....	109
<b>Tabla 50:</b> Resultados de las propiedades físicas de las unidades de albañilería. ....	110
<b>Tabla 51:</b> Resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería de concreto patrón. ....	111
<b>Tabla 52:</b> Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET. ....	112
<b>Tabla 53:</b> Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET. ....	112

<b>Tabla 54:</b> Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET.....	113
--	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Delimitación espacial del trabajo de investigación.....	24
<b>Figura 2:</b> Unidad de albañilería solida.....	37
<b>Figura 3:</b> Unidad de albañilería hueca .....	37
<b>Figura 4:</b> Unidad de albañilería tubular o pandereta.....	37
<b>Figura 5:</b> Nivel de investigación descriptivo-explicativo. ....	47
<b>Figura 6:</b> Inspección del agregado fino.....	51
<b>Figura 7:</b> Formula para hallar el módulo de finura del material, ensayo granulométrico.....	52
<b>Figura 8:</b> Imagen de pesos retenidos en los tamices en el ensayo granulométrico .....	53
<b>Figura 9 :</b> Formula para hallar el contenido de humedad del agregado fino....	54
<b>Figura 10:</b> Formula para hallar el peso unitario suelto seco del agregado.....	55
<b>Figura 11:</b> Formula para hallar el peso unitario seco compactado del agregado. ....	55
<b>Figura 12:</b> Ensayo de peso unitario del agregado.....	56
<b>Figura 13:</b> Formula para hallar el peso específico y absorción del agregado fino .....	57
<b>Figura 14:</b> Compactación con 25 golpes el agregado en el molde cónico.....	58
<b>Figura 15:</b> Peso del picnómetro con la muestra. ....	58
<b>Figura 16:</b> Imagen del polietileno tereftalato. ....	59
<b>Figura 17:</b> Tamizado del polietileno tereftalato, pasante la malla N°4 .....	59
<b>Figura 18:</b> Dimensiones de (longitud, alto, ancho) de la unidad de albañilería.	60
<b>Figura 19:</b> Detalle de medidas de diámetros de la parte hueca de la unidad de albañilería.....	60
<b>Figura 20:</b> Maquina para la elaboración de las unidades de albañilería.....	65
<b>Figura 21:</b> Pesos de materiales para la elaboración de la unidad de albañilería. ....	66
<b>Figura 22:</b> Materiales de las cuatro muestras para la elaboración de las unidades de albañilería.....	66
<b>Figura 23:</b> Incorporación de PET y otros materiales en la mezcla. ....	67

<b>Figura 24:</b> Verificación del asentamiento (consistencia seca de la mezcla), poco trabajable. ....	67
<b>Figura 25:</b> Colocación de la mezcla de concreto en la máquina para el moldeo de la unidad de albañilería. ....	68
<b>Figura 26:</b> Unidades de albañilería elaboradas. ....	68
<b>Figura 27:</b> Unidad de albañilería de concreto con incorporación de PET.....	69
<b>Figura 28:</b> Formula para hallar la variación dimensional de la unidad de albañilería.....	69
<b>Figura 29:</b> Medición de longitud, alto, ancho de la unidad de albañilería.....	70
<b>Figura 30:</b> Concavidad de la unidad de albañilería. ....	71
<b>Figura 31:</b> Medición de concavidad .....	71
<b>Figura 32:</b> Convexidad de la unidad de albañilería. ....	72
<b>Figura 33:</b> Medición de convexidad: .....	72
<b>Figura 34:</b> Formula para hallar la absorción.....	73
<b>Figura 35:</b> Secado del ladrillo en el horno por 24 horas. ....	73
<b>Figura 36:</b> Ladrillo sumergido por 24 horas. ....	74
<b>Figura 37:</b> Peso del ladrillo sumergido 24 horas.....	74
<b>Figura 38:</b> Equipo para el ensayo de resistencia a la compresión. ....	75
<b>Figura 39:</b> Refrendado de las muestras. ....	76
<b>Figura 40:</b> Formula para hallar la resistencia a la compresión.....	76
<b>Figura 41:</b> Ensayo de resistencia a la compresión.....	77
<b>Figura 42:</b> Resultado del ensayo de alabeo de las muestras de las unidades de albañilería.....	91
<b>Figura 43:</b> Resultado del ensayo de absorción de todas las muestras de las unidades de albañilería.....	92
<b>Figura 44:</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de todas las muestras de las unidades de albañilería. ....	93
<b>Figura 45:</b> Resultado: unidad de albañilería patrón ( $F'_b=178.81$ Kg/cm <sup>2</sup> ), con incorporación de 3% de PET ( $F'_b=129.81$ Kg/cm <sup>2</sup> ), con incorporación de 5% de PET ( $F'_b=116.04$ Kg/cm <sup>2</sup> ), con incorporación de 10% de PET un ( $F'_b=85.98$ Kg/cm <sup>2</sup> ), observando que a medida que se aumenta la incorporación de PET, la resistencia va disminuyendo.....	93

**Figura 46:** Curva granulométrica del agregado fino, se observa que la curva granulométrica se encuentra comprendida dentro del límite mínimo y máximo, cumpliendo con el uso granulométrico según la NTP 400.037.2014.....96

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

N.T.P	Norma Técnica Peruana
PET	Polietileno Tereftalato
m	Metros
cm	Centímetros
mm	Milímetros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
M <sup>3</sup>	Metros cúbicos
Min.	Mínimo
Max.	Máximo
%	Porcentaje
gr.	gramo
“	Pulgadas
L	Largo
H	Altura
A	Ancho
F´c	Resistencia a la compresión del concreto
F´b	Resistencia característica a compresión de las unidades de albañilería
Kg	Kilogramo
a/c	Relación agua- cemento
T.M.N	Tamaño máximo nominal
a/c	Relación agua- cemento
Lt.	Litros
Bls.	Bolsa
°C	Centígrados
T°	Temperatura

## RESUMEN

La presente investigación respondió al problema general: ¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto?, el objetivo general fue: determinar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, y la hipótesis general fue: el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue descriptivo-explicativo, y el diseño fue experimental, la población estuvo conformada por 40 unidades de albañilería de concreto, no se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo.

Se concluye que en el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas de las unidades de albañilería de concreto (patrón, 3%, 5%, 10% PET) presentan efectos positivos y cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070, se obtiene: en la variación dimensional el largo, altura y ancho es mínima, la absorción es menor al 12%, la resistencia promedio a compresión de las unidades de albañilería patrón es 178.71 kg/cm<sup>2</sup>, con 3% de PET es 129.81 kg/cm<sup>2</sup>, con 5% de PET es 116.04 kg/cm<sup>2</sup>, con 10% de PET es 85.98 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras Claves:** Polietileno tereftalato, unidades de albañilería, propiedades físicas-mecánicas.

## ABSTRACT

The present investigation responded to the general problem: What is the result of the incorporation of polyethylene terephthalate and its effects on the physical-mechanical properties in concrete masonry units? The general objective was to determine the result of the incorporation of polyethylene Terephthalate and its effects on physical-mechanical properties in concrete masonry units, and the general hypothesis was: the result of the incorporation of polyethylene terephthalate and its effects on physical-mechanical properties in concrete masonry units, meet with the parameters established in the technical standard

The general method of research was the scientist, the type of research was applied, the level of research was descriptive-explanatory, and the design was experimental, the population was made up of 40 concrete masonry units, the sampling technique was not used, but the census.

It is concluded that the result of the incorporation of polyethylene terephthalate and its effects on the physical-mechanical properties of concrete masonry units (standard, 3%, 5%, 10% PET) have positive effects and comply with the established parameters in the E.070 standard, it is obtained: in the dimensional variation the length, height and width is minimal, the absorption is less than 12%, the average compressive strength of the standard masonry units is 178.71. kg / cm<sup>2</sup>, with 3% PET is 129.81 kg / cm<sup>2</sup>, with 5% PET is 116.04 kg / cm<sup>2</sup>, with 10% PET it is 85.98 kg / cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Polyethylene terephthalate, masonry units and mechanical physical properties.

## INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: “Incorporación del polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto “, presenta como objetivo “Determinar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas- mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, tomando como muestra 40 unidades de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% Polietileno tereftalato), las cuales fueron ensayadas según la norma E.070 y la N.T.P 399.613.

Debido a la gran demanda de unidades de albañilería que es utilizado en la construcción, uno de los grandes desafíos que plantea el desarrollo, es la fabricación de unidades de albañilería que permitan construir edificaciones que sean beneficiosas para la sociedad, empleando una alternativa diferente a la tradicional, utilizando residuos de plástico de Polietileno tereftalto (PET), con la finalidad de conocer sus propiedades físicas-mecánicas y su importancia en la construcción. La unidad de albañilería fabricada establece un compromiso con vistas al futuro, enfocándose en tener un buen desempeño, brindar buena calidad de vida, cumplir con las normas técnicas y conservar el medio ambiente.

Para comprender el proceso de la investigación se consideró el desarrollo de los siguientes capítulos, siendo distribuidos de la siguiente manera:

Capítulo I, contempla, problema de investigación, donde se desarrolló el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y los objetivos.

Capítulo II, hace referencia al marco teórico, los antecedentes (nacionales e internacionales) de la investigación, marco conceptual (normatividad vigente), definición de términos, hipótesis y variables.

Capítulo III, corresponde a la metodología, donde se desarrolló el método de investigación, el tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de

investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV, se detallan y presentan los resultados obtenidos de la investigación.

Capítulo V, se realizó la discusión de resultados de la investigación teniendo como antecedente y el respaldo de otras investigaciones.

Finalmente se dio a conocer las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.

**Bach. Mabely Sedano Chupurgo**

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

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

Los residuos sólidos producidos diariamente a nivel mundial están compuestos, en su gran mayoría por envases de bebidas de consumo masivo, que no se degradan fácilmente y pueden permanecer durante mucho tiempo en el medio ambiente, contaminando y generando malestar en la población. En el Perú desde muchos años atrás el consumo de bebidas es muy demandado por la población, esto conlleva a generar residuos de botellas de plástico en gran cantidad, que son desechados en el medio ambiente, el cual se ha vuelto un problema social, debido a que contaminan y puede llegar a producir ciertas enfermedades, afectando la salud de las personas, esto genera preocupación e incomodidad en toda la población, en Huancayo este problema no es ajeno a la realidad, debido a que a diario se observa en las calles y otras áreas, la presencia de residuos sólidos de botellas, que no reciben ningún tipo de reutilización, y que posteriormente llegan a parar en los ríos o botaderos sin recibir tratamiento alguno, tardando mucho tiempo en descomponerse, con el fin de contribuir a la gestión de los residuos, se promueve reciclar recipientes plásticos de Polietileno Tereftalato, permitiendo que éstas sean utilizadas como materia prima en la fabricación de una nueva tecnología constructiva como son las unidades de albañilería con incorporación de polietileno tereftalato, el polietileno tereftalato utilizado como materia prima permite la fabricación de unidades de albañilería, que en la industria de la construcción es muy demandado en la actualidad. La unidad de albañilería es uno de los

materiales más usados desde hace muchos años atrás para la construcción de distintas edificaciones a nivel mundial, nacional y local. Actualmente, se observa la gran demanda de unidades de albañilería que son utilizados en distintas edificaciones, las cuales muchas veces presentan deficiencias, debido al mal desempeño de las unidades de albañilería, que por lo general no tienen un diseño adecuado, no cumplen con las especificaciones y normas técnicas, ocasionando incomodidad y molestias para sus ocupantes, por ende, se ha hecho necesario la fabricación de unidades de albañilería que permitan construir edificaciones que sean beneficiosas para la sociedad, empleando una alternativa diferente a la tradicional, utilizando residuos de plástico (Polietileno tereftalato), con la finalidad de conocer sus propiedades físicas-mecánicas y su importancia en la construcción.

Las unidades de albañilería con incorporación de Polietileno tereftalato, es un material de construcción innovador que presenta buenas características, con el cual construir una estructura o vivienda resulta ventajoso. De igual manera es un producto amigable con el ambiente, cuya materia prima es totalmente reciclable, eso logra un ladrillo muy liviano y demandado que se emplea en obra.

## **1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Cuál es la clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto?

- b) ¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto?
  
- c) ¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.3.1. Justificación práctica**

Las unidades de albañilería de concreto con incorporación de polietileno tereftalato son una nueva tecnología constructiva, la cual es un modelo constructivo basado en la incorporación de polietileno tereftalato cuya finalidad es obtener unidades de albañilería como una alternativa a la tradicional, para la construcción de muros y otras estructuras basándose en la norma técnica E.070-Albañilería, la cual establece requisitos y exigencias mínimas para el análisis y diseño de materiales de construcción. Asimismo, esta norma sigue los lineamientos para efectuar los ensayos correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.613.

#### **1.3.2. Justificación ambiental**

Las unidades de albañilería de concreto con incorporación de polietileno tereftalato proveen una alternativa de solución para minimizar el impacto negativo ocasionado al medio ambiente, apoyándose en la utilización del polietileno tereftalato reciclado; que permite un diseño innovador y fabricación de unidades de albañilería de concreto, teniendo como materia prima el PET, de esta manera colaborar con el reciclaje del plástico para reducir la contaminación y cuidar el medio ambiente.

### 1.3.3. Justificación metodológica

Los resultados de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas- mecánicas (variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión) en las unidades de albañilería, es un modelo de recopilación y procesamiento de datos que servirá como antecedente y podrá ser utilizado en otras investigaciones similares.

## 1.4. DELIMITACIONES

### 1.4.1. Espacial

La investigación se realizará en el Distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo, del Departamento de Junín. Tiene un área de 237,55 kilómetros cuadrados.

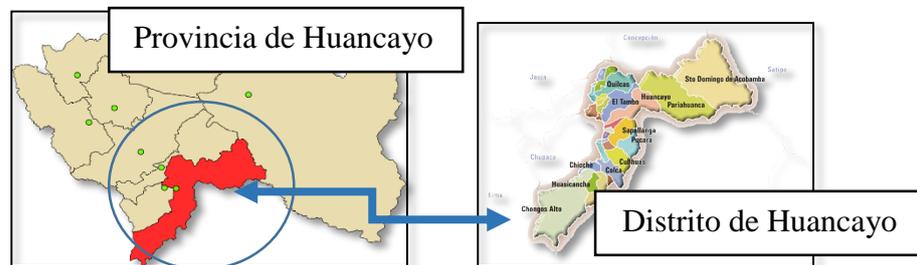


Figura 1: Delimitación espacial del trabajo de investigación (elaboración propia)

### 1.4.2. Temporal

La delimitación temporal corresponde a cuatro meses, desde el mes de mayo al mes de agosto del año 2019, año en el que se recopilará la información, se procesara y se presentaran los resultados.

### 1.4.3. Económica

Los gastos que se generaron durante la fase de recopilación de datos, laboratorio y gabinete fueron con recursos propios del autor, con la finalidad de lograr los objetivos planteados en la investigación.

## **1.5. LIMITACIONES**

### **Tecnológica**

- El polietileno tereftalato fue adquirido de una fábrica recicladora en la capital Lima, que vende el polietileno tereftalato, debido que en la ciudad de Huancayo no contamos con una máquina que pueda realizar la molienda.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Identificar la clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto.
- b) Analizar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto.
- c) Explicar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **Internacionales:**

**Piñeros, Herrera, (2018), realizaron la investigación “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicado en la construcción de vivienda”, en la Universidad Católica de Colombia”, la investigación llego a las siguientes conclusiones:**

1. Las alternativas de innovación y tecnología hacen uso de un material de desecho en la fabricación de un elemento constructivo. Las medidas, forma, textura y peso de los ladrillos presentan excelentes condiciones, debido a su forma, aspecto y presentación. Presentan textura lisa que se obtuvo durante el proceso de fundida y curado, esto le da un valor agregado adicional a este nuevo material de construcción (Piñeros & Herrera , 2018) (1).
2. En lo concerniente al peso, es una característica la cual hay que destacar ya que el mismo es más liviano que su par constructivo (bloque de mortero con cemento y arena), se evidencia que al aumentar los agregados en porcentaje de PET, se reduce considerablemente el peso de las muestras, tiene un peso promedio de 0.784 gr y el ladrillo convencional, tiene 1.075 gr en promedio (Piñeros & Herrera , 2018) (1).

3. Se debe cumplir con una resistencia específica de acuerdo a lo que dicta la norma y una vez verificadas los resultados de laboratorio, se evidencia que los agregados de PET, con porcentaje al 10%, 20% y 25%, cumplen con la resistencia específica requerida. Los porcentajes de PET al 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% se encuentran por debajo de la resistencia, por lo cual se descartan estas muestras. Según los datos obtenidos en el párrafo anterior, se deduce que la mezcla con agregado de PET al 25%, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 días y 14 días. No se debe olvidar que para el análisis anterior se toma en cuenta los pesos de todos los ladrillos, independientemente de su dosificación y medidas, lo cual significa una variedad distinta de tamaños y pesos, pero de igual manera ocurre con los ladrillos convencionales, ya que al ser elaboradas en distintas fábricas presentan irregularidades medidas y peso. (Piñeros & Herrera , 2018) (1).

**Caballero, Florez, (2016), realizaron la investigación: “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción”, en la Universidad de Cartagena, la investigación llegó a las siguientes conclusiones:**

1. La fabricación de bloques con reemplazo porcentual de agregado fino por material PET puede ser una alternativa en términos de producción en serie, a los métodos de fabricación actual, debido que cada vez es más preocupante la cantidad de polímeros desechados (Caballero & Flores , 2016) (2).
2. Dando respuesta al objetivo general enfocado en el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques adicionados con PET triturado en diferentes proporciones a través de ensayos normalizados, se determinó que los bloques elaborados no cumplen con la resistencia mínima requerida por las Normas Técnicas Colombianas debido a que estos valores fueron menores a 5Mpa, por lo cual se concluye que los bloques no pueden ser utilizados para

mampostería estructural pero si para la construcción de muros divisorios no portantes. En la absorción los resultados fueron satisfactorios ya que los porcentajes obtenidos se encuentran en rangos menores de 12% y 15% para mampostería de peso mediano y clase alta, y como la absorción es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, los porcentajes de absorción son menores en los bloques que presentan mayor resistencia a la compresión (Caballero & Flores , 2016) (2).

**Zavala, (2015), realizo la investigación, “Diseño y Desarrollo Experimental de Materiales de Construcción Utilizando Plástico Reciclado” en la Escuela especializada en Ingeniería ITCA –FEPADE,** la investigación llego a las siguientes conclusiones:

1. En la investigación se encontró que debido a que la geometría de las partículas plásticas es irregular, esta influye directamente en el comportamiento de la mezcla; por tanto, si se utiliza una partícula más fina se obtendrá mayor adherencia, afectando la cantidad de agregado fino en la mezcla de mortero generada para crear los elementos de cemento-PET (Zavala, 2015) (3).
2. La tecnología con plástico reciclado es una alternativa posible de utilizarla en distintos elementos arquitectónicos como en interiores de viviendas, teniendo en cuenta que estos elementos no soportan cargas importantes, pero si ecológicos, livianos, ofrecen aislación térmica diferente de los tradicionales. Teniendo una resistencia adecuada para ser aplicada en la construcción de elementos no estructurales (Zavala, 2015) (3).

### **Nacionales**

**Echeverría, (2017), realizo la investigación: “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”, en la Universidad Nacional de Cajamarca,** la investigación llego a las siguientes conclusiones:

1. Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillos de concreto- PET (3%,6%, 9% PET) en lo que respecta a variación dimensional y alabeo,

no varía sustancialmente en comparación con el ladrillo patrón (0% PET), estas características están relacionadas al proceso de fabricación, geometría y condiciones de almacenamiento de los ladrillos, que fueron los mismos para todos los tipos. Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillos de concreto- PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a absorción aumentan a medida que se incluye el PET en la mezcla, este comportamiento es atribuido a la geometría de las hojuelas de PET reciclado, pues no permiten un adecuado acomodo de las partículas del concreto, generando mayor cantidad de poros en este (Echeverría Garro, 2017) (4).

2. La resistencia a compresión de los tres tipos de ladrillo de concreto- PET son  $f'b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'b = 118.80$  y  $f'b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$  para porcentajes de 3%, 6% y 9%, y presentan una disminución máxima de la resistencia a compresión de  $51.5 \text{ kg/cm}^2$  o 31.8%, respecto del ladrillo patrón (0% PET)  $f'b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ . Teniendo una clasificación del ladrillo patrón (0% PET) como unidad de albañilería Clase IV y a los ladrillos de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) como unidad de albañilería Clase III., cumpliendo los valores referenciales superando los valores de diseño estructural estipulados en la norma E.070:2006. Los tres tipos de ladrillos de concreto- PET (3%, 6%, 9% PET) según sus propiedades tienen clasificación como ladrillos clase III y el ladrillo patrón (0%PET) se clasifica como ladrillo clase IV, todos pueden ser utilizados estructuralmente. (Echeverría Garro, 2017) (4)

**Reyna, (2016), realizo la investigación: “Reutilización de Plástico PET, Papel y Bagazo de Caña de Azúcar, como Materia Prima en la Elaboración de Concreto Ecológico para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo”, en la Universidad Nacional de Trujillo, la investigación llego a las siguientes conclusiones:**

1. En la investigación se encontró el planteamiento de reutilizar los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Se hizo uso de materias

prima como: cemento Portland Extra Forte, gravilla de ½”, arena gruesa y los residuos mencionados anteriormente, estos residuos se utilizaron como sustitutos a la arena gruesa en los porcentajes en peso de 5%, 10% y 20%. (Reyna, 2016) (5).

2. Se pudo determinar que el concreto que contenía 5% de plástico PET presento mejor resistencia a la compresión y que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye. Así mismo se determinó que hay un ahorro en el costo unitario del concreto incorporando plástico PET. (Reyna, 2016) (5).

**Astopilco, (2015), realizo la investigación: “Comparación de las propiedades físico- mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015”, en la Universidad Privada del Norte, la investigación llego a las siguientes conclusiones:**

1. En la investigación se encontró que no todas las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos de concreto, elaborados con residuos plásticos de PVC se incrementan. La limitación principal se pudo superar, obteniendo un molde artesanal para dos unidades de ladrillos con medidas exactas (Astopilco Valiente, 2015) (6).
2. Los resultados que se obtuvieron fueron precisos y favorables en la investigación. Las propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillo de concreto elaborados con residuos plásticos de PVC se incrementan, excepto la resistencia a compresión. Para el ensayo de variación dimensional es mínima, en el ensayo de alabeo un promedio de 0 – 2.5 mm, en succión los ladrillos con porcentajes de PVC tienen menor capacidad de succión de agua con un valor promedio de 15.54 gr para ladrillos con 50% de PVC y 14.02 gr para ladrillos con 100% de PVC, para el ensayo de absorción los ladrillos con porcentajes de PVC presentan menor capacidad de absorber agua, con un valor promedio de 7.89% para ladrillos con 50% de PVC y 6.85% para ladrillos con 100% de PVC y finalmente para el ensayo de resistencia

a la compresión los ladrillos con porcentajes de PVC, presentan baja resistencia a compresión frente a ladrillos sin porcentajes de PVC con un valor promedio de 223.99 kg/cm<sup>2</sup>, el cual cumple con el diseño de mezclas para un concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Los ladrillos con porcentajes de PVC triturado podrían utilizarse en muros perimétricos, parapetos, jardinería, en albañilería aporticada y en muros no portantes. (Astopilco Valiente, 2015) (6).

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Normatividad**

#### **Norma E.070. 2006- Albañilería**

Es una norma que establece exigencias y requisitos mínimas para el diseño, análisis, materiales, construcción, control de calidad e inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros (E.070, 2006) (7).

#### **NTP 399.613. 2005- Norma Técnica Peruana (NTP) –Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.**

Es una norma elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, se aplica para el control de calidad de ladrillos de arcilla cocida usados como unidades de albañilería. (N.T.P 399.613, 2005) (8).

#### **LEY N° 30884, (2018), Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables - Diario oficial del bicentenario EL PERUANO**

Esta ley establece un marco regulatorio para todos los plásticos de un solo uso, plásticos que no pueden ser reutilizados, recipientes y envases descartables de poliestireno expandido (tecnopor) tanto para bebidas y alimentos de consumo humano masivo en el territorio peruano.El

objetivo de la ley es cooperar en la concretización del derecho que tiene todo ser humano de disfrutar de un ambiente adecuado y equilibrado al desarrollo de su vida, disminuyendo de esa manera el impacto adverso del plástico de un solo uso, de la basura plástica en los mares, fluvial y lacustre y de otros contaminantes similares, del mismo modo contribuyendo en el cuidado de la salud de todas las personas y del medio ambiente (Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, 2018) (9).

**NTP 400.012, 2013- Norma Técnica Peruana (NTP) – Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.**

Es una norma realizada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón pretensado y armado, el cual es un documento técnico que estipula el método para determinar la distribución según tamaño de las partículas del agregado por tamizado (N.T.P 400.012, 2013) (10).

**NTP 400.037, 2014- Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.**

Esta norma fue realizada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, hormigón pretensado y armado, es un documento técnico que estipula requisitos para la gradación (granulometría) y calidad del agregado fino y grueso para su utilización en concretos (N.T.P 400.037, 2014) (11).

**NTP 339.185, 2013- Norma Técnica Peruana (NTP) – AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.**

Esta norma realizada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y pretensado, muestra el procedimiento para obtener el porcentaje de humedad evaporable que está presente en la muestra de agregado grueso o fino por secado. (N.T.P 339.185, 2013) (12).

**NTP 400.017,2011- Norma Técnica Peruana (NTP) – AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados.**

Es una norma realizada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado, el cual estipula la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en estado compactado o suelto. (N.T.P 400.017, 2011) (13).

**NTP 400.022,2013- Norma Técnica Peruana (NTP) – AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**

Es una norma realizada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado, el cual es un documento técnico que estipula el procedimiento para determinar el peso específico seco, saturado, aparente, con superficie seca, y absorción (transcurrido 24 horas) del agregado fino (N.T.P 400.022, 2013) (14).

### **2.2.2. Características de la unidad de albañilería**

Se puede denominar ladrillo a la unidad cuyo peso y dimensión permite que se pueda manipular con una sola mano. (E.070, 2006) (7).

Las unidades de albañilería son ladrillos y bloques, puede ser fabricada con materia prima como la arcilla, sílice-cal o concreto. (E.070, 2006) (7).

Los ladrillos pueden encontrarse como sólidas, huecas, alveolares o tubulares, pueden ser elaboradas de manera industrial o artesanal. (E.070, 2006) (7).

Las unidades de albañilería de concreto son curadas con agua, para lograr resistencia. La utilización de estas unidades será a partir de los 28 días de su fabricación. (E.070, 2006) (7).

### 2.2.3. Clasificación para fines estructurales

Las unidades de albañilería para efectos de diseño en el tema estructural tendrán que cumplir con las características indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 1:**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'c$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
	<b>Ladrillo I</b>	± 8	± 6		
<b>Ladrillo II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
<b>Bloque P (1)</b>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP (2)</b>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

**Nota:** Clasificación de las unidades de albañilería, para fines estructurales, (1) bloque usado en la construcción de muros portantes, (2) bloque usado en la construcción de muros no portantes. Fuente (E.070, 2006) (12).

Las clases de ladrillos mostrados en la tabla anterior son cinco descritas como se muestra:

**Tipo I.** Estos ladrillos poseen durabilidad y resistencia muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con el suelo o la lluvia (San Bartolome, 1994) (15).

**Tipo II.** En esta categoría los ladrillos muestran baja resistencia y durabilidad; se emplean bajo condiciones de servicio moderadas (no debe presentar contacto directo con suelo, agua o lluvia) (San Bartolome, 1994) (15).

**Tipo III.** Estos ladrillos poseen mediana resistencia y durabilidad, se emplean en construcciones expuestas bajo condiciones de intemperismo (San Bartolome, 1994) (15).

**Tipo IV.** Estas unidades poseen alta resistencia y durabilidad; adecuados para utilizarse bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, pueden estar en contacto con el suelo, agua y lluvias intensas. (San Bartolome, 1994) (15).

**Tipo V.** Estos ladrillos tienen durabilidad y resistencia elevada; se emplean en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al Tipo IV (San Bartolome, 1994) (15).

#### **2.2.4. Pruebas (propiedades físicas - mecánicas)**

Según lo especificado en la norma de albañilería (E.070, 2006), los ladrillos deben someterse a las siguientes pruebas:

- **Resistencia a la Compresión:** Para realizar este ensayo se seguirá el procedimiento de laboratorio indicado en la NTP 399.613:2005 (E.070, 2006) (7).
- **Variación Dimensional:** Para efectuar la medición de variación dimensional de los ladrillos, se seguirá el procedimiento indicado en la NTP 399.613:2005 (E.070, 2006) (7).
- **Alabeo:** Para efectuar la medición del alabeo de los ladrillos, se tendrá en cuenta el procedimiento indicado en la N.T.P 399.613: 2005. (E.070, 2006) (7).
- **Absorción:** Para determinar este ensayo se seguirá el procedimiento indicado en la N.T.P 399.613:2002. (E.070, 2006) (7).

### **2.2.5. Aceptación de la unidad de albañilería**

Se establece en la norma (E.070, 2006), que la unidad es aceptable teniendo en cuenta lo siguiente:

- El ladrillo o bloque de concreto, tendrá una absorción no mayor que 12%. (E.070, 2006) (7).
- Las unidades de albañilería no presentaran materias extrañas en su superficie o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea. (E.070, 2006) (7).
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia. (E.070, 2006) (7).
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. (E.070, 2006) (7).

### **2.2.6. Tipos de ladrillos**

La tipología de las unidades de albañilería se realiza basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento. Así mismo no tiene nada que con el tamaño de las unidades ni con la materia prima con que se elaboran. (San Bartolome, 1994) (15).

#### **a. Unidades sólidas - macizas**

Son unidades de albañilería que pueden presentar alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta en el mismo plano. (San Bartolome, 1994) (15).



**Figura 2.** Unidad de albañilería solida Fuente: (Elaboración propia)

**b. Unidades huecas**

Unidades de albañilería donde el área neta (área en la cara de asiento) es menor al 75% del área bruta. En esta categoría clasifican las unidades con muchas perforaciones, (San Bartolome, 1994) (15).



**Figura 3.** Unidad de albañilería hueca Fuente: (Elaboración propia)

**c. Unidades tubulares o pandereta.**

Unidades de albañilería que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. En este tipo se encuentran las unidades de albañilería panderetas, mayormente utilizados en trabajos de tabiquería (San Bartolome, 1994) (15).



**Figura 4.** Unidad de albañilería tubular o pandereta Fuente: (Elaboración propia)

### 2.2.7. Dimensiones y áreas de la unidad de albañilería

- a. **Dimensiones especificadas:** Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.
- b. **Dimensiones:** Son las medidas reales que tiene el ladrillo
- c. **Largo:** Es la mayor dimensión del ladrillo.
- d. **Ancho:** Es la menor dimensión del ladrillo.
- e. **Alto:** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.
- f. **Área bruta:** Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.
- g. **Área neta:** Es el resultado de restar el área bruta menos el área de los vacíos del ladrillo. (Morales, 2012) (16).

### 2.2.8. El plástico polietileno tereftalato (PET)

Es un polímero, adquirido como un sub producto del petróleo crudo, aire y gas. Dentro de su composición encontramos 64% de petróleo, 13% de incorporación de aire y 23% derivados del gas natural. Tiene la característica de presentar ligereza, gran cantidad de brillo y transparencia, sobre todo reciclable al 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a reemplazar a otros materiales (Lama, 2010) (17).

#### **Propiedades del plástico polietileno tereftalato (PET)**

Los plásticos se caracterizan por su alta resistencia con respecto a su densidad, aislamiento eléctrico, aislamiento térmico, entre otros. El polietileno tereftalato (PET) presenta características relevantes como las que se muestra: (Angumba, 2016) (18).

**Tabla 2:**  
*Datos técnicos del 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	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm <sup>2</sup>
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	Mantienen la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

**Nota:** Datos técnicos del polietileno tereftalato Fuente: (Angumba, 2016).

### 2.2.9. Reciclaje

El reciclaje es una acción que permite recuperar y aprovechar los desechos sólidos con el objetivo de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos como materia prima y de esta manera crear productos nuevos y novedosos. (Angumba, 2016) (18).

La actividad del reciclaje permite recuperar materiales, esto conlleva a economizar materia prima, energía y agua, las cuales son necesarias para producir nuevos materiales y sobre todo permite reducir la contaminación ambiental. (Angumba, 2016) (18).

El reciclaje posibilita a la industria conseguir materia prima secundaria a menos precio y aumentar su competitividad en el mercado. (Angumba, 2016) (18).

### **Reciclaje de plástico**

Las vías factibles para la reutilización de plásticos pueden ser de diferente naturaleza, desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta conseguir su modificación en productos que tengan mayor valor agregado mediante el reciclaje químico (Lama, 2010) (17).

El tipo de reciclaje utilizado en la investigación es el reciclado mecánico, el cual se enfoca en el procedimiento de recolección y separación de envases, trituración, lavado y extrusión del material polimérico. Mediante este proceso se obtienen hojuelas que gracias a la acción del calor se puede obtener piezas nuevas (hojuelas de plástico) (Lama, 2010) (17).

#### **2.2.10. Ladrillos de concreto con plástico polietileno tereftalato (PET) reciclado**

Los ladrillos de concreto con incorporación de PET definidos, son unidades de albañilería hechas con envases de PET y otros desechos plásticos. Estos ladrillos pueden contener cemento, agregados pétreos o arena. o simplemente ser de plástico. Por lo general están hechos de material reciclado. Los ladrillos PET se caracterizan por tener un peso específico bajo con relación a ladrillos tradicionales.

#### **Proceso de fabricación de las unidades de albañilería de concreto**

En el proceso de fabricación industrial de los ladrillos, la textura usual que se aprecia es gruesa. (San Bartolome, 1994) (15).

#### **Fabricación**

- Para la fabricación de ladrillos, la dosificación de los materiales se realiza por volumen o por peso. En ambos casos, se utiliza una mezcla seca

(slump 0"-2"), con el objetivo de que el moldeo de la unidad sea la adecuada y no se desmorone. (San Bartolome, 1994) (15).

- El mezclado de los materiales se hace a mano o a máquina (San Bartolome, 1994) (15).
- El moldeo se realiza por vibro-compresión (industrial), utilizando máquinas estacionarias o "ponedoras" (en obra), o chuceando la mezcla en moldes artesanales (San Bartolome, 1994) (15).
- El curado se realiza echándoles agua durante 28 días, 3 veces al día. (San Bartolome, 1994) (15).
- Estas unidades pueden utilizarse después de 28 días de su fabricación. (San Bartolome, 1994) (15).

### **2.3. Definición de términos**

#### **a. Ladrillo**

Se denomina ladrillo a la unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano, en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial (E.070, 2006) (7).

#### **b. PET**

Es la abreviación de Polietileno tereftalato, el cual es un polímero adquirido como un sub producto del petróleo crudo, aire y gas, en función de su estructura cristalina consiguen ser utilizados como fibras en la industria textil y como plásticos en la fabricación de envases reutilizables como botellas para gaseosas o agua. Se caracteriza por presentar ligereza, gran cantidad de brillo y transparencia, reciclable 100% (Lama, 2010) (17).

c. Reciclaje

Actividad que permite recuperar los desechos sólidos con el fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para crear nuevos productos. (Angumba, 2016) (18).

d. Concreto

Es una mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos, que al inicio presenta una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente denota una consistencia fuerte y rígida con propiedades y resistentes.

e. Ladrillo con incorporación de polietileno tereftalato

Es el ladrillo de concreto con incorporación de porcentajes variables de polietileno tereftalato (principalmente reciclado).

f. Ensayo de absorción

El ensayo de absorción permite obtener la capacidad que tiene el ladrillo de absorber el agua, esto se obtiene restando el peso del agua que absorbe menos el peso del ladrillo en estado seco (N.T.P 399.613, 2005) (8).

g. Medición de dimensiones

Se realiza la medición del largo, ancho y altura de cada unidad de albañilería (N.T.P 399.613, 2005) (8).

h. Ensayo de resistencia a la compresión

Es un ensayo que consiste en aplicar una carga progresiva de compresión a unidad de ladrillo, para determinar su factor de resistencia (N.T.P 399.613, 2005) (8).

i. Alabeo

Es una deformación curvilínea de la superficie superior e inferior de un ladrillo que se produce en el momento de su fabricación. (N.T.P 399.613, 2005) (8).

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- a) La clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto son clase III, III y II, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica.
  
- b) El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.
  
- a) El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.

## 2.5. Variables

### 2.5.1 Definición conceptual de la variable

**Variable Independiente (X): Polietileno tereftalato** La incorporación de polietileno tereftalato permite que este material sea empleado como una alternativa diferente a la tradicional para fabricar unidades de albañilería.

**Variable dependiente (Y): Propiedades físicas-mecánicas**

**Propiedades físicas:** Son aquellas propiedades que se pueden medir u observar sin alterar la composición del elemento.

**Propiedades mecánicas:** Son aquellas propiedades que poseen los materiales y que tienen la capacidad de resistencia a cargas aplicadas.

**2.5.2 Definición operacional de las variables**

**Variable Independiente (X): Polietileno tereftalato**

- Porcentajes de polietileno tereftalato

**Variable dependiente (Y): Propiedades físicas-mecánicas**

- Análisis granulométrico
- Caracterización de los agregados
  - Peso unitario suelto seco - PUSS
  - Peso unitario compactado seco -PUCS
  - Contenido de humedad total del agregado fino
  - Peso específico y absorción del agregado fino
- Ensayo de variación dimensional
- Ensayo de alabeo
- Ensayo de absorción
- Ensayo de resistencia a la compresión

### 2.5.3 Operacionalización de las Variables

**Tabla 3:**

*Operacionalización de las variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición
Variable independiente (X): <b>Polietileno tereftalato</b>	Es un polímero adquirido como un sub producto del petróleo derivado. El polietileno tereftalato se emplea como una alternativa diferente a la tradicional para fabricar unidades de albañilería.	Polietileno tereftalato	Porcentaje de PET	%
Variable dependiente (Y) <b>Propiedades físicas-mecánicas</b>	<b>Propiedades físicas:</b> Son aquellas propiedades que se pueden medir u observar sin alterar la composición del elemento.	Ensayos	Variación dimensional	mm
			Absorción	%
			Alabeo	mm
	<b>Propiedades mecánicas:</b> Son aquellas propiedades que poseen los materiales y que tienen la capacidad de resistencia a cargas aplicadas.	Ensayos	- Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>

**Nota:** Operacionalización de variables Fuente: Elaboración propia, 2019

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Método de investigación**

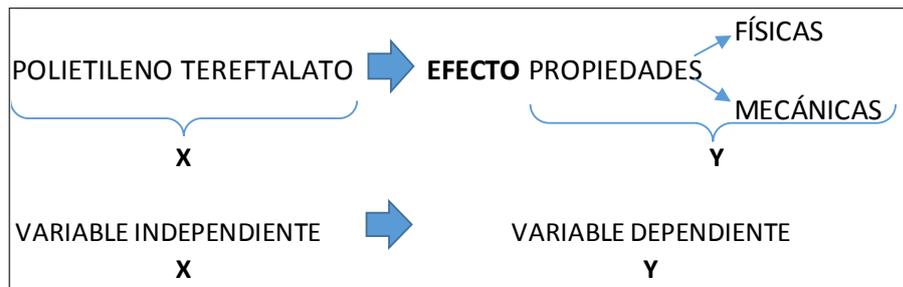
El desarrollo de la investigación se realizó con el método científico, el cual siguió una serie de pasos ordenados y procedimientos para lograr los objetivos planteados en la investigación.

#### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue el aplicado, debido a que se empleó conocimientos adquiridos para dar solución a una realidad problemática, según el énfasis del manejo de datos, la investigación fue cuantitativa-cualitativa.

#### **3.3 Nivel de la investigación**

El nivel de investigación fue el descriptivo-explicativo, descriptiva porque se describió la realidad de un evento o situación, y explicativo porque se explicó por qué ocurre un fenómeno (efectos que produce, el reemplazo porcentual de cemento por polietileno tereftalato (PET) reciclado en las propiedades físicas- mecánicas de las unidades de albañilería).



**Figura 5** Nivel de investigación descriptivo-explicativo Fuente: (Elaboración propia).

### 3.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación según la metodología de investigación fue experimental, debido a que se fabricó las unidades de albañilería con diferentes dosificaciones y se realizaron sus ensayos en un laboratorio.

### 3.5 Población y muestra

#### 3.5.1 Población

Para el estudio, la población estuvo conformado por 40 unidades de albañilería de concreto fabricadas.

#### 3.5.2 Muestra

No se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo.

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

#### 3.6.1 Técnicas de recopilación de datos

Las técnicas que nos permitieron el procesamiento y análisis de datos para lograr el objetivo de la investigación fueron las siguientes:

- Observaciones
- Fichas de recolección y anotación de datos

### **3.6.2 Instrumentos de recopilación de datos**

Los instrumentos que se utilizaron para cada ensayo en el proceso de la investigación son los siguientes:

#### **❖ Análisis Granulométrico (NTP 400.012, 2013)**

##### **Materiales**

- ✓ Agregado fino: arena gruesa de cantera
- ✓ Juego de tamices de: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo.
- ✓ Balanza
- ✓ Horno 110 °C ± 5° C
- ✓ Palas
- ✓ Taras

#### **❖ Contenido de humedad total de agregado fino (NTP 339.185, 2013)**

##### **Materiales**

- ✓ Agregado fino: arena gruesa de cantera
- ✓ Taras
- ✓ Horno 110 °C ± 5° C
- ✓ Balanza

#### **❖ Peso unitario suelto seco (PUSS) y peso unitario compactado seco (PUCS) (NTP 400.017, 2011)**

##### **Materiales**

- ✓ Balanza
- ✓ Recipiente metálico
- ✓ Varilla compactadora de acero
- ✓ Pala de mano o cucharón

❖ **Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022:2013)**

**Materiales**

- ✓ Agua
- ✓ Balanza con capacidad mínima de 1000 g o más y sensibilidad de 0.1 gr.
- ✓ Estufa con T° de  $110C \pm 5C$
- ✓ Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> (picnómetro)
- ✓ Molde cónico
- ✓ Estufa
- ✓ Brocha
- ✓ Taras

❖ **Diseño de mezcla y fabricación de los ladrillos (NTP 400.022:2013)**

**Materiales**

- ✓ Cemento portland tipo I (Cemento Andino).
- ✓ Agregado
- ✓ Agua
- ✓ Polietileno tereftalato
- ✓ Badilejo
- ✓ Palas
- ✓ Máquina para fabricar unidades de albañilería

❖ **Variación dimensional (NTP 399.613)**

**Materiales**

- ✓ Regla de metal con divisiones de 1.0 mm
- ✓ Vernier (pie de rey)

❖ **Alabeo (NTP 399.613)**

**Materiales**

- ✓ Regla de metal con divisiones de 1.0 mm
- ✓ Cuña de madera o acero rectangular

❖ **Absorción (NTP 399.613)**

**Materiales**

- ✓ Unidades de albañilería de concreto.
- ✓ Balanza.
- ✓ Recipiente con agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- ✓ Horno 110 °C ± 5° C.

❖ **Resistencia a la compresión (NTP 399.613)**

**Materiales**

- ✓ Prensa para roturar probetas
- ✓ Brocha
- ✓ Guantes
- ✓ Zapatos de seguridad

**3.7 Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información se hizo uso de los siguientes pasos que ayudaron a obtener y procesar los datos.

**Fase de planeamiento y organización**

**Revisión y recopilación de información bibliográfica:** Se realizaron las revisiones e indagaciones correspondiente de bibliografía relacionada a la tesis de investigación, para lo cual se utilizaron fuentes de tesis anteriores, repositorios de distintas universidades, internet, libros y normas técnicas

vigentes, de las cuales se extrajo información relevante que se utilizaron y permitieron desarrollar la investigación.

**Elección de los materiales a utilizar**, Antes de continuar con el trabajo, se realizó la elección de los materiales a utilizar, los cuales fueron inspeccionados de manera detallada con la finalidad de no tener problemas en el momento de los ensayos y la elaboración de la unidad de albañilería.



**Figura 6:** Inspección del agregado fino Fuente: elaboración propia, 2019

### **Fase de recopilación de datos (laboratorio)**

#### ➤ **Ensayos del agregado**

##### ❖ **Análisis Granulométrico (NTP 400.012, 2013)**

El ensayo de análisis granulométrico se realizó con el objetivo de comprobar que el material cumple con el parámetro de uso granulométrico.

**Procedimiento:**

- Se adquirió una muestra de agregado fino (arena gruesa de cantera), se hizo secar el material y se realizó el cuarteo del material para mantener la uniformidad del mismo.
- Se pesó el material para el ensayo.
- Se colocó y se pasó la muestra por el juego de tamices según lo estipulado en la NTP 400.012., se agita de un lado para otro el juego de tamices en forma manual.
- Después del tamizado se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz (N° 3/8, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y FONDO).
- El Tamaño Máximo Nominal es el que corresponde a la abertura del tamiz en el cual queda retenido 5% o más de material.
- Finalmente se halla el módulo de finura, el cual es el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas del agregado, la cual se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$MF = \left( \frac{\sum \% \text{ Retenido en las mallas } \frac{3}{8}, 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100} \right)$$

**Figura 7:** Formula para hallar el módulo de finura del material, ensayo granulométrico Fuente: elaboración propia.

Donde:

MF= Modulo de finura



**Figura 8:** Imagen de pesos retenidos en los tamices en el ensayo granulométrico Fuente: elaboración propia.

❖ **Contenido de humedad total de agregado fino (NTP 339.185, 2013).**

El ensayo de contenido de humedad del agregado (W%) se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos en la NTP 339.185.2013.

**Procedimiento:**

- Se colocó la muestra de agregado húmedo en un recipiente de peso conocido y se registró ese peso, inmediatamente después se colocó en la estufa por 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Posterior al paso anterior se pesó el recipiente con la mezcla seca para determinar la cantidad de agua evaporada.
- El contenido de humedad de agregado fino se obtiene utilizando la siguiente fórmula.

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$$

**Figura 9:** Formula para hallar el contenido de humedad del agregado fino Fuente: elaboración propia.

Dónde:

Wh: Peso del agregado húmedo.

Ws: Peso del agregado en condición seca

❖ **Peso unitario suelto seco (PUSS) y peso unitario compactado seco (PUCS) (NTP 400.017, 2013).**

El ensayo de peso unitario suelto seco (PUSS) y peso unitario compactado seco (PUCS), se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos en la NTP 400.017.2013.

**Procedimiento:**

**Peso unitario suelto seco-PUSS**

- Se obtiene la muestra para realizar el ensayo.
- Se realiza el peso de un recipiente vacío.
- Se coloca un recipiente dentro de otra bandeja y con la cuchara pulpera se deja caer el agregado en el recipiente a una altura de unos 60 mm aproximadamente.
- Una vez que el recipiente se encuentre con material que sobrepasa su superficie, enrasamos nivelando la superficie.
- Posteriormente pesar el recipiente con el agregado y anotar el valor del peso.
- Repetir el procedimiento por un total de 3 veces.
- Hallamos el peso volumétrico suelto con la siguiente fórmula.

$$PUSC = \frac{PESO_{recipiente+muestra} - PESO_{recipiente}}{Volumen\ del\ recipiente}$$

**Figura 10:** Formula para hallar el peso unitario suelto seco del agregado Fuente: elaboración propia.

### **Peso unitario seco compactado-PUSC**

- Se obtiene la muestra necesaria para realizar el ensayo.
- Se procede a pesar el recipiente vacío.
- Se llenó de forma aproximada la tercera parte de la capacidad del recipiente. Se compacto con 25 golpes el material distribuyéndola de manera uniforme en toda la superficie.
- Se llena de forma aproximada un tercio más (sumando dos tercios) de la capacidad del recipiente. Se volvió a compactar con 25 golpes el material que se distribuyéndola de manera uniforme en toda la superficie.
- Posteriormente se terminó de llenar hasta la superficie el recipiente con el agregado, dejando sobrepasar el material la superficie del recipiente.
- Compactamos con 25 golpes el material distribuyéndola de manera uniforme en la superficie de agregado.
- Se nivelo la superficie utilizando un enrasador.
- Posteriormente se pesó el recipiente que contiene el agregado, anotando el valor del peso.
- Repetimos el procedimiento por un total de 3 veces.
- Hallamos el peso volumétrico compactado con la siguiente fórmula.

$$PUSC = \frac{PESO_{recipiente+muestra} - PESO_{recipiente}}{Volumen\ del\ recipiente}$$

**Figura 11:** Formula para hallar el peso unitario seco compactado del agregado Fuente: elaboración propia.

Donde:

V: Volumen del recipiente



**Figura 12:** Ensayo de peso unitario del agregado Fuente: elaboración propia.

❖ **Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022, 2013).**

El ensayo de peso específico se realizó como se describe a continuación:

**Procedimiento**

- La muestra, se puso a secar por 24 horas en una estufa a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se llenó agua a la muestra y se dejó por 24 horas. Se tendió la muestra en aire libre hasta observar que presente un secado uniforme.
- Se colocó el agregado en un molde cónico, se compactó con 25 golpes suaves con el pisón metálico. Se alzó el cono verticalmente (si todavía hay humedad superficial presente, el agregado

mantendrá la forma del cono, pero si la muestra se disgrega por los alrededores, la muestra se encuentra en estado saturado superficialmente seco todavía). Se repitió este paso hasta obtener la condición saturada superficialmente seca del agregado.

- Una vez logrado el paso anterior, pesar 200 gr. del material preparado. Se pesó el picnómetro sin tapa.
- Se agregó el material dentro del picnómetro, agregar agua, agitar y dejar que escapen las burbujas de aire, agregar más agua hasta el distintivo de calibración (500cm<sup>3</sup>).
- Después de una hora llevar a pesar el picnómetro que contiene la muestra. Se anotó los datos y mediante las siguientes formulas expresamos los resultados:

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

$$P_{eSSS} = \frac{500}{(V - V_a)}$$

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

$$Ab = \left( \frac{500 - W_o}{W_o} \right) * 100$$

**Figura 13:** Formula para hallar el peso específico y absorción del agregado fino Fuente: elaboración propia:

Dónde:

$P_{em}$  : Peso específico de masa (gr/cm<sup>3</sup>)

$P_{eSSS}$ : Peso específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm<sup>3</sup>)

$P_{ea}$  : Peso específico aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

$Ab$  : Porcentaje de absorción (%)

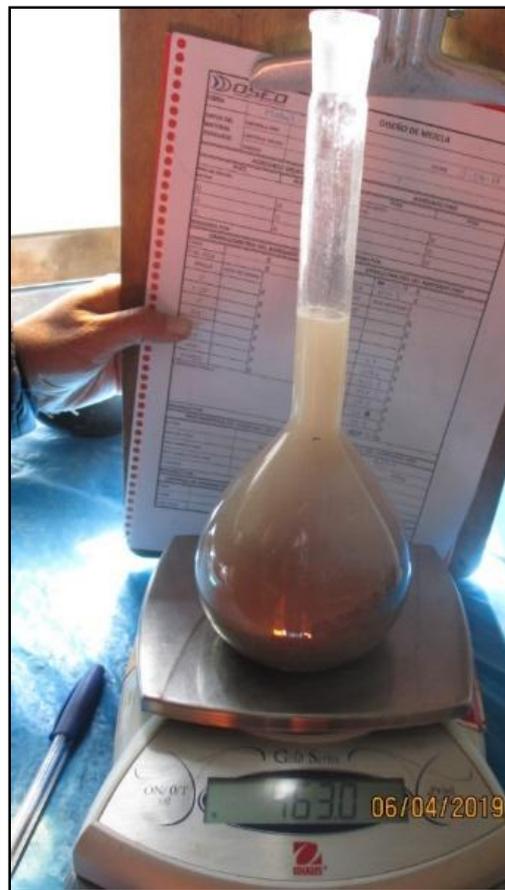
$W_o$  : Peso en el aire de la muestra seca en la mufla (gr).

$V_a$  : Peso en (gr) o volumen en (cm<sup>3</sup>) del agua añadida al frasco.

$V$  : Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>



**Figura 14:** Compactación con 25 golpes el agregado en el molde cónico Fuente: elaboración propia.



**Figura 15:** Peso del picnómetro con la muestra Fuente: elaboración propia.

➤ **Obtención del polietileno tereftalato**

Debido a no contar con un método para determinar las propiedades del polietileno tereftalato, se trabajó con el polietileno tereftalato pasante la malla N° 4.



**Figura 16:** Imagen del polietileno tereftalato  
Fuente: elaboración propia.



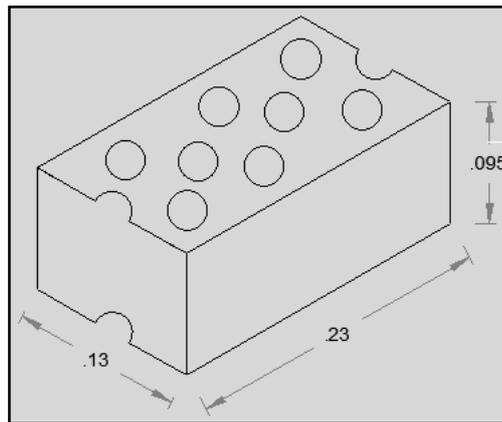
**Figura 17:** Tamizado del polietileno tereftalato,  
pasante la malla N°4 Fuente: elaboración propia

- **Diseño de mezcla y fabricación de la unidad de albañilería con incorporación de plástico polietileno tereftalato**

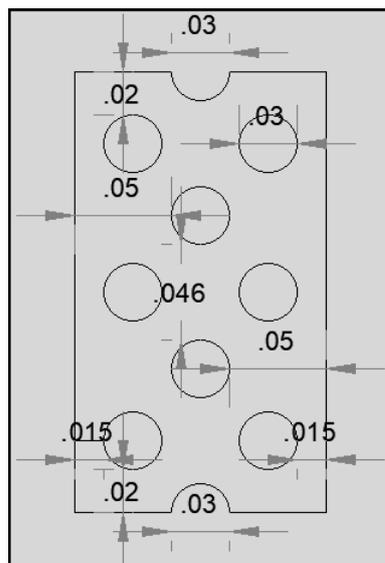
### **Procedimiento**

#### **Dimensionamiento de la unidad de albañilería**

Las dimensiones adoptadas para el diseño del ladrillo son las más usadas en el mercado actual 23x13x9.5 cm, largo, ancho y altura respectivamente.



**Figura 18:** Dimensiones de (longitud, alto, ancho) de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 19:** Detalle de medidas de diámetros de la parte hueca de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia.

## ➤ Diseño de mezcla por el método de Walker

Se realizó el diseño de mezcla utilizando el método de Walker, se tomó en cuenta los datos obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos, las medidas del molde para determinar el volumen que se tiene para elaborar una unidad de albañilería (23 X 13 x 9.5 cm).

### Procedimiento

- Para obtener el diseño de mezcla se inició calculando la resistencia promedio requerida, que está en función al  $F'c$  (resistencia a la compresión del concreto a utilizar).

Se utiliza la siguiente tabla:

**Tabla 4:**

*Resistencia promedio requerida*

<b>F'C(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Menos de 210</b>	F'C + 70
<b>210 a 350</b>	F'C + 84
<b>Sobre 350</b>	F'C + 98

**Nota:** Elección de la resistencia promedio requerida Fuente: (Rivva, 1992)

- El diseño de mezcla seleccionado en el trabajo de investigación es un  $F'c=240$ .
- Se realizó la selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Se realizó la selección del asentamiento.

Consistencia de la mezcla

**Tabla 5:**

*Consistencia de la mezcla*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>	<b>Trabajabilidad</b>
<b>Seca</b>	<b>0" a 2"</b>	<b>Poco trabajable</b>
<b>Plástica</b>	<b>3" a 4"</b>	<b>Trabajable</b>
<b>Húmeda</b>	<b>&gt; 0 = 5"</b>	<b>Muy trabajable</b>

**Nota:** Elección del asentamiento de la mezcla Fuente: (Rivva, 1992)

- Se realizó la selección del volumen unitario del agua de diseño.

## Diseño de mezclas por el método walker

Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores del asentamiento y tamaño nominal máximo del agregado.

**Tabla 6:**

*Tamaño máximo nominal del agregado*

ASENTAMIENTO	AGUA EN kg/cm <sup>3</sup> DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINAL MAXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADAS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
<b>1" a 2"</b>	205	200	185	180	160	155	145	125
<b>3" a 4"</b>	225	215	200	195	175	170	160	140
<b>6" a 7"</b>	240	230	210	202	185	180	170	....
<b>9</b>	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	165	160	145	140	135	120
<b>3" a 4"</b>	200	190	180	175	160	155	150	135
<b>6" a 7"</b>	215	205	190	185	170	165	160	....
<b>Promedio recomendable para el contenido total de aire atrapado(%)</b>	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

**Nota:** Elección de la cantidad de agua y aire en la mezcla Fuente: (Rivva, 1992)

- Se realizó la selección del contenido de aire.
- Se realizó la selección de la relación agua-cemento (a/c), por resistencia.  
Relación agua/cemento y resistencia a la comprensión del concreto (resistencia a los 28 días).

**Tabla 7:**  
*Relación agua-cemento*

Resistencia a la comprensión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) f'c	RELACION AGUA/CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	....
400	0.43	....
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

**Nota:** Elección de la relación agua-cemento Fuente: (Rivva, 1992)

- Se determinó el factor cemento, el cual se obtiene dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua- cemento.
- Se calculó el volumen absoluto de la pasta.
- Se determinó el volumen absoluto del agregado fino total
- Se determinó el peso seco de la arena
- Se realizó la corrección de los valores de diseño por humedad y absorción del agregado fino. Fuente: (Rivva, 1992).(19)
- Determinación de las propiedades en peso
- Determinación de los pesos de los materiales corregidos: (BOLSA)
- Determinación para volumen de un ladrillo

➤ **Dosificación del ladrillo con incorporación de polietileno tereftalato.**

La dosificación de polietileno tereftato en el diseño de mezcla para la elaboración de las unidades de albañilería se realizó reemplazando el cemento por porcentajes de polietileno tereftalato, al 3%, 5% y 10%.

**Tabla 8:***Proporción de Polietileno tereftalato en la mezcla de concreto*

<b>Unidad de Albañilería</b>	<b>Proporción de polietileno tereftalato</b>
<b>Muestra 1</b>	Patron (0% PET)
<b>Muestra 2</b>	3% PET
<b>Muestra 3</b>	5% PET
<b>Muestra 4</b>	10% PET

**Nota:** Muestras de la unidad de albañilería patrón y con incorporación de PET Fuente: elaboración propia.

Para cada muestra se fabricó 10 unidades de albañilería, obteniéndose 40 unidades de albañilería en total, cada muestra fue realizada de acuerdo a los ensayos establecidos en la norma E.070, la N.T.P 399.613.

➤ **Elaboración de las unidades de albañilería**

- ✓ Se empezó pesando las dosificaciones de cemento, agregado fino (arena gruesa), polietileno tereftalato y agua.
- ✓ Se realizó la dosificación de cada materia prima para cada una de las mezclas sin polietileno tereftalato y con 3%, 5% y 10% de polietileno tereftalato reciclado, reemplazando al cemento. Por el método de Walker.
- ✓ Se dispuso el agregado fino, junto al cemento y el polietileno tereftalato, se procedió a mezclar hasta observar una mezcla uniforme de los agregados; se agregó el agua en el hoyo hecho al centro de la mezcla, esto permitió que el agua sature los materiales, en seguida se cubrió el agua con mezcla seca de los costados para luego mezclar todo uniformemente, se continuó mezclando hasta que la mezcla presentó homogeneidad, consistencia y color uniforme.
- ✓ Se realizó el ensayo de medición de asentamiento de la mezcla.
- ✓ Luego se trasladó la cantidad requerida de mezcla en los moldes de la máquina para fabricar unidades de albañilería.
- ✓ Se vibrocompactó la mezcla en la máquina para fabricar unidades de albañilería y se retiró la unidad de albañilería.
- ✓ Se trasladó las unidades de albañilería a un lugar limpio y adecuado donde se dispuso cada muestra y se realizó el proceso de secado.
- ✓ Cuando el ladrillo mostro haber fraguado, fueron transportados para realizar su curado.

- ✓ Se repitió el proceso hasta realizar el total de muestras necesarias para desarrollar la investigación.

### **Curado.**

- ✓ Transcurrido 24 horas después de elaborar las unidades de albañilería, se marcó cada unidad correctamente y se procedió a regar.
- ✓ Se regó las unidades de albañilería con agua tres veces al día para mantener las unidades totalmente húmedas durante 28 días.
- ✓ A los 28 días de haber sido elaborados alcanzan su resistencia final.
- ✓ Se transportó las unidades de albañilería a un lugar limpio, para la realización de los ensayos respectivos.



**Figura 20:** Maquina para la elaboración de las unidades de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 21:** Pesos de materiales para la elaboración de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 22:** Materiales de las cuatro muestras para la elaboración de las unidades de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 23:** Incorporación de polietileno tereftalato y otros materiales en la mezcla Fuente: elaboración propia.



**Figura 24:** Verificación del asentamiento (consistencia seca de la mezcla), poco trabajable Fuente: elaboración propia.



**Figura 25:** Colocación de la mezcla de concreto en la máquina para el moldeo de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 26:** Unidades de albañilería elaboradas Fuente: elaboración propia.



**Figura 27:** Ladrillo de concreto con incorporación de polietileno tereftalato  
Fuente: elaboración propia.

➤ **Propiedades físicas**

❖ **Variación dimensional (NTP 399.613)**

Se medirá y registrará, el ancho (A), la altura (H) y la longitud (L) de cada unidad de albañilería.

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

**Figura 28:** Formula para hallar la variación dimensional de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia

Dónde:

V : Variabilidad dimensional (%).

ME : Medida especificada por el fabricante (mm).

MP : Medida promedio (mm).

### Procedimiento

Se mide en cada espécimen el largo, ancho y alto, con precisión de 1 mm. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.



**Figura 29:** Medición de longitud, alto, ancho de la unidad de albañilería  
Fuente: elaboración propia.

### ❖ Alabeo (NTP 399.613)

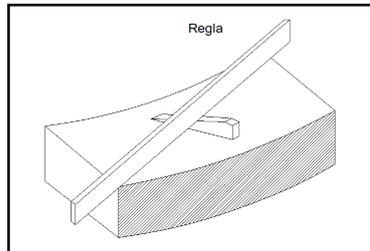
El alabeo se presenta como concavidad o convexidad, se halla la deformación curvilínea que presenta la superficie de la cara superior e inferior del ladrillo, se seguirá el procedimiento para cada muestra cómo se detalla a continuación.

#### Procedimiento:

- Se inicia eliminando con una brocha el polvo adherido en los especímenes.
- Cada ladrillo se situó sobre una superficie plana y se colocó sobre la cara de asiento de la unidad una regla metálica que conecta los extremos diagonalmente opuestos para poder determinar si es cóncavo o convexo y se midió con una cuña graduada al milímetro en la zona más alabeada.

### Medición de concavidad:

Para esta medición se colocó el borde recto de la regla sobre una diagonal de una de las caras mayores (superior e inferior) del ladrillo. Luego se procede a introducir la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima. Se registra el valor de la medición teniendo una precisión de 1mm (ver Figura N°30).



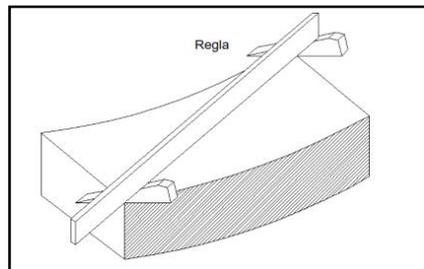
**Figura 30:** Concavidad de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 31:** Medición de concavidad Fuente: elaboración propia.

### **Medición de convexidad:**

Para esta medición se colocó sobre una diagonal o sobre dos aristas opuestas de las caras mayores (superior e inferior) del ladrillo el borde recto de la regla. Luego se procede a introducir en cada vértice la cuña y se ubicó el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.



**Figura 32:** Convexidad de la unidad de albañilería Fuente: elaboración propia.



**Figura 33:** Medición de convexidad Fuente: elaboración propia:

### **❖ Absorción (NTP 399.613.2005)**

Este ensayo nos brinda la capacidad de cantidad de agua que absorbe los poros de una unidad de albañilería.

## Procedimiento

- Se empieza secando por 24 horas las unidades de albañilería en un horno ventilado de 110 °C a 115 °C.
- Luego de retirarlos del horno, poner a enfriar los especímenes.
- Luego pesar cada uno de las unidades de albañilería.
- Se sumerge las unidades de albañilería de prueba parcialmente por 24 horas en agua limpia a una temperatura de 15.5 °C a 30 °C.
- Se procede a retirar las unidades de albañilería, se limpia el agua superficial con una franela o un paño.
- Se pesa todas las unidades de albañilería considerando no exceder cinco minutos siguientes después de ser retirados del agua.
- Se hace el cálculo de la absorción como sigue:

$$A(\%) = \frac{(P3-P1)}{P1} \times 100$$

**Figura 34:** Formula para hallar la absorción Fuente: elaboración propia

Donde:

A= Absorción (%)

P2= Peso saturado del ladrillo

P1= Peso seco del ladrillo



**Figura 35:** Secado del ladrillo en el horno por 24 horas Fuente: elaboración propia.



**Figura 36:** Ladrillo sumergido por 24 horas Fuente: elaboración propia.



**Figura 37:** Peso del ladrillo sumergido 24 horas Fuente: elaboración propia.

## ➤ Propiedades mecánicas

### ❖ Resistencia a la compresión (NTP 399.613)

Para este ensayo el procedimiento que se sigue es aplicar una carga progresiva de compresión a cada unidad de albañilería, para determinar su resistencia máxima admisible.



**Figura 38:** Equipo para el ensayo de resistencia a la compresión Fuente: elaboración propia.

## Procedimiento

### Preparación de cada muestra

- Se realiza el refrendado con yeso – cemento (diablo fuerte) las caras del ladrillo.
- Se cubre la cara superior e inferior del ladrillo con una capa delgada de pasta de yeso- cemento extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme.
- Repetir el procedimiento en todas las unidades de albañilería que serán ensayados.
- Luego del refrendado se esperó 24 horas para efectuarse el ensayo de resistencia a la compresión.



**Figura 39:** Refrendado de las muestras  
Fuente: elaboración propia.

- Selección del ladrillo de concreto después de haber transcurrido 28 días de su fabricación y curado.
- Se anotó las medidas de las dimensiones de la unidad de albañilería.
- Colocar las unidades de albañilería en la máquina de compresión, verificando que se encuentre en el centro del apoyo superior.
- Centrar en el equipo la muestra con los platos inferior y superior.
- Ajustar la prensa.
- Aplicar la carga de la máquina para dando un recorrido uniforme de cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada con una velocidad uniforme en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.
- Registrar la carga de compresión máxima en Newtons como  $P_{m\acute{a}x}$ .
- La resistencia a la compresión se calculó por la ecuación siguiente:

$$MPa = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n}$$

**Figura 40:** Formula para hallar le resistencia a la compresión  
Fuente: elaboración propia.

Siendo:

MPa = Resistencia a la compresión del espécimen

$P_{m\acute{a}x}$  = Carga de compresión máxima.

$A_n$  = Área de la sección de la unidad de albañilería

- La superficie  $A_n$  se calculó por la ecuación siguiente:

$$A_n = A \times L$$

Siendo:

A = ancho de la unidad de albañilería

L = largo de la unidad de albañilería



**Figura 41:** Ensayo de resistencia a la compresión  
Fuente: elaboración propia.

### **Fase de análisis de datos (gabinete)**

#### **Procesamiento de la información de resultados**

- ❖ Análisis granulométrico del agregado fino

**Tabla 9:***Dato granulométrico del agregado fino*

DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO	
Tamiz	Abertura (mm)
<b>3/8"</b>	9.5
<b>N°4</b>	4.75
<b>N°8</b>	2.36
<b>N°16</b>	1.18
<b>N°30</b>	0.59
<b>N°50</b>	0.3
<b>N°100</b>	0.15
<b>FONDO</b>	0

**Nota:** La tabla muestra la gradación que debe tener el agregado fino según la NTP 400.037.2014

**Tabla 10:***Formato de la granulometría del agregado fino*

		GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pasa.	Especif.	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret Acum.		min. %	max %
3/8"	9.5						
N°4	4.75						
N°8	2.36						
N°16	1.18						
N°30	0.59						
N°50	0.3						
N°100	0.15						
FONDO	0						

**Nota:** Formato para registrar los datos de la granulometría del agregado fino Fuente: N.T.P 400.012, 2017

❖ Caracterización del agregado fino

**Tabla 11:**

*Formato de las características del agregado fino*

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>A. FINO</b>
Peso Unitario Suelto Seco-PUSS	
Peso Unitario Compactado Seco-PUCS	
Peso Específico de Masa	
Modulo de Finura	
Contenido de Humedad	
Porcentaje de absorción	
Tamaño Maximo nominal	

**Nota:** Formato para registrar datos de caracterización del agregado fino Fuente: Elaboración propia

❖ **Diseño de mezcla y fabricación de la unidad de albañilería con plástico polietileno tereftalato**

- ✓ Valores de diseño (para 1 m<sup>3</sup> de concreto)

Cemento = 394.23 Kg = 9.28 bolsas

Agua de diseño = 205.00 Lts

A. Fino Seco = 1516.00 Kg

- ✓ Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de agregado fino.

Corrección por humedad

A. Fino Seco = 1572.22 Kg/m<sup>3</sup>

Agua efectiva = 274.49 Lt/m<sup>3</sup>

Cemento = 394.23 Kg/m<sup>3</sup>

- ✓ Determinación de las propiedades en peso:

C:1kg

Agreg:3.99kg

Agua: 0.70

- ✓ Determinación de los pesos de los materiales corregidos: (Bolsa)

Cemento	: 1x42.5=	42.5	Kg/bolsa
Agua efectiva:	0.7x42.5=	29.75	Lt/bolsa
Agregado fino:	3.99x42.5=	169.58	kg/bolsa

❖ **Dosificación de la unidad de albañilería con incorporación de polietileno tereftalato para cada muestra**

- ✓ Determinación para volumen de la unidad de albañilería

Volumen de una unidad de albañilería

$$\text{Para un molde: } 0.230 * 0.095 * 0.130 = 0.0028405 \text{ m}^3$$

$$\text{Área c.} = 3.1416 * 0.015 * 0.015 * 0.095 = 8.6253E-05 \text{ m}^3$$

$$\text{Área T.c.} = 8.6253E-05 * 9 = 0.00077627 \text{ m}^3$$

$$\text{Área neta} = 0.0028405 - 0.00077627 = 0.00206423 \text{ m}^3$$

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería patrón

$$\text{A. Fino Seco} = 32.50 \text{ Kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 5.70 \text{ Lt}$$

$$\text{Cemento} = 8.10 \text{ Kg}$$

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% de polietileno tereftalato

$$\text{A. Fino Seco} = 32.50 \text{ Kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 5.70 \text{ Lt}$$

$$\text{Cemento} = 7.90 \text{ Kg}$$

$$\text{PET} = 0.24 \text{ Kg}$$

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% de polietileno tereftalato

$$\text{A. Fino Seco} = 32.50 \text{ Kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 5.70 \text{ Lt}$$

$$\text{Cemento} = 7.70 \text{ Kg}$$

$$\text{PET} = 0.41 \text{ Kg}$$

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET

A. Fino Seco = 32.50 Kg

Agua efectiva = 5.70 Lt

Cemento = 7.30 Kg

PET = 0.81 Kg

### Propiedades físicas

#### ❖ Ensayo de variación dimensional

Para este ensayo, se realizó la medición de 10 unidades de albañilería enteras y secas, las cuales se midieron individualmente (ancho, longitud y altura), para cada muestra de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET).

- Unidad de albañilería patrón

**Tabla 12:**

*Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras (patrón)*

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON					
Largo		Altura		Ancho	
Resultados de unidades		Resultados de unidades		Resultados de unidades	
Muestra	L prom.	Muestra	H prom.	Muestra	A prom.
1		1		1	
M-01		M-01		M-01	
.		.		.	
.		.		.	
M-10		M-10		M-10	

**Nota:** Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería patrón Fuente: elaboración propia

- Unidad de albañilería con incorporación de 3 % de PET

**Tabla 13:**

*Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 3% PET)*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET</b>					
<b>Largo</b>		<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
<b>Resultados de unidades</b>		<b>Resultados de unidades</b>		<b>Resultados de unidades</b>	
<b>Muestra 2</b>	<b>L prom.</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>H prom.</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>A prom.</b>
<b>M-01</b>		<b>M-01</b>		<b>M-01</b>	
.		.		.	
.		.		.	
<b>M-10</b>		<b>M-10</b>		<b>M-10</b>	

**Nota:** Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET Fuente: elaboración propia

- Unidad de albañilería con incorporación de 5 % de PET

**Tabla 14:**

*Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 5% PET)*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>					
<b>Largo</b>		<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
<b>Resultados de unidades</b>		<b>Resultados de unidades</b>		<b>Resultados de unidades</b>	
<b>Muestra 3</b>	<b>L prom.</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>H prom.</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>A prom.</b>
<b>M-01</b>		<b>M-01</b>		<b>M-01</b>	
.		.		.	
.		.		.	
<b>M-10</b>		<b>M-10</b>		<b>M-10</b>	

**Nota:** Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET Fuente: elaboración propia

- Unidad de albañilería con incorporación de 10 % de PET

**Tabla 15:**

*Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 10% PET)*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10 % DE PET</b>					
<b>Largo</b>		<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
<b>Resultados de unidades</b>		<b>Resultados de unidades</b>		<b>Resultados de unidades</b>	
<b>Muestra 4</b>	<b>L prom.</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>H prom.</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>A prom.</b>
<b>M-01</b>		<b>M-01</b>		<b>M-01</b>	
.		.		.	
.		.		.	
<b>M-10</b>		<b>M-10</b>		<b>M-10</b>	

**Nota:** Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET Fuente: elaboración propia.

❖ **Ensayo de alabeo**

Para este ensayo, se realizó la medición de concavidad y convexidad en la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería seleccionadas para cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10% PET).

➤ Unidad de albañilería patrón

**Tabla 16:**

*Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería patrón.*

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON						
Muestra	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
1						
M-01						
.						
.						
M-10						

**Nota:** Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería patrón  
Fuente: elaboración propia.

➤ Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET

**Tabla 17:**

*Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET.*

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET						
Muestra	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUPER. (mm)	CARA INFER. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUPER. (mm)	CARA INFER. (mm)	PROM. (mm)
2						
M-01						
.						
.						
M-10						

**Nota:** Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET Fuente: elaboración propia.

- Unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET

**Tabla 18:**

*Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET.*

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>						
Muestra	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUPER. (mm)</b>	<b>CARA INFER. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUPER. (mm)</b>	<b>CARA INFER. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
3						
M-01						
.						
.						
M-10						

**Nota:** Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET Fuente: elaboración propia.

- Unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET

**Tabla 19:**

*Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET.*

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
Muestra	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUPER. (mm)</b>	<b>CARA INFER. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUPER. (mm)</b>	<b>CARA INFER. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
4						
M-01						
.						
.						
M-10						

**Nota:** Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET Fuente: elaboración propia

#### ❖ **Ensayo de absorción**

Para este ensayo, se obtuvo 5 unidades de albañilería que fueron ensayados para cada muestra de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET).

➤ Unidad de albañilería patrón

**Tabla 20:**

*Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería patrón.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>ABSORCION</b>
<b>1</b>	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	<b>%</b>
<b>M-1</b>			
.			
.			
<b>M-5</b>			

**Nota:** Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería patrón Fuente: elaboración propia

➤ Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET

**Tabla 21:**

*Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET*

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>ABSORCION</b>
<b>2</b>	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	<b>%</b>
<b>M-1</b>			
.			
.			
<b>M-5</b>			

**Nota:** Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería patrón con incorporación de 3% de PET Fuente: elaboración propia

- Unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET

**Tabla 22:**

*Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET*

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>ABSORCION %</b>
<b>3</b>	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	

**M-1**

.

.

**M-5**

**Nota:** Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET Fuente: elaboración propia

- Unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET

**Tabla 23:**

*Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET*

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>ABSORCION %</b>
<b>4</b>	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	

**M-1**

.

.

**M-5**

**Nota:** Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET Fuente: elaboración propia.

## **Propiedades mecánicas**

### **❖ Ensayo de resistencia a la compresión**

Para el ensayo de resistencia a la compresión, se obtuvo 5 unidades de albañilería que no presenten rajaduras para cada muestra de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET).

- Unidad de albañilería patrón

**Tabla 24:**

*Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería patrón*

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA	AREA	Pu (kg)	f'b
1	promedio	promedio	cm2	NETA		(kg/cm2)
				cm2		
M-1						
.						
.						
M-5						

**Nota:** Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería patrón Fuente: elaboración propia.

- Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET

**Tabla 25:**

*Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET*

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3% DE PET						
MUESTRA 2	Ancho	Largo	AREA	AREA	Pu (kg)	f'b
	promedio	promedio	cm2	NETA		(kg/cm2)
				cm2		
M-1						
.						
.						
M-5						

**Nota:** Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 3% PET Fuente: elaboración propia.

- Unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET

**Tabla 26:**

*Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET*

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA	AREA	Pu (kg)	f'b
3	promedio	promedio	cm2	NETA		(kg/cm2)
				cm2		
M-1						
.						
.						
M-5						

**Nota:** Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 5% PET Fuente: elaboración propia.

- Unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET

**Tabla 27:**

*Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
<b>MUESTRA 4</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>AREA</b>	<b>AREA</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b</b>
	<b>promedio</b>	<b>promedio</b>	<b>cm2</b>	<b>NETA</b>		<b>(kg/cm2)</b>
				<b>cm2</b>		
<b>M-1</b>						
.						
.						
<b>M-5</b>						

**Nota:** Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 10% PET Fuente: elaboración propia.

### **Elaboración de informe de investigación**

Luego de haber culminado cada una de las fases anteriores, desarrollados los objetivos propuestos de la investigación, se procedió a la elaboración del informe final, donde se presenta una secuencia adecuada desarrollada en la investigación y todos los detalles importantes que conciernen al mismo.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Para procesar la información se utilizó el Software de Microsoft Excel

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACION DE RESULTADOS**

#### **4.1 Resultado general**

Se determinó el resultado de las propiedades físicas-mecánicas de las unidades de albañilería (variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión), por cada muestra de unidad de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10%PET).

#### **Propiedades físicas-mecánicas**

##### **❖ Ensayo de variación dimensional**

Para obtener el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas de las unidades de albañilería de concreto se determinó la variación dimensional del largo, ancho y altura de 5 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10%PET).

**Tabla 28:**

*Resultados del promedio y porcentaje de variación dimensional de cada muestra de unidad de albañilería*

Muestra	Variación dimensional						Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
Und. alb. patrón	230.63	-0.27	96.88	-1.97	130.25	-0.19	Clase: V
3%PET	229.90	0.04	97.75	-2.89	129.90	0.08	Clase: V
5%PET	229.75	0.11	96.68	-1.76	129.85	0.12	Clase: V
10%PET	230.33	-0.14	97.45	-2.58	130.30	-0.23	Clase: V

**Nota:** La variación dimensional de las unidades de albañilería es mínima, debido a que se trabajó con un mismo molde para la fabricación de todas las unidades, cumplen con los requisitos de la norma E.070, obteniendo una unidad de albañilería clase V, Fuente: elaboración propia.

#### ❖ Ensayo de alabeo

Para obtener el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas - mecánicas de las unidades de albañilería de concreto se determinó el alabeo de 5 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10%PET).

**Tabla 29:**

*Resultados de alabeo de unidades de cada muestra de unidad de albañilería*

Muestra	Alabeo			Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
<b>Und. alb. patrón</b>	0.40	0.70	<b>0.70</b>	Clase: V
<b>3%PET.</b>	0.90	0.60	<b>0.90</b>	Clase: V
<b>5%PET.</b>	0.65	0.45	<b>0.65</b>	Clase: V
<b>10%PET.</b>	0.95	0.75	<b>0.95</b>	Clase: V

**Nota:** El alabeo de las unidades de albañilería, tanto cóncavo y convexo es de un mínimo valor de 0.65 mm a 0.95 mm, obteniendo una unidad de albañilería clase V, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.



**Figura 42:** Resultado del ensayo de alabeo de las muestras de las unidades de albañilería

#### ❖ Ensayo de absorción

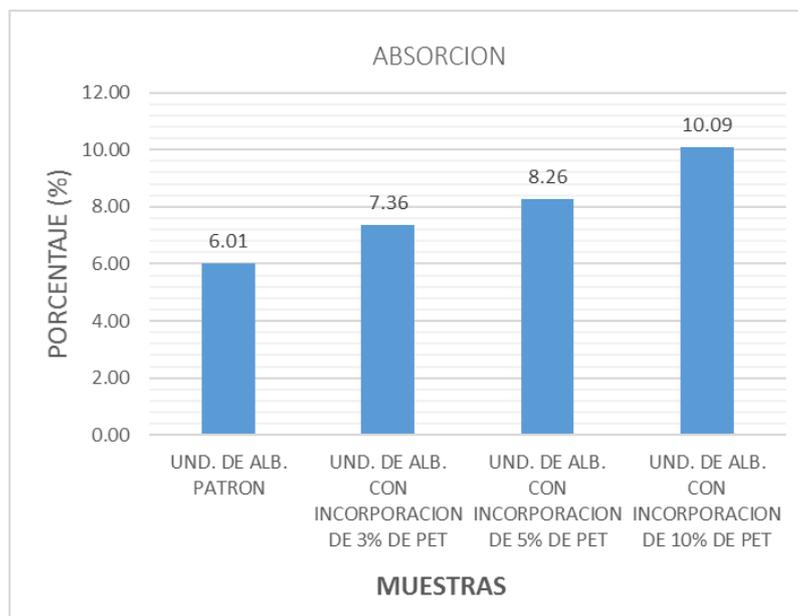
Para obtener el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas - mecánicas de las unidades de albañilería de concreto se determinó la absorción de 5 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10%PET).

**Tabla 30:**

*Absorción de cada muestra de unidad de albañilería*

Absorción	
MUESTRA	ABSORCION %
<b>Und. alb. Patrón</b>	6.01
<b>3%PET.</b>	7.36
<b>5%PET.</b>	8.26
<b>10%PET.</b>	10.09

**Nota:** La absorción de las unidades de albañilería es menor al 12%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.



**Figura 43:** Resultado del ensayo de absorción de todas las muestras de las unidades de albañilería

#### ❖ Ensayo de resistencia a la compresión

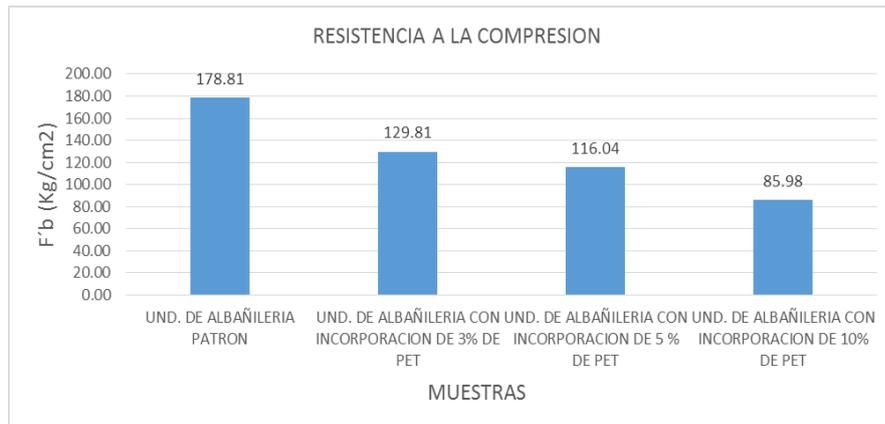
Para obtener el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas - mecánicas de las unidades de albañilería de concreto se determinó la resistencia a compresión de 5 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10%PET).

**Tabla 31:**

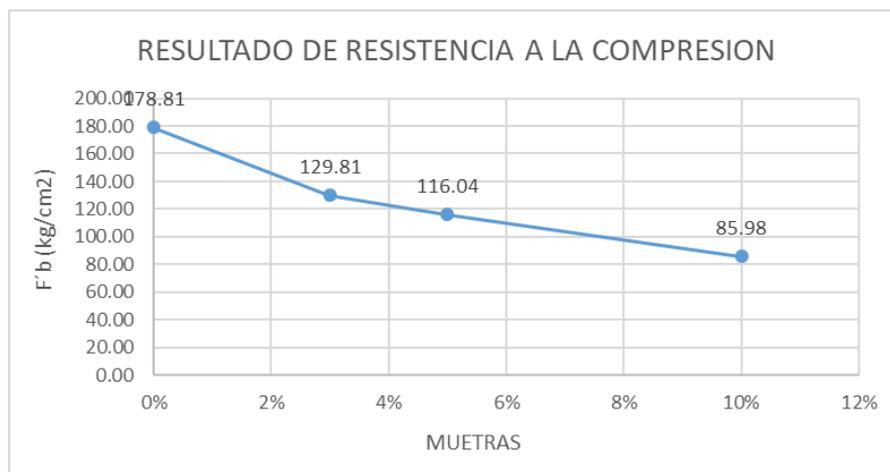
*Resultados de resistencia a la compresión de unidades de albañilería*

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unidades de albañilería patrón)</b>		<b>Clasificación para fines estructurales</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Und. de alb. Patrón</b>	178.81	Clase: IV
<b>3% PET</b>	129.81	Clase: III
<b>5% PET</b>	116.04	Clase: III
<b>10%PET</b>	85.98	Clase: III

**Nota:** La resistencia a compresión que ofrecen todas las muestras de unidades de albañilería cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070, pero se observa mayor resistencia en la unidad de albañilería patrón Fuente: elaboración propia.



**Figura 44:** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de todas las muestras de las unidades de albañilería.



**Figura 45:** Resultado: unidad de albañilería patrón ( $F'b=178.81$  Kg/cm<sup>2</sup>), con incorporación de 3% de PET ( $F'b=129.81$  Kg/cm<sup>2</sup>), con incorporación de 5% de PET ( $F'b=116.04$  Kg/cm<sup>2</sup>), con incorporación de 10% de PET un ( $F'b=85.98$  Kg/cm<sup>2</sup>), observando que a medida que se aumenta la incorporación de PET, la resistencia va disminuyendo.

**Tabla 32:**

*Clasificación de cada una de las muestras de unidades de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET)*

<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>CLASIFICACION DE ACUERDO A LOS ENSAYOS DE:</b>			<b>Clasificación final</b>
	Variación de la dimensión	Alabeo	Resistencia característica a compresión	
UND.ALB. PATRON	V	V	IV	IV
UND. ALB 3% PET	V	V	III	III
UND. ALB. 5% PET	V	V	III	III
UND. ALB. 10% PET	V	V	II	II

**Nota:** De la tabla se determina que la incorporación de polietileno tereftalato en el diseño de mezcla del concreto afecta principalmente a la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, la unidad de albañilería patrón es clase IV, y las unidades de albañilería con incorporación de PET es clase III y III y II respectivamente Fuente: elaboración propia.

- ✓ El resultado de las propiedades físicas- mecánicas son: la variación dimensional que ofrecen todas las unidades de albañilería, presenta efectos positivos de variación mínima en el largo, ancho y altura (patrón l:-0.27%, h:-1.97%, a:-0.19%) (3%PET l:0.04%, h:-2.89%, a:0.08%) (5%PET l:0.11%, h:-1.76%, a:0.12%) (10%PET l:-0.14%, h:-2.58%, a:-0.23%), El alabeo presenta un promedio de 0.65-0.95mm, presenta efectos positivos tanto en concavidad y convexidad (cara superior e inferior). La absorción no es mayor al 12%, presentando efectos positivos, las unidades de albañilería con porcentajes de polietileno tereftalato presentan mayor capacidad de absorber agua, con un valor promedio de (patrón: 6.01%, 3%PET: 7.36%, 5%PET:8.26%, 10%PET:10.09%). En la resistencia a la compresión se puede apreciar la disminución de la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de polietileno tereftalato, los unidades de albañilería patrón tienen valor promedio de ( $F'_{b}=178.81\text{kg/c m}^2$ ), con incorporación de 3% de PET ( $F'_{b}=129.81\text{kg/cm}^2$ ) con incorporación de 5% de PET ( $F'_{b}=116.04\text{kg/cm}^2$ ), con incorporación de 10% PET ( $F'_{b}=85.98\text{kg/cm}^2$ ), determinando el resultado se observa una disminución en la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de polietileno tereftalato, pero cabe resaltar que las propiedades físicas-mecánicas

se encuentran dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica E.070.

#### 4.2 Resultados específicos

a) **Clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto.**

##### ❖ **Análisis granulométrico**

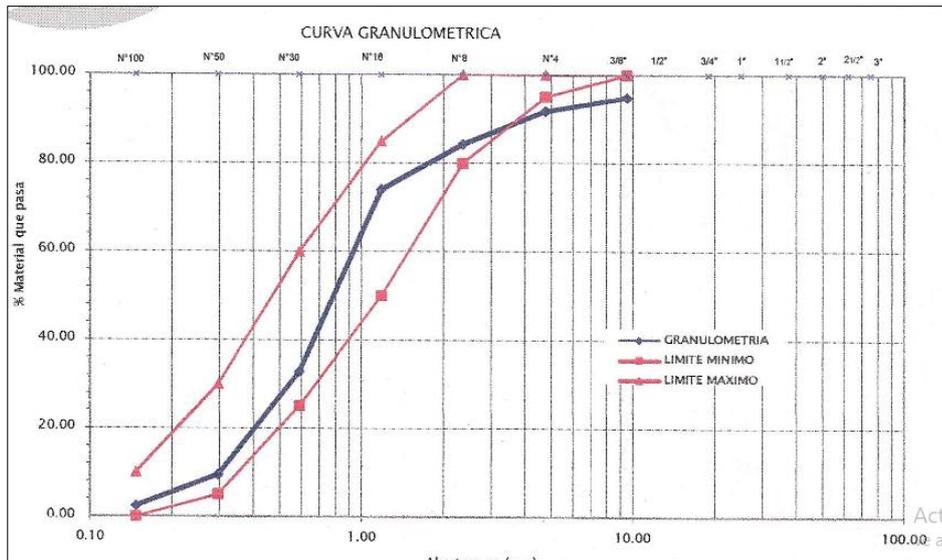
Se presenta el resultado del ensayo de análisis granulométrico, determinadas en el laboratorio, cuyos valores cumplen con los estándares establecidos en la NTP 400.012.2013.

**Tabla 33:**

*Resultados del análisis granulométrico del agregado fino N.T.P 400.012.2013*

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO</b>							
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Material retenido</b>			<b>%Muestra que Pasa.</b>	<b>Especif.</b>	
		<b>Peso Ret.</b>	<b>%Ret.</b>	<b>%Ret Acum .</b>		<b>min. %</b>	<b>max %</b>
3/8"	9.50	65.30	5.09	5.09	94.91	100	100
N°4	4.75	40.30	3.14	8.24	91.76	95	100
N°8	2.36	95.70	7.47	15.70	84.30	80	100
N°16	1.18	131.20	10.23	25.94	74.06	50	85
N°30	0.59	528.90	41.26	67.20	32.80	25	60
N°50	0.3	298.90	23.32	90.51	9.49	5	30
N°100	0.15	90.80	7.08	97.60	2.40	0	10
FONDO	0	30.80	2.40	100.00	-	-	-
	<b>TOTAL</b>	<b>1281.90</b>	<b>100.00</b>				

**Nota:** En la tabla se obtiene como dato que el tamaño máximo nominal del agregado fino es el de 3/8" Fuente: elaboración propia.



**Figura 46:** Curva granulométrica del agregado fino, se observa que la curva granulométrica se encuentra comprendida dentro del límite mínimo y máximo, cumpliendo con el uso granulométrico

#### ❖ Caracterización del agregado fino

En la tabla se presenta el resumen de las características del agregado fino, determinadas en el laboratorio, cuyos valores cumplen con los estándares establecidos en la N.T.P 400.037.

**Tabla 34:**  
*Resumen de las características del agregado fino*

CARACTERISTICAS	A. FINO
Peso Unitario Suelto Seco-PUSS	1547
Peso Unitario Compactado Seco-PUCS	1786
Peso Específico de Masa	2.44
Modulo de Finura	3.10
Contenido de Humedad	0.68
Porcentaje de absorcion	5.13
Tamaño maximo nominal	3/8"

**Nota:** En la tabla se presenta el resumen de las características del agregado fino, datos obtenidos de los ensayos al agregado fino en el laboratorio según la N.T.P 400.037.2014 Fuente: elaboración propia.

❖ **Diseño de mezcla del concreto**

El diseño de mezcla de concreto se realizó aplicando el método de Walker, se procedió al reemplazo porcentual de cemento por el 3% 5% y 10% de polietileno tereftalato respectivamente.

**Diseño de mezcla por resistencia  $F'c=240$ , (Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET)**

**Tabla 35:**

*Diseño de mezcla con incorporación de 3% de PET*

<b>DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DE WALKER (UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON 3% PET)</b>		
<b>CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ARENA</b>	
Peso unitario suelto	1547	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1786	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.44	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	5.13	%
Contenido de humedad	0.68	%
Tamaño máximo nominal	3/8"	
Modulo de finura	3.10	
Peso específico de masa	<b>CEMENTO</b>	<b>AGUA</b>
	3.15 kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>
<b>1°</b>	<b>Resistencia promedio requerida</b>	
	$F_{cr}=240+84 =324 \text{ kg/cm}^2$	
<b>2°</b>	<b>Selección de los asentamientos</b>	
	Consistencia seca	Slump: 0" a 2"
<b>3°</b>	<b>Selección del tamaño máximo de los agregados</b>	
	T.M: 3/8"	
<b>4°</b>	<b>Estimación del agua de mezclado y contenido de aire</b>	
	Agua: 205	Aire: 3%
<b>5°</b>	<b>Selección de la relación agua-cemento (a/c)-Resistencia</b>	
	a/c: 0.52	
<b>6°</b>	<b>Calculo de contenido de cemento</b>	
	Vol. Unitario: 205 lts/m <sup>3</sup>	Relación a-c:0.52
	Factor cemento: 394.23 kg/m <sup>3</sup>	Bols. Cemento: 9.28 bolsas
<b>7°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto de la pasta</b>	
	Cemento: $394.23/(3.15 \times 1000) = 0.125$	
	Agua: $205/(1 \times 1000)$	= 0.205
	Aire: $3\%/100\%$	=0.003
	SUMA	= 0.360

<b>8°</b>	<b>Cálculo del volumen absoluto del agregado fino total</b> V. abs. Agreg. = $1-0.360 = 0.640$
<b>9°</b>	<b>Cálculo del peso seco de la arena</b> P. seco arena= $0.640 \times 2.44 \times 1000 = 1516 \text{ kg/m}^3$
<b>10°</b>	<b>Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de ag. fino</b> Peso humedo ag. Fino= $1561.6 \times (1+(0.68/100)) = 1572.22$ Humedad sup. Ag. Fino= $0.68-5.13 = -4.45$ Aporte de humedad ag. fino= $1561.60 \times (-0.0445) = -69.4912$ Agua efectiva= $205 \text{ lt/m}^3 - (-69.49 \text{ lt/m}^3) = 274.49$
<b>11°</b>	<b>Pesos corregidos de los materiales por m3</b> Cemento: $394.23 \text{ Kg/m}^3$ Agua efectiva: $274.49 \text{ Lt/m}^3$ Agregado fino: $1572.22 \text{ Kg/m}^3$
<b>12°</b>	<b>Proporción en peso</b> Cemento: 1      Agua: 0.70      Agregado: 3.99

<b>UND. DE ALBAÑILERIA (3% PET)</b>		
<b>MATERIALES</b>	<b>DOSIF. 10 UND.</b>	
Cemento	7.90	Kg
Agua	5.70	Lt
Agregado	32.50	Kg
Pet	0.24	Kg

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería con 3% PET)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm2)</b>	
<b>Unid de albañilería. 3% PET</b>	129.81	Clase: III

**Nota:** El diseño de mezcla para la unidad de albañilería de concreto con incorporación de 3% de PET, se realizó utilizando los valores obtenidos de los ensayos al agregado fino, se realizó el reemplazo porcentual de cemento por 3% de polietileno tereftalato, se obtuvo una unidad de albañilería clase III, según los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

### **Diseño de mezcla por resistencia $F'c=240$ , (unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET)**

**Tabla 36:**

*Diseño de mezcla con incorporación de 5% de PET*

<b>DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DE WALKER (UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON 5% PET)</b>	
<b>CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES</b>	
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ARENA</b>

Peso unitario suelto	1547	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1786	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.44	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	5.13	%
Contenido de humedad	0.68	%
Tamaño máximo nominal	3/8"	
Modulo de finura	3.10	
Peso específico de masa	<b>CEMENTO</b> 3.15 kg/m <sup>3</sup>	<b>AGUA</b> 1000 kg/m <sup>3</sup>
<b>1°</b>	<b>Resistencia promedio requerida</b> Fcr=240+84 =324 kg/cm <sup>2</sup>	
<b>2°</b>	<b>Selección de los asentamientos</b> Consistencia seca      Slump: 0" a 2"	
<b>3°</b>	<b>Selección del tamaño maximo de los agregados</b> T.M: 3/8"	
<b>4°</b>	<b>Estimación del agua de mezclado y contenido de aire</b> Agua: 205      Aire: 3%	
<b>5°</b>	<b>Selección de la relación agua-cemento (a/c)-Resistencia</b> a/c: 0.52	
<b>6°</b>	<b>Calculo de contenido de cemento</b> Vol. Unitario: 205 lts/m <sup>3</sup> Relacion a-c:0.52 Factor cemento: 394.23 kg/m <sup>3</sup> Bols. Cemento: 9.28 bolsas	
<b>7°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto de la pasta</b> Cemento: 394.23/(3.15x1000) =0.125 Agua: 205/(1x1000) = 0.205 Aire: 3%/100%=0.003 SUMA = 0.360	
<b>8°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto del agregado fino total</b> V. abs. Agreg. = 1-0.360 = 0.640	
<b>9°</b>	<b>Calculo del peso seco de la arena</b> P. seco arena= 0.640x2.44x1000=1516 kg/m <sup>3</sup>	
<b>10°</b>	<b>Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de ag. fino</b> Peso húmedo ag. Fino= 1561.6 x(1+(0.68/100))= 1572.22 Humedad sup. Ag. Fino= 0.68-5.13= -4.45 Aporte de humedad ag. fino= 1561.60x(-0.0445)=-69.4912 Agua efectiva= 205 lt/m <sup>3</sup> -(-69.49 lt/m <sup>3</sup> )=274.49	
<b>11°</b>	<b>Pesos corregidos de los materiales por m<sup>3</sup></b> Cemento: 394.23 Kg/m <sup>3</sup> Agua efectiva:274.49 Lt/m <sup>3</sup> Agregado fino: 1572.22 Kg/m <sup>3</sup>	
<b>12°</b>	<b>Proporción en peso</b> Cemento: 1      Agua: 0.70      Agregado: 3.99	

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON (5% PET)</b>		
<b>MATERIALES</b>	<b>DOSIF. 10 UND.</b>	
Cemento	7.70	Kg
Agua	5.70	Lt
Agregado	32.50	Kg
Pet	0.41	Kg

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería con 5% PET)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Unid. de albañilería con 5% PET</b>	116.04	Clase: III

**Nota:** El diseño de mezcla de la unidad de albañilería de concreto con incorporación de 5% de polietileno tereftalato, se realizó utilizando los valores obtenidos de los ensayos al agregado fino, se realizó el reemplazo porcentual de cemento por 5% de PET, se obtuvo una clasificación de una und. de alb. clase III, según los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

### **Diseño de mezcla por resistencia $F'c=240$ , (unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET)**

**Tabla 37:**

*Diseño de mezcla con incorporación de 10% de PET*

<b>DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DE WALKER (UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON 10% PET)</b>		
<b>CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ARENA</b>	
Peso unitario suelto	1547	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1786	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.44	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	5.13	%
Contenido de humedad	0.68	%
Tamaño máximo nominal	3/8"	
Modulo de finura	3.10	
<b>Peso específico de masa</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>AGUA</b>
	3.15 kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>
<b>1°</b>	<b>Resistencia promedio requerida</b>	
	$F_{cr}=240+84 =324 \text{ kg/cm}^2$	
<b>2°</b>	<b>Selección de los asentamientos</b>	
	Consistencia seca	Slump: 0" a 2"
<b>3°</b>	<b>Selección del tamaño maximo de los agregados</b>	
	T.M: 3/8"	
<b>4°</b>	<b>Estimación del agua de mezclado y contenido de aire</b>	

	Agua: 205	Aire: 3%
<b>5°</b>	<b>Selección de la relación agua-cemento (a/c)- Resistencia</b>	
	a/c: 0.52	
<b>6°</b>	<b>Calculo de contenido de cemento</b>	
	Vol. Unitario: 205 lts/m <sup>3</sup>	Relacion a-c:0.52
	Factor cemento: 394.23 kg/m <sup>3</sup>	Bols. Cemento: 9.28 bolsas
<b>7°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto de la pasta</b>	
	Cemento: $394.23/(3.15 \times 1000) = 0.125$	
	Agua: $205/(1 \times 1000) = 0.205$	
	Aire: $3\%/100\% = 0.003$	
	SUMA = 0.360	
<b>8°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto del agregado fino total</b>	
	V. abs. Agreg. = $1 - 0.360 = 0.640$	
<b>9°</b>	<b>Calculo del peso seco de la arena</b>	
	P. seco arena = $0.640 \times 2.44 \times 1000 = 1516 \text{ kg/m}^3$	
<b>10°</b>	<b>Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de ag. fino</b>	
	Peso húmedo ag. Fino = $1516.6 \times (1 + (0.68/100)) = 1572.22$	
	Humedad sup. Ag. Fino = $0.68 - 5.13 = -4.45$	
	Aporte de humedad ag. fino = $1516.60 \times (-0.0445) = -69.4912$	
	Agua efectiva = $205 \text{ lt/m}^3 - (-69.49 \text{ lt/m}^3) = 274.49$	
<b>11°</b>	<b>Pesos corregidos de los materiales por m<sup>3</sup></b>	
	Cemento: 394.23 Kg/m <sup>3</sup>	
	Agua efectiva: 274.49 Lt/m <sup>3</sup>	
	Agregado fino: 1572.22 Kg/m <sup>3</sup>	
<b>12°</b>	<b>Proporción en peso</b>	
	Cemento: 1	Agua: 0.70      Agregado: 3.99

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON (10% PET)</b>		
<b>MATERIALES</b>	<b>DOSIF. 10 UND.</b>	
<b>Cemento</b>	7.30	Kg
<b>Agua</b>	5.70	Lt
<b>Agregado</b>	32.50	Kg
<b>Pet</b>	0.81	Kg

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería con 10% PET)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Und. de albañilería con 10% PET</b>	85.98	Clase: II

**Nota:** El diseño de mezcla de la unidad de albañilería de concreto con incorporación de 10% de PET, se realizó utilizando los valores obtenidos de los ensayos al agregado fino, se realizó el reemplazo porcentual de cemento por 10%

de PET, se obtuvo una clasificación de unidad de albañilería clase III, según los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería patrón)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Und. de albañilería patrón</b>	85.98	Clase: IV

Según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto, la unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET, da un resultado de clase III, con 5% de PET, da un resultado de clase III y con 10% de PET da un resultado de clase II, todas las clasificaciones están dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica E.070.

**b) Resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto.**

Para analizar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería (variación dimensional, alabeo, absorción), los ensayos se realizaron transcurrido los 28 días de su elaboración, siguiendo los procedimientos establecidos en la N.T.P 399.613.2005.

**❖ Variación dimensional**

Se analizó la variación dimensional de 10 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10% PET), la variación dimensional se obtuvo al comparar las dimensiones reales de las unidades (dimensiones de fábrica), con las dimensiones previstas para su elaboración.

En las tablas se presentan los resultados del ensayo de variación dimensional de las unidades de albañilería, determinados en el laboratorio, cuyos valores cumplen con los parámetros establecidos en la norma NTP 399.613.

**Tabla 38:**

Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de 10 unidades de albañilería de concreto patrón.

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON								
Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L	V.D	Muestra	H	V.D	Muestra	A	V.D
	prom.			prom.			prom.	
M-01	231.00	-0.43	M-01	95.75	-0.79	M-01	130.25	-0.19
M-02	230.50	-0.22	M-02	96.75	-1.84	M-02	129.75	0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	97.50	-2.63	M-03	130.25	-0.19
M-04	230.50	-0.22	M-04	98.75	-3.95	M-04	129.75	0.19
M-05	230.00	0.00	M-05	96.50	-1.58	M-05	130.50	-0.38
M-06	231.50	-0.65	M-06	95.50	-0.53	M-06	130.75	-0.58
M-07	230.75	-0.33	M-07	96.50	-1.58	M-07	130.75	-0.58
M-08	231.25	-0.54	M-08	96.75	-1.84	M-08	130.25	-0.19
M-09	230.00	0.00	M-09	97.25	-2.37	M-09	130.75	-0.58
M-10	230.50	-0.22	M-10	97.50	-2.63	M-10	129.50	0.38
<b>Promedio</b>	<b>230.63</b>	<b>-0.27</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.88</b>	<b>-1.97</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.25</b>	<b>-0.19</b>

Nota: El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 39:**

Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3% de PET.

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET								
Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L	V.D	Muestra	H	V.D	Muestra	A	V.D
	prom.			prom.			prom.	
M-01	229.75	0.11	M-01	97.25	-2.37	M-01	130.75	-0.58
M-02	230.00	0.00	M-02	98.00	-3.16	M-02	130.25	-0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	98.50	-3.68	M-03	129.25	0.58
M-04	229.50	0.22	M-04	97.25	-2.37	M-04	129.75	0.19
M-05	230.25	-0.11	M-05	97.50	-2.63	M-05	129.50	0.38
M-06	229.75	0.11	M-06	98.25	-3.42	M-06	130.25	-0.19
M-07	230.00	0.00	M-07	98.75	-3.95	M-07	129.75	0.19
M-08	230.25	-0.11	M-08	98.50	-3.68	M-08	130.25	-0.19
M-09	230.00	0.00	M-09	96.25	-1.32	M-09	129.25	0.58
M-10	229.25	0.33	M-10	97.25	-2.37	M-10	130.00	0.00
<b>Promedio</b>	<b>229.90</b>	<b>0.04</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.75</b>	<b>-2.89</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.90</b>	<b>0.08</b>

Nota: El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 40:**

*Resultado de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho), de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5% de PET.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>								
<b>Largo</b>			<b>Altura</b>			<b>Ancho</b>		
<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>		
<b>Muestra</b>	<b>L</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>H</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>A</b>	<b>V.D</b>
	<b>prom.</b>			<b>prom.</b>			<b>prom.</b>	
<b>M-01</b>	230.50	-0.22	<b>M-01</b>	96.00	-1.05	<b>M-01</b>	130.00	0.00
<b>M-02</b>	229.50	0.22	<b>M-02</b>	97.00	-2.11	<b>M-02</b>	129.50	0.38
<b>M-03</b>	230.00	0.00	<b>M-03</b>	97.00	-2.11	<b>M-03</b>	130.00	0.00
<b>M-04</b>	229.75	0.11	<b>M-04</b>	97.25	-2.37	<b>M-04</b>	130.50	-0.38
<b>M-05</b>	229.25	0.33	<b>M-05</b>	97.50	-2.63	<b>M-05</b>	129.50	0.38
<b>M-06</b>	229.75	0.11	<b>M-06</b>	96.00	-1.05	<b>M-06</b>	130.00	0.00
<b>M-07</b>	230.00	0.00	<b>M-07</b>	97.75	-2.89	<b>M-07</b>	130.75	-0.58
<b>M-08</b>	230.25	-0.11	<b>M-08</b>	97.25	-2.37	<b>M-08</b>	130.25	-0.19
<b>M-09</b>	229.25	0.33	<b>M-09</b>	95.25	-0.26	<b>M-09</b>	129.00	0.77
<b>M-10</b>	229.25	0.33	<b>M-10</b>	95.75	-0.79	<b>M-10</b>	129.00	0.77
<b>Promedio</b>	<b>229.75</b>	<b>0.11</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.68</b>	<b>-1.76</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.85</b>	<b>0.12</b>

**Nota:** El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 41:**

*Resultado de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10% de PET.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10 % DE PET</b>								
<b>Largo</b>			<b>Altura</b>			<b>Ancho</b>		
<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>		
<b>Muestra</b>	<b>L</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>H</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>A</b>	<b>V.D</b>
	<b>prom.</b>			<b>prom.</b>			<b>prom.</b>	
<b>M-01</b>	230.25	-0.11	<b>M-01</b>	98.50	-3.68	<b>M-01</b>	130.50	-0.38
<b>M-02</b>	230.75	-0.33	<b>M-02</b>	96.50	-1.58	<b>M-02</b>	130.25	-0.19
<b>M-03</b>	230.25	-0.11	<b>M-03</b>	97.75	-2.89	<b>M-03</b>	130.50	-0.38
<b>M-04</b>	230.25	-0.11	<b>M-04</b>	97.00	-2.11	<b>M-04</b>	130.25	-0.19
<b>M-05</b>	229.50	0.22	<b>M-05</b>	98.00	-3.16	<b>M-05</b>	130.50	-0.38
<b>M-06</b>	230.50	-0.22	<b>M-06</b>	96.75	-1.84	<b>M-06</b>	130.75	-0.58
<b>M-07</b>	230.25	-0.11	<b>M-07</b>	97.50	-2.63	<b>M-07</b>	130.50	-0.38
<b>M-08</b>	230.75	-0.33	<b>M-08</b>	97.00	-2.11	<b>M-08</b>	130.00	0.00
<b>M-09</b>	229.75	0.11	<b>M-09</b>	97.50	-2.63	<b>M-09</b>	129.50	0.38
<b>M-10</b>	231.00	-0.43	<b>M-10</b>	98.00	-3.16	<b>M-10</b>	130.25	-0.19
<b>Promedio</b>	<b>230.33</b>	<b>-0.14</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.45</b>	<b>-2.58</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.30</b>	<b>-0.23</b>

**Nota:** El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

❖ **Alabeo**

Se analizó el alabeo de 10 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10% PET), se midió la concavidad y convexidad de cada unidad.

En las tablas se presentan los resultados del ensayo de alabeo de las unidades de albañilería, determinados en el laboratorio, cuyos valores cumplen con los parámetros establecidos en la NTP 399.613.

**Tabla 42:**  
*Alabeo (cóncavo y convexo) de las unidades de albañilería patrón.*

<b>UND. DE ALBAÑILERIA PATRON</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-02</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-03</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-04</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-05</b>	1	1	1	0	0	0
<b>M-06</b>	0	0	0	4	0	2
<b>M-07</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-08</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-09</b>	0	1	0.5	4	0	2
<b>M-10</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.40</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.70</b>

**Nota:** El ensayo de alabeo para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta un alabeo de 0.70 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 43:***Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET.*

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	0	2	1	3	0	1.5
<b>M-02</b>	1	1	1	0	0	0
<b>M-03</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-04</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-05</b>	0	1	0.5	3	0	1.5
<b>M-06</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-07</b>	3	1	2	0	0	0
<b>M-08</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-09</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>M-10</b>	3	1	2	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.90</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.60</b>

**Nota:** El ensayo de alabeo para unidades de albañilería con incorporación de 3 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta un alabeo de 0.90 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 44:***Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET.*

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5% DE PET</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-02</b>	4	0	2	0	0	0
<b>M-03</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-04</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-05</b>	4	0	2	0	0	0
<b>M-06</b>	0	0	0	1	0	0.5
<b>M-07</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-08</b>	0	0	0	2	0	1
<b>M-09</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>M-10</b>	2	0	1	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.65</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.45</b>

**Nota:** El ensayo de alabeo para unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta un alabeo de 0.65 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 45:***Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET.*

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	0	1	0.5	4	0	2
<b>M-02</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-03</b>	0	0	0	1	0	0.5
<b>M-04</b>	2	0	1	0	0	0
<b>M-05</b>	0	0	0	5	0	2.5
<b>M-06</b>	0	1	0.5	5	0	2.5
<b>M-07</b>	5	1	3	0	0	0
<b>M-08</b>	4	1	2.5	0	0	0
<b>M-09</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>M-10</b>	0	0	0	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.95</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.75</b>

**Nota:** El ensayo de alabeo para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presentan un alabeo de 0.95 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

#### ❖ **Absorción**

Se analizó la absorción 5 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10% PET).

En las tablas siguientes se presentan los resultados del ensayo de absorción de las unidades de albañilería, determinados en el laboratorio, cuyos valores cumplen con los parámetros establecidos en la NTP 399.613.

**Tabla 46:***Absorción de las unidades de albañilería de concreto patrón.*

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERIA PATRON</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.90	4.13	5.90
<b>M-2</b>	3.95	4.18	5.82
<b>M-3</b>	3.96	4.19	6.81
<b>M-4</b>	3.86	4.11	6.48
<b>M-5</b>	3.97	4.21	6.05
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>6.01</b>

**Nota:** El ensayo de absorción para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 6.01%, cumple con los parámetros establecidos en norma E.070.

**Tabla 47:***Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3 % de PET.*

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.70	3.98	7.57
<b>M-2</b>	3.65	3.93	7.67
<b>M-3</b>	3.65	3.92	7.40
<b>M-4</b>	3.66	3.94	7.65
<b>M-5</b>	3.69	3.93	6.50
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>7.36</b>

**Nota:** El ensayo de absorción para unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 7.36%, cumple con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 48:**

*Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5 % de PET.*

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.62	3.92	8.29
<b>M-2</b>	3.59	3.89	8.36
<b>M-3</b>	3.60	3.90	8.33
<b>M-4</b>	3.62	3.91	8.01
<b>M-5</b>	3.62	3.92	8.29
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>8.26</b>

**Nota:** El ensayo de absorción para unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 8.26%, cumple con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 49:**

*Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10 % de PET.*

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.43	3.78	10.20
<b>M-2</b>	3.47	3.82	10.09
<b>M-3</b>	3.44	3.79	10.17
<b>M-4</b>	3.49	3.84	10.03
<b>M-5</b>	3.42	3.76	9.94
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>10.09</b>

**Nota:** El ensayo de absorción para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 10.09%, cumple con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 50:***Resultados de las propiedades físicas de las unidades de albañilería*

<b>PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>								
<b>MUESTRA</b>	<b>Variación dimensional</b>					<b>Alabeo</b>	<b>Absorción</b>	
	Lp(m m)	L %	Ap (mm)	A %	Hp (mm)	H %	(mm)	(%)
<b>Und. de alb. patrón</b>	230.63	-0.27	130.25	-0.19	96.88	-1.97	0.70	6.01
<b>3% PET</b>	229.90	0.04	129.90	0.08	97.75	-2.89	0.90	7.36
<b>5 % PET</b>	229.75	0.11	129.85	0.12	96.68	-1.76	0.65	8.26
<b>10% PET</b>	230.33	-0.14	130.30	0.23	97.45	-2.58	0.95	10.09

**Nota:** Las propiedades físicas: variación dimensional, alabeo y absorción, de las unidades de albañilería de todas las muestras (patrón, 3%, 5% y 10% PET) presentan un resultado positivo, los cuales cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

Se analizó las propiedades físicas: la variación dimensional, que se obtuvo fue: (patrón l:-0.27%, h:-1.97%, a:-0.19%) (3%PET l:0.04%, h:-2.89%, a:0.08%) (5%PET l:0.11%, h:-1.76%, a:0.12%) (10%PET l:-0.14%, h:-2.58%, a:-0.23%), todas las unidades de albañilería, presentan efectos positivos de variación dimensional mínima. En el ensayo de alabeo, ya sea cóncavo o convexo, presenta un alabeo promedio de 0.65-0.95mm, todas las unidades de albañilería presentan efectos positivos, debido a que el alabeo es mínimo, en el ensayo de variación dimensional y alabeo las unidades de albañilería no sufren una variación sustancial debido a que el dimensionamiento, proceso de fabricación y curado fueron los mismos para todas las muestras. El resultado del ensayo de absorción fue: (patrón: 6.01%, 3%PET: 7.36%, 5%PET:8.26%, 10%PET:10.09%), todas las unidades de albañilería presentan efectos positivos teniendo una absorción menor al 12% pero se pudo apreciar que la absorción aumenta en medida que se incorpora el polietileno tereftalato en la mezcla, esto se genera debido a la forma del polietileno tereftalato reciclado, que en el momento de fabricación de la

unidad de albañilería no permiten un correcto acomodo de las partículas del concreto, generando poros en la muestra. Todos los ensayos cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070.

**c) Resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto.**

Para explicar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería, los ensayos se realizaron transcurrido los 28 días de su elaboración, siguiendo los procedimientos establecidos en la N.T.P 399.613.2005.

**❖ Resistencia a la compresión**

Se explicó la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería por cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10% PET).

En las tablas se presentan los resultados de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, determinados en el laboratorio, cuyos valores cumplen con los parámetros establecidos en la NTP 399.613.

**Tabla 51:**

*Resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería de concreto patrón.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA PATRON</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho promedio</b>	<b>Largo promedio</b>	<b>AREA cm2</b>	<b>AREA NETA cm2</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b (kg/cm2)</b>
<b>M-1</b>	13.10	23.10	302.61	238.99	42087.24	176.10
<b>M-2</b>	13.025	23.00	299.58	235.96	42168.84	178.72
<b>M-3</b>	13.025	23.00	299.58	235.96	42467.70	179.98
<b>M-4</b>	13.075	22.93	299.81	236.19	41959.74	177.65
<b>M-5</b>	13.025	23.03	299.97	236.35	42913.44	181.57
<b>Promedio (kg/cm2)</b>						<b>178.81</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un  $f'b=178.81$  Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 52:**

*Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>AREA</b>	<b>AREA</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b</b>
	<b>promedio</b>	<b>promedio</b>	<b>cm2</b>	<b>NETA</b>		<b>(kg/cm2)</b>
				<b>cm2</b>		
<b>M-1</b>	13.00	23.00	299.00	235.38	30694.86	130.41
<b>M-2</b>	13.03	22.98	299.31	235.69	30793.80	130.65
<b>M-3</b>	13.07	22.98	300.35	236.73	30990.66	130.91
<b>M-4</b>	13.03	22.98	299.43	235.81	31117.14	131.96
<b>M-5</b>	13.49	22.98	310.00	246.38	30833.58	125.15
<b>Promedio (kg/cm2)</b>						<b>129.81</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un  $f'b=129.81$  Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 53:**

*Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>AREA</b>	<b>AREA</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b</b>
	<b>promedio</b>	<b>promedio</b>	<b>cm2</b>	<b>NETA</b>		<b>(kg/cm2)</b>
				<b>cm2</b>		
<b>M-1</b>	13.05	23.00	300.15	236.53	28868.04	122.05
<b>M-2</b>	12.98	22.98	298.28	234.66	24043.44	102.54
<b>M-3</b>	12.93	23.05	298.04	234.42	26612.82	113.53
<b>M-4</b>	13.00	23.01	299.13	235.51	28940.46	122.88
<b>M-5</b>	13.00	22.93	298.09	234.47	27969.42	119.29
<b>Promedio (kg/cm2)</b>						<b>116.04</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un  $f'b=116.04$  Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 54:**

*Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET.*

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho promedio</b>	<b>Largo promedio</b>	<b>AREA cm2</b>	<b>AREA NETA cm2</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b (kg/cm2)</b>
<b>M-1</b>	12.98	22.95	297.89	234.27	19640.10	83.88
<b>M-2</b>	12.98	23.00	298.54	234.92	20811.06	88.59
<b>M-3</b>	13.00	22.90	297.70	234.08	20727.42	88.55
<b>M-4</b>	12.95	22.95	297.20	233.58	20965.08	89.75
<b>M-5</b>	13.00	23.10	300.30	236.68	18733.32	79.15
<b>Promedio (kg/cm2)</b>						<b>85.98</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un  $f'b=85.98$  Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

Se explicó las propiedades mecánicas: en el ensayo de resistencia a la compresión, se obtuvo como resultado (patrón:  $f'b=178.81$  Kg/cm<sup>2</sup>, 3%PET: $f'b=129.81$  Kg/cm<sup>2</sup>, 5%PET: $f'b=116.04$  Kg/cm<sup>2</sup>, 10%PET: $f'b=85.98$  Kg/cm<sup>2</sup>), se pudo apreciar que la resistencia a la compresión disminuye en medida que se incorpora el polietileno tereftalato en la mezcla, cabe resaltar que se obtuvo efectos positivos debido a que los resultados se encuentran dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. El resultado de las propiedades físicas- mecánicas son: la variación dimensional que ofrecen todas las unidades de albañilería, presenta efectos positivos de variación mínima en el largo, ancho y altura (patrón l:-0.27%, h:-1.97%, a:-0.19%) (3%PET l:0.04%, h:-2.89%, a:0.08%) (5%PET l:0.11%, h:-1.76%, a:0.12%) (10%PET l:-0.14%, h:-2.58%, a:-0.23%), El alabeo presenta un promedio de 0.65-0.95mm, presenta efectos positivos tanto en concavidad y convexidad (cara superior e inferior). La absorción no es mayor al 12%, presentando efectos positivos, las unidades de albañilería con porcentajes de polietileno tereftalato presentan mayor capacidad de absorber agua, con un valor promedio de (patrón: 6.01%, 3%PET: 7.36%, 5%PET:8.26%, 10%PET:10.09%). En la resistencia a la compresión se puede apreciar la disminución de la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de polietileno tereftalato, los unidades de albañilería patrón tienen valor promedio de ( $F'_{b}=178.81\text{kg/cm}^2$ ), con incorporación de 3% de PET ( $F'_{b}=129.81\text{kg/cm}^2$ ) con incorporación de 5% de PET ( $F'_{b}=116.04\text{kg/cm}^2$ ), con incorporación de 10% PET ( $F'_{b}=85.98\text{ kg/cm}^2$ ), determinando el resultado se observa una disminución en la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de polietileno tereftalato, pero cabe resaltar que las propiedades físicas-mecánicas se encuentran dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica E.070. Se acepta la hipótesis “El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”, confirmando

el resultado se tiene la siguiente tesis: Astopilco, (2015), en la investigación se concluyó que no todas las propiedades físico–mecánicas de los ladrillos de concreto, elaborados con residuos plásticos de PVC se incrementan. Los resultados obtenidos son favorables y precisos en esta investigación. Las propiedades físico mecánicas de unidades de ladrillo de concreto elaborados con residuos plásticos de PVC se incrementan, excepto la resistencia a compresión. Para el ensayo de variación de dimensiones es mínima, en alabeo un promedio de 0 – 2.5 mm, para el ensayo de absorción los ladrillos con porcentajes de PVC presentan menor capacidad de absorber agua, con un valor promedio de 7.89% para ladrillos con 50% de PVC y 6.85% para ladrillos con 100% de PVC, para el ensayo de resistencia a la compresión los ladrillos con porcentajes de PVC, presentan baja resistencia a compresión frente a ladrillos sin porcentajes de PVC con un valor promedio de 223.99 kg/cm<sup>2</sup>, el cual cumple con el diseño de mezclas para un concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Los ladrillos con porcentajes de PVC triturado podrían utilizarse en muros perimétricos, parapetos, jardinería, en albañilería aporticada y en muros no portantes.

2. Visto la clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto, la unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET, da un resultado de clase III, con 5% de PET, da un resultado de clase III y con 10% de PET da un resultado de clase II, todas las clasificaciones están dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica E.070. Se acepta la hipótesis “La clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto son clase III, III y II, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica”, confirmando el resultado se tiene la siguiente tesis: Echeverría, (2017), se tiene una clasificación del ladrillo patrón (0% PET) como unidad de albañilería Clase IV y a los ladrillos de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) como unidad de albañilería Clase III., cumpliendo los valores referenciales superando los valores de diseño estructural estipulados en la norma E.070:2006. Los tres tipos de ladrillos de

concreto- PET (3%, 6%,9% PET) según sus propiedades tienen clasificación como ladrillos clase III y el ladrillo patrón (0%PET) se clasifica como ladrillo clase IV, todos pueden ser utilizados estructuralmente.

3. Se analizó las propiedades físicas: la variación dimensional, que se obtuvo fue:(patrón l:-0.27%, h:-1.97%, a:-0.19%) (3%PET l:0.04%, h:-2.89%, a:0.08%) (5%PET l:0.11%, h:-1.76%, a:0.12%) (10%PET l:-0.14%, h:-2.58%, a:-0.23%), todas las unidades de albañilería, presentan efectos positivos de variación dimensional mínima. En el ensayo de alabeo, ya sea cóncavo o convexo, presenta un alabeo promedio de 0.65-0.95mm, todas las unidades de albañilería presentan efectos positivos, debido a que el alabeo es mínimo, en el ensayo de variación dimensional y alabeo las unidades de albañilería no sufren una variación sustancial debido a que el dimensionamiento, proceso de fabricación y curado fueron los mismos para todas las muestras. El resultado del ensayo de absorción fue: (patrón: 6.01%, 3%PET: 7.36%, 5%PET:8.26%, 10%PET:10.09%), todas las unidades de albañilería presentan efectos positivos teniendo una absorción menor al 12% pero se pudo apreciar que la absorción aumenta en medida que se incorpora el polietileno tereftalato en la mezcla, esto se genera debido a la forma del polietileno tereftalato reciclado, que en el momento de fabricación de la unidad de albañilería no permiten un correcto acomodo de las partículas del concreto, generando poros en la muestra. Todos los ensayos cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070. Se acepta la hipótesis: “El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.”, confirmando el resultado se tiene la siguiente tesis: Echeverría, (2017), la investigación menciona que los tres tipos de ladrillos de concreto- PET (3%,5%, 9% PET) en lo que respecta a variación dimensional y alabeo, no varía sustancialmente en comparación con el ladrillo patrón (0% PET), estas características están relacionadas al proceso de fabricación, geometría y condiciones de almacenamiento de los ladrillos, que fueron los mismos para todos los tipos. Los tres tipos de ladrillos de concreto- PET (3%, 5%, 9% PET) en lo que

respecta a absorción aumentan a medida que se incluye el PET en la mezcla, este comportamiento es atribuido a la geometría de las hojuelas de PET reciclado, pues no permiten un adecuado acomodo de las partículas del concreto, generando mayor cantidad de poros en este. La resistencia a compresión de los tres tipos de ladrillo de concreto-PET fueron  $f'_b = 127.08$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'_b = 118.80$  y  $f'_b = 110.46$  kg/cm<sup>2</sup> para porcentajes de 3%, 6% y 9%, y presentan una disminución máxima de la resistencia a compresión de 51.5kg/cm<sup>2</sup> o 31.8%, respecto del ladrillo patrón (0% PET)  $f'_b = 161.96$  kg/cm<sup>2</sup>. Teniendo una clasificación del ladrillo patrón (0% PET) como unidad de albañilería Clase IV y a los ladrillos de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) como unidad de albañilería Clase III., cumpliendo los valores referenciales superando los valores de diseño estipulados en la norma E.070:2006. Los tres tipos de ladrillos de concreto- PET (3%, 6%,9% PET) según sus propiedades tienen clasificación como ladrillos clase III y el ladrillo patrón (0%PET) se clasifica como ladrillo clase IV, todos pueden ser utilizados estructuralmente.

4. Se determinó las propiedades mecánicas: en el ensayo de resistencia a la compresión, se obtuvo como resultado (patrón:  $f'_b=178.81$ Kg/cm<sup>2</sup>, 3%PET: $f'_b=129.81$ Kg/cm<sup>2</sup>,5%PET: $f'_b=116.04$ Kg/cm<sup>2</sup>,10%PET: $f'_b=85.98$  Kg/cm<sup>2</sup>), se pudo apreciar que la resistencia a la compresión disminuye en medida que se incorpora el polietileno tereftalato en la mezcla, cabe resaltar que se obtuvo efectos positivos debido a que los resultados se encuentran dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070, Se acepta la hipótesis: “El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”, confirmando el resultado se tiene la siguiente tesis: Echeverría, (2017), la investigación menciona que la resistencia a compresión de los tres tipos de ladrillo de concreto-PET fueron  $f'_b = 127.08$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'_b = 118.80$  y  $f'_b = 110.46$  kg/cm<sup>2</sup> para porcentajes de 3%, 6% y 9%, y presentan una disminución máxima de la resistencia a compresión de 51.5kg/cm<sup>2</sup> o 31.8%, respecto del ladrillo patrón (0% PET)  $f'_b = 161.96$  kg/cm<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas de las unidades de albañilería de concreto (patrón, 3%, 5%, 10% PET) presentan efectos positivos y cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070, se obtiene: en la variación dimensional en el largo, altura y ancho es mínima, la absorción es menor al 12%, la resistencia promedio a compresión de las unidades de albañilería patrón es 178.71. kg/cm<sup>2</sup>, con 3% de PET es 129.81 kg/cm<sup>2</sup>, con 5% de PET es 116.04 kg/cm<sup>2</sup>, con 10% de PET es 85.98 kg/cm<sup>2</sup>.
2. La clasificación con la dosificación de polietileno tereftalato de 3% y 5% en el diseño de mezcla para la elaboración de las unidades de albañilería de concreto resulta clase III, la dosificación con 10 % de polietileno tereftalato, resulta clase II, todas las clasificaciones cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica E.070.
3. El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto (patrón, 3%, 5%, 10% PET) es: la variación dimensional en el largo, altura y ancho es mínima. El alabeo presenta un promedio de 0.65-0.95mm. La absorción es menor al 12%, todas las unidades de albañilería presentan efectos positivos y cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070.
4. El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto (patrón,

3%, 5%, 10% PET) es: la resistencia a la compresión presenta como resultado:(patrón: $f_b=178.81\text{Kg/cm}^2$ ,3%PET: $f_b=129.81\text{Kg/cm}^2$ ,5%PET: $f_b=116.04\text{Kg/cm}^2$ ,10%PET: $f_b=85.98\text{ Kg/cm}^2$ ), se pudo apreciar que la resistencia a la compresión disminuye en medida que se incorpora el polietileno en la mezcla, cabe resaltar que se obtuvo efectos positivos debido a que el resultado se encuentran dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que en futuras investigaciones se realice ensayos adicionales de las unidades de albañilería que se mencionan en la Norma Técnica Peruana 399.613.
2. Realizar un análisis de costos de polietileno tereftalato, para tener referencia en cuanto difiere el precio frente a otras clases de unidades de albañilería.
3. Se debe contar con el equipo necesario y el personal suficiente para fabricar las unidades de albañilería, para evitar tener algún tipo de percance que pueda afectar el correcto procedimiento del trabajo.
4. Se recomienda en investigaciones futuras, ampliar el presente estudio y realizar otras dosificaciones con incorporación de polietileno tereftalato.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Piñeros, M., & Herrera , D. (2018). *Proyecto de factibilidad economica para la fabricacion de bloques con agregados de plastico reciclado(PET), aplicados en la construccion de vivienda*. Bogota: Universidad Catolica de Colombia.(1)
2. Caballero , B., & Flores , O. (2016). *Elaboracion de bloques de cemento reutilizando el plastico politilen- tereftalato(PET) como alternativa sostenible para la construccion*. Cartagena: Universidad de Cartagena.(2)
3. Zavala, G. (2015). *Diseño y desarrollo experimental de materiales de construccion utilizando plastico reciclado*. Santa Tecla: Escuela especializada en ingenieria ITCA-FEPADE.(3)
4. Echeverria Garro, E. R. (2017). *Ladrillos de concreto con plastico pet reciclado*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.(4)
5. Reyna, C. (2016). *Reutilizacion de plastico PET, papel y bagazo de caña de azucar, como materia prima en la elaboracion de concreto ecologico para la construccion de viviendas de bajo costo*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.(5)
6. Astopilco Valiente, A. J. (2015). *Comparacion de ls propiedades fisico-mecanicas de unidades de albañileria de concreto y otros elaborados con residuos plasticos de PVC, Cajamarca, 2015*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.(6)
7. E.070. (2006). *E.070*.(7)
8. N.T.P 399.613. (2005). *Procedimientos para el muestreo y ensayo de los ladrillos de arcilla cocida, utilizados en albañileria*. Comité tecnico de unidades de albañileria.(8)

9. Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables (Diario oficial del bicentenario : El Peruano 2018).(9)
10. N.T.P 400.012. (2013). *Metodo pra la determinacion de la distribucion por tamaño de particulas del agregado fino, grueso y global por tamizado.* comite tecnico de normalizacion de agregados, hormigon(concreto), hormigon armado y hormigon pretensado.(10)
11. N.T.P 400.037. (2014). *Requisitos de gradacion(granulometria) y calidad de los agregados fino y grueso para uso en concreto de peso normal.* Comite tecnico de normalizacion de agregados, concreto,hormigon armaado y hormigon pretensado.(11)
12. N.T.P 339.185. (2013). *Procedimiento para para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.* Comite tecnico de de normalizacion de agregados, concreto, concreto armado y pretensado.(12)
13. N.T.P 400.017. (2011). *Determinacion de la densidad de masa ("peso unitario") del agregado en condicion suelto y compactado .* Comite tecnico de normalizacion de de agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado.(13)
14. N.T.P 400.022. (2013). *Procedimiento para determinar el peso especifico seco, el peso especifico saturado con superficie seca, el peso especifico aparente y la absorcion.* Comite tecnico de normalizacion de agregado, concreto, concreto armado y concreto pretensado.(14)
15. San Bartolome, A. (1994). *Construcciones de albañileria.* Lima: Fondo editorial.(15)
16. Morales, M. (2012). *Ladrillos.* Santo Toribio de Mogrovejo: Universidad Catolica.(16)
17. Lama, J. L. (2010). *"Efectos de la concentracion del solvente y catalizador en la depolimerizacion via glicolisis en fase liquida de residuos plasticos tipo pet".* Lima.(17)
18. Angumba, P. (2016). *"Ladrillos elaborados con plastico reciclado (PET), para mamposteria no portante".* Cuenca.(18)
19. Rivva, E. (1992). *Diseño de mezclas.*

## **ANEXOS**

### **Anexo A. Matriz de consistencia**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**  
**INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS- MECÁNICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA																						
<p><b>Problema general:</b>                      ¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto?</li> <li>• ¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto?</li> <li>• ¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b>                      Determinar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto.</li> <li>• Analizar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto.</li> <li>• Explicar el resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b>                      El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto son clase III, III y II, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica.</li> <li>• El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.</li> <li>• El resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica.</li> </ul>	<p><b>V.I.:</b>                      Polietileno tereftalato</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Indicadores</th> <th>Unidad de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Polietileno tereftalato</td> <td>Porcentaje de PET</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>V.D.:</b>                      Propiedades físicas</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Indicadores</th> <th>Unidad de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Ensayos</td> <td>Variación dimensional</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Alabeo</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Propiedades mecánicas</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Indicadores</th> <th>Unidad de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ensayos</td> <td>Resistencia a la compresión</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Polietileno tereftalato	Porcentaje de PET	%	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Ensayos	Variación dimensional	mm	Absorción	%	Alabeo	mm	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Ensayos	Resistencia a la compresión	Kg/cm2	<p><b>Método de Investigación:</b>                      Método científico</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b>                      Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b>                      Descriptivo-explicativo</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b>                      Experimental</p> <p><b>Población</b>                      Para el estudio la población estuvo conformado por 40 unidades de albañilería de concreto fabricadas.</p> <p><b>Muestra</b>                      No se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo.</p>
Dimensión	Indicadores	Unidad de medición																								
Polietileno tereftalato	Porcentaje de PET	%																								
Dimensión	Indicadores	Unidad de medición																								
Ensayos	Variación dimensional	mm																								
	Absorción	%																								
	Alabeo	mm																								
Dimensión	Indicadores	Unidad de medición																								
Ensayos	Resistencia a la compresión	Kg/cm2																								

**Anexo B.** Certificado de laboratorio de análisis de ensayo granulométrico



DS0052219072019

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DS0052219072019

Proyecto/Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
Fecha de recepción : lunes, 3 de Junio de 2019  
Fecha de emisión : viernes, 19 de Julio de 2019

### ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 400.012:13 - ASTM C 136-96a

Código ASTM C 136-96a  
Standard Test Method for Sieve Analysis of  
Título Fine and Coarse Aggregates.

Código NTP 400.012:13  
Título AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

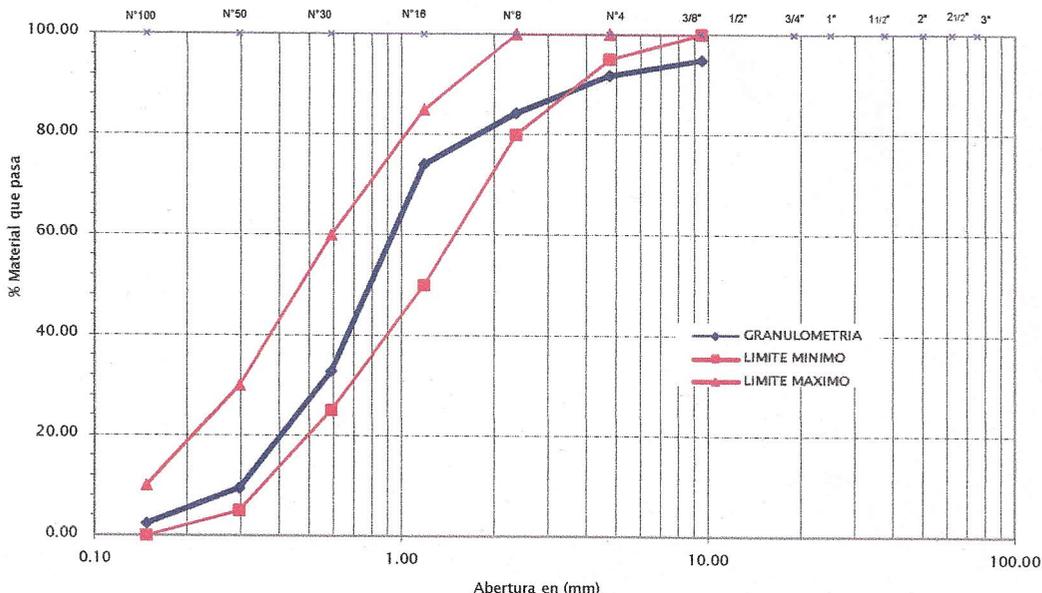
### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pasa.	Especif.	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret Acum.		min. %	max %
3/8"	9.50	65.30	5.09	5.09	94.91	100.00	100.00
N°4	4.75	40.30	3.14	8.24	91.76	95.00	100.00
N°8	2.36	95.70	7.47	15.70	84.30	80.00	100.00
N°16	1.18	131.20	10.23	25.94	74.06	50.00	85.00
N°30	0.59	528.90	41.26	67.20	32.80	25.00	60.00
N°50	0.30	298.90	23.32	90.51	9.49	5.00	30.00
N°100	0.15	90.80	7.08	97.60	2.40	0.00	10.00
FONDO	0.00	30.80	2.40	100.00	-	-	-
TOTAL		1281.90	100.00				

Cantera	PILCOMAYO
Muestra	M-1

MF= 3.10

### CURVA GRANULOMETRICA



**OBSERVACIONES** : Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

#### EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (FORNEY)  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018  
Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr.

**Anexo C. Certificado del laboratorio de caracterización de agregado fino**


**INFORME N° DSD0052218072019**

Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
 Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
 Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019  
 Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO**

CANTERA: PILCOMAYO  
 MUESTRA: M-1

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO  
 N.T.P. 400.017**
**I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS**

	MUESTRA N° 01		
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (kg)	13.19	13.17	13.2
PESO DE LA VASIJA (kg)	8.14	8.14	8.14
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	5.05	5.03	5.06
CONSTANTE (1/Vol.molde)	308.7	308.7	308.7
PESO APARENTE SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1559	1553	1562
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )	1558		
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	1547		

**II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS**

	MUESTRA N° 01		
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (kg)	13.97	14.00	13.94
PESO DE LA VASIJA (kg)	8.14	8.14	8.14
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	5.83	5.86	5.80
CONSTANTE (1/Vol.molde)	308.7	308.7	308.7
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/cm <sup>3</sup> )	1799	1807	1789
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )	1798		
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	1786		

**CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO FINO  
 N.T.P. 339.185**

	MUESTRA N° 01	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr) + TARA	425.80	425.80
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (g) + TARA	423.80	423.80
TARA	130.20	130.20
CONTENIDO DE AGUA (kg)	2.00	2.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	0.68
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO  
 N.T.P 400.022**
**I. DATOS**

Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon + peso del agua	963.00	963.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon	651.30	651.30
Peso del agua (W = 1.2)	304.70	305.00
Peso de la arena secada al horno + peso del balon	634.10	638.20
Peso del balon	151.20	151.20
Peso de la arena secada al horno (A = 4.5)	475.60	475.60
Volumen del balon V = 500 ml	500.00	500.00

**II. RESULTADOS**

PESO ESPECIFICO DE MASA [ P.E.M. = A / (V · W) ]	2.44	2.44
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [ P.E.M.S.S.S. = 500 / (V · W) ]	2.56	2.56
PESO ESPECIFICO APARENTE [ P.E.A. = A / (V · W) · (500 · A) ]	2.78	2.79
PORCENTAJE DE ABSORCION [ (500 · A) / A · 100 ]	5.13	5.13

**OBSERVACIONES**

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (FORNEY)

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC

Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC

## **Anexo D. Diseño de mezcla de concreto**

## ❖ Diseño de mezcla de las unidades de albañilería

- ✓ Cálculo de la resistencia promedio requerida (está en función al  $F'c$ )  
 $F_{cr} = 240 + 84 = 324 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado fino  
TMN = 3/8"
- ✓ Selección del asentamiento (consistencia de la mezcla)  
Seca: 0" a 2" Poco trabajable.
- ✓ Selección del volumen unitario de agua de diseño  
Diseño de mezclas por el método walker  
Agua de mezclado: 205 lts  
Aire atrapado : 3%
- ✓ Selección del contenido de aire  
Aire atrapado = 3%
- ✓ Selección de la relación agua-cemento

### **Por resistencia**

Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto

### **Resistencia a los 28 días**

$F'c$  sin aire inc.

350	0.48	
<b>324</b>	<b>a/c</b>	<b>A/C=0.52</b>
300	0.55	

- ✓ Determinación del factor cemento  
Factor cemento = Volumen unitario/a-c  
Vol. Unitario : 205 lts/m<sup>3</sup>  
Rel. a-c : 0.52  
Factor cemento : 394.23 kg/m<sup>3</sup>  
Bols. Cemento : 9.28 bolsas  
Lo mismo que decir que se necesitara 394.23 kilogramos de cemento para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto.

- ✓ Calculo del volumen absoluto de la pasta: (cem, agua y aire)

**Volumen absoluto de:**

Cemento:	$394.23/(3.15 \times 1000) =$		0.125
Agua:	$205/(1 \times 1000) =$		0.205
Aire:	$3\%/100\% =$		0.03
<b>SUMA</b>			<b>0.360</b>

- ✓ Determinación del volumen absoluto del agregado fino total:

$$V \text{ abs. Agreg.} = 1 - 0.360 = 0.640$$

- ✓ Peso seco de la arena:

$$P. \text{ seco arena} = 0.640 \times 2.44 \times 1000 = 1561.6 \quad \text{Kg/m}^3$$

- ✓ Valores de diseño (para 1 m<sup>3</sup> de concreto)

$$\text{Cemento} = 394.23 \text{ Kg} = 9.28 \text{ bolsas}$$

$$\text{Agua de diseño} = 205.00 \text{ Lts}$$

$$\text{A. Fino Seco} = 1516.00 \text{ Kg}$$

- ✓ Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de agregado fino.

Peso húmedo del agregado fino:

**DATO: Contenido de humedad=0.68**

$$1561.6 \times (1 + (0.68/100)) = 1572.21888$$

Humedad superficial del agregado fino:

**DATO: Porcentaje de absorción=5.13**

$$\text{Agreg. fino} = 0.68 - 5.13 = -4.45$$

Calculamos el aporte de humedad:

$$\text{Agreg. fino} = 1561.60 \times (-0.0445) = -69.4912 \text{ Lt/m}^3$$

Calculamos agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = 205 \text{ Lt/m}^3 - (-69.49 \text{ Lt/m}^3) = 274.49$$

Los pesos corregidos de los materiales serán los siguientes:

**Corrección por humedad**

$$\text{A. Fino Seco} = 1572.22 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 274.49 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 394.23 \text{ Kg/m}^3$$

- ✓ Determinación de las propiedades en peso:  
C:1kg            Agreg:3.99kg            Agua: 0.70
- ✓ Determinación de los pesos de los materiales corregidos: (Bolsa)
 

Cemento	:	1x42.5=	42.5	Kg/bolsa
Agua efectiva:	:	0.7x42.5=	29.75	Lt/bolsa
Agregado fino:	:	3.99x42.5=	169.58	kg/bolsa

❖ **Dosificación del ladrillo con incorporación de PET para cada muestra**

- ✓ Determinación para volumen del ladrillo  
Volumen de un ladrillo  
Para un molde= $0.230 * 0.095 * 0.130 = 0.0028405 \text{ m}^3$   
Área c.            = $3.1416*0.015*0.015*0.095 = 8.6253\text{E-}05 \text{ m}^3$   
Área T.c.        =  $8.6253\text{E-}05 \times 9 = 0.00077627 \text{ m}^3$   
Área neta        =  $0.0028405-0.00077627 = 0.00206423 \text{ m}^3$
- ✓ Dosificación para 1 unidad de albañilería patrón  
A. Fino Seco     = 3.25 Kg  
Agua efectiva    = 0.57 Lt  
Cemento         =0.81 Kg
- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería patrón  
A. Fino Seco     = 32.50 Kg  
Agua efectiva    = 5.70 Lt  
Cemento         =8.10 Kg
- ✓ Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (484) unidades de albañilería patrón  
A. Fino Seco     = 1573 Kg  
Agua efectiva    = 275.88 Lt  
Cemento         =392.04Kg

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET

A. Fino Seco = 32.50 Kg

Agua efectiva = 5.70 Lt

Cemento =7.90 Kg

PET =0.24 Kg

- ✓ Dosificación para 1 m3 (484) unidades de albañilería con incorporación de 3% PET

A. Fino Seco = 1573 Kg

Agua efectiva = 275.88 Lt

Cemento =382.36 Kg

PET =11.76 Kg

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET

A. Fino Seco = 32.50 Kg

Agua efectiva = 5.70 Lt

Cemento =7.70 Kg

PET =0.41 Kg

- ✓ Dosificación para 1 m3 (484) unidades de albañilería con incorporación de 5% PET

A. Fino Seco = 1573 Kg

Agua efectiva = 275.88 Lt

Cemento =372.68 Kg

PET =19.844 Kg

- ✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET

A. Fino Seco = 32.50 Kg  
Agua efectiva = 5.70 Lt  
Cemento =7.30 Kg  
PET =0.81 Kg

- ✓ Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (484) unidades de albañilería con incorporación de 10% PET

A. Fino Seco = 1573 Kg  
Agua efectiva = 275.88 Lt  
Cemento =353.32 Kg  
PET =39.204 Kg

**Anexo E.** Certificados de laboratorio de ensayos de las unidades de albañilería



Proyecto / Obra

INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO

Atención

Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción

:Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión

:Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo :Variación de dimensiones

### LADRILLOS PATRON

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	231.00	-0.43	M-01	95.75	-0.79	M-01	130.25	-0.19
M-02	230.50	-0.22	M-02	96.75	-1.84	M-02	129.75	0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	97.50	-2.63	M-03	130.25	-0.19
M-04	230.50	-0.22	M-04	98.75	-3.95	M-04	129.75	0.19
M-05	230.00	0.00	M-05	96.50	-1.58	M-05	130.50	-0.38
M-06	231.50	-0.65	M-06	95.50	-0.53	M-06	130.75	-0.58
M-07	230.75	-0.33	M-07	96.50	-1.58	M-07	130.75	-0.58
M-08	231.25	-0.54	M-08	96.75	-1.84	M-08	130.25	-0.19
M-09	230.00	0.00	M-09	97.25	-2.37	M-09	130.75	-0.58
M-10	230.50	-0.22	M-10	97.50	-2.63	M-10	129.50	0.38
<b>Promedio</b>	<b>230.63</b>	<b>-0.27</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.88</b>	<b>-1.97</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.25</b>	<b>-0.19</b>

**FORMULA:** 
$$\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$$

%v= Variación de dimensión en porcentaje  
Dn= Dimensión Nominal  
Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

#### Resumen e interpretación de resultados

Variabilidad dimensional (Ladrillo patron)							de albañilería para fines estructurales
Muestra	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
LAD. PATRON	230.63	-0.27	96.88	-1.97	130.25	-0.19	<b>Clase: ladrillo V</b>

#### OBSERVACIONES:

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO

Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo : Variación de dimensiones

**LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3 % DE PET**

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	229.75	0.11	M-01	97.25	-2.37	M-01	130.75	-0.58
M-02	230.00	0.00	M-02	98.00	-3.16	M-02	130.25	-0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	98.50	-3.68	M-03	129.25	0.58
M-04	229.50	0.22	M-04	97.25	-2.37	M-04	129.75	0.19
M-05	230.25	-0.11	M-05	97.50	-2.63	M-05	129.50	0.38
M-06	229.75	0.11	M-06	98.25	-3.42	M-06	130.25	-0.19
M-07	230.00	0.00	M-07	98.75	-3.95	M-07	129.75	0.19
M-08	230.25	-0.11	M-08	98.50	-3.68	M-08	130.25	-0.19
M-09	230.00	0.00	M-09	96.25	-1.32	M-09	129.25	0.58
M-10	229.25	0.33	M-10	97.25	-2.37	M-10	130.00	0.00
<b>Promedio</b>	<b>229.90</b>	<b>0.04</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.75</b>	<b>-2.89</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.90</b>	<b>0.08</b>

**FORMULA:**  $\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$

%v= Variación de dimensión en porcentaje

Dn= Dimensión Nominal

Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Variabilidad dimensional (Ladrillos 3% PET)							de albañilería para fines estructurales
Muestra	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
LAD. 3% PET	229.90	0.04	97.75	-2.89	129.90	0.08	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO

Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo : Variación de dimensiones

**LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5 % DE PET**

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	230.50	-0.22	M-01	96.00	-1.05	M-01	130.00	0.00
M-02	229.50	0.22	M-02	97.00	-2.11	M-02	129.50	0.38
M-03	230.00	0.00	M-03	97.00	-2.11	M-03	130.00	0.00
M-04	229.75	0.11	M-04	97.25	-2.37	M-04	130.50	-0.38
M-05	229.25	0.33	M-05	97.50	-2.63	M-05	129.50	0.38
M-06	229.75	0.11	M-06	96.00	-1.05	M-06	130.00	0.00
M-07	230.00	0.00	M-07	97.75	-2.89	M-07	130.75	-0.58
M-08	230.25	-0.11	M-08	97.25	-2.37	M-08	130.25	-0.19
M-09	229.25	0.33	M-09	95.25	-0.26	M-09	129.00	0.77
M-10	229.25	0.33	M-10	95.75	-0.79	M-10	129.00	0.77
<b>Promedio</b>	<b>229.75</b>	<b>0.11</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.68</b>	<b>-1.76</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.85</b>	<b>0.12</b>

**FORMULA:** 
$$\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$$

%v= Variación de dimensión en porcentaje  
Dn= Dimensión Nominal  
Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Variabilidad dimensional (Ladrillos 5% PET)							de albañilería para fines estructurales
Muestra	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
LAD. 5% PET	229.75	0.11	96.68	-1.76	129.85	0.12	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Proyecto / Obra

INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO

Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo : Variación de dimensiones

**LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10 % DE PET**

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	230.25	-0.11	M-01	98.50	-3.68	M-01	130.50	-0.38
M-02	230.75	-0.33	M-02	96.50	-1.58	M-02	130.25	-0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	97.75	-2.89	M-03	130.50	-0.38
M-04	230.25	-0.11	M-04	97.00	-2.11	M-04	130.25	-0.19
M-05	229.50	0.22	M-05	98.00	-3.16	M-05	130.50	-0.38
M-06	230.50	-0.22	M-06	96.75	-1.84	M-06	130.75	-0.58
M-07	230.25	-0.11	M-07	97.50	-2.63	M-07	130.50	-0.38
M-08	230.75	-0.33	M-08	97.00	-2.11	M-08	130.00	0.00
M-09	229.75	0.11	M-09	97.50	-2.63	M-09	129.50	0.38
M-10	231.00	-0.43	M-10	98.00	-3.16	M-10	130.25	-0.19
<b>Promedio</b>	<b>230.33</b>	<b>-0.14</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.45</b>	<b>-2.58</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.30</b>	<b>-0.23</b>

**FORMULA:** 
$$\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$$

%v= Variación de dimensión en porcentaje  
Dn= Dimensión Nominal  
Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Variabilidad dimensional (Ladrillos 10% PET)							de albañilería para fines estructurales
Muestra	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
LAD. 10% PET	230.33	-0.14	97.45	-2.58	130.30	-0.23	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

**Proyecto / Obra** : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS· MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
**Atención** : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
**Fecha de recepción** : Lunes, 03 de Junio del 2019  
**Fecha de emisión** : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo : Ensayo de Absorción**

LADRILLOS PATRON			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.90	4.13	5.90
M-2	3.95	4.18	5.82
M-3	3.96	4.19	5.81
M-4	3.86	4.11	6.48
M-5	3.97	4.21	6.05
Abs (%) PROMEDIO			<b>6.01</b>

**FORMULA:**

$$Absorción\% = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen

Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DSD0052219072019

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

**Proyecto / Obra** : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
**Atención** : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
**Fecha de recepción** : Lunes, 03 de Junio del 2019  
**Fecha de emisión** : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

**Metodo de ensayo : Ensayo de Absorción**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.70	3.98	7.57
M-2	3.65	3.93	7.67
M-3	3.65	3.92	7.40
M-4	3.66	3.94	7.65
M-5	3.69	3.93	6.50
Abs (%) PROMEDIO			<b>7.36</b>

**FORMULA:**

$$Absorción\% = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fria durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

**Proyecto / Obra** : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
**Atención** : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
**Fecha de recepción** : Lunes, 03 de Junio del 2019  
**Fecha de emisión** : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo : Ensayo de Absorción**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.62	3.92	8.29
M-2	3.59	3.89	8.36
M-3	3.60	3.90	8.33
M-4	3.62	3.91	8.01
M-5	3.62	3.92	8.29
Abs (%) PROMEDIO			<b>8.26</b>

**FORMULA:**

$$Absorción\% = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, despues de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

**Proyecto / Obra** INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
**Atención** : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
**Fecha de recepción** : Lunes, 03 de Junio del 2019  
**Fecha de emisión** : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

**Metodo de ensayo : Ensayo de Absorción**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.43	3.78	10.20
M-2	3.47	3.82	10.09
M-3	3.44	3.79	10.17
M-4	3.49	3.84	10.03
M-5	3.42	3.76	9.94
Abs (%) PROMEDIO			10.09

**FORMULA:**

$$Absorción\% = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
  - 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052218072019**

Proyecto / Obra **INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO**  
 Atención **:Bach. Mabely Sedano Chupurgo**  
 Fecha de recepción **:Lunes, 03 de Junio del 2019**  
 Fecha de emisión **:Viernes, 19 de Julio del 2019**

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo **:Ensayo de Alabeo**

LADRILLOS PATRON						
Muestra	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	1	0	0.5	0	0	0
M-02	1	0	0.5	0	0	0
M-03	0	0	0	3	0	1.5
M-04	0	0	0	0	0	0
M-05	1	1	1	0	0	0
M-06	0	0	0	4	0	2
M-07	0	0	0	3	0	1.5
M-08	0	0	0	0	0	0
M-09	0	1	0.5	4	0	2
M-10	3	0	1.5	0	0	0
PROMEDIO (mm)			<b>0.40</b>	PROMEDIO (mm)		<b>0.70</b>

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (Ladrillos patron)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. PATRON	0.40	0.70	0.70	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


  
 INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
  
**Joan Alan Rosales Miranda**  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0052218072019

Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS-MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO -

Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Método de ensayo : Ensayo de Alabeo

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3% DE PET						
Muestra	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	0	2	1	3	0	1.5
M-02	1	1	1	0	0	0
M-03	1	0	0.5	0	0	0
M-04	1	0	0.5	0	0	0
M-05	0	1	0.5	3	0	1.5
M-06	0	0	0	3	0	1.5
M-07	3	1	2	0	0	0
M-08	0	0	0	3	0	1.5
M-09	3	0	1.5	0	0	0
M-10	3	1	2	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.90	PROMEDIO (mm)		0.60

Resumen e interpretación de resultados

Ensayo de Alabeo (ladrillos 3% PET)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. 3% PET	0.90	0.60	0.90	Clase: ladrillo V

OBSERVACIONES:

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052218072019**

Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREF TALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS-MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO

Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Método de ensayo : Ensayo de Alabeo

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5% DE PET						
Muestra	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	0	0	0	3	0	1.5
M-02	4	0	2	0	0	0
M-03	0	0	0	3	0	1.5
M-04	0	0	0	0	0	0
M-05	4	0	2	0	0	0
M-06	0	0	0	1	0	0.5
M-07	0	0	0	0	0	0
M-08	0	0	0	2	0	1
M-09	3	0	1.5	0	0	0
M-10	2	0	1	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.65	PROMEDIO (mm)		0.45

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (Ladrillos 5% PET)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. 5% PET	0.65	0.45	0.65	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052218072019**

**Proyecto / Obra** INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS-MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
**Atención** : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
**Fecha de recepción** : Lunes, 03 de Junio del 2019  
**Fecha de emisión** : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Metodo de ensayo** : Ensayo de Alabeo

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10% DE PET						
Muestra	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	0	1	0.5	4	0	2
M-02	1	0	0.5	0	0	0
M-03	0	0	0	1	0	0.5
M-04	2	0	1	0	0	0
M-05	0	0	0	5	0	2.5
M-06	0	1	0.5	5	0	2.5
M-07	5	1	3	0	0	0
M-08	4	1	2.5	0	0	0
M-09	3	0	1.5	0	0	0
M-10	0	0	0	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.95	PROMEDIO (mm)		0.75

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (Ladrillos 10% PET)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. 10% PET	0.95	0.75	0.95	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DS0052219072019

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREF TALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS· MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
 Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
 Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019  
 Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo : Resistencia a la compresion (f' b)

LADRILLOS PATRON						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	f' b (kg/cm2)
	promedio	promedio				
M-1	13.10	23.10	302.61	238.99	42087.24	176.10
M-2	13.025	23.00	299.58	235.96	42168.84	178.72
M-3	13.025	23.00	299.58	235.96	42467.70	179.98
M-4	13.075	22.93	299.81	236.19	41959.74	177.65
M-5	13.025	23.03	299.97	236.35	42913.44	181.57
<b>Promedio f' b (kg/cm2)</b>						<b>178.81</b>

**FORMULA:**

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

**DONDE:**

f' b = Resistencia a compresion del especimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresion (Ladrillos patron)		Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	Promedio f' b (kg/cm2)	
Lad. PATRON	178.81	Clase: ladrillo IV

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- 3) SE REALIZO REFRENDADO CON YESO NACIONAL.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DS0052219072019

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
 Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
 Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019  
 Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo : Resistencia a la compresion (f' b)

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3% DE PET						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA cm <sup>2</sup>	AREA NETA cm <sup>2</sup>	Pu (kg)	f' b (kg/cm <sup>2</sup> )
	promedio	promedio				
M-1	13.00	23.00	299.00	235.38	30694.86	130.41
M-2	13.03	22.98	299.31	235.69	30793.80	130.65
M-3	13.07	22.98	300.35	236.73	30990.66	130.91
M-4	13.03	22.98	299.43	235.81	31117.14	131.96
M-5	13.49	22.98	310.00	246.38	30833.58	125.15
Promedio f' b (kg/cm <sup>2</sup> )						129.81

**FORMULA:**

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

**DONDE:**

f' b = Resistencia a compresion del especimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresion (Ladrillos 3% PET)		Clase de unidad de albañileria para fines estructurales
Muestra	Promedio f' b (kg/cm <sup>2</sup> )	
Lad. 3% PET	129.81	Clase: ladrillo III

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- 3) SE REALIZO REFRENDADO CON YESO NACIONAL.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DS0052219072019

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

Proyecto / Obra : INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
 Atención : Bach. Mabely Sedano Chupurgo  
 Fecha de recepción : Lunes, 03 de Junio del 2019  
 Fecha de emisión : Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo : Resistencia a la compresion (f' b)

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5 % DE PET						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	f' b (kg/cm2)
	promedio	promedio				
M-1	13.05	23.00	300.15	236.53	28868.04	122.05
M-2	12.98	22.98	298.28	234.66	24043.44	102.46
M-3	12.93	23.05	298.04	234.42	26612.82	113.53
M-4	13.00	23.01	299.13	235.51	28940.46	122.88
M-5	13.00	22.93	298.09	234.47	27969.42	119.29
Promedio f' b (kg/cm2)						116.04

**FORMULA:**

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

**DONDE:**

f' b = Resistencia a compresion del especimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresion (Ladrillos 5% PET)		Clase de unidad de albañileria para fines estructurales
Muestra	Promedio f' b (kg/cm2)	
Lad. 5% PET	116.04	Clase: ladrillo III

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET
- 3) SE REALIZO REFRENDADO CON YESO NACIONAL.

QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DS0052219072019

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0052219072019**

Proyecto / Obra

**INCORPORACION DEL POLIETILENO TEREFTALATO Y SUS  
 EFECTOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS EN  
 LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO**

Atención

: Bach. Mabely Sedano Chupurgo

Fecha de recepción

: Lunes, 03 de Junio del 2019

Fecha de emisión

: Viernes, 19 de Julio del 2019

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

Metodo de ensayo

: Resistencia a la compresion (f' b)

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10% DE PET						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	f'b (kg/cm2)
	promedio	promedio				
M-1	12.98	22.95	297.89	234.27	19640.10	83.83
M-2	12.98	23.00	298.54	234.92	20811.06	88.59
M-3	13.00	22.90	297.70	234.08	20727.42	88.55
M-4	12.95	22.95	297.20	233.58	20965.08	89.75
M-5	13.00	23.10	300.30	236.68	18733.32	79.15
Promedio f' b (kg/cm2)						85.98

**FORMULA:**

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

**DONDE:**

f' b = Resistencia compresion del especimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresion (Ladrillos 10% PET)		Clase de unidad de albañileria para fines estructurales
Muestra	Promedio f' b (kg/cm2)	
Lad. 10% PET	85.98	Clase ladrillo II

**OBSERVACIONES:**

1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO

2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

3) SE REALIZO REFRENDADO CON YESO NACIONAL.

QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

**Anexo F. Panel fotográfico**

## PANEL FOTOGRÁFICO

### Inspección de los materiales



**Fotografía N° 01:** Hojas de polietileno tereftalato (PET) seleccionado Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 02:** Secado del agregado fino para realizar los ensayos Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 03:** Cemento andino tipo I para la elaboración de las unidades de albañilería Fuente: elaboración propia.

### **Análisis granulométrico del agregado fino**



**Fotografía N° 04:** Material retenido en los tamices (ensayo granulométrico del agregado fino) Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 05:** Obtención de polietileno tereftalato pasante la malla N° 4  
Fuente: elaboración propia.

### **Peso unitario del agregado fino**



**Fotografía N° 06:** Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado fino (nivelación de la superficie del material) Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 07:** Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado fino (peso del recipiente que contiene el agregado) Fuente: elaboración propia.

### **Peso específico del agregado fino**



**Fotografía N° 08:** Colocación de la muestra en el picnómetro Fuente: elaboración propia



**Fotografía N° 09:** Compactación del material en el molde cónico Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 10:** Humedad libre del agregado fino Fuente: elaboración propia.

## Fabricación de las unidades de albañilería



**Fotografía N° 11:** Peso de materiales para la elaboración de las unidades  
Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 12:** Cantidades de cemento, agregados, PET, para la fabricación  
de la unidad de albañilería de concreto Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 13:** Máquina para la elaboración de las unidades de albañilería  
Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 14:** Incorporación de materiales para la mezcla Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 15:** Incorporación de PET en la mezcla Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 16:** Incorporación de agua en la mezcla, se mezcló hasta observar homogeneidad Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 17:** Prueba de control de consistencia de la mezcla Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 18:** Verificación del asentamiento (consistencia seca de la mezcla) Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 19:** Colocación de la mezcla en la máquina para el vibrado y fabricación de las unidades Fuente: elaboración propia



**Fotografía N° 20:** Unidades fabricadas Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 21:** Acomodo de las unidades para su secado, diferenciando el patrón con las que contienen incorporación de PET Fuente: elaboración propia.



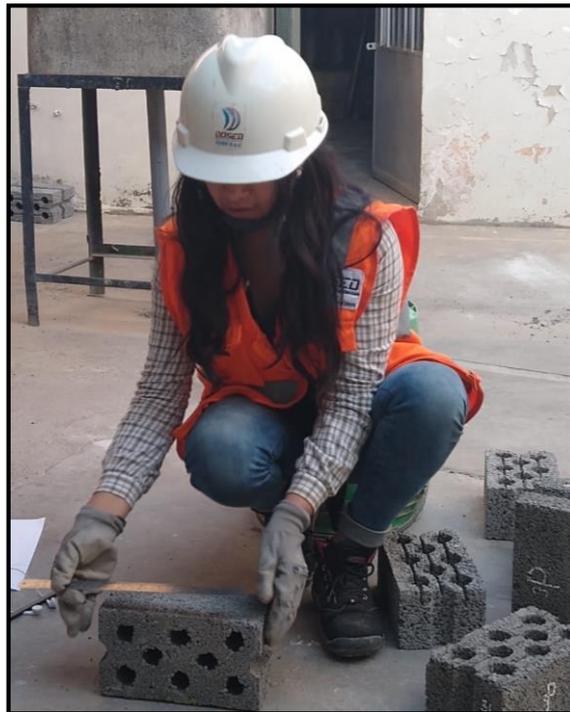
**Fotografía N° 22:** Curado de las unidades por 28 días Fuente: elaboración propia.

## Ensayos a las unidades de albañilería

### Ensayo de variación dimensional



**Fotografía N° 23:** Medición de dimensiones de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 24:** Medición de la longitud, ancho y alto de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.

### Ensayo de alabeo



**Fotografía N° 25:** Medición de concavidad (cara superior) de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 26:** Medición de convexidad de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.

## Ensayo de absorción



**Fotografía N° 27:** Secado al horno por 24 horas de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 28:** obtención del peso seco de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 29:** Unidades sumergidas por 24 horas, 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 30:** Retiro de las unidades sumergidas por 24 horas, 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 31:** Secamos con un paño las unidades, 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 32:** obtención del peso húmedo de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.

## Ensayo de resistencia a la compresión



**Fotografía N°33:** Refrendado con yeso-cemento de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de todas las unidades Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 34:** Secado de las unidades refrendadas con yeso-cemento Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 35:** Resultado de la unidad de albañilería patrón Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 36:** Resultado de la unidad de albañilería con incorporación de 5 % PET Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 37:** Resultado de la unidad de albañilería con incorporación de 10 % PET Fuente: elaboración propia.



**Fotografía N° 38:** Falla a compresión de las unidades Fuente: elaboración propia.