

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Eficacia del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) para la optimización del comportamiento mecánico de un concreto ecológico”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

**AUTORA: Claudio Angulo, Lucero Leslie**

**ASESORA: Valdivia Martel, Perfecta Sofia**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2025**

# U

# D

# H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Educación Ambiental y Ecoeficiencia

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73142419

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

**DATOS DE LOS JURADOS:**

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES               | GRADO                                                                            | DNI      | Código ORCID        |
|----|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| 1  | Romero Estacio, Jorge Antonio     | Maestro en gestión pública para el desarrollo social                             | 22520481 | 0009-0000-2063-4076 |
| 2  | Morales Aquino, Milton Edwin      | Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible | 44342697 | 0000-0002-2250-3288 |
| 3  | Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar | Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental  | 46378040 | 0000-0002-3013-8532 |



# UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 18 del mes de noviembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

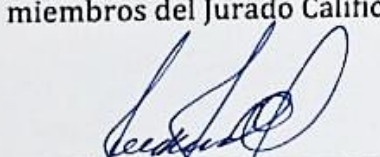
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Presidente)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Vocal)

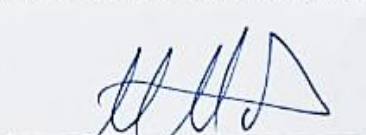
Nombrados mediante la **Resolución N° 2514-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO"**, presentado por el (la) Bach. **CLAUDIO ANGULO, LUCERO LESLIE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobado... Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 7.7... y cualitativo de suficiente... (Art. 47)

Siendo las 19:15 horas del día 18... del mes de noviembre del año 2025..., los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Mg. Jorge Antonio Romero Estacio  
DNI: 22520481  
ORCID: 0009-0000-2063-4076  
Presidente

  
Mg. Milton Edwin Morales Aquino  
DNI: 44342697  
ORCID: 0000-0002-2250-3288  
Secretario

  
Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia  
DNI: 46378040  
ORCID: 0000-0002-3013-8532  
Vocal



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO, de la investigación titulada "EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (TEREFTALATO DE POLIETILENO MOLIDO Y TRITURADO) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO", con asesor(a) PERFECTA SOFIA VALDIVIA MARTEL, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2280-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 07 de noviembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## 37. Lucero Leslie Claudio Angulo.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

3

[api.pageplace.de](http://api.pageplace.de)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.unap.edu.pe](http://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[www.uca.edu.sv](http://www.uca.edu.sv)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su inigualable generosidad.

A mis padres, Wilmer y Rosa, quienes han contribuido a moldearme como individuo en el presente; gran parte de mis éxitos se los atribuyo a ustedes, incluido este.

A mis hermanas y sobrinos, por su dedicación constante y el amor que me ofrecen.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme otro día de vida, permitiendo que esta investigación se lleve a cabo con el fin de cuidar y salvaguardar su creación, así como por los cuidados y bendiciones que continuamente brinda a mi familia.

A la Universidad de Huánuco, por darme la oportunidad de formarme en la carrera de Ingeniería Ambiental y por aceptarme como parte de esta institución.

A mi Familia, por estar a mi lado en cada momento, tanto en las situaciones positivas como en los momentos de dificultad que han surgido durante este periodo.

A mi asesora de tesis Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel, por su constante guía y apoyo en todo el proceso de la presente investigación.

A los docentes de la Universidad, Mg. Frank Camara Llanos, Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía y Mg. Milton Edwin Morales Aquino, por su dirección en la elaboración de esta tesis.

Por último, gracias a todos los que han ayudado de alguna manera en esta ardua labor de investigación.

## INDICE

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                           | II   |
| AGRADECIMIENTOS.....                        | III  |
| RESUMEN.....                                | VIII |
| ABSTRACT .....                              | IX   |
| INTRODUCCIÓN.....                           | X    |
| CAPÍTULO I.....                             | 12   |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....             | 12   |
| 1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....          | 12   |
| 1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....           | 13   |
| 1.3.OBJETIVO GENERAL.....                   | 14   |
| 1.4.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....              | 14   |
| 1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 14   |
| 1.6.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 15   |
| 1.7.VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....    | 16   |
| MARCO TEÓRICO .....                         | 17   |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 17   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS.....                    | 24   |
| 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....        | 49   |
| 2.4 HIPÓTESIS .....                         | 51   |
| 2.5. VARIABLES.....                         | 51   |
| 2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN .....        | 51   |
| 2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA .....            | 51   |
| 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....  | 52   |
| CAPÍTULO III.....                           | 53   |
| MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....       | 53   |
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....            | 53   |
| 3.1.1. ENFOQUE .....                        | 53   |
| 3.1. 2. ALCANCE O NIVEL .....               | 53   |
| 3.1. 3. DISEÑO.....                         | 54   |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                           | 55 |
| 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....               | 55 |
| 3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA<br>INFORMACIÓN..... | 65 |
| CAPÍTULO IV .....                                                        | 66 |
| RESULTADOS.....                                                          | 74 |
| 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....                                         | 74 |
| 4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....                            | 79 |
| CAPITULO V .....                                                         | 77 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                                             | 77 |
| CONCLUSIONES .....                                                       | 81 |
| RECOMENDACIONES.....                                                     | 82 |
| REFERENCIAS .....                                                        | 83 |
| ANEXOS .....                                                             | 87 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Datos técnicos del Tereftalato de Polietileno.....                                                                                                                                         | 34 |
| Tabla 2 Tipos de cemento Portland .....                                                                                                                                                            | 37 |
| Tabla 3 Porcentaje óptimo de reemplazo con Residuos Sólidos.....                                                                                                                                   | 48 |
| Tabla 4 Operacionalización de variables .....                                                                                                                                                      | 52 |
| Tabla 5 Técnica e instrumentos de recolección de datos.....                                                                                                                                        | 55 |
| Tabla 6 Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET Molido .....                                  | 66 |
| Tabla 7 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET Molido .....                                                                               | 66 |
| Tabla 8 Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET Molido .....                                  | 68 |
| Tabla 9 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET molido .....                                                                               | 68 |
| Tabla 10 Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET triturado .....                              | 70 |
| Tabla 11 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET triturado .....                                                                           | 70 |
| Tabla 12 Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET Triturado .....                              | 72 |
| Tabla 13 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET Triturado.....                                                                            | 72 |
| Tabla 14 Prueba de normalidad de los datos.....                                                                                                                                                    | 74 |
| Tabla 15 Prueba de hipótesis con ANOVA de un factor intersujetos para evaluar las diferencias de la fuerza de compresión entre los grupos experimentales según el porcentaje de PET utilizado..... | 75 |
| Tabla 16 Valores finales de la FC comparados con la normativa planteada                                                                                                                            | 76 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Ventajas de reciclar.....                                                                                                              | 25 |
| Figura 2 Variedad de plásticos.....                                                                                                             | 29 |
| Figura 3 Tipos de plásticos.....                                                                                                                | 31 |
| Figura 4 Símbolos de reciclaje de plásticos.....                                                                                                | 32 |
| Figura 5 Volumen de una mezcla normal de concreto.....                                                                                          | 44 |
| Figura 6 Ubicación de la cantera.....                                                                                                           | 56 |
| Figura 7 Flujograma de procesos .....                                                                                                           | 64 |
| Figura 8 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido.....     | 67 |
| Figura 9 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno molido.....     | 69 |
| Figura 10 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET triturado.....                        | 71 |
| Figura 11 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno triturado..... | 73 |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal reciclar y reutilizar los plásticos de tipo PET (Tereftalato de polietileno), e introducirlos en el campo de la construcción con la meta de impulsar las construcciones sostenibles. Se utilizó una metodología de naturaleza prospectiva, analítica, con intervención y longitudinal. Se elaboraron 27 probetas de concreto, siguiendo un diseño de mezcla correspondiente a una resistencia especificada de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , de las cuales se tuvo 3 probetas como grupo control y al resto se le añadió un porcentaje de plásticos tipo PET (Tereftalato de polietileno) molido y triturado al 10% y 20% respectivamente con dos repeticiones de cada grupo experimental, los cuales se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión en tres períodos de tiempo según dicta la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (7, 14 y 28 días), para analizar dichas propiedades mecánicas del concreto ecológico. En el análisis estadístico, se empleó la prueba de Kolmogórov-Smirnov corregida por Lilliefors con el fin de verificar la normalidad de los datos correspondientes a los grupos PM10, PM20, PT10 y PT20, obteniendo los valores de p: 0.719, 0.884, 0.884 y 0.820 respectivamente, donde los valores de p fueron mayores a 0.05 indicando que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, confirmando que los datos de cada grupo se distribuyen normalmente. El grupo que posee características adecuadas con respecto a la resistencia a la compresión del concreto  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$  es el concreto ecológico elaborado con plásticos PET molido al 10% ( $241.00 \text{ kg/cm}^2$ ) y se demuestra que tiene una efectividad de 93.8% con respecto al grupo control ( $257.00 \text{ kg/cm}^2$ ), por lo que la hipótesis planteada es aceptada. Se concluyó que, el empleo de concreto ecológico elaborado con plásticos PET reciclado es una opción factible y sustentable para el rubro de la construcción, y a la vez contribuye a mitigar el impacto ambiental asociado a los residuos plásticos.

**Palabras clave:** *Concreto ecológico, plásticos PET, plástico reciclado, construcción sostenible, resistencia de compresión.*

## ABSTRACT

The main objective of this research was to recycle and reuse PET (Polyethylene Terephthalate) type plastics, and introduce them into the field of construction with the goal of promoting sustainable constructions. A prospective, analytical, interventional and longitudinal methodology was used. 27 concrete specimens were prepared, following a mix design corresponding to a specified resistance of  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , of which there were 3 specimens as a control group and to the rest a percentage of ground and crushed PET (polyethylene terephthalate) plastics was added at 10% and 20% respectively with two repetitions of each experimental group, which were subjected to compression resistance tests in three periods of time as dictated by the Technical Standard. Peruvian NTP 339,034 (7, 14 and 28 days), to analyze said mechanical properties of ecological concrete. In the statistical analysis, the Kolmogorov-Smirnov test corrected by Lilliefors was used in order to verify the normality of the data corresponding to the PM10, PM20, PT10 and PT20 groups, obtaining the p values: 0.719, 0.884, 0.884 and 0.820 respectively, where the p values were greater than 0.05 indicating that the null hypothesis was not rejected. of normality, confirming that the data of each group are normally distributed. The group that has adequate characteristics with respect to the compressive strength of concrete  $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$  is the ecological concrete made with 10% ground PET plastics ( $241.00 \text{ kg/cm}^2$ ) and it is shown that it has an effectiveness of 93.8% with respect to the control group ( $257.00 \text{ kg/cm}^2$ ), so the proposed hypothesis is accepted. It was concluded that the use of ecological concrete made with recycled PET plastics is a feasible and sustainable option for the construction industry, and at the same time contributes to mitigating the environmental impact associated with plastic waste.

**Keywords:** Ecological concrete, PET plastics, recycled plastic, sustainable construction, compression resistance.

## INTRODUCCIÓN

El futuro del medio ambiente sigue siendo particularmente preocupante, además, se conoce que los plásticos tardan de 200 hasta 400 años en degradarse, lo cual nos lleva a actuar de la manera más inmediata posible en la reducción de estos residuos que, en su mayoría son PET (Tereftalato de Polietileno).

Es crucial implementar medidas para disminuir el consumo de plástico, dado que, a pesar de ser un recurso valioso por su durabilidad y simple proceso de producción, hoy en día causa un grave problema ambiental. Según un informe de National Geographic, cada año, 8 millones de toneladas en promedio ingresan a los cuerpos de agua. Además, su fabricación y quema aportan al calentamiento global, por lo tanto, la polución provocada por los plásticos tiene diversas causas.

La localidad de Huánuco, situada en la región de Huánuco, en Perú, enfrenta un considerable problema relacionado con la producción de desechos de plástico y PET. Un estudio reciente sobre la clasificación de residuos sólidos evidenció esta alta producción, lo que ha provocado un aumento en la preocupación ambiental. Esto ha impulsado la exploración de opciones sostenibles para reducir este efecto nocivo en el entorno. Los inconvenientes relacionados con los desechos sólidos en la ciudad de Huánuco son diversos, y hallar soluciones requiere la colaboración de todos los habitantes. Cada individuo en Huánuco y sus alrededores genera entre 0.50 y 0.60 kilogramos al día. Según el Banco Central de Reserva del Perú (MEF, 2024), el sector de la construcción experimentó un incremento del 4,14% en agosto de 2024 en comparación con el mismo mes de 2023, impulsado por un notable progreso en las obras públicas (17,2%). En este escenario, la inclusión de material reutilizable y reciclable en el campo de la construcción se considera una elección que respeta el medio ambiente y es sostenible. El concreto creado con plástico reciclado PET se ha vuelto una opción común en diversas regiones globales porque ofrece un costo reducido, su disponibilidad es sencilla y muestra una gran eficacia. No obstante, es fundamental realizar un estudio más detallado sobre la resistencia del

hormigón ecológico, particularmente en naciones en desarrollo, donde la construcción sustentable y el manejo efectivo de desechos representan retos significativos.

En consecuencia, en este trabajo de investigación, el propósito fundamental fue analizar la mejora en el uso sostenible de desechos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) con el objetivo de evaluar el desempeño mecánico de un concreto ecológico, con la intención de apoyar el desarrollo de opciones sostenibles en el campo de la construcción y, de este modo, favoreciendo su reutilización y reciclaje, y por ende, ayudando a la reducción de basura plástica en el entorno. Para lograr ello, se empleó un método experimental que se basó en medir la capacidad mediante las pruebas de resistencia a la compresión en diferentes periodos. Los datos recolectados proporcionan resultados significativos acerca de la factibilidad y efectividad del concreto ecológico como una opción sostenible para edificación. Las conclusiones de esta investigación pueden ser aprovechadas por los especialistas del rubro de la construcción para incentivar conductas sostenibles y ambientalmente responsables.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En el presente, la gestión de desechos sólidos es un asunto muy relevante, dado que, afecta directamente de manera negativa al entorno, y, por lo tanto, a los individuos.

De acuerdo con la ONU, anualmente se estima que en el planeta se recoge alrededor de 11. 200 millones de toneladas de desechos sólidos (ONU, 2023). La mala administración de los residuos está contaminando los océanos a nivel global, bloqueando los desagües y ocasionando inundaciones, propagando enfermedades, incrementando problemas respiratorios debido a la incineración, dañando a la fauna que ingiere desechos, y afectando el crecimiento económico, como en el caso de perjudicar el sector turístico. (Wahba, 2018).

De acuerdo con Kaza et al. (2018), si no se implementan acciones inmediatas, al 2050, los residuos globales aumentarán un 70 por ciento contrastado con las cifras de la actualidad.

La población peruana con un aproximado de 30 millones de habitantes genera un promedio de 21 mil toneladas de desechos municipales diarias, esto supone la producción de 0. 8 kilogramos de residuos por habitante cada día (Diario El Peruano, 2021).

Los residuos plásticos están alcanzando cifras preocupantes. 1 de cada 10 kilogramos de basura que produce un peruano es plástico. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente, en Perú, los plásticos representan un 46% de desechos en las playas, que puede demorar hasta 400 años en descomponerse (WWF, 2018).

Cerca de 100 toneladas por día son vertidas en el vertedero de Huánuco. Cada individuo en la ciudad y su área circundante genera entre 0. 50 y 0. 60 kilogramos diarios. Huánuco es el distrito que produce la más desechos sólidos, seguido de Amarilis y, por último, Pillcomarca (DIRESA HUANUCO, 2020).

La inadecuada gestión de residuos conlleva efectos perjudiciales, lo que puede representar un riesgo para los ecosistemas y alterar su armonía. Esto comienza afectando al medio ambiente, deteriorando los paisajes naturales y la diversidad de especies, así como provocando contaminación en recursos hídricos, atmosféricos y del suelo.

En cuanto a la salud humana, esto puede desencadenar enfermedades, entre otros problemas. Frente a la generación de cantidades elevadas de residuos sólidos inorgánicos, reciclarlos es esencial para minimizar el volumen de éstos. Aunque los desechos inorgánicos de PET (tereftalato de polietileno) pueden ser reutilizados, esto no es suficiente debido a las preocupantes estadísticas sobre el consumo de este material, que superan la capacidad de su adecuada eliminación final y, como consecuencia, no son aprovechados nuevamente.

Esta investigación se centra en reciclar estos desechos, brindándoles un nuevo propósito que no solo ayudará a minimizar la gran cantidad de residuos inorgánicos en pro de la sostenibilidad, sino que también beneficiará a la comunidad, dado que este concreto ecológico puede ser utilizado en la edificación sin comprometer la calidad y puede competir con los concretos convencionales.

Considerando las alarmantes cifras generadas en Huánuco (100 toneladas por día), se propone la reutilización de los residuos sólidos inorgánicos (tereftalato de polietileno) que se producen en esta localidad.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico?

### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido?

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno molido?

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno triturado?

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno triturado?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido.

Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno molido.

Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno triturado.

Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno triturado.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se situó en la línea de investigación genérica de educación ambiental y ecoeficiencia, con el objetivo de promover la conciencia, los principios y las conductas que faciliten la implicación activa de

la población en la etapa de disposición para motivar y adoptar prácticas ecológicas que ayuden en la administración eficiente de los recursos de nuestro patrimonio natural y el reciclaje de desechos sólidos, enfocándose hacia la sostenibilidad. Impulsar la participación comunitaria y la educación sobre el medio ambiente: Los métodos participativos en las iniciativas locales de sostenibilidad y las estrategias educativas para la sostenibilidad.

Teniendo en cuenta la problemática, que son las alarmantes cantidades de residuos sólidos inorgánicos generados diariamente a nivel global; sentí la necesidad de dar una solución ambiental, donde la idea de proponer la elaboración de concreto ecológico utilizando estos desechos sería una salida para el exceso de RSI que se genera, y a la vez un beneficio para la sociedad, ya que, si nos quedamos con los brazos cruzados, esperando a que se acumule más desecho, iremos a la destrucción de nuestro planeta. Además, esta investigación fue una aportación al sector de las construcciones verdes.

#### **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Durante la fase de ejecución de la investigación me encontré con diversas limitaciones.

En Huánuco, son escasas las empresas que trabajan en procesos de trituración, ya que sólo cuenta con máquinas de compactación para los residuos sólidos.

Se tuvo que esperar algunos días adicionales para recibir el plástico triturado, ya que, la máquina trituradora se averió.

Se decidió trabajar en el laboratorio de la Universidad de Huánuco, donde se efectuaron los moldes de concreto y se realizarían las roturas en los días determinados, en el día 15 de la rotura la prensa hidráulica se averió y se tuvo que buscar otro laboratorio para seguir con la fase de ejecución del proyecto, resultando en gastos adicionales tanto en la rotura como en el transporte de probetas.

### **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Siendo los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno), la principal materia prima que se utilizó, se logró conseguir a costo cero utilizando el método del reciclaje.

Los demás materiales requeridos (agregados, arena y cemento) se encontraron a un precio accesible en la misma ciudad de Huánuco.

La ejecución y rotura de las probetas se ejecutaron en el laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco, ubicada en la ciudad de Huánuco.

No requirió demasiado tiempo para conseguir los resultados, ya que, según norma, el último intervalo de tiempo para la rotura de probetas es a los 28 días.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Altamirano & Gonzales (2024), en su estudio: Evaluación y análisis de concreto ecológico con adición de fibras recicladas de Tereftalato de Polietileno, indican que su principal objetivo fue examinar el rendimiento mecánico del concreto ecológico al añadir fibras PET reciclado como sustitución en proporción parcial del agregado fino. La investigación se llevó a cabo a través del análisis de la resistencia a la compresión, flexión y costos de producción del concreto ecológico, se diseñaron mezclas de concreto con diferentes proporciones de adición de PET al 2%, 3% y 4% respectivamente. En la fase inicial, se formularon varias proporciones de concreto utilizando las cantidades especificadas de PET, basándose en el diseño de mezcla con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Las pruebas mecánicas indicaron que todas las combinaciones cumplían con los requisitos de resistencia determinados. Especialmente notable fue la probeta con sustitución del 2% de PET, que tuvo la máxima resistencia a la compresión, y la que tenía un 4% evidenció un aumento con respecto a la densidad, dándole una estructura más ligera. La valoración económica resultó en un aumento del 8% en los gastos de producción y al ajuste de las fibras recicladas; no obstante, este incremento se equilibra gracias a las ventajas ecológicas que ofrece la reutilización de plásticos desechados. En resumen, determinaron que la inclusión de fibras PET en el concreto sostenible es favorable desde un enfoque técnico y beneficiosa en el contexto ambiental, posicionándose como una opción duradera en el campo de las edificaciones.

Fuentes et al. (2021), en su estudio: Aprovechamiento sostenible de residuos poliméricos como agregados del concreto: Una revisión, destacan que el uso de residuos plásticos en el sector de la construcción ayuda a minimizar el uso de elementos convencionales, incrementar el rendimiento económico y crear materiales sostenibles con una perspectiva a largo plazo. Reemplazar en parte los agregados convencionales de piedra convierte los

desechos plásticos en una opción responsable con el medio ambiente, buscando como objetivo una solución enfocada en el reciclaje y aprovechamiento de residuos, lo cual ha propiciado importantes desarrollos en las décadas más recientes en la fabricación de concretos ecológicos. La metodología de esta revisión presenta el enfoque analítico relacionado con la sustitución parcial de materiales minerales por residuos plásticos no biodegradables generados en diferentes sectores industriales, con el objetivo de evaluar las dificultades, restricciones y ventajas vinculadas a su uso sostenible en las propiedades del concreto en sus fases inicial y curada. Basándose en la revisión de estudios recientes, los escritores ofrecen un resumen completo sobre la factibilidad técnica del reciclaje de plásticos en el ámbito de la construcción. Para concluir, indican que hay una proporcionalidad inversa en el nivel de reemplazo y la resistencia al aplastamiento; no obstante, subrayan ventajas como la disminución del peso del material, una mayor flexibilidad en la estructura, un mejor aislamiento tanto térmico como eléctrico, y reducción en los costos de producción. En conclusión, estos descubrimientos evidencian que el uso de residuos plásticos favorece la sostenibilidad del patrimonio ambiental y crea una nueva cadena de valor en campo productivo de la construcción.

Gareca et al. (2020) en su estudio: Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos, establecieron como objetivo principal evaluar las características físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos, determinando el método de producción más idóneo para crear un artículo de alta calidad mediante la selección y utilización de residuos no orgánicos. Este enfoque también aspira a disminuir la contaminación en la ciudad de Sucre y proporcionar una opción sustentable en el ámbito de la construcción. La metodología del estudio fue cuantitativa, apoyándose en métodos experimentales y de modelado, así como en el uso de técnicas como el diseño aleatorio de bloques, la medición precisa y la recolección minuciosa de datos. La muestra, que fue aleatoria y simple, incluyó 78 probetas hechas con tres combinaciones diferentes de materiales plásticos: poliestireno (PS), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET). Los resultados indicaron que las propiedades mecánicas y

físicas de los bloques se ajustan a las normas estipuladas en la normativa técnica de Colombia, Perú y Chile. Asimismo, se observó un resultado beneficioso para el medio ambiente gracias al reciclaje de plásticos, resaltando un descenso del 22.6 % en la capacidad de retención de agua frente a los bloques tradicionales, aunque con un ligero incremento de peso. La investigación concluyó avalando la factibilidad técnica de producir bloques ecológicos utilizando residuos plásticos, los cuales son aptos para construcción sin comprometer la integridad estructural, emergiendo como una opción competitiva en relación a los bloques tradicionales de arcilla.

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

Sanchez (2024) en su estudio: Concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca, sugiere que utilizar materiales reciclados en la producción de hormigón es una solución constructiva que es sostenible y que cuida el medio ambiente, cuyo objetivo fue examinar la composición y el rendimiento de un hormigón hecho con materiales reciclados, con el fin de fomentar la sostenibilidad en los proyectos de construcción en esa área, con una metodología de tipo práctico, analizó un total de 54 muestras de concreto, en base al diseño con resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , realizando comparaciones entre mezclas con agregados naturales y reciclados mediante pruebas de compresión, tracción y flexión a los 7, 14 y 28 días. Los resultados evidenciaron que el uso de materiales reciclados provoca una ligera disminución en la capacidad de moldeado y la temperatura del concreto, así como una reducción en la densidad de  $2.38 \text{ g/cm}^3$  a  $2.13 \text{ g/cm}^3$ , lo que se traduce en un material más ligero. Sin embargo, las propiedades mecánicas (compresión, tracción y flexión) mostraron un descenso promedio del 21.24%, 19.45% y 0.08%, respectivamente, en comparación al concreto tradicional. A pesar de ello, se determinó que es posible reemplazar hasta un 40% de los agregados gruesos naturales en concretos estructurales ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) y hasta un 100% en concretos no estructurales ( $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ). Para concluir, la investigación muestra que el concreto con agregados reciclados es apto para ser utilizado en proyectos sostenibles del departamento de Cajamarca, como, por ejemplo: rellenos, aceras, terraplenes y paneles divisorios, e incluso

en elementos estructurales, siempre que se combine con agregados naturales o se utilicen aditivos que optimicen su desempeño.

Saucedo et al. (2021) en su estudio: Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: Revisión de la literatura señalan que la creciente generación descontrolada de residuos orgánicos e inorgánicos sin una disposición final adecuada representa un problema socioambiental de gran magnitud. En respuesta a ello, los autores proponen la aplicación técnica del tereftalato de polietileno (PET) como refuerzo en la industria de la construcción. Este artículo tuvo como objetivos desarrollar un análisis metódico de 50 artículos científicos provenientes de diversas fuentes especializadas, con el fin de examinar la repercusión de la incorporación de agregados de PET en las cualidades mecánicas y físicas del concreto. La metodología se basó en un riguroso proceso de búsqueda, selección y estudio diferencial de los estudios revisados. Los resultados evidenciaron que añadir fibras PET potencia el rendimiento post fisura del concreto, su maleabilidad y retención de energía. No obstante, se observó una disminución en la resistencia a la compresión axial y a la tracción indirecta conforme aumenta el porcentaje de sustitución con PET. A pesar de ello, se destacó que estas fibras contribuyen significativamente a la reducción de fisuras, la disminución de la deflexión en unidades estructurales y una mayor resistencia a la abrasión, registrándose una mejora en el ensayo de desgaste superficial, donde la pérdida por abrasión se redujo de 0.42 mm a 0.23 mm con el incremento del PET. En conclusión, los autores sostienen que añadir fibras PET representa una estrategia eficiente y funcional en la elaboración de concretos ecológicos, aportando beneficios en diversas propiedades del material. Sin embargo, advierten que el porcentaje óptimo de inclusión no debe superar el 5% del volumen total de la mezcla, ya que porcentajes superiores no generan mejoras adicionales en el desempeño del concreto endurecido.

Portuguez (2021) en su estudio: Evaluación del concreto ecológico con la incorporación de residuos orgánicos y reutilizables, Cañete – 2021 plantea que el incremento de la contaminación ambiental es también socialmente relevante. En particular, Cañete enfrenta un nivel elevado de contaminación

debido a su intensa actividad agroexportadora, lo que conduce a investigar nuevas alternativas sostenibles que mitiguen su repercusión ambiental. La meta de la investigación fue examinar las características físicas y mecánicas del concreto ecológico al introducir residuo orgánico más material reutilizable como parte de su composición. La metodología empleada comprendió en la recolección de materiales reciclables, seguidos por una fase experimental en laboratorio (medición de la fuerza de compresión). Se elaboraron 81 probetas para la evaluación de las propiedades estudiadas, aplicando un método cuantitativo, de tipo aplicado y con un nivel correlacional. La investigación se centró específicamente en determinar cómo la incorporación de residuos repercute en las características físicas y mecánicas del concreto ecológico. Los resultados demostraron que las características físicas del concreto presentan efectos relevantes según el porcentaje de incorporación de residuos. Asimismo, las pruebas mecánicas arrojaron resultados positivos, concluyendo que se comprobó que añadir residuos orgánicos y reutilizables mejora el desempeño del concreto dentro de los parámetros establecidos, validando así su viabilidad técnica y su contribución a la sostenibilidad ambiental.

## **ANTECEDENTES LOCALES**

Barrueta (2024) en su tesis: Adoquines de concreto tipo II utilizando concreto reciclado y su incidencia en la resistencia a la compresión y costos en las vías urbanas de Panao – 2023, señala que esta investigación, de estudio cuantitativo, de carácter explicativo tuvo como objetivo estudiar el efecto del concreto reciclado mediante pruebas de resistencia a la compresión y evaluar costos de los adoquines de concreto tipo II. Se realizaron análisis con 24 muestras de referencia y varias proporciones de concreto reciclado como un reemplazo del agregado grueso en los adoquines. Los hallazgos revelaron que las muestras que incluían concreto reciclado alcanzaron una resistencia a la compresión promedio de 393,73 Kg/cm<sup>2</sup>, superior a los 384,02 Kg/cm<sup>2</sup> de las muestras de referencia. En conclusión, la incorporación de material reciclado en adoquines de concreto tipo II potencia la resistencia a la compresión comparado con un adoquín con agregados convencionales. Con un 95% de nivel de confianza se validó de manera estadística una relevancia

significativa de la inclusión de concreto reciclado como reemplazo del agregado grueso mediante la prueba de resistencia a la compresión. Se estableció que el precio del concreto 100% reciclado asciende a S/. 289.46 por metro cúbico, lo cual resulta más asequible que el precio de un concreto normal que es de s/. 321. 08 por metro cúbico. En resumen, esto sugiere que el empleo de concreto reciclado además de potenciar la resistencia del producto final, también puede conducir a una disminución importante en los costos de producción.

Santos (2021) en su estudio: Influencia del tipo de compactación en la resistencia a la compresión y permeabilidad del Concreto Ecológico en la Provincia de Huánuco 2019 indica que se estudió modelos diversos de procedimientos de compactación del concreto ecológico, con el objetivo de analiza cada método de compactación aplicados al concreto ecológico e identificar cómo la porosidad influye en la resistencia a la compresión y en la capacidad de permeabilidad del material. El estudio, de carácter teórico, se orientó a comprender de qué manera una adecuada compactación puede optimizar las propiedades estructurales e hidráulicas de este tipo de concreto. La metodología que usó es un desarrollo netamente teórico. Santos explica que el concreto poroso o pervious concrete denominado originalmente en inglés, ha sido objeto de diversas investigaciones en el ámbito internacional debido a su cualidad para dejar que el agua fluya a través de su composición. Resulta ideal para pavimentos peatonales y vías de tránsito ligero, ya que contribuye a la filtración natural del agua de lluvia hacia el subsuelo, reduciendo así los problemas de encharcamiento superficial. En el contexto peruano, Santos resalta la necesidad de promover su estudio y aplicación, dado que su implementación permitiría conservar los recursos hídricos y mejorar las condiciones ambientales urbanas. Como resultado de su análisis, el autor sostiene que la incorporación del concreto ecológico en las obras de la provincia de Huánuco podría contribuir significativamente a la disminución de la contaminación del patrimonio ambiental asociada al uso de materiales convencionales, generando beneficios sostenibles y de bajo impacto ecológico. Concluye que el uso del concreto permeable representa una alternativa factible y económica para el manejo de aguas de lluvia, al reducir

el porcentaje de futuras inversiones en sistemas de drenaje y control de escorrentía.

Flores (2020) en su estudio: Determinar la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de plástico PET reciclado en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huánuco – 2019 plantea una propuesta estratégica para la utilización de los desechos plásticos producidos en grandes cantidades en esa localidad, los cuales se acumulan en espacios públicos, botaderos y márgenes del río Huallaga. Su objetivo principal fue evaluar el desempeño del concreto incrementado con macrofibras de tereftalato de polietileno (PET) reciclado de distintas dimensiones y proporciones, aplicado a pavimentos rígidos. La metodología contempló el diseño de una mezcla patrón de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a partir de la cual se desarrollaron mezclas experimentales que incorporaron fibras PET de dos tipos: tipo A (5 mm de ancho y 25 mm) y tipo B (5 mm de ancho y 50 mm de longitud) en proporciones de 0.05%, 0.10% y 0.15% del volumen total del espécimen. Los materiales pétreos utilizados procedieron de la cantera Figueroa-Huánuco, cumpliendo con las especificaciones técnicas definidas en las normas ASTM C33 y NTP 400.037. Para el diseño de mezcla se aplicó el método ACI 211, mientras que la preparación, el curado y la prueba de las muestras se ejecutó en base a las normativas ASTM C192/NTP 339.183 y ASTM C78/NTP 339.078, esta última para evaluar la resistencia a la flexión o módulo de rotura. Los resultados demostraron que el tipo de fibra y su proporción influyen significativamente en la resistencia a la flexión del concreto. Las mezclas reforzadas con fibras tipo A no mostraron mejoras notables, mientras que las que incorporaron fibras tipo B evidenciaron incrementos en la resistencia. En especímenes con agregados de tamaño nominal de  $\frac{1}{2}$ ", los porcentajes de 0.05% y 0.10% incrementaron la resistencia en 3.41% y 5.67%, respectivamente, mientras que el 0.15% redujo su desempeño en 2.44%. De modo similar, con agregados de  $\frac{3}{4}$ ", las resistencias aumentaron en 2.13% y 10.56% para los mismos porcentajes, disminuyendo en 3.52% al alcanzar 0.15%. El porcentaje óptimo identificado fue de 0.10% de macrofibras tipo B, alcanzando valores de resistencia a la flexión de 60.09 kg/cm<sup>2</sup> para agregados de  $\frac{1}{2}$ " y 65.73

kg/cm<sup>2</sup> para agregados de ¾" a los 28 días de curado. En conclusión, se estableció que la incorporación de fibras PET recicladas, particularmente las de tipo B con una proporción del 0.10%, mejora de forma notable la resistencia a la flexión del concreto en pavimentos rígidos, al mismo tiempo que se presenta como una opción ambiental innovadora que ayuda a disminuir la contaminación en la localidad de Huánuco.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS**

De acuerdo con el MINAM (2023), el reciclaje constituye una estrategia fundamental dentro de la gestión ambiental, ya que contribuye significativamente a disminuir volumen de desechos que se envían a vertederos o basureros. Este proceso no solo impulsa el uso eficiente eficaz de los recursos naturales y el ahorro energético, sino que también crea puestos de trabajo, innovación empresarial y nuevas posibilidades económicas dentro de una economía circular.

En esa misma línea, Ponte (2008), en un escrito divulgado en la Revista de Investigación del Instituto Pedagógico de Caracas, señala varios beneficios vinculados al reciclaje, que incluyen:

- Reducción de polución ambiental y la preservación de los recursos del planeta.
- Aumento de la eficiencia energética, ya que fabricar con materiales reciclados consume menos energía.
- La reducción de los gastos relacionados con la eliminación final de los desechos.
- La competitividad económica de los programas de reciclaje frente a los sistemas tradicionales de disposición.
- La generación de empleo y el fortalecimiento de la industria manufacturera mediante el aprovechamiento de materiales reutilizables.
- El abastecimiento de materias primas a menor costo, lo que se traduce en productos más accesibles para los consumidores.
- El fomento de una cultura de responsabilidad y disciplina social en el manejo de los residuos.

- Promover principios de consideración por la naturaleza.
- Fortalece a la organización comunitaria en torno a la gestión sostenible.
- Por último, la disminución de los peligros para la salud vinculados a la acumulación de desechos.

**Figura 1**

*Ventajas de reciclar*



*Nota.* Adaptado de Ventajas de reciclar, de Green Passion, 2022.

## RESIDUOS SÓLIDOS

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014), define como todo material, artículo o subproducto que se encuentre en fase semisólida o sólida, del que su originador se deshace o debe gestionar legalmente de acuerdo a las leyes actuales, con el fin de eludir peligros para la salud y el bienestar físico de los habitantes y su entorno.

Por su parte, Sánchez (2020) expone que los residuos sólidos pueden clasificarse atendiendo a diversos criterios, siendo uno de los más relevantes el nivel de peligrosidad, a partir del cual se distinguen dos grandes categorías:

Según el riesgo que representa:

- Residuos sólidos peligrosos: Comprenden los que representan una amenaza potencial para las personas o los ecosistemas, debido a propiedades como la corrosividad, reactividad, explosividad o toxicidad.

- Residuos sólidos no peligrosos: Los que no suponen un peligro inmediato para el bienestar físico de las personas ni para el entorno. Dentro de este grupo, se reconocen varias subcategorías:
  - Ordinarios: Generados cotidianamente en hogares, instituciones educativas, oficinas o centros de salud, como resultado de las actividades diarias.
  - Biodegradables: Caracterizados por su capacidad de descomponerse naturalmente en un periodo breve, transformándose en materia orgánica; esto abarca desechos alimenticios, así como productos de origen vegetal como frutas y verduras.
  - Inertes: Son materiales cuya descomposición en la naturaleza es muy lenta, permaneciendo estables durante largos periodos; ejemplos comunes son el cartón y ciertos tipos de papel.
  - Reciclables: Corresponden a residuos que pueden ser reprocesados o reincorporados a los ciclos productivos, como vidrio, tejidos, algunos plásticos y papeles.

Según su origen:

- Residuos domésticos: Comprenden todos los desechos producidos en el ámbito residencial, como resultado de las actividades cotidianas del hogar. Dentro de esta categoría se incluyen también los residuos electrónicos, aparatos eléctricos, prendas de vestir y mobiliario en desuso.
- Residuos comerciales: Se refieren a los producidos por las acciones del área comercial, es decir, que centran su negocio en comercializar y adquirir productos y servicios.
- Residuos industriales: Surgen de procesos asociados a la producción, modificación, uso, limpieza o cuidado en el sector industrial y productivo.
- Residuos hospitalarios: Constituyen desechos originados en centros de salud, los cuales, debido a su composición biológica o química, suelen clasificarse como peligrosos.
- Residuos espaciales o basura espacial: Se refieren a los objetos, fragmentos o materiales artificiales de origen humano que han quedado sin utilidad y permanecen en la órbita terrestre, representando una nueva forma de contaminación ambiental.

- Residuos de construcción: Abarcan los materiales desechados producto de obras civiles, remodelaciones o demoliciones, tales como escombros, cemento, ladrillos, entre otros.

Asimismo, los residuos sólidos pueden agruparse de acuerdo con su estructura material en dos grandes categorías:

- Orgánicos: Integran los residuos biodegradables, es decir, aquellos que pueden desintegrarse naturalmente gracias a la intervención de microorganismos, transformándose en materia orgánica útil.
- No orgánicos o inorgánicos: Corresponden a materiales cuya degradación natural es lenta o casi inexistente debido a sus características químicas. Muchos de estos residuos, como latas, vidrios, ciertos plásticos o gomas, pueden ser reciclados mediante procesos industriales especializados; sin embargo, otros, como las pilas, no son reciclables y resultan altamente tóxicos y contaminantes.

## **RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS**

Barradas (2009) lo define como materiales que no se degradan ni arden, y que típicamente provienen de actividades de explotación, elaboración o aprovechamiento de minerales. Esta categoría abarca desechos de construcción y demoliciones, tierra y escombros, entre otros.

Asimismo, afirma que los desechos pueden ser divididos de acuerdo a su origen, así como por sus características químicas, biológicas o físicas, lo que influye al ser integrados en procesos de recuperación, reciclaje o conversión. Cuando esto no sea factible, los desechos deben ser manejados mediante métodos de quema o almacenamiento seguro, para reducir su efecto en el medio ambiente.

Independientemente de su procedencia o composición estructural, la mayoría de los residuos sólidos poseen capacidad de reutilización, recuperación o reciclaje, siempre que se apliquen los procedimientos adecuados.

En función de la fuente generadora, Barradas (2009) identifica las siguientes categorías principales:

1. Residuos Sólidos Urbanos, originados en zonas residenciales, comerciales e institucionales.
2. Residuos de Construcción (residuos sólidos inertes), provenientes de obras civiles y demoliciones.
3. Residuos Agropecuarios, generados por actividades agrícolas y ganaderas.
4. Residuos Clínicos o Sanitarios, producidos en establecimientos de salud y con potencial riesgo biológico.
5. Residuos Sólidos de Depuradoras de Agua (lodos), que se producen durante las fases de depuración de aguas contaminadas.
6. Residuos de Incineración, resultantes de la combustión controlada de materiales desechables.
7. Residuos Industriales, originados a partir de las etapas de fabricación y producción en la industria.

## **PLÁSTICOS**

De acuerdo con Andrady & Neal (2009), son polímeros sintéticos obtenidos a partir de hidrocarburos derivados del petróleo, cuya principal característica es su extraordinaria versatilidad. Este material se encuentra presente en una variedad extensa de artículos de uso diario, que abarcan desde envases alimentarios y utensilios domésticos hasta dispositivos electrónicos y equipos médicos. No obstante, su elevada resistencia a la degradación natural y su persistencia prolongada en el entorno los convierten en uno de los residuos sólidos más problemáticos de la actualidad. Según Zalasiewicz et al. (2016), la ubicuidad de los plásticos y su aglomeración en los entornos biológicos constituyen un rasgo distintivo del Antropoceno, la era geológica marcada por la influencia humana sobre el planeta.

### Variedad de plásticos



## TIPOS DE PLÁSTICOS

**a) PET o PETE (tereftalato de polietileno):** Se utiliza comúnmente en producciones para frascos de agua o bebidas gaseosas, además de en empaques livianos destinados a comestibles, cosméticos y productos farmacéuticos. Posee un nivel de reciclabilidad 1, lo que indica una alta facilidad de reutilización. Sin embargo, puede contener sustancias tóxicas como antimonio, formaldehído, acetaldehído y ftalatos. Representa cerca del 11 por ciento de los desechos plásticos a nivel global.

**c) PVC (policloruro de vinilo):** Se aplica en el sector de la edificación (tuberías, estructuras para ventanas y puertas, recubrimientos de cables), también en productos como tarjetas de crédito o pieles sintéticas. Es de los tipos de plástico más complejo para reaprovechar, con un grado de

reciclabilidad 4. Su componente tóxico principal es el nonilfenol, y representa alrededor del 5 % de residuos plásticos.

**d) LDPE (polietileno de baja densidad):** Se utiliza para hacer bolsas para compras, cintas adhesivas, envolturas de burbujas, botellas maleables y aislantes para cables. Tiene un nivel de reciclaje moderado (grado 2), lo integran los aldehídos, cetonas, ácidos, compuestos carboxílicos y ftalatos. Es uno de los plásticos más frecuentes, representando el 20 % de las basuras plásticas a nivel mundial.

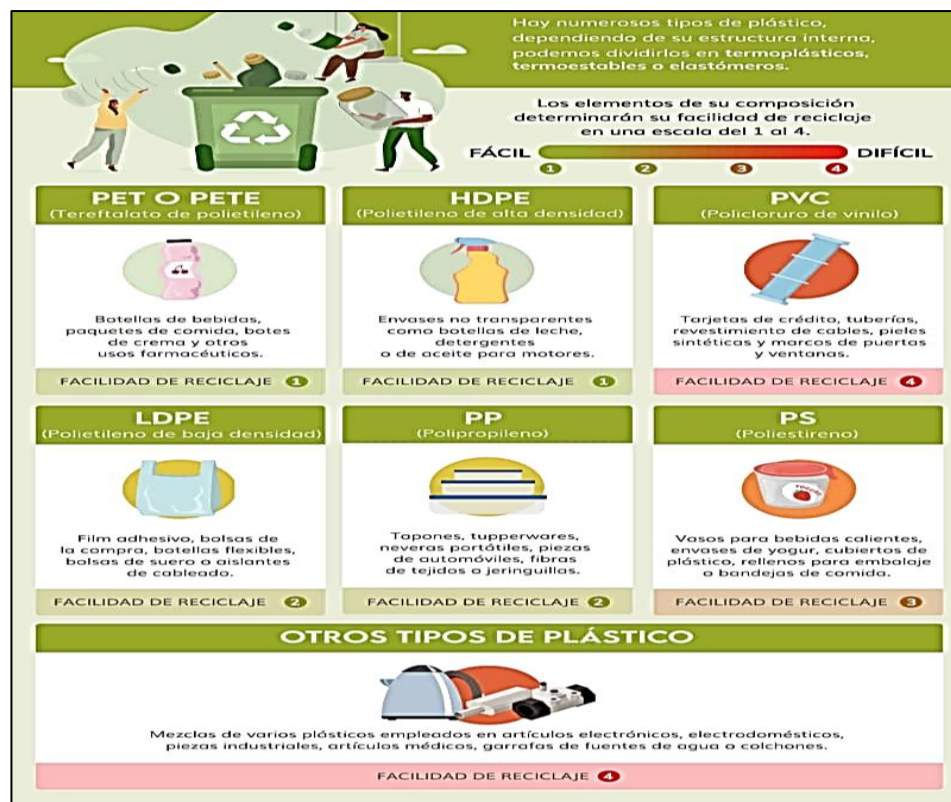
**e) PP (polipropileno):** Utilizado en tapones de botellas, pajillas, recipientes de alimentos, piezas automotrices, fibras textiles, alfombras, lonas, pañales y material médico como jeringas. Posee una reciclabilidad de nivel 2 y lo integran los fenoles, aldehídos, cetonas, ftalatos, ácidos y otras sustancias tóxicas que pueden generar efectos adversos, como trastornos neurológicos o esclerosis. Su presencia en el ambiente equivale al 19 % de los desechos plásticos.

**f) PS (poliestireno):** Material común en productos no reutilizables térmicos, tales como vasos de tecnopor, bandejas de alimentos, utensilios plásticos, envases de yogur, empaques y partes de electrodomésticos o juguetes. Posee una reciclabilidad limitada (nivel 3) y contiene compuestos peligrosos como estireno, antimonio, tolueno, etilbenceno, , bromo y benceno. Representa aproximadamente el 6 % de los residuos plásticos.

**g) Otros tipos de plásticos:** Esta categoría agrupa mezclas o resinas compuestas utilizadas en colchones, aparatos electrónicos, artículos médicos, electrodomésticos, piezas industriales y garrafones de agua. Su composición variable dificulta su reciclaje, alcanzando un nivel de reciclabilidad 4, considerado prácticamente nulo. Estos materiales pueden incluir antimonio, bromo y bisfenol A, y constituyen la mayor proporción de basura plástica en el planeta (24 %).

**Figura 3**

*Tipos de plásticos*



*Nota.* Adaptado de Tipos de plásticos: Clasificación y reciclaje. DKV Seguros, de Rodríguez, 2021.

## NIVELES DE TRATAMIENTO DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Arandes et al. (2004) explican que el tratamiento de plásticos reciclados puede clasificarse en primario, secundario, terciario y cuaternario, cada uno con características, finalidades y niveles de aprovechamiento distintos.

El reciclaje primario comprende operaciones mecánicas simples orientadas a obtener un producto con propiedades semejantes al material original. Este tipo de tratamiento se aplica principalmente a los remanentes o recortes generados durante la manufactura y transformación industrial, representando un porcentaje reducido del total de residuos plásticos.

Por su parte, el reciclaje de tratamiento secundario involucra la mezcla y reformulación del plástico, permitiendo la obtención de productos con formas y usos diferentes al original, aunque con propiedades mecánicas de menor calidad, en un proceso denominado reciclaje en cascada. Este es el método más usado actualmente, especialmente en sectores como la industria

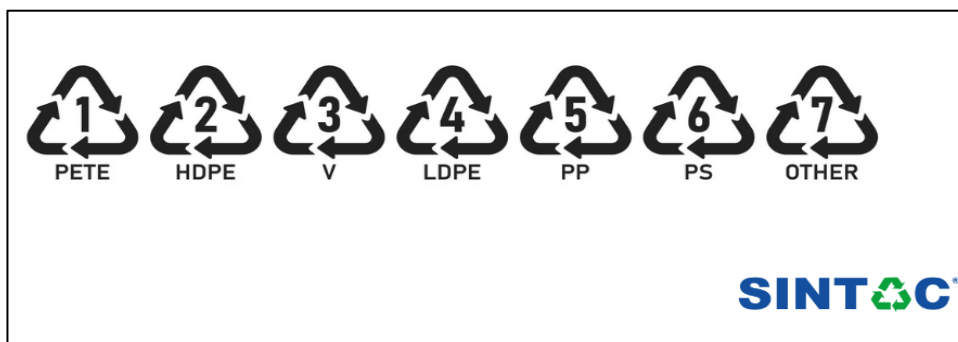
automotriz, aunque solo alrededor del 20 % de los plásticos pueden ser tratados eficazmente mediante esta técnica.

El reciclaje de tratamiento terciario, también llamado reciclaje químico, tiene como objetivo la recuperación de los componentes estructurales elementales del plástico, transformándolo en hidrocarburos, componente primario, para la generación de nuevos polímeros como en otros procesos de la industria petroquímica. Este procedimiento puede realizarse por vías químicas o térmicas, de acuerdo a la categoría del polímero involucrado.

Finalmente, el reciclaje cuaternario es la combustión controlada de los residuos plásticos con el propósito de recuperar energía. No obstante, este método es objeto de controversia social debido a los riesgos ambientales y sanitarios asociados a la emisión de gases y compuestos tóxicos durante su ejecución.

**Figura 4**

*Símbolos de reciclaje de plásticos*



*Nota. Adaptado de Los símbolos del reciclaje y sus significados, de SINTAC, 2023.*

## **PLÁSTICOS PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)**

El PET, conocido como tereftalato de polietileno, se origina de la combinación del etilenglicol con ácido tereftálico mediante un proceso de polimerización. Su incorporación masiva en la industria del envasado comenzó en la década de 1990, debido a las ventajas que ofrecía frente a otros materiales: gran versatilidad en formas y colores, ligereza, y resistencia mecánica, características que facilitaron su expansión en el sector del empaque y embalaje (Reyna, 2016).

El PET se elabora con petróleo crudo (64%), aire (13%) y gas natural (23%). Sus cualidades más notables incluyen su condición liviana, gran

resistencia a la compresión, claridad y luminosidad, también su habilidad para mantener el producto alimenticio con el mismo aroma y gusto, también funciona como sistema de contención contra los gases. Adicionalmente, es completamente reciclable y puede ser reutilizado en la producción de nuevos envases, lo que ha llevado a su uso en lugar de materiales convencionales como el vidrio o el metal. Sin embargo, la mayoría de las botellas de PET son de un solo uso, lo que provoca que se acumulen en vertederos o basureros, amplificando el problema ambiental relacionado con los desechos plásticos (Alesmar et al., 2008).

### **PROPIEDADES DEL PLÁSTICO PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)**

El PET, conocido como politereftalato de etileno, forma parte de la categoría de los poliésteres, dado que se genera a través de la reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol, que son sustancias químicas sintéticas. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento posterior a su conformado, este material puede presentarse en estado amorfo o parcialmente cristalino, lo que determina su nivel de transparencia y rigidez.

Desarrollado por primera vez en 1941, se convirtió en material fundamental para fabricar botellas plásticas, con un consumo global en constante crecimiento. Sin embargo, su incremento derivó en un grave impacto para el patrimonio ambiental, ya que estos envases elaborados con PET son, en su mayoría, no retornables y pueden requerir de 100 a 1000 años para descomponerse. En general, los plásticos industriales y domésticos son materiales de muy lenta descomposición, pudiendo permanecer más de cinco siglos en el ambiente antes de su completa degradación (Castells, 2009).

En términos generales, los plásticos son reconocidos por su notable resistencia en relación con su peso, así como por su habilidad para aislar térmica y eléctricamente, además de su durabilidad frente a sustancias químicas como ácidos, bases y disolventes. Sus cualidades técnicas son:

- Excelente rendimiento bajo cargas prolongadas.
- Alta durabilidad frente al desgaste y la fricción.
- Propiedades de deslizamiento satisfactorias.
- Sobresaliente resistencia a agentes químicos.

- Características térmicas estables y beneficiosas.

Estas cualidades hacen del PET un recurso que podría ser una opción factible como ingrediente sustituto en combinaciones de hormigón, ofreciendo fortaleza y longevidad sin afectar las características físicas del producto final. (Angumba, 2016).

**Tabla 1**

*Datos técnicos del Tereftalato de Polietileno*

| <b>DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO - TEREFTALATO (PET)</b> |                             |                    |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| <b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>                              |                             |                    |
| Peso específico                                           | 1,34                        | 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<br>por °C       |
| <b>PROPIEDADES QUÍMICAS</b>                               |                             |                    |
| Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente      | Buena                       |                    |
| Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente       | Buena                       |                    |
| Comportamiento a la combustión                            | Arde con mediana dificultad |                    |
| Propagación de llama                                      | Mantiene la llama           |                    |
| Comportamiento al quemado                                 | Gotea                       |                    |

*Nota.* Se muestran las propiedades mecánicas, térmicas y químicas que tiene el Polietileno Tereftalato. Echeverría (2017).

## **NORMATIVA**

En el año 2000 se estableció la Ley N. ° 27314, conocida como la Ley General de Residuos Sólidos, la cual determina responsabilidades, derechos

y deberes de todos los participantes para lograr la correcta gestión y control adecuado de los residuos sólidos, asegurando su tratamiento conforme a criterios de salud y medio ambiente. Esta legislación se basa en los criterios de reducción, manejo de efectos adversos para el patrimonio ambiental y preservación de la salud pública. Además, regula las actividades en temas de gestión integral de residuos, siendo de carácter obligatorio para individuos y entidades, tanto del sector privado como público, en todo el país. Más tarde, a través del Decreto Supremo N. ° 057-2004-PCM, emitido el 24 de julio de 2004, se aprobó su reglamento, que especificó las funciones institucionales de los ministerios, municipalidades y otras entidades en gestión y tratamiento de residuos sólidos (INEI, 2014).

En el año 2018, el Decreto Legislativo N. ° 1278 alteró la Ley N. ° 27314, que establece la Ley sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos. Esta ley está diseñada para mejorar el uso de los recursos, incluyendo procesos para la recuperación tanto material como energética, con el fin primordial de disminuir la producción de material residual a partir de su fuente generadora y asegurar su eliminación de manera ambientalmente responsable. Esta normativa tiene como objetivo fortalecer la sostenibilidad de la gestión de residuos y promover la economía circular centrada en la recuperación de recursos (Diario Oficial El Peruano, 2017).

A través del Decreto Legislativo N. ° 1501, difundido desde el 11 de mayo de 2020 mediante el Diario Oficial El Peruano, el Gobierno efectuó cambios al Decreto Legislativo N. ° 1278. Estas nuevas normas se establecieron para fortalecer la gestión global de residuos en tiempos de crisis de salud, especialmente en relación con la pandemia de COVID-19, garantizando así la continuidad, efectividad y seguridad del servicio de manejo de residuos en todo el país. (BIOPROJECT CONSULTORES, 2020).

## **PRODUCCIÓN DE CONCRETO ECOLÓGICO**

### **PRODUCCIÓN DE CONCRETO**

Harmsen, T. (2017) señala que el concreto es una mezcla homogénea cuyos componentes esenciales son el agua, el cemento y los agregados, los cuales se integran hasta conformar una masa uniforme capaz de aglutinar los

componentes y rellenar los vacíos entre ellos. En su estado plástico, el concreto se vierte en moldes o encofrados, donde fragua y endurece hasta alcanzar la resistencia mecánica requerida para su uso estructural.

La resistencia a la compresión, vinculada con numerosos elementos que pueden modificar significativamente los resultados. Entre los aspectos más cruciales se incluyen:

- La proporción de cemento con el agua, donde la resistencia disminuye al aumentar este cociente.
- La calidad, tipo y dosis de los insumos empleados.
- Las metodologías de mezcla y curado implementadas.
- El tiempo de envejecimiento del concreto, ya que su resistencia mejora con el paso del tiempo.
- Las condiciones de carga que experimenta el material durante su vida útil.
- La geometría de las probetas utilizadas en los ensayos, ya que una mayor esbeltez tiende a reducir los valores de resistencia obtenidos.

## **COMPONENTES DEL CONCRETO**

El cemento Portland es un tipo de cemento hidráulico, se compone principalmente por silicatos cálcicos, obtenidos después de pulverizar clinker frío con una pequeña cantidad de yeso (sulfato de calcio), generalmente del 4 al 6 por ciento.

El clinker se origina a partir de una reacción de combustión de una fusión cruda entre materiales calcáreos, silíceos, ferrosos y arcillosos en un horno a aproximadamente 1500 °C, proceso en el cual ocurren transformaciones químicas que dan origen a pequeñas esferas grises. Una vez hidratado, el cemento desarrolla las propiedades que confieren resistencia y durabilidad al concreto.

Sus compuestos primarios son:

- Silicato tricálcico (C3S): Encargado de la solidificación inicial y del aumento de la resistencia en su primera fase.
- Silicato dicálcico (C2S): Favorece al desempeño mecánico prolongado.

- Aluminato tricálcico (C3A): Genera calor de hidratación y participa en la resistencia inicial; su contenido reducido mejora la durabilidad frente a sulfatos.
- Ferroaluminato tetracálcico (C4AF): Ayuda a controlar la temperatura del clinker y determina el color gris característico del cemento.
- Sulfatos de calcio: Se incorporan para regular la hidratación y reducir la retracción por secado.

En la siguiente imagen se muestra los tipos de cemento Portland según la norma ASTM C150/C150M-16E1-07.

**Tabla 2**

*Tipos de cemento Portland*

| <b>Tipo de cemento</b> | <b>Descripción de uso y requerimientos de propiedades especiales</b>                                                                                                                                                                 |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I</b>               | Uso general que no requiere de propiedades especiales.                                                                                                                                                                               |
| <b>IA</b>              | Uso general, similar al tipo I y que requiere aire incorporado.                                                                                                                                                                      |
| <b>II</b>              | Uso general que requiere moderada resistencia a los sulfatos.                                                                                                                                                                        |
| <b>IIA</b>             | Uso general que requiere aire incorporado y moderada resistencia a los sulfatos.                                                                                                                                                     |
| <b>II (MH)</b>         | Uso que requiere moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.                                                                                                                                                |
| <b>II (MH) A</b>       | Uso que requiere aire incorporado, moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.                                                                                                                              |
| <b>III</b>             | Uso que requiere desarrollar alta resistencia inicial (ARI). Ejemplo de aplicación: concreto prefabricado, concreto de alto desempeño, concreto pretensado o postensado, pavimentos de rápida habilitación al tránsito (fast track). |
| <b>IIIA</b>            | Uso que requiere aire incorporado y desarrollo de alta resistencia inicial. Por ejemplo: vaciado de concreto en clima frío.                                                                                                          |
| <b>IV</b>              | Uso que requiere bajo calor de hidratación y desarrollo de la resistencia en una tasa más lenta. Ejemplo de aplicación: estructuras de concreto masivo, como las presas por gravedad y los estribos para puentes.                    |
| <b>V</b>               | Uso que requiere alta resistencia a los sulfatos.                                                                                                                                                                                    |

*Nota.* En la tabla se muestra diez tipos de cemento Portland, y cada uno de éstos cuenta con requerimientos o propiedades especiales para su uso. (Harmsen, 2017).

## **LOS AGREGADOS**

Los componentes adicionales se incorporan con un 60 hasta 75 por ciento al volumen global del concreto (o entre el 70 y el 85 por ciento en peso), motivo por el cual tienen un efecto relevante en sus cualidades mecánicas, longevidad y facilidad de manejo. Estos insumos, que son de tipo granular, deben contar con la resistencia mecánica correcta, estabilidad en sus dimensiones y durabilidad frente a elementos del clima, además de estar exentos de agentes contaminantes o compuestos activos que podrían modificar la calidad del concreto. Generalmente, se recomienda que provengan de rocas ígneas como el granito, la sienita o la diorita, debido a su resistencia y estabilidad mineralógica.

De acuerdo al origen y tratamiento, se dividen en naturales y artificiales o elaborados. Los agregados naturales, como la grava y la arena, resultan de la alteración física y química de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, provocadas por influencia de las corrientes eólicas y del agua. En cambio, los agregados procesados se obtienen mediante trituración, zarandeo y lavado de materiales pétreos extraídos de canteras, ríos o depósitos aluviales.

Los agregados empleados tienen que cumplir con las regulaciones de las dimensiones de partículas, puesto que la forma en que están distribuidos incide de manera directa en la unión, la densidad y la facilidad de trabajo de la mezcla. La granulometría se determina mediante tamices estandarizados de malla metálica, cuyas aberturas cuadradas permiten establecer el porcentaje de retención o paso de material según los criterios definidos por normas técnicas.

### **AGREGADO FINO**

El material de grano fino puede incluir arena natural, grava machacada o ambos, siempre que sea resistente, limpio, duradero y libre de impurezas (restos orgánicos, barro, pizarra, limo, álcalis, entre otros). Se clasifica como fino por la dimensión de sus partículas: la mayoría atraviesa el tamiz N.º 4 (4.75 milímetros) y queda retenida en el tamiz N.º 200 (75 micrómetros). Este componente influye significativamente en la integración de la mezcla, su aspecto final y la necesidad de agua del concreto.

## **AGREGADO GRUESO O PIEDRA**

El agregado grueso, comúnmente denominado piedra, se conforma por fragmentos de rocas dioríticas, sieníticas o graníticas, o bien por grava natural y cantos rodados obtenidos de ríos o yacimientos naturales. En algunos casos, se utiliza una mezcla entre la grava natural y grava chancada.

Los tamaños nominales más comunes oscilan entre 19 mm y 4.75 mm (3/4" a N.º 4) o entre 37.5 mm y 19 mm (1½" a ¾"). La fracción que se filtra a través del tamiz de 0.075 mm (N.º 200), no puede exceder el 1.5 % del peso total del agregado, ya que su exceso puede afectar la unión entre la pasta y el agregado, disminuyendo la resistencia mecánica del producto final.

## **EL AGUA EN EL CONCRETO**

Este componente desempeña un papel dual en la elaboración de concreto: en primer lugar, activa el cemento, facilitando los procesos químicos que permiten el fraguado y la solidificación; en segundo lugar, aporta la fluidez requerida para la mezcla y la aplicación. Se denomina agua de mezcla a toda la que se emplea durante la preparación, lavado de agregados, limpieza de equipos y curado del concreto.

De acuerdo con la norma ASTM C1602/C1602M-12, el agua de mezcla debe ser potable o apta para consumo humano, condición bajo la cual no requiere ensayos adicionales. No obstante, el agua procedente de procesos de producción de concreto puede reutilizarse si se garantiza que no contiene impurezas o concentraciones elevadas de sales, álcalis o materia orgánica. Esta categoría incluye el agua de la limpieza de camiones mezcladores, el flujo superficial de lluvia recolectada en plantas concreteras y el agua proveniente del lavado de mezclas sobrantes o rechazadas.

## **ADITIVOS**

Los aditivos químicos se añaden al concreto, además del agua, cemento y agregados, para modificar o mejorar determinadas propiedades del material fresco o endurecido. El desarrollo tecnológico en este campo ha permitido obtener formulaciones más eficientes y sostenibles, que ya no se emplean como soluciones correctivas, sino como herramientas de optimización del desempeño del concreto.

Los aditivos pueden mejorar la trabajabilidad, resistencia, durabilidad, impermeabilidad o tiempo de fraguado, entre otras propiedades. No obstante, su uso no sustituye las buenas prácticas de diseño y producción, sino que las complementa dentro de un enfoque integral de construcción sostenible

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Rivva (2000) señala que la aplicación del concreto requiere un conjunto particular de propiedades, cuya comprensión y análisis resulta esencial para el diseño estructural y la durabilidad de las obras. El ingeniero debe evaluar la interrelación entre las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto, considerando que este material puede sufrir alteraciones a lo largo del tiempo debido a factores de carga, humedad o agresividad ambiental.

El comportamiento del concreto depende en gran medida de la pureza y la mezcla de sus ingredientes, destacando que la unión entre agua y cemento es un elemento fundamental para lograr homogeneidad, fortaleza y durabilidad en el material final.

## **CONCRETO FRESCO**

Rivva (2000), destaca sus propiedades más sustanciales en su fase fresca:

### **a) Trabajabilidad**

La excelencia del producto final de un concreto se basa en la clase de cemento, el volumen de agua y la correcta relación entre los materiales finos y gruesos. Un concreto se considera fácil de manejar cuando conserva una capa constante de mortero que cubre el agregado grueso mientras se trabaja. La facilidad para trabajar se mide utilizando la prueba de hundimiento con el cono de Abrams (Prueba de Slump); sin embargo, este procedimiento indica más la consistencia de la mezcla que su real facilidad para ser colocada.

### **b) Segregación**

Las diferencias en el espesor del concreto entre sus distintos componentes causan que las partículas más densas tiendan a sedimentarse. No obstante, con las condiciones normales, la densidad de la pasta con agregados finos disminuye un 20 % a comparación del agregado grueso, lo

que, junto a la correcta viscosidad del mortero, facilita la suspensión e integración de las partículas gruesas en la matriz de cemento.

Sin embargo, cuando la viscosidad del adhesivo baja, ya sea debido a una escasa concentración en la mezcla, desuniformidad en la gradación de las partículas o una granulometría incorrecta, los agregados más grandes suelen separarse del mortero, dando lugar al fenómeno denominado segregación.

En mezclas, cuando el peso total del agregado contiene más del 55 % de contenido de agregado grueso, es normal malinterpretar la segregación con el aspecto natural de concretos densos. Para distinguir ambas situaciones, se recomienda comparar la cantidad relativa de grava en dos muestras de concreto fresco obtenidas en puntos distintos, mediante lavado y análisis de retención. Una diferencia superior al 6 % confirmaría la presencia de segregación.

#### **c) Exudación**

La exudación es directamente condicionada por la proporción de partículas finas que los agregados presentan y el refinamiento del cemento. Cuanto sea menor el tamaño de partículas del cemento y el porcentaje de material que atraviesa la malla Nº 100, menor será la exudación, ya que el sistema retiene más eficazmente el agua dentro de la mezcla.

Este fenómeno es inevitable en el concreto fresco, pues forma parte de su naturaleza estructural. Por ello, el objetivo no es eliminarlo, sino evaluarlo y controlarlo para minimizar los efectos adversos, como la formación de capas superficiales débiles, fisuras plásticas o pérdida de cohesión interna.

#### **d) Contracción**

La contracción es la propiedad más crítica del concreto debido a su estrecha relación con la aparición de fisuras. La pasta cementicia, al endurecer, experimenta una reducción de volumen como resultado de la conformación química del agua en su proceso de hidratación. Esta disminución irreversible del volumen se conoce como contracción intrínseca, y es inherente a la naturaleza del material cementante.

#### **e) Concreto endurecido**

Cuando el concreto se endurece, obtiene las siguientes propiedades (Rivva, 2000):

#### **f) Elasticidad**

Aunque el concreto no puede ser clasificado como un material completamente elástico, ya que se relaciona la carga con la deformación bajo compresión no muestra un comportamiento lineal en ninguna parte, es habitual utilizar de forma convencional un módulo de elasticidad estático. Este módulo se establece a partir de una línea que toca la curva en el punto de inicio de la curva que relaciona carga y deformación, o a través de una línea corta el gráfico desde el origen hasta un punto específico, que por lo general corresponde a una proporción de tensión máxima.

La elasticidad del concreto oscila en un intervalo de 250,000 hasta 350,000 kg/cm<sup>2</sup>, y tienen una conexión estrecha con la resistencia a la compresión y es inversamente proporcional al cemento y agua. En líneas generales, los compuestos con mayor contenido de cemento muestran mayor elasticidad y flexibilidad estructural, mientras los que se componen con menos cemento presentan una rigidez reducida.

#### **g) Resistencia**

Esta propiedad está directamente influenciada por el porcentaje de pasta de cemento, la cual se indica usualmente a través de la relación de agua a cemento en términos de peso. Este aspecto también es afectado por diversos factores, incluyendo la temperatura durante el curado, el tiempo que dura el endurecimiento, las características físicas y químicas del cemento que se utiliza y la excelencia de los agregados que forman la mezcla.

Estos factores se combinan de manera compleja y son clave para definir la resistencia mecánica del producto final, afectando su resistencia inicial y rendimiento estructural con el tiempo.

## **h) Extensibilidad**

La extensibilidad del concreto está condicionada por su elasticidad y por el flujo plástico, entendido como la flexión progresiva que el material experimenta bajo una condición de esfuerzo constante.

El flujo plástico se caracteriza por ser en parte reversible y tiene una conexión indirecta con la contracción del concreto, aunque se refiera a procesos que son conceptualmente diferentes. Por lo general, la microfisuración se empieza a notar cuando el concreto llega a cerca del 60 % de su resistencia máxima, lo que equivale a una deformación unitaria alrededor de 0.0012. En situaciones habituales, las grietas visibles aparecen cuando la deformación unitaria alcanza cifras cercanas a 0.003.

## **REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR UN CONCRETO**

Ortega (2014) indica que los principales requisitos del concreto endurecido se centran en tres aspectos fundamentales: resistencia, durabilidad y economía. El concreto debe alcanzar la resistencia estructural prevista en el diseño, presentando uniformidad, impermeabilidad y capacidad para soportar las circunstancias del entorno, la utilización y la acción de agentes agresivos. Asimismo, debe minimizar la formación de fisuras ocasionadas por procesos de enfriamiento o retracción por secado, y ofrecer una alternativa más económica frente a otros materiales con prestaciones mecánicas y de durabilidad equivalentes.

En determinadas aplicaciones, el concreto puede requerir propiedades especiales. Por ejemplo, una alta resistencia al fuego o a la acción de agentes químicos, una densidad reducida para estructuras livianas, o una textura superficial específica, ya sea extremadamente lisa o intencionadamente porosa, con fines arquitectónicos o estéticos. En todos los casos, el diseñador necesita tener entendimiento amplio de las características intrínsecas del concreto a fin de especificar adecuadamente los parámetros de diseño y ejecución. De este modo, el inspector de obra podrá garantizar el cumplimiento efectivo de las condiciones proyectadas durante el proceso constructivo.

## **FORMACIÓN DEL CONCRETO**

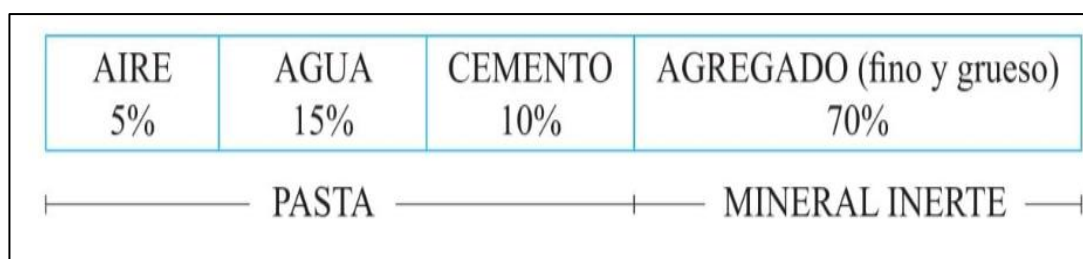
En la fase húmeda y maleable del concreto, todos los elementos sólidos, incluyendo el cemento, están momentáneamente flotando en el agua de la mezcla. Cada partícula se halla separada por delgadas películas de agua, cuya acción lubricante, junto con las fuerzas de interacción entre partículas, confiere al material su característico comportamiento plástico y trabajable.

Conceptualmente, el concreto puede considerarse una combinación de una pasta cementicia (agua-cemento) con un agregado mineral compuesto por arena y piedra. Dentro de esta matriz, los agregados se encuentran recubiertos por capas finas de pasta, que aseguran su adecuada cohesión y distribución.

La cantidad total de la mezcla se obtiene al sumar los volúmenes de masa, materiales sólidos y espacios de aire que están en la mezcla. En una mezcla típica, estos elementos conservan una relación específica que condiciona el rendimiento mecánico, la resistencia y la densidad final del concreto una vez endurecido.

**Figura 5**

*Volumen de una mezcla normal de concreto*



*Nota.* Adaptado de Diseño de Estructuras de Concreto Armado—Tomo I - (1a ed., Vol. 1). Empresa Editorial MACRO EIRL., de Ortega, 2014.

## PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DEL CONCRETO

Según (STUDOCU, 2019), la creación del concreto comprende varias fases secuenciales que aseguran la uniformidad y la calidad del producto terminado:

- Selección y gestión de los materiales: La etapa inicial implica la adecuada elección y supervisión de los materiales, garantizando su excelencia para la producción del concreto estructural.

- b) Carguío de los materiales a la mezcladora: En las plantas dosificadoras o centrales de mezcla, se inicia el proceso introduciendo aproximadamente el 20 % del agua en la mezcladora o mixer. Posteriormente, se incorporan de manera continua el agregado fino (arena), el agregado grueso (piedra) y el cemento, acompañados del 60 % restante del agua. Finalmente, se ajusta la consistencia o fluidez de la mezcla mediante la adición del 20 % final del agua, garantizando una mezcla uniforme y trabajable.
- c) Mezclado del concreto: El concreto debe someterse a un mezclado suficiente y continuo hasta lograr la homogeneidad de sus componentes. La mezcladora tiene que vaciarse para recibir la nueva carga, evitando residuos que alteren la composición. Tras el mezclado, es indispensable realizar la prueba de asentamiento (slump test) y comprobar la consistencia y fluidez, así como la evaluación de resistencia a compresión en probetas a los 28 días de curado, asegurando que cumpla con las especificaciones del diseño estructural.
- d) Verificar la duración de la mezcla: La mezcla debe llevarse a cabo durante al menos 90 segundos (un minuto y medio), comenzando a contar cuando todos los componentes están en el tambor. No obstante, este tiempo se puede reducir si las pruebas de homogeneidad de la mezcla muestran resultados positivos en intervalos más breves.
- e) Descarga de mezclado: Una vez que el concreto alcanza la consistencia y homogeneidad requeridas, debe descargarse cuidadosamente sobre los equipos de transporte para prevenir el desperdicio de materiales finos, preservando así la calidad de la mezcla antes de su colocación.

## **NORMATIVA APLICABLE**

La Norma E.060 Concreto Armado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019): Define los criterios básicos para la evaluación y elaboración de estructuras, la selección de materiales, métodos de construcción, garantía de calidad y supervisión de obras en hormigón reforzado, pretensado y convencional. También, incorpora las pautas para valorar la resistencia de edificaciones actuales, priorizando sobre otras normas adicionales en caso de conflicto (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

La Norma Técnica Peruana NTP 400.012:2021 desarrollada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto Armado y Pretensado, esta norma se basa en la ASTM C136/C136M:2019, la cual establece el método de ensayo a través del proceso de tamizado para precisar la dispersión de las medidas de los agregados, asegurando la consistencia y excelencia de los insumos utilizados en concreto y asfalto.

Norma ASTM C 136/C136M:2019 - Método de prueba estándar para análisis por tamizado de agregados finos y gruesos es el procedimiento habitual donde se evalúa la dispersión de las dimensiones de las partículas mediante el análisis con tamices de los agregados, esencial para garantizar la calidad y la adecuación de los insumos empleados en trabajos de edificaciones como el asfalto y el concreto.

Norma ASTM C 127:2019 - Práctica Normalizada para Prueba de Ensayo de Densidad, densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso: Detalla los métodos para establecer la densidad aparente, la densidad relativa y el índice de permeabilidad de los agregados gruesos, factores fundamentales para regular la mezcla del concreto.

Norma ASTM C 29 - Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente (peso unitario) e Índice de Huecos en los Áridos: Método para determinar el peso por unidad y la cantidad de espacios vacíos en agregados (finos, gruesos o combinados), ya sea en su forma suelta o densificada, usándose en partículas menores a 125 mm (5 pulgadas) de tamaño nominal.

La Norma ASTM D 2216 - Método de prueba estándar para la determinación de Laboratorio del Contenido de agua (humedad) de Suelo y rocas por MASS: Estos enfoques de evaluación abarcan el análisis del nivel de humedad en suelo, roca y materiales comparables en laboratorio, donde la disminución de peso por secado es resultado de la evaporación del agua, salvo lo mencionado en 1. 4, 1. 5 y 1. 8. En resumen, el término material hará referencia a suelo, roca o agregado, según corresponda. Disciplinas específicas, como la ciencia del suelo, requieren calcular la humedad en

función del volumen. Dichos cálculos son ajenos a este procedimiento de evaluación.

Norma ASTM D 4643 - Método de prueba estándar para la determinación del contenido de agua del suelo y la roca mediante calentamiento en horno microondas: Este documento describe un procedimiento rápido para cuantificar la humedad de los suelos o rocas utilizando un horno de microondas, secando la muestra en intervalos hasta alcanzar una masa constante, optimizando los tiempos de ensayo.

Norma Técnica Peruana NTP 400.037: Este documento contiene los requisitos técnicos para agregados utilizados en concreto, definiendo los requisitos de calidad, gradación, limpieza, durabilidad y ausencia de sustancias deletéreas, así como los métodos de muestreo y ensayo que aseguran el cumplimiento de los estándares nacionales.

Norma ASTM C 33/C33M-08 - Especificación Normalizada para Agregados para Concreto: Este documento regula los criterios de granulometría y calidad de los agregados finos y gruesos destinados a la producción de concreto estructural, estableciendo la terminología, alcance y referencias normativas aplicables.

Norma ASTM C39/C39M-18 - Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de hormigón: Es el método estándar para medir la capacidad de compresión de muestras cilíndricas de hormigón, aplicando una carga axial hasta que ocurran fallas, convirtiéndose en el enfoque más empleado para comprobar la calidad y el rendimiento mecánico del concreto curado.

## **CONCRETO ECOLÓGICO**

El aumento en la necesidad de recursos naturales, estimulado por la rápida expansión urbana, junto con las dificultades en la gestión de residuos en las naciones desarrolladas, ha facilitado utilizar esos residuos como alternativos en el campo de las edificaciones (Muñoz et al., 2021).

De Vargas (2021) señala que el concreto ecológico también denominado green concrete— constituye un material ambientalmente sostenible, elaborado mediante la incorporación de subproductos y residuos industriales

tales como cáscaras de arroz, cenizas volantes, microsílíce o plásticos reciclados. Su principal ventaja radica en el descenso significativo de las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), ya que su formulación requiere una menor proporción de cemento respecto al concreto convencional.

Desde una perspectiva cuantitativa, se determina que por tonelada de cemento producida se liberan 0.9 toneladas de CO<sub>2</sub> y el metro cúbico de concreto contiene poco más del 10 % de cemento.

El reemplazo parcial del cemento con materiales reciclados promueve prácticas ambientalmente sostenibles, y a la vez reduce los gastos de producción, al mismo tiempo que aumenta la firmeza mecánica y la longevidad del material comparado con un concreto tradicional como se indica en la siguiente tabla (De Vargas, 2021).

**Tabla 3**

*Porcentaje óptimo de reemplazo con Residuos Sólidos*

| <b>Material reemplazado</b> | <b>Material reciclado</b>          | <b>Porcentaje óptimo a reemplazar</b> |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Agregado fino</b>        | Desecho de tallos de sorgo         | 5                                     |
|                             | Polvo de mármol                    | 2                                     |
|                             | Caucho                             | 20                                    |
|                             | Cáscara de arroz                   | 4                                     |
|                             | Cáscara de maní                    | 3                                     |
| <b>Cemento</b>              | Desechos de aceituna               | 5                                     |
|                             | Residuos de piedra                 | 4                                     |
|                             | Ceniza de bagazo de caña de azúcar | 19                                    |
|                             | Polvo de acero                     | 20                                    |
| <b>Arcilla</b>              | Ceniza de estiércol de vaca        | 5                                     |
|                             | Ceniza de cáscara de arroz         | 10                                    |
|                             | Paja                               | 3                                     |
|                             | Aserrín                            | 3                                     |
|                             | Café molido                        | 17                                    |
|                             | Papel                              | 17                                    |
|                             |                                    |                                       |

*Nota.* Se muestra el porcentaje óptimo de reemplazo de algunos materiales reciclados que van a sustituir parcialmente a los componentes empleados en la fabricación de ladrillos. Muñoz et al. (2021)

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **APROVECHAMIENTO**

Se refiere a un proceso de carácter industrial o artesanal orientado a la recuperación o transformación de un recurso. En el ámbito de los desechos sólidos, se refiere a la reintegración efectiva de materiales recuperados al sistema económico y productivo mediante una gestión completa. Este procedimiento puede abarcar acciones como la reutilización, el reciclaje, la valorización energética a través de la quema, el compostaje o cualquier otra metodología que brinde ventajas ambientales, de salud o económicas (Fraume, 2007).

### **CONTRACCIÓN**

La contracción corresponde a la reducción de volumen o a la deformación que experimenta el concreto durante su fraguado o endurecimiento (Londoño, 2022).

### **ELASTICIDAD**

Es la habilidad del concreto de experimentar cambios de forma debido a la acción de una carga externa y regresar a su configuración inicial después de que se retire esa carga, sin que ocurran alteraciones permanentes. (Rivva, 2000).

### **EXTENSIBILIDAD**

Propiedad que permite al concreto deformarse sin fracturarse, definida por la máxima deformación unitaria que puede soportar antes de la aparición de fisuras visibles (Rivva, 2000).

### **EXUDACIÓN**

Fenómeno físico mediante el cual una porción del agua contenida en la mezcla se desprende y asciende a la capa superior del concreto fresco. Este proceso, análogo a una sedimentación interna, se orienta principalmente por las leyes del flujo capilar y depende de la viscosidad y diferencias de densidad entre los componentes del materia (Rivva, 2000).

## **RECICLAR**

Consiste en seleccionar y clasificar los residuos generados para su procesamiento en plantas especializadas, con el fin de obtener nuevos productos útiles. Este proceso ayuda a la preservación de los recursos naturales, la reducción del uso de energía y la disminución del volumen de desechos (ECOTICIAS, 2022).

## **RECICLAJE**

Proceso mediante el cual materiales que serían considerados desechos se transforman nuevamente en materias primas. El aprovechamiento de elementos (papel, vidrio, minerales) contribuye a mitigar los impactos ambientales derivados de la explotación de recursos vírgenes, como la degradación del suelo y el alto consumo energético. Sin embargo, esta práctica enfrenta dificultades en una sociedad de consumo que promueve la renovación constante de bienes, y en algunos casos, la producción a partir de materias primas nuevas puede resultar más económica y menos contaminante que el uso de materiales reciclados (Fraume, 2007).

## **RESIDUO**

Todo objeto o material, en cualquier estado (líquido, gaseoso o sólido), que surge de actividades de uso, cambio o eliminación de materia o energía, y que ha dejado de tener su valor o función original. Los desechos pueden clasificarse como orgánicos o inorgánicos, peligrosos o no peligrosos, y algunos pueden ser reciclados o tratados antes de ser desechados de forma definitiva (Fraume, 2007).

## **RESIDUO INORGÁNICO**

Se refiere a los elementos o materiales de origen no biológico, producidos a partir de diferentes acciones realizadas por los seres humanos, los cuales son descartados porque ya no tienen valor (Fraume, 2007).

## **RESIDUO SÓLIDO**

Son los materiales desechados durante los procesos de extracción, transformación, producción, consumo o reparación, que ya no pueden ser reutilizados en su ciclo original. Estos residuos pueden ser tratados o

reciclados para reincorporarse al sistema productivo, aunque inicialmente carecen de valor económico en su contexto de origen (Fraume, 2007).

## **RESISTENCIA**

Cualidad del concreto para aguantar pesos o tensiones sin experimentar daños en su estructura. Su rendimiento más notable se manifiesta bajo cargas de compresión, gracias a las características de unión y adherencia de la mezcla de cemento (Rivva, 2000).

## **SEGREGACIÓN**

Implica la división, ya sea a mano o mediante máquinas, de los desechos en el lugar donde se producen, de acuerdo con las pautas fijadas por la normativa actual, con el fin de mejorar su gestión y uso futuro (Fraume, 2007).

## **TRABAJABILIDAD**

Cualidad del concreto que refleja la practicidad para combinar, mover, posicionar y comprimir. Este indicador es relativo, puesto que varía según las condiciones manuales o mecánicas en las que se trabaja el material. Un concreto puede ser considerado trabajable en determinadas circunstancias, pero no necesariamente bajo otras diferentes (Rivva, 2000).

## **2.4 HIPÓTESIS**

**H1:** El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) optimiza el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

**HO:** El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) no optimiza el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN**

Aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos.

### **2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA**

Comportamiento mecánico.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables*

| Variable de calibración                                    | Indicador                                                                                                                         | Valor Final                                                                          | Tipo de variable   |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tereftalato de polietileno molido</li> <li>Tereftalato de polietileno triturado</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>0.3 – 0.5 cm</li> <li>1.0 – 3.0 cm</li> </ul> | Nominal dicotómica |
| Variable evaluativa                                        | Indicador                                                                                                                         | Unidad de medición                                                                   | Tipo de variable   |
| Comportamiento mecánico                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la compresión</li> </ul>                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>                  | Númerica continua  |

*Nota.* Cuadro operativo que relaciona la forma en la que interactúan las variables.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según la intervención del investigador, la investigación fue de tipo con intervención, ya que perteneció a un nivel de estudio experimental, dado que se utilizaron datos de mediciones reguladas por el mismo investigador. Según el control de las mediciones de la variable de estudio, la investigación fue de tipo prospectivo porque el investigador fue capaz de ejecutar sus propias mediciones, que controló de inicio a fin las variables y mediciones del estudio. Según el número de las mediciones de la variable de estudio, fue de tipo longitudinal, puesto que se hicieron más de una medición para tener mayor eficiencia en los resultados. Según el número de variables analíticas, la investigación fue de tipo analítico porque contó con dos variables analíticas (Supo & Zacarías, 2020).

##### **3.1.1. ENFOQUE**

El enfoque es de tipo cuantitativo, ya que se planteó un problema definido y específico del que se recolectó datos numéricos del fenómeno; se estudió y analizó mediante procesos estadísticos para identificar tendencias de comportamiento y validar teorías o comportamientos mediante la medición numérica y el análisis estadístico (Hernández, 2014).

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

La investigación es de nivel aplicativo, ya que incluye una variable de evaluación y también se considera un nivel de intervención. Se analizaron los procedimientos, los resultados y el impacto que tendrá sobre el grupo de estudio con el objetivo de fortalecer positivamente la situación de dicha población. Esta intervención está cuidadosamente diseñada y reposa en un análisis detallado de los resultados anticipados para medir su efectividad (Supo & Zacarías, 2020).

### 3.1.3. DISEÑO

La investigación manejó un diseño de experimento verdadero teniendo como característica a la manipulación y el control. El diseño es un experimento verdadero debido a que existieron cuatro grupos experimentales, donde hubo manipulación a propósito de la investigación y el control se realizó tanto a nivel metodológico como estadístico (Supo & Zacarías, 2020).

En la presente investigación se realizaron observaciones midiendo las respuestas de la variable dependientes (concreto ecológico), obteniendo resultados que fueron estudiados a nivel metodológico y estadístico y así nos permitió compara la eficacia de cada uno de ellos.

$GE_1: O_1 \text{ ----- } X_1 \text{ ----- } O_2$

$GE_2: O_1 \text{ ----- } X_2 \text{ ----- } O_2$

$GE_3: O_1 \text{ ----- } X_3 \text{ ----- } O_2$

$GE_4: O_1 \text{ ----- } X_4 \text{ ----- } O_2$

Leyenda:

$GE_1$ : Grupo de estudio que considera al Tereftalato de polietileno molido al 10%.

$GE_2$ : Grupo de estudio que considera al Tereftalato de polietileno molido al 20%.

$GE_3$ : Grupo de estudio que considera al Tereftalato de polietileno triturado al 10%.

$GE_4$ : Grupo de estudio que considera al Tereftalato de polietileno triturado al 20%.

$O_1$ : Observación inicial o pre test de las probetas.

$O_2$ : Observación final o post test de las probetas.

$X_1$ : Intervención mediante el Tereftalato de polietileno molido al 10 %.

$X_2$ : Intervención mediante el Tereftalato de polietileno molido al 20%.

$X_3$ : Intervención mediante el Tereftalato de polietileno triturado al 10%.

$X_4$ : Intervención mediante el Tereftalato de polietileno triturado al 20%.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio fue el concreto ecológico, ya que se añadió cierta parte de Tereftalato de polietileno (molido y triturado) a los componentes tradicionales del concreto.

Esta investigación contó con la muestra de 3 testigos para los tres períodos de tiempo necesarios (7, 14 y 28 días) y dos tipos de Tereftalato de polietileno (molido y triturado), integrados al 10% y 20% respectivamente al concreto, con dos repeticiones de cada proceso para los tres períodos de tiempo necesarios (7, 14 y 28 días); siendo un total de 27 probetas.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Tabla 5**

*Técnica e instrumentos de recolección de datos*

| Variable                                       | Indicadores                 | Técnicas    | Instrumentos o recursos |
|------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Comportamiento mecánico del concreto ecológico | Resistencia a la compresión | Observación | Prensa de compresión    |

*Nota.* Se muestra los instrumentos la medición de la variable propuesta.

Se recolectó Tereftalato de polietileno de la segregación de mi hogar durante un mes, obteniendo un total de 10 kg. El plástico obtenido se lavó para retirar los todos los elementos nocivos que pueden dañar el concreto. Luego, se trasladó hacia la empresa trituradora de residuos sólidos en la ciudad de Huánuco y se recogió el plástico triturado diez días después.

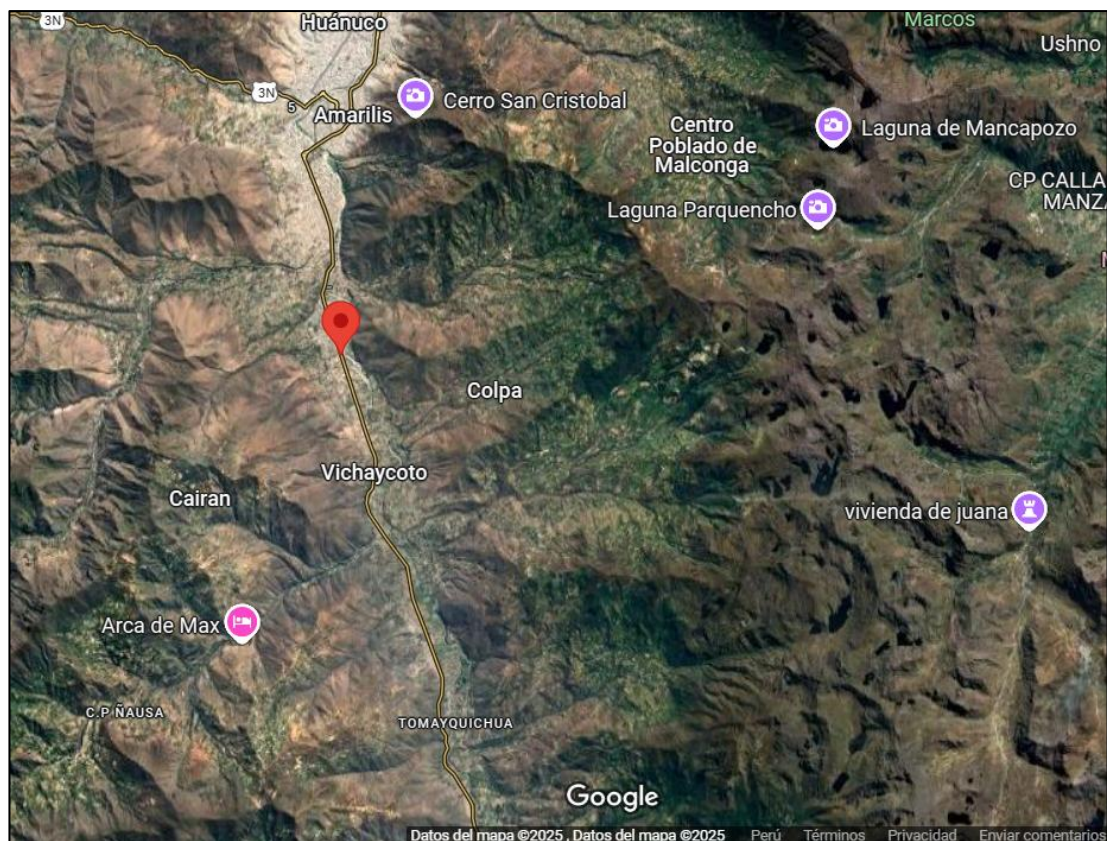
### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Seguidamente, se describen los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana para los materiales para la fabricación de concreto.

Los materiales empleados se adquirieron en la cantera “Figuroa”, situada en Andabamba, Pillco Marca, en la Provincia de Huánuco, Región de Huánuco, Perú.

**Figura 6**

*Ubicación de la cantera*



*Nota.* Se muestra la ubicación de la cantera Figueroa.

## **AGREGADO GRUESO**

### **GRANULOMETRÍA (NTP 400.012:2013) (ANEXO 02)**

La muestra fue sometida a un proceso de secado a una temperatura controlada de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Seguidamente, se empleó un conjunto de tamices con aberturas de tamaños específicos, 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", #4 y #8, con el fin de obtener la distribución granulométrica requerida. Estos tamices fueron dispuestos de manera descendente de mayor a menor tamaño, colocándose la muestra inicial en el tamiz superior (3"). Durante el proceso de tamizado, se aseguró la existencia de un movimiento continuo entre la mezcla y la superficie del tamiz para facilitar la separación de partículas. El procedimiento se consideró finalizado cuando, tras un minuto de operación, el material retenido en el tamiz no presentaba una variación superior al 1 % en peso.

## **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012 2021) (ANEXO 03)**

La muestra de agregado en condición húmeda fue colocada en un recipiente cuyo peso había sido previamente determinado y registrado. Posteriormente, el conjunto se introdujo en un horno, donde permaneció durante 24 horas a una temperatura controlada de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Por último, se midió el peso del contenedor con la mezcla seca para establecer cuánto agua se había evaporado. Finalmente, se procedió a pesar nuevamente el recipiente con la mezcla que ya estaba seca, con el fin de determinar cuánta agua se había perdido durante el proceso.

## **DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127) (ANEXO 04)**

La muestra se sometió a un proceso de lavado hasta lograr la completa eliminación del polvo adherido. Luego, se secó en horno a una temperatura controlada de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Una vez finalizado el secado. Luego, el agregado fue colocado en agua que con una temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se sacó la muestra del agua y se colocó sobre un paño grande y que absorbe bien, quitando cualquier película de humedad que se notara en la superficie. A continuación, se obtuvo el peso de la muestra en estado de saturación estando la superficie seca. Posteriormente, dicha muestra se ubicó en un recipiente metálico y se pesó al ser sumergida en agua. Finalmente, se procedió a secarla nuevamente en el horno durante 24 horas y, una vez enfriada, se efectuó el pesaje final.

## **PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127) (ANEXO 05)**

### **PESO UNITARIO EN SUELTO DEL AGREGADO GRUESO**

En primer lugar, se establecieron el volumen y peso del molde, obteniéndose valores de 6020.0 g y 2142.92 cm<sup>3</sup>, respectivamente. A continuación, se introdujo el material dentro del molde sin compactarlo. Una vez completado el llenado, se niveló sólo la superficie utilizando

una varilla de acero para asegurar un acabado uniforme. Finalmente, se registró el peso del molde contenido de la muestra de piedra.

### **PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO**

En primer término, se establecieron el volumen y peso del molde, registrándose valores de 6020.0 g y 2142.92 cm<sup>3</sup>, respectivamente. Posteriormente, se introdujo el material pétreo en el molde cilíndrico hasta alcanzar la tercera parte de su capacidad. Con una varilla de acero (Ø5/8”), se aplicaron 25 golpes distribuidos en forma de espiral sobre la muestra. Luego, se añadió agregado hasta completar dos tercios del volumen del molde, repitiendo el mismo procedimiento de compactado. A continuación, se incorporó piedra hasta sobrepasar ligeramente el borde del recipiente y se efectuó nuevamente la serie de 25 golpes. Concluido este proceso, la superficie fue nivelada cuidadosamente con la varilla de acero hasta quedar al ras del molde. Finalmente, se procedió a determinar el peso total del molde con la muestra compactada.

### **AGREGADO FINO**

#### **GRANULOMETRÍA (NTP 400.012:2013) (ANEXO 06)**

La muestra fue sometida a la etapa de secado en horno, con una temperatura controlada de 110 °C ± 5 °C por 24 horas. Luego, se empleó diversos tamaños de tamices, 3/8”, 1/4”, N°4, N°8, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°80, N°100 y N°200, con el propósito de obtener la información granulométrica requerida. Los tamices fueron dispuestos de manera descendente de mayor a menor tamaño, se dispuso la muestra sobre el primer tamiz (3/8”). El proceso de tamizado se consideró finalizado cuando, en el transcurso de un minuto, el material que quedó en el filtro permitió el paso de menos del 1 % en peso.

#### **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012 2021) (ANEXO 07)**

La muestra en condición húmeda fue colocada en un recipiente cuyo peso había sido previamente determinado y registrado. Posteriormente, el

conjunto se introdujo al horno y se mantuvo a una temperatura controlada de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) por 24 horas. Por último, se efectuó el pesaje del recipiente conteniendo la muestra seca para calcular la cantidad de agua que se había evaporado durante el proceso de secado.

#### **DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012 2021) (ANEXO 08)**

Mediante el método de cuarteo se obtuvo la muestra de agregado, luego se sometió a una fase de secado al horno durante 24 horas a una temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Una vez concluido el secado, se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura manipulable al tacto.

Posteriormente, la muestra se llenó de agua y se mantuvo en reposo durante un día. Después de este periodo, se eliminó cuidadosamente el agua sobrante previniendo la pérdida de pequeñas partículas, y luego se extendió el material sobre un área plana para que se secase de forma natural al aire.

Una fracción del agregado se colocó en un molde cónico, donde se aplicaron 25 golpes suavemente con una varilla de metal. Luego, se retiró el molde en sentido vertical.

Seguidamente, se pesó el picnómetro vacío (500 g) y se introdujo en él la muestra en estado saturado superficialmente seco. Se añadió agua hasta alcanzar un tercio de la capacidad del recipiente y se eliminó el aire ocluido girando el picnómetro sobre su eje durante 15 minutos. Este procedimiento continuó hasta llenar los dos tercios y finalmente todo el envase.

Se calculó el peso total del picnómetro junto con el material fino y el líquido. Luego, se sacó el material del picnómetro, se volvió a secar al horno y se hizo el pesaje final.

#### **PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ASTM C-127) (ANEXO 09)**

##### **PESO UNITARIO EN SUELTO DEL AGREGADO FINO**

En primer lugar, se procedió a pesar el molde cilíndrico y se determinó el volumen, luego se registraron los valores de 6020.0 g y  $2142.92\text{ cm}^3$ , respectivamente. Se vertió el agregado al molde sin aplicar

compactación alguna. Una vez completado el llenado, la superficie fue nivelada con ayuda de una varilla de acero para asegurar una terminación uniforme. Finalmente, se procedió a pesar del molde conteniendo la muestra de agregado.

### **PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO**

En primer término, se estableció el peso y el volumen del molde, obteniéndose valores de 6020.0 g y 2142.92 cm<sup>3</sup>, respectivamente. Posteriormente, se incorporó el agregado fino en tres tiempos; cada una fue nivelada manualmente y luego apisonada mediante 25 golpes aplicados en forma de espiral con una varilla de acero (Ø5/8"). Una vez completado el llenado del molde, la superficie fue cuidadosamente enrasada con la misma varilla para asegurar un acabado uniforme. Finalmente, se efectuó el pesaje del molde conteniendo la arena compactada.

### **DISEÑO DE MEZCLA $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$**

Con ayuda de la norma ACI 211.1 – Proporción de mezclas de concreto normal, pesado y masivo se calculó la cantidad exacta a usar para la mezcla (Anexo 10).

### **MEZCLA DE CONCRETO CON PLÁSTICO PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO MOLIDO Y TRITURADO)**

Para incorporar plástico reciclado PET (Tereftalato de polietileno molido y triturado) en la mezcla de concreto, se consideró los siguiente:

La proporción de agregados (grueso y fino) será la misma proporción que se estableció en el anexo 10.

La proporción del agua utilizada también se igualará a lo que se indica en el anexo 10.

Luego de lavar, secar y tamizar el plástico PET (Tereftalato de polietileno molido y triturado), se incorpora directamente a la mezcla de concreto, luego de añadir los agregados (gruesos y finos) de acuerdo a los porcentajes de PET establecidos, que son del 10% y 20% en relación al peso del cemento, para las mezclas de concreto con una resistencia de  $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ .

## **PREPARACIÓN Y CURADO DE PROBETAS EN EL LABORATORIO (LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO)**

### **PREPARACIÓN DE PROBETAS**

De acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo se realiza el siguiente proceso descrito a continuación:

Antes del mezclado, se aseguró que la superficie donde se trabajó fue horizontal, rígida, limpia, no absorbente y libre de material o tierras que puedan contaminar el concreto.

Para el proceso del mezclado se usó el trompo mezclador del Laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Se trabajó con un diseño de mezcla específico ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ) considerando la preparación de cinco probetas por cada uso del trompo mezclador, siguiendo la dosis previamente establecida. El procedimiento se desarrolló de la siguiente manera:

- Antes de iniciar la rotación del equipo, se vertió un poco de agua al interior, con el fin de evitar que las paredes de la mezcladora absorbieran la humedad de los materiales, lo cual podría alterar los resultados de los ensayos.
- Una vez en funcionamiento la mezcladora, se incorporó el 50 por ciento de la proporción de los insumos, primero el agregado grueso, seguido por cemento, y luego el agregado fino y finalmente el agua dosificada.
- Se mezcló durante aproximadamente 30 segundos para garantizar una cohesión homogénea entre los componentes añadidos.
- Posteriormente, se repitió el mismo proceso con el resto de los materiales, dejando que la mezcladora operara durante 3 minutos continuos. Luego, se detuvo durante 30 segundos y se reanudó el mezclado por 2 minutos adicionales para completar la agitación final.

- Finalmente, la mezcla obtenida fue descargada en un recipiente de muestreo (carretilla) con el propósito de realizar la prueba de asentamiento correspondiente.

Para el asentamiento, siguiendo los Estándares ASTM Designación: C 470/C470M – 02ª Especificación Estándar para Moldes para Encofrado Vertical de Cilindros de Concreto se realizó el siguiente proceso:

- Se utilizó cilindro de medida 15cm de diámetro x 30 cm de alto (6 x 12 pulgadas).
- Se rotuló cada molde respectivamente. Cada molde de cilindro estuvo debidamente limpio, sin rastros de concretos viejos y en un lugar libre de vibraciones.
- Se lubricó los cilindros para que no sea complicado sacar los moldes luego.
- Se llenaron los moldes por tercios con la cantidad apropiada de mezcla.
- Para la capa inicial, se vertió la mezcla cuidadosamente utilizando una pala pequeña, se esparció la mezcla con una varilla 25 veces a lo largo de toda la sección del molde, y se presionó suavemente el lado exterior del contenedor con un mazo de goma de 10 a 15 veces para compactar totalmente la mezcla
- Para la segunda capa, se realizó el mismo procedimiento que el de la primera capa, se penetró aproximadamente 1cm de la capa anterior.
- Para la tercera capa, se llenó el molde con la cantidad apropiada de mezcla hasta alcanzar la altura completa en volumen del llenado del recipiente, se distribuyó la mezcla uniformemente con la varilla 25 veces, penetrando aproximadamente 1cm de la primera capa, se golpeó ligeramente 15 veces el exterior del recipiente con el maso de goma para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación.
- Se alisó la parte superior de los moldes para que la superficie esté totalmente uniforme y tenga un buen acabado.
- Se almacenaron los cilindros en un ambiente sin exceso de sol, ni lluvia, ni viento, preferiblemente en espacios cubiertos hasta endurecer (aproximadamente 24 horas).

Las muestras fueron extraídas de los moldes tras 24 horas de ser formadas. Una vez realizado esto, se continuó con la tarea de etiquetar las muestras para su identificación.

### **CURADO DE PROBETAS**

Tras retirar las piezas del molde y antes de que pasen 30 minutos desde su extracción, las piezas se colocaron en bandejas que cumplieron con los requisitos estipulados en el laboratorio y se sumergieron en agua, manteniéndolas bajo el líquido hasta que se realicen las evaluaciones de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

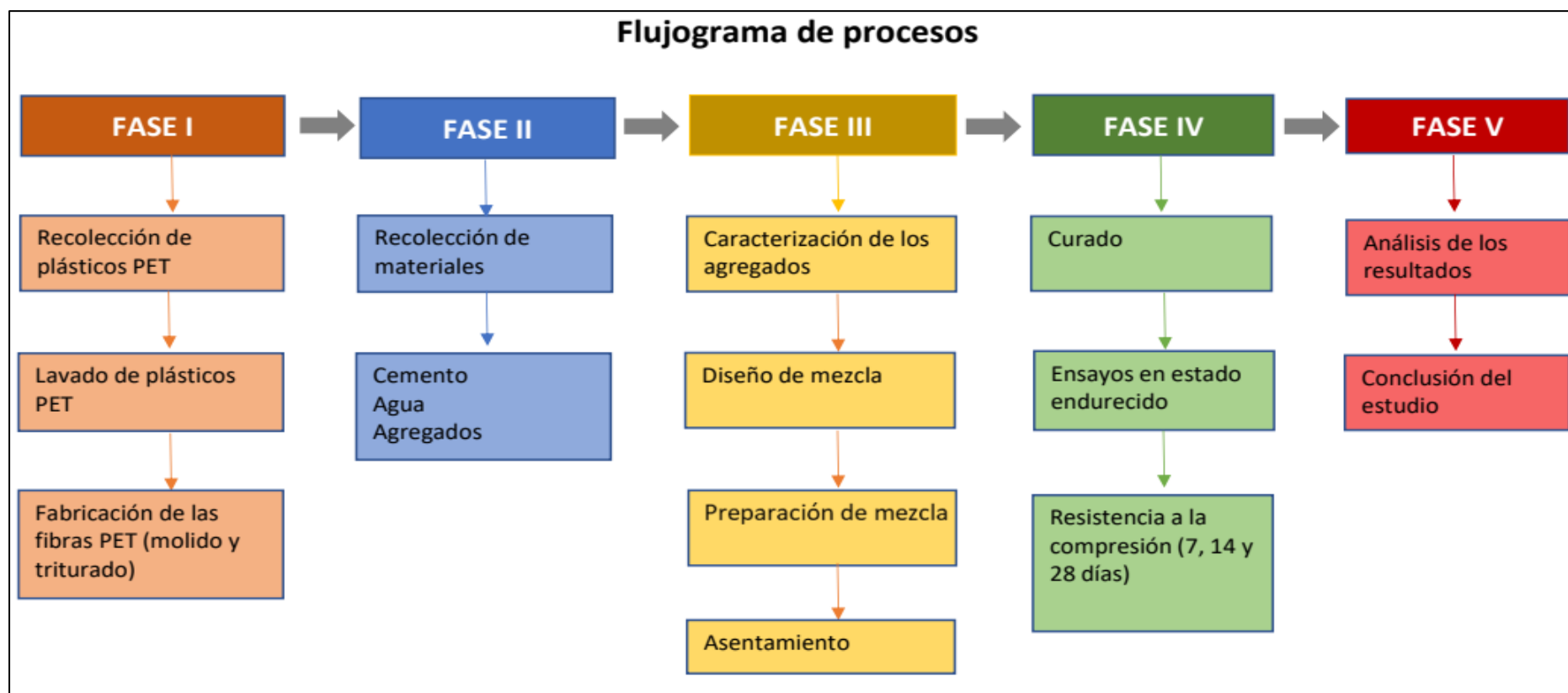
Se transportaron las muestras con bastante cuidado, ya que un golpe recibido de la muestra pudo ocasionar variaciones en los resultados de laboratorio.

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron con el apoyo de la prensa de compresión del laboratorio de la Universidad de Huánuco y la empresa UNICONCRET, a las edades de 7, 14 y 28 días.

**Figura 7**

*Flujograma de procesos*



### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para analizar los resultados obtenidos en el experimento, se emplearon las aplicaciones SPSS y Excel, utilizando diversas tablas y gráficos. SPSS es una herramienta que se aplica en el análisis de datos y en estadísticas complejas; permite la recopilación y evaluación de información para generar tablas y visualizaciones a partir de datos complicados. Se aplicó un análisis ANOVA considerando un nivel de significación inferior al 0. 05% para evaluar la efectividad de los resultados generales de la investigación.

La evaluación de los datos fue la explicación de los resultados plasmados en gráficos y tablas. La hermenéutica se considera el recurso más adecuado para una interpretación precisa. Esta disciplina es el arte de interpretar, explicar y traducir. Su idea principal en un contexto contemporáneo es la de entendimiento.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

**Tabla 6**

*Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET Molido*

| Grupo experimental | Fecha de moldeo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Resultado de laboratorio (kg/cm <sup>2</sup> ) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| PM 10 % 1          | 30/05/2024      | 06/06/2024      | 7           | 72.00                                          | 77.01                             |
| PM 10 % 2          | 30/05/2024      | 06/06/2024      | 7           | 82.01                                          |                                   |
| PM 10 % 3          | 30/05/2024      | 13/06/2024      | 14          | 76.30                                          | 92.15                             |
| PM 10 % 4          | 30/05/2024      | 13/06/2024      | 14          | 108.00                                         |                                   |
| PM 10 % 5          | 06/06/2024      | 04/07/2024      | 28          | 241.00                                         | 241.00                            |
| PM 10 % 6          | 06/06/2024      | 04/07/2024      | 28          | 241.00                                         |                                   |

*Nota.* FC=Fuerza de Compresión; PET= Tereftalato de Polietileno.

En la tabla 5 se muestran los resultados experimentales correspondientes a ensayos de resistencia a la compresión de un concreto ecológico con una dosificación del 10 % de Tereftalato de Polietileno Molido (PM), obteniendo un promedio de las fuerzas de compresión en las diferentes edades (7, 14 y 28 días).

**Tabla 7**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET Molido*

| Edad (días) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | n | Error Estándar | Límite Inferior | Límite Superior | Grupo Control |
|-------------|-----------------------------------|---|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 7           | 77.01                             | 2 | 5.00           | 13.45           | 140.57          | 138.50        |
| 14          | 92.15                             | 2 | 15.95          | -109.66         | 294.00          | 240.00        |
| 28          | 241.00                            | 2 | 0.00           | 241.00          | 241.00          | 257.00        |

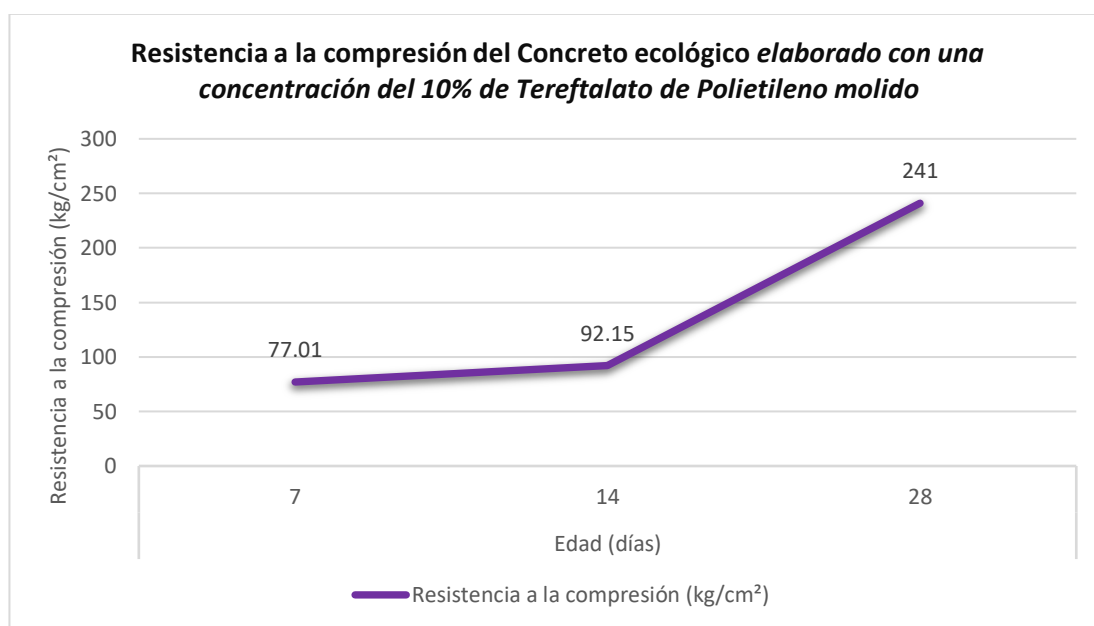
*Nota.* FC=Fuerza de Compresión; PET= Tereftalato de Polietileno.

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 13.45 kg/cm<sup>2</sup> a 140.57 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de

77.01 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de -109.66 kg/cm<sup>2</sup> a 249.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 92.15 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 241.00 kg/cm<sup>2</sup> a 241.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 241.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 8**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los resultados del laboratorio (2025).

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 77.01 kg/cm<sup>2</sup> hasta 241.00 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup>, pero si supera el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 8**

*Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET Molido*

| Grupo experimental | Fecha de moldeo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Resultado de laboratorio (kg/cm <sup>2</sup> ) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| PM 20 % 1          | 04/06/2024      | 11/06/2024      | 7           | 71.67                                          | 66.24                             |
| PM 20 % 2          | 04/06/2024      | 11/06/2024      | 7           | 60.81                                          |                                   |
| PM 20 % 3          | 04/06/2024      | 18/06/2024      | 14          | 104.00                                         | 108.00                            |
| PM 20 % 4          | 04/06/2024      | 18/06/2024      | 14          | 112.00                                         |                                   |
| PM 20 % 5          | 04/06/2024      | 02/07/2024      | 28          | 122.00                                         | 120.50                            |
| PM 20 % 6          | 04/06/2024      | 02/07/2024      | 28          | 119.00                                         |                                   |

*Nota.* FC=Fuerza de Compresión; PET= Tereftalato de Polietileno.

En la tabla 7 se muestran los resultados experimentales correspondientes a ensayos de resistencia a la compresión de un concreto ecológico con una dosificación del 20 % de Tereftalato de Polietileno Molido (PM), obteniendo un promedio de las fuerzas de compresión en las diferentes edades (7, 14 y 28 días).

**Tabla 9**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET molido*

| Edad (días) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | n | Error Estándar | Límite Inferior | Límite Superior | Grupo Control |
|-------------|-----------------------------------|---|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 7           | 66.24                             | 2 | 7.63           | -30.62          | 163.10          | 138.50        |
| 14          | 108.00                            | 2 | 4.00           | 56.17           | 159.83          | 240.00        |
| 28          | 120.50                            | 2 | 1.50           | 101.41          | 139.59          | 257.00        |

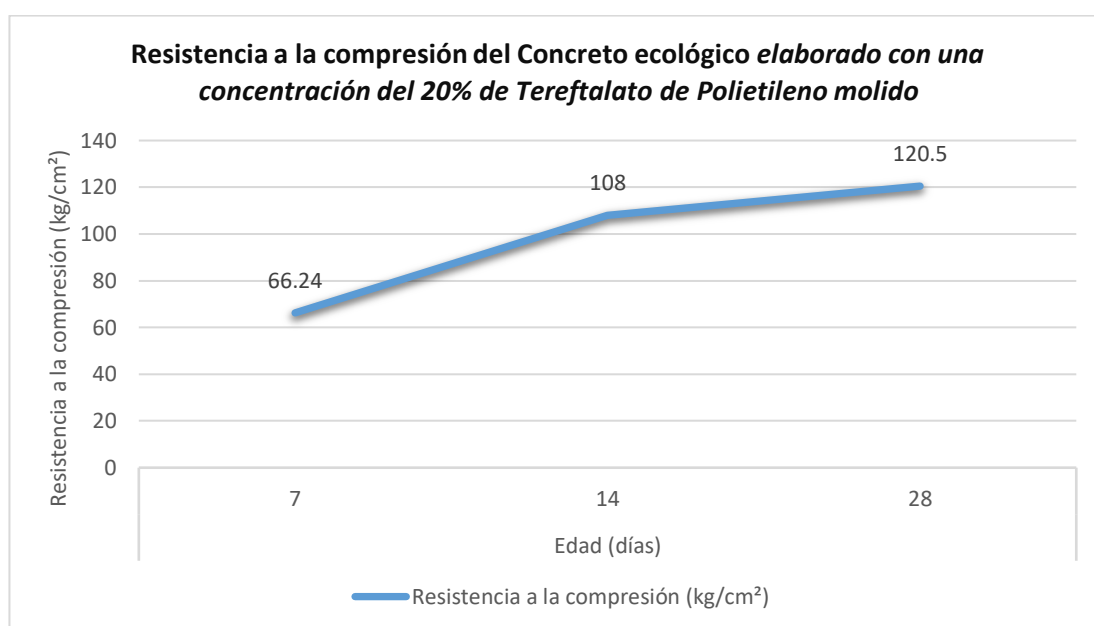
*Nota.* PET=Tereftalato de Polietileno.

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de -30.62 kg/cm<sup>2</sup> a 163.10 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 66.24 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14

días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 56.17 kg/cm<sup>2</sup> a 159.83 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 108.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 101.41 kg/cm<sup>2</sup> a 139.59 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 120.50 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 9**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno molido*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los resultados del laboratorio (2025).

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 66.24 kg/cm<sup>2</sup> hasta 120.50 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup> y tampoco iguala el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 10**

*Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET triturado*

| Grupo experimental | Fecha de moldeo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Resultado de laboratorio (kg/cm <sup>2</sup> ) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| PT 10 % 1          | 30/05/2024      | 06/06/2024      | 7           | 70.02                                          | 68.27                             |
| PT 10 % 2          | 30/05/2024      | 06/06/2024      | 7           | 66.51                                          |                                   |
| PT 10 % 3          | 30/05/2024      | 13/06/2024      | 14          | 79.59                                          | 83.08                             |
| PT 10 % 4          | 30/05/2024      | 13/06/2024      | 14          | 86.57                                          |                                   |
| PT 10 % 5          | 30/05/2024      | 27/06/2024      | 28          | 139.00                                         | 132.50                            |
| PT 10 % 6          | 30/05/2024      | 27/06/2024      | 28          | 126.00                                         |                                   |

*Nota.* PET= Tereftalato de Polietileno; FC= Fuerza de Compresión.

En la tabla 9 se muestran los resultados experimentales correspondientes a ensayos de resistencia a la compresión de un concreto ecológico con una dosificación del 10 % de Tereftalato de Polietileno Triturado (PT), obteniendo un promedio de las fuerzas de compresión en las diferentes edades (7, 14 y 28 días).

**Tabla 11**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET triturado*

| Edad (días) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | n | Error Estándar | Límite Inferior | Límite Superior | Grupo Control |
|-------------|-----------------------------------|---|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 7           | 68.27                             | 2 | 1.75           | 46.04           | 90.5            | 138.50        |
| 14          | 83.08                             | 2 | 3.49           | 38.69           | 127.47          | 240.00        |
| 28          | 132.5                             | 2 | 6.5            | 49.97           | 215.03          | 257.00        |

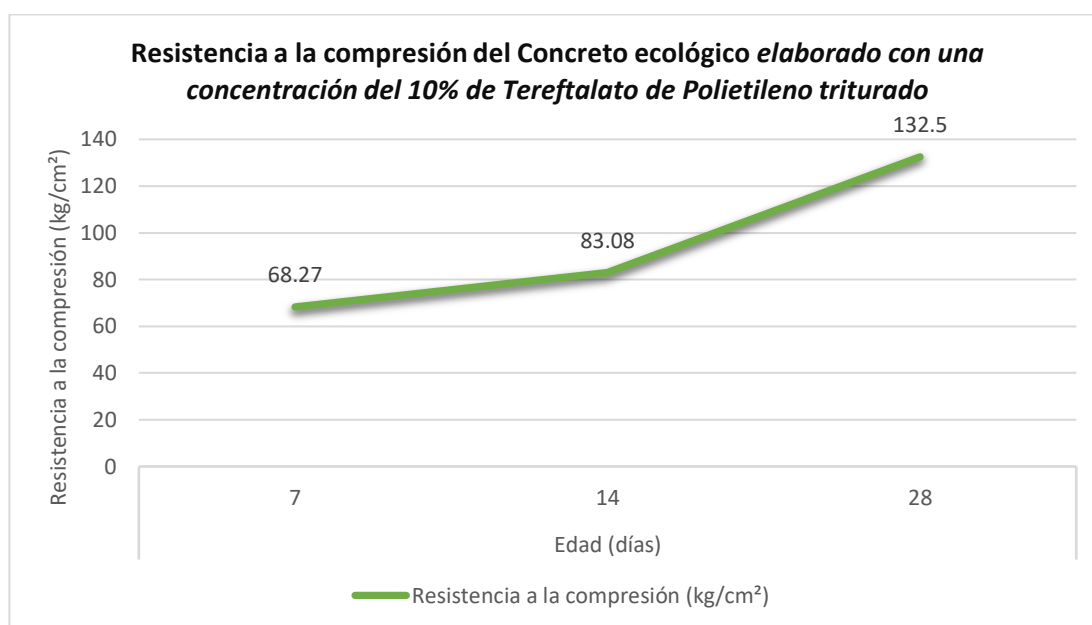
*Nota.* PET= Tereftalato de Polietileno; FC= Fuerza de Compresión.

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 46.04 kg/cm<sup>2</sup> a 90.5 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 68.27 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 38.69 kg/cm<sup>2</sup> a 127.47

kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 83.08 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 49.97 kg/cm<sup>2</sup> a 215.03 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 132.50 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 10**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de PET triturado*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los resultados del laboratorio (2025).

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 68.27 kg/cm<sup>2</sup> hasta 132.50 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup> y tampoco iguala el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 12**

*Resultados de laboratorio de las mediciones de la fuerza de compresión del concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET Triturado*

| <b>Grupo experimental</b> | <b>Fecha de moldeo</b> | <b>Fecha de ensayo</b> | <b>Edad (días)</b> | <b>Resultado de laboratorio (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>FC Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>PT 20 % 1</b>          | 04/06/2024             | 11/06/2024             | 7                  | 89.56                                               | 87.53                                  |
| <b>PT 20 % 2</b>          | 04/06/2024             | 11/06/2024             | 7                  | 85.49                                               |                                        |
| <b>PT 20 % 3</b>          | 04/06/2024             | 18/06/2024             | 14                 | 144.00                                              | 149.00                                 |
| <b>PT 20 % 4</b>          | 04/06/2024             | 18/06/2024             | 14                 | 154.00                                              |                                        |
| <b>PT 20 % 5</b>          | 04/06/2024             | 02/07/2024             | 28                 | 159.00                                              | 162.50                                 |
| <b>PT 20 % 6</b>          | 04/06/2024             | 02/07/2024             | 28                 | 166.00                                              |                                        |

*Nota.* PET= Tereftalato de Polietileno; FC= Fuerza de Compresión.

En la tabla 11 se muestran los resultados experimentales correspondientes a ensayos de resistencia a la compresión de un concreto ecológico con una dosificación del 20 % de Tereftalato de Polietileno Triturado (PT), obteniendo un promedio de las fuerzas de compresión en las diferentes edades (7, 14 y 28 días).

**Tabla 13**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de PET Triturado*

| <b>Edad (días)</b> | <b>FC Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>n</b> | <b>Error Estándar</b> | <b>Límite Inferior</b> | <b>Límite Superior</b> | <b>Grupo Control</b> |
|--------------------|----------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 7                  | 87.53                                  | 2        | 2.04                  | 61.58                  | 113.48                 | 138.50               |
| 14                 | 149.0                                  | 2        | 5                     | 85.44                  | 212.56                 | 240.00               |
| 28                 | 162.5                                  | 2        | 3.5                   | 118.98                 | 206.02                 | 257.00               |

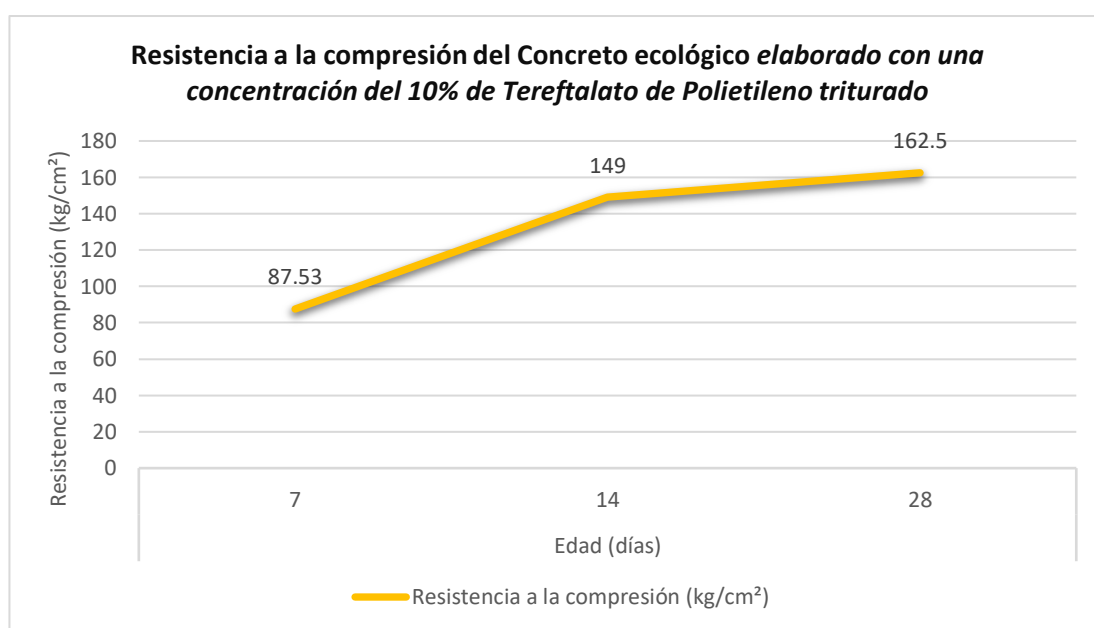
*Nota.* PET= Tereftalato de Polietileno.

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 61.58 kg/cm<sup>2</sup> a 113.48 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 87.53 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de

compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 85.44 kg/cm<sup>2</sup> a 212.56 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 149.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 118.98 kg/cm<sup>2</sup> a 206.02 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 162.50 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 11**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno triturado*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los resultados del laboratorio (2025).

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 87.53 kg/cm<sup>2</sup> hasta 162.50 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup> y tampoco iguala el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 14***Prueba de normalidad de los datos*

| <b>Grupo</b> | <b>N</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación<br/>estándar</b> | <b>Estadístico</b> | <b>Valor p</b> |
|--------------|----------|--------------|--------------------------------|--------------------|----------------|
| PM10         | 3        | 136.72       | 90.63                          | 0.355              | 0.719          |
| PM20         | 3        | 98.25        | 28.41                          | 0.301              | 0.884          |
| PT10         | 3        | 94.62        | 33.63                          | 0.301              | 0.884          |
| PT20         | 3        | 133.01       | 39.96                          | 0.322              | 0.82           |

*Nota.* Resultados de la prueba de normalidad (Kolmogórov-Smirnov corregida por Lilliefors) aplicada a los cuatro grupos: PM10, PM20, PT10 y PT20.

Se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov corregida por Lilliefors para evaluar la normalidad de los datos en los grupos PM10, PM20, PT10 y PT20. Los resultados se presentan en la Tabla anterior. En todos los casos, los valores de p fueron mayores a 0.05, indicando que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Específicamente, los valores de p oscilaron entre 0.719 y 0.884, confirmando que los datos de cada grupo se distribuyen normalmente.

Dado que se cumple el supuesto de normalidad en las cuatro muestras analizadas, es adecuado utilizar un estadístico de prueba paramétrico para el contraste de hipótesis. En este sentido, es factible emplear un análisis de varianza (ANOVA) de un factor Inter sujetos, que permite comparar las medias de los grupos y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

## 4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se tiene las siguientes hipótesis:

H1: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) optimiza el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

HO: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) no optimiza el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

**Tabla 15**

*Prueba de hipótesis con ANOVA de un factor intersujetos para evaluar las diferencias de la fuerza de compresión entre los grupos experimentales según el porcentaje de PET utilizado*

| (I) Grupo | (J) Grupo | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig.         | Intervalo de confianza al 95% |                 |
|-----------|-----------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------|-----------------|
|           |           |                            |                |              | Límite inferior               | Límite superior |
| PM10      | PM20      | 120,50000*                 | 3,07544        | <b>0,000</b> | 110,6514                      | 130,3486        |
|           | PT10      | 108,50000*                 | 3,07544        | <b>0,000</b> | 98,6514                       | 118,3486        |
|           | PT20      | 78,50000*                  | 3,07544        | <b>0,000</b> | 68,6514                       | 88,3486         |
| PM20      | PM10      | -120,50000*                | 3,07544        | 0,000        | -130,3486                     | -110,6514       |
|           | PT10      | -12,00000*                 | 3,07544        | <b>0,019</b> | -21,8486                      | -2,1514         |
|           | PT20      | -42,00000*                 | 3,07544        | <b>0,000</b> | -51,8486                      | -32,1514        |
| PT10      | PM10      | -108,50000*                | 3,07544        | 0,000        | -118,3486                     | -98,6514        |
|           | PM20      | 12,00000*                  | 3,07544        | 0,019        | 2,1514                        | 21,8486         |
|           | PT20      | -30,00000*                 | 3,07544        | <b>0,000</b> | -39,8486                      | -20,1514        |
| PT20      | PM10      | -78,50000*                 | 3,07544        | 0,000        | -88,3486                      | -68,6514        |
|           | PM20      | 42,00000*                  | 3,07544        | 0,000        | 32,1514                       | 51,8486         |
|           | PT10      | 30,00000*                  | 3,07544        | 0,000        | 20,1514                       | 39,8486         |

*Nota.* Datos obtenidos a partir del análisis ANOVA aplicada a los grupos experimentales PM10 (Tereftalato de Polietileno Molido al 10%), PM20 (Tereftalato de Polietileno Molido al 20%), PT10 (Tereftalato de Polietileno Triturado al 10%) y PT20 (Tereftalato de Polietileno Triturado al 20%).

Se ha encontrado, en función al p-valor obtenido inferior a 5% o 0.05 que, existe diferencias en los resultados obtenidos en cada uno de los grupos experimentales, por lo que se acepta la hipótesis de que la intervención con PM10, PM20, PT10 y PT20, todos ellos presentan resultados diferentes. Para

saber dónde es que se ha optimizado el comportamiento del concreto ecológico, se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 16**

*Valores finales de la FC comparados con la normativa planteada*

| <b>Grupo</b> | <b>Valor final<br/>(Kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Normativa<br/>(Kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Interpretación</b>  |
|--------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| PM10         | 241.00                                     | 210                                      | Cumple la normativa    |
| PM20         | 120.50                                     | 210                                      | No cumple la normativa |
| PT10         | 132.50                                     | 210                                      | No cumple la normativa |
| PT20         | 162.50                                     | 210                                      | No cumple la normativa |

Los resultados indican que el grupo de estudio PM10 (241.00 kg/cm<sup>2</sup>) es el único grupo de estudio que obtiene y superan el valor estándar del concreto para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la incorporación de residuos sólidos inorgánicos, específicamente tereftalato de polietileno (PET) molido y triturado, influye significativamente en el comportamiento mecánico del concreto ecológico, particularmente en la resistencia a la compresión a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días). Al comparar estos resultados con el estudio de Santos (2021), se encuentra una coincidencia conceptual en la relación entre porosidad, resistencia y sostenibilidad ambiental. Santos (2021) determinó que la porosidad y el tipo de compactación son factores determinantes en la resistencia del concreto ecológico, señalando que una compactación adecuada permite optimizar tanto la resistencia como la permeabilidad del material. De manera similar, esta investigación demuestra que el uso de PET reciclado introduce poros adicionales y discontinuidades internas, afectando la resistencia a la compresión, pero al mismo tiempo puede favorecer la permeabilidad y la reducción de la densidad del concreto, atributos deseables en concretos ecológicos o permeables. Mientras que Santos (2021) enfatiza en la importancia de la compactación como variable principal para lograr un equilibrio entre resistencia y permeabilidad, la presente investigación aporta evidencia empírica de que la incorporación controlada de residuos plásticos también puede contribuir a dicho equilibrio, siempre que se manejen proporciones adecuadas y un adecuado diseño de mezcla.

En términos generales, se observó una tendencia decreciente en la resistencia a la compresión al aumentar el porcentaje de reemplazo del agregado convencional por PET, coincidiendo con lo señalado por Fuentes et al. (2021), quienes concluyeron que existe una relación inversamente proporcional entre el volumen de PET introducido y la resistencia mecánica del concreto. Esto se atribuye principalmente a la baja densidad y escasa adherencia superficial del PET con la matriz cementicia, lo que genera zonas de discontinuidad interna que afectan la transmisión de esfuerzos. Esta disminución es más pronunciada cuando se incrementa la proporción del

aditivo plástico, comportamiento que concuerda parcialmente con los hallazgos de Portuguese (2021), quien también reportó una variación significativa en las propiedades físico-mecánicas del concreto ecológico al incorporar residuos orgánicos y reutilizables.

Al comparar estos resultados con el estudio de Flores (2020), quien evaluó la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras de plástico PET reciclado, se identifican puntos de coincidencia y diferencia relevantes. Ambos estudios coinciden en que el uso de PET reciclado en bajas proporciones mejora o mantiene las propiedades mecánicas del concreto, mientras que el aumento excesivo de este material provoca una disminución significativa en la resistencia. Flores (2020) determinó que el porcentaje óptimo de incorporación de fibras PET fue del 0.10% del volumen total del espécimen, logrando un incremento de hasta 10.56% en la resistencia a la flexión, dependiendo del tamaño de los agregados. En contraste, la presente investigación demuestra que, aunque el aumento de PET en mayores porcentajes (10% y 20%) reduce la resistencia a la compresión, la pérdida puede mitigarse cuando se trabaja con PET triturado en lugar de molido, evidenciando que la geometría y el tamaño de las partículas tienen un rol determinante.

En el análisis comparativo, el grupo control presentó valores promedio de resistencia de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>, 240.00 kg/cm<sup>2</sup> y 257.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días, respectivamente, mientras que los grupos con adición de PET, tanto molido como triturado, mostraron resistencias inferiores. El concreto con 10% de PET molido (PM10) registró un promedio de 77.01 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, incrementándose a 92.15 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y alcanzando 241.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Aunque se mantiene una tendencia de crecimiento conforme avanza el curado, la resistencia final sigue siendo ligeramente menor al concreto patrón, lo cual es consistente con los resultados de Sanchez (2024), quien evidenció reducciones del orden del 20% en concretos con agregados reciclados respecto a los naturales.

Por otro lado, el concreto con 20% de PET molido (PM20) presentó valores medios de 66.24 kg/cm<sup>2</sup>, 108.00 kg/cm<sup>2</sup> y 120.50 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. Estos resultados muestran una reducción más

notoria en la resistencia, confirmando que mayores porcentajes de reemplazo con PET molido reducen la cohesión interna y dificultan la compactación del concreto. Estos hallazgos son congruentes con lo descrito por Saucedo et al. (2021), quienes afirman que la incorporación de más del 5% de fibras PET no genera beneficios adicionales en la mezcla endurecida y puede incluso deteriorar su comportamiento estructural.

En el caso del PET triturado, se evidenció un desempeño relativamente mejor. El grupo con 10% de PET triturado (PT10) alcanzó resistencias promedio de 68.27 kg/cm<sup>2</sup>, 83.08 kg/cm<sup>2</sup> y 132.50 kg/cm<sup>2</sup> en los tres periodos evaluados, mientras que el 20% de PET triturado (PT20) mostró 87.53 kg/cm<sup>2</sup>, 149.00 kg/cm<sup>2</sup> y 162.50 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Este comportamiento sugiere que la textura más rugosa del PET triturado favorece una mejor adherencia entre las partículas plásticas y la pasta de cemento, optimizando la transferencia de cargas. Este resultado concuerda con lo reportado por Altamirano & Gonzales (2024), quienes señalaron que el tipo y forma del PET influye en la capacidad de adherencia y, por ende, en la resistencia final del concreto ecológico.

Asimismo, los resultados del test de Kolmogórov-Smirnov corregido por Lilliefors mostraron valores de p entre 0.719 y 0.884, superiores a 0.05, confirmando la distribución normal de los datos y validando el uso de un análisis de varianza (ANOVA) para la comparación de medias. Esto respalda la fiabilidad estadística de los resultados obtenidos y permite afirmar que las diferencias entre los grupos no son producto del azar, sino del efecto real de la incorporación de PET en las mezclas.

Desde un enfoque práctico y ambiental, los concretos elaborados con PET, aunque presentan una resistencia ligeramente inferior al convencional, ofrecen ventajas significativas como la reducción del peso del material, la reutilización de desechos plásticos y la disminución del impacto ambiental por disposición inadecuada de residuos. En este sentido, los hallazgos son coherentes con las conclusiones de Gareca et al. (2020) y Barrueta (2024), quienes destacan que el uso de materiales reciclados no solo es viable, sino que apoya a la creación de materiales sostenibles y de menor costo.

Finalmente, se puede establecer que los concretos con 10% de PET molido o triturado presentan un equilibrio más favorable entre resistencia mecánica y sostenibilidad ambiental, pudiendo emplearse en aplicaciones no estructurales o prefabricadas. Estos resultados validan el potencial del PET reciclado como agregado alternativo en la elaboración de concretos ecológicos y abren la posibilidad de seguir optimizando sus proporciones y procesos de tratamiento para maximizar su desempeño técnico.

## CONCLUSIONES

La investigación demostró que es posible optimizar el aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos, específicamente del tereftalato de polietileno (PET) en sus formas molida y triturada, como alternativa en la fabricación de concreto ecológico. Su incorporación contribuye a la mitigación ambiental generado por el desecho de plásticos, promoviendo una responsable gestión de residuos y fomentando la economía circular dentro del campo constructivo.

El concreto ecológico elaborado con una sustitución del 10% de PET molido presentó un comportamiento mecánico aceptable, evidenciando una ligera disminución en la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional, pero manteniendo valores dentro de los límites permisibles para aplicaciones no estructurales.

Al aumentar la concentración de PET molido al 20%, se observó una disminución más significativa en la resistencia mecánica, atribuida a la menor adherencia entre las partículas de PET y la matriz cementicia. Sin embargo, este tipo de mezcla puede ser viable para elementos de bajo requerimiento estructural o prefabricados ecológicos donde prime la sostenibilidad sobre la resistencia máxima.

La inclusión del 10% de PET triturado evidenció un comportamiento mecánico relativamente mejor que el de la mezcla con PET molido, debido a la mayor rugosidad superficial de las partículas trituradas, que mejora la adherencia con la pasta cementicia. Este resultado indica que el tamaño y la textura del PET influyen de manera directa en la calidad del concreto ecológico.

En la mezcla con 20% de PET triturado, se registró una reducción moderada de la resistencia mecánica al compararlo con el concreto patrón, aunque mantuvo una mejor cohesión y desempeño que el concreto con igual proporción de PET molido. Se concluye que, dentro de límites razonables de sustitución, el PET triturado puede incorporarse en aplicaciones constructivas sostenibles con un equilibrio adecuado entre desempeño y cuidado ambiental.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere crear conciencia en la comunidad acerca del reciclaje y la reutilización del PET, considerando el plástico como un recurso alternativo en la edificación, para promover la exploración en esta área con el fin de optimizar la calidad y la eficacia en la fabricación de concreto sostenible.

Se sugiere respetar las normas vigentes durante la elaboración de mezclas de concreto, ya que estas incidencias influyen de manera directa al comportamiento del producto final una vez endurecido.

Para enfrentar esta dificultad y mejorar aún más las características mecánicas del hormigón, se aconseja evaluar el cambio en la forma de las fibras de PET. En particular, se propone experimentar con dimensiones inferiores a 0.3 – 0.5 mm, dado que pueden integrarse de manera más efectiva a la mezcla de concreto, lo que podría conducir a una mayor resistencia a la compresión.

Se sugiere seguir investigando con los demás residuos sólidos con relación a introducirlo en el área de la construcción, ya que, conocemos que la construcción es un rubro necesario para la supervivencia del ser humano.

Se recomienda que al momento del uso del concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido, se evalúen las características de suelo y la proyección de la construcción, ya que este concreto ecológico de acuerdo a norma, tiene limitaciones de esfuerzos.

Para incrementar la resistencia del concreto con agregado reciclado, se sugiere incorporar aditivos y modificadores específicos que puedan optimizar sus propiedades. Esto se recomienda teniendo en cuenta que dicho concreto ya posee adecuadas características físicas.

Para los grupos que no alcanzaron la resistencia a la compresión  $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, se recomienda su uso en pavimento de bajo tránsito (cunetas, veredas, sardineles, calles residenciales, parqueaderos, parques, áreas para peatones y bicicletas).

## REFERENCIAS

- Alesmar, L., Rendón, N., & Korody, M. E. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet)—Cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(1), 76–86.
- Altamirano, E., & Gonzales, P. (2024). *Evaluación y análisis de concreto ecológico con adición de fibras recicladas de Tereftalato de Polietileno* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/11592/1/UPSE-TIC-2024-0001.pdf>
- Andrady, A., & Neal, M. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977–1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
- Angumba, P. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante* [masterThesis, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25297>
- Arandes, J., Bilbao, J., & López, D. (2004). *Reciclado de Residuos Plásticos*. 5. <https://arpet.org/docs/Reciclado-de-residuos-plasticos-Revista-Iberoamericana-de-Polimeros.pdf>
- Barradas, A. (2009). *Gestión integral de residuos sólidos municipales: Estado del arte* (Vol. 1). E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). <https://oa.upm.es/1922/>
- Barrueta, J. (2024). *Adoquines de concreto tipo II utilizando concreto reciclado y su incidencia en la resistencia a la compresión y costos en las vías urbanas de Panao—2023* [Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5007>
- BIOPROJECT CONSULTORES. (2020). *Principales modificaciones a la ley de gestión integral de Residuos Sólidos realizada por el decreto legislativo 1501 – BioprojectPeru*. <https://bioprojectperu.com/principales-modificaciones-a-la-ley-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-realizada-por-el-decreto-legislativo-1501/>
- Castells, X. (2009). *Reciclaje de residuos industriales* (2a ed.). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=357288>
- De Vargas, A. (2021, agosto 5). *Concreto ecológico | El futuro ha llegado—Hormiglass*. <https://www.hormiglass.cl/concreto-ecologico-construcciones-sostenibles/>
- Diario El Peruano. (2021). *Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura*. Diario El Peruano. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura>
- Diario Oficial El Peruano. (2017). *Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos-Decreto Supremo-N° 014-2017-MINAM*. <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-del-decreto-legislativo-n-1278-decreto-decreto-supremo-n-014-2017-minam-1599663-10/>

- DIRESA HUANUCO. (2020). *Problemática de Residuos Sólidos en Huánuco*. DIRESA.  
<http://www.minsa.gob.pe/diresahuanuco/SAMBIENTAL/2014/RESIDUOS.pdf>
- Echeverría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado* [Universidad Nacional de Cajamarca].  
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%20c3%81STICO%20PET%20RECI%20CLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ECOTICIAS. (2022). *Las 4 erres del reciclaje*. ECOTICIAS.COM.  
[https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/61774\\_4-erres-del-reciclaje](https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/61774_4-erres-del-reciclaje)
- Flores, E. (2020). *Determinar la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de plástico PET reciclado en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huánuco – 2019*. [Universidad Nacional Hermilio Valdizán].  
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6070>
- Fraume, N. (2007). *Diccionario Ambiental* (1a ed., Vol. 1). ECOE EDICIONES.  
<https://www.digitaliapublishing.com/viewepub/?id=102925>
- Fuentes, N., Jiménez, K., Otero, R., & Uzuriaga, W. (2021). Aprovechamiento sostenible de residuos poliméricos como agregados del concreto: Una revisión. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 46(6), 240–247.
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., & Villarando, H. (2020). Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 25–61.
- Green Passion. (2022). *Ventajas de reciclar*. Pinterest.  
<https://www.pinterest.com/pin/752804893940559016/>
- Harmsen, T. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado (5a ed.)* (5ta edición, Vol. 1). Pontificia Universidad Católica de Perú.  
<https://www.digitaliapublishing.com/a/51234/disenio-de-estructuras-de-concreto-armado--5a-ed.->
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed., Vol. 1). INTERAMERICANA EDITORES, S.A. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- INEI. (2014). *Capítulo V Residuos Sólidos*. DOCPLAYER.  
<https://docplayer.es/15915093-Capitulo-v-5-residuos-solidos.html>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* (Vol. 1). Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Londoño, C. (2022, junio 6). ¿Qué sabes de la contracción (retracción) del concreto? 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-sabes-de-la-contraccion-retraccion-del-concreto/>
- MEF. (2024). *Nota informativa*.  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/novedades/notas\\_informativas/2024/notas\\_informativas\\_20241024.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/novedades/notas_informativas/2024/notas_informativas_20241024.pdf)

- MINAM. (2023). *Esto debes saber sobre los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables*. GOB.PE.  
<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/763484-esto-debes-saber-sobre-los-residuos-solidos-organicos-e-inorganicos-aprovechables>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma E.060 Concreto Armado*. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Muñoz, S., Delgado, J., & Facundo, L. (2021). Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: Una revisión. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2021.1.3.1>
- ONU. (2023). *Datos y cifras | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>
- Ortega, J. (2014). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado—Tomo I -...* (1a ed., Vol. 1). Empresa Editorial MACRO EIRL. <https://ebooks.editorialmacro.com/reader/978-612-304-217-2>
- Ponte, C. (2008). *Manejo integrado de residuos sólidos: Programa de reciclaje*. Instituto Pedagógico de Caracas. 63, 173–200.
- Portuguez, S. (2021). Evaluación del concreto ecológico con la incorporación de residuos orgánicos y reutilizables, Cañete—2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79670>
- Reyna, C. (2016). *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* [Universidad Nacional de Trujillo]. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57399959/TESIS\\_MAESTRIA\\_CESAR\\_ALBERTO\\_REYNA\\_PARI-libre.pdf?1537244344=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD\\_NACIONAL\\_DE\\_TRUJILLO\\_ESCUELA.pdf&Expires=1691675621&Signature=Sm09Ad5z7EbNfuRgTPRx2TrKOVGHOPM7X2V4Y~A1bu4HPvp4Zh5KH6HCOyJiiLzLnGyQ9dBJRhTOV4Jk9m5qKloy0TxmePupicnjmd48bZ4RbfRndaYSNRk1oM7iyslCdknZkJNpfkO5HM9I85xM5kAccYv61TFjp4kqLu18C8HkJ33PqW-IEPpTucF0qGijHPhjYgxcO5szzFowuKHBACNuBd6bEbt1crdVhX1X6d2CUeuEEm7bxbgLe9NwdVZWNeVTt7v4huemLE~QDxmwfnOTdPRB7VCxN1elsews7ZsX5HQ~2KMzzNbesLmj49Wmcz5volcFZcPRh-ibiQQi7OA\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57399959/TESIS_MAESTRIA_CESAR_ALBERTO_REYNA_PARI-libre.pdf?1537244344=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_TRUJILLO_ESCUELA.pdf&Expires=1691675621&Signature=Sm09Ad5z7EbNfuRgTPRx2TrKOVGHOPM7X2V4Y~A1bu4HPvp4Zh5KH6HCOyJiiLzLnGyQ9dBJRhTOV4Jk9m5qKloy0TxmePupicnjmd48bZ4RbfRndaYSNRk1oM7iyslCdknZkJNpfkO5HM9I85xM5kAccYv61TFjp4kqLu18C8HkJ33PqW-IEPpTucF0qGijHPhjYgxcO5szzFowuKHBACNuBd6bEbt1crdVhX1X6d2CUeuEEm7bxbgLe9NwdVZWNeVTt7v4huemLE~QDxmwfnOTdPRB7VCxN1elsews7ZsX5HQ~2KMzzNbesLmj49Wmcz5volcFZcPRh-ibiQQi7OA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto—Enrique Rivva López* (1a ed., Vol. 1). [https://www.academia.edu/43750881/Naturaleza\\_y\\_materiales\\_del\\_concreto\\_Enrique\\_Rivva\\_L%C3%B3pez](https://www.academia.edu/43750881/Naturaleza_y_materiales_del_concreto_Enrique_Rivva_L%C3%B3pez)
- Rodriguez, P. (2021). *Tipos de plásticos: Clasificación y reciclaje*. DKV Seguros. <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/reciclaje/tipos-de-plasticos-clasificacion-reciclaje>
- Ropero, S. (2021). *Plásticos de un solo uso: Qué son, ejemplos, consecuencias y prohibición* - Resumen. [ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/plasticos-de-un-solo-uso-que-son-ejemplos-consecuencias-y-prohibicion-3040.html](https://www.ecologiaverde.com/plasticos-de-un-solo-uso-que-son-ejemplos-consecuencias-y-prohibicion-3040.html)

- Sánchez, J. (2020). *Qué son los Residuos Sólidos y cómo se clasifican*. ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>
- Sanchez, J. (2024). *Concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca* [Universidad Nacional Federico Villareal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/8846>
- Santos, J. (2021). *Influencia del tipo de compactación en la resistencia a la compresión y permeabilidad del Concreto Ecológico en la Provincia de Huánuco 2019* [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6864>
- Saucedo, J., Atoche, J., & Muñoz, S. (2021). *Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: Revisión de la literatura* (2). Article 2. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/6942>
- SINTAC. (2023). *Los símbolos del reciclaje y sus significados* | SINTAC. <https://sintac.es/los-simbolos-del-reciclaje/>
- STUDOCU. (2019). *Proceso de fabricación del concreto - Proceso de fabricación del concreto CONCRETO: El concreto u - Studocu*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-los-andes/construcciones-ii/proceso-de-fabricacion-del-concreto/5400528>
- Supo, J., & Zacarías, H. (2020). *Metodología de la investigación Científica* (3a ed., Vol. 1). Editorial Bioestadístico.
- Wahba, S. (2018). *Los desechos: Un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- WWF. (2018). *Casi el 90% de la basura diaria generada no se recicla*. WWF, Organización Mundial de Conservación. <https://www.wwf.org.pe/?328101/Casi-el-90-de-Basura-diaria-generada-no-se-recicla>
- Zalasiewicz, J., Waters, C., Ivar do Sul, J. A., Corcoran, P. L., Barnosky, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Gałuszka, A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Steffen, W., Summerhayes, C., Wagerich, M., Williams, M., Wolfe, A. P., & Yonan, Y. (2016). The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, 13, 4–17. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>

## COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Claudio Angulo, L. (2025). *Eficacia del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) para la optimización del comportamiento mecánico de un concreto ecológico* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO”

| Problema General                                                                                                                                                                                               | Objetivo General                                                                                                                                                                                              | Hipótesis general                                                                                                                                                                      | Variables/Indicadores                                                                         | Metodología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Cuál es la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico? | Evaluar la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico. | H1: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) optimiza el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.    | <b>Variable de calibración</b><br>Aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos. | <b>Tipo de investigación</b><br>Intervención – Estudio experimental                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                        | <b>Variable evaluativa</b><br>Comportamiento mecánico.                                        | <b>Enfoque</b><br>Cuantitativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Problemas específicos</b>                                                                                                                                                                                   | <b>Objetivos Específicos</b>                                                                                                                                                                                  | H0: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos inorgánicos (Tereftalato de polietileno molido y triturado) no optimiza el comportamiento mecánico de un concreto ecológico. |                                                                                               | <b>Alcance</b><br>Aplicativo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido?                                                                     | Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno molido.                                                         |                                                                                                                                                                                        |                                                                                               | <b>Diseño</b><br>Experimento Verdadero                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno molido?                                                                     | Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno molido.                                                         |                                                                                                                                                                                        |                                                                                               | <b>Población</b><br>Concreto ecológico con Tereftalato de Polietileno molido y triturado.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno triturado?                                                                  | Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de Tereftalato de polietileno triturado.                                                      |                                                                                                                                                                                        |                                                                                               | <b>Muestra</b><br>3 testigos para los tres períodos de tiempo necesarios (7, 14 y 28 días) y dos tipos de Tereftalato de polietileno (molido y triturado), integrados al 10% y 20% respectivamente al concreto, con dos repeticiones de cada proceso para los tres períodos de tiempo necesarios (7, 14 y 28 días); siendo un total de 27 probetas. |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno triturado?                                                                  | Evaluar y describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de Tereftalato de polietileno triturado.                                                      |                                                                                                                                                                                        |                                                                                               | <b>Instrumentos</b><br>Prensa de compresión                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## ANEXO 2

# RESULTADO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>GRANULOMETRÍA</b>                           |                                                                                     |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO GRUESO                           |                                                |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO  
**SOLICITANTE:** BACH. Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 NTP 400.012 (Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso)  
 NTP 400.037 (Análisis Para agregado Grueso)  
 ASTM C-136 -06 (Standard Test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate)  
 ASTM C 33/C33M-08 (Standard Specification for Concrete Aggregates)

**2 OBJETIVO:** Analizar y representar numericamente la distribución de las partículas por tamaño

**3 MATERIALES:** Granulos HORMIGON cantera de: Figueras

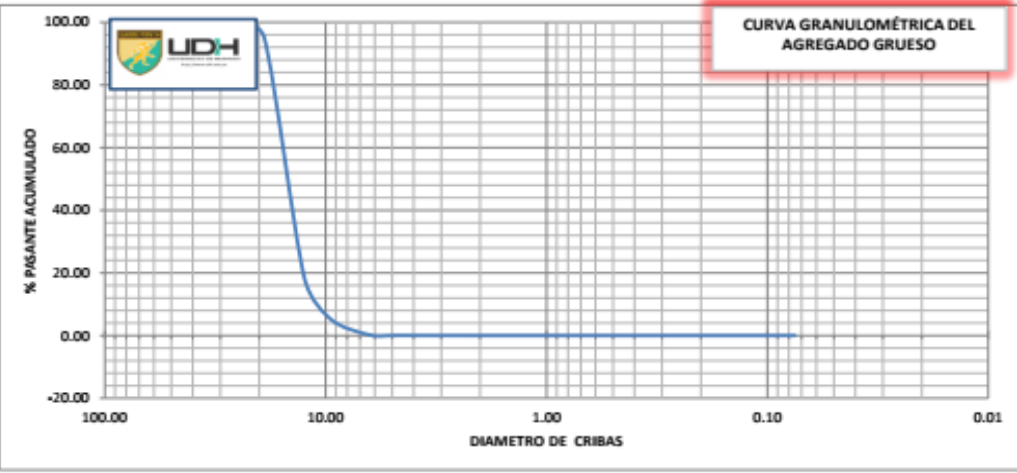
3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, bodegas de 10x10" - 12x12"  
 3.2 Cribas (Modelo Estándar Test Sieve, ASTM E-11, recipientes para peso específico)  
 3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 ANALISIS MECÁNICO**

| CRIBAS       |       | Peso Reten     | %         | % Reten       | % Pasan     |
|--------------|-------|----------------|-----------|---------------|-------------|
| Pulg         | mm    | Gramos         | Retenidos | Acumulados    | PASAN       |
| 3"           | 75.00 |                | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 2 1/2"       | 63.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 2"           | 50.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 1 1/2"       | 38.10 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 1"           | 25.40 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 3/4"         | 19.00 | 105.20         | 4.80      | 4.80          | 95.20       |
| 1/2"         | 12.50 | 1679.30        | 76.69     | 81.50         | 18.50       |
| 3/8"         | 9.50  | 289.90         | 13.24     | 94.74         | 5.26        |
| 1/4"         | 6.30  | 111.00         | 5.07      | 99.81         | 0.19        |
| 4            | 4.75  | 3.40           | 0.16      | 99.96         | 0.04        |
| 8            | 2.36  | 0.80           | 0.04      | 100.00        | 0.00        |
| 10           | 2.00  | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 12           | 1.70  | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 16           | 1.18  | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 18           | 1.00  | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 20           | 0.84  | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 30           | 0.595 | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 40           | 0.420 | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 60           | 0.250 | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 80           | 0.177 | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 100          | 0.150 | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| 200          | 0.075 | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| casoleta:    |       | 0.00           | 0.00      | 100.00        | 0.00        |
| <b>TOTAL</b> |       | <b>2189.60</b> |           | <b>100.00</b> | <b>0.00</b> |

|                     |            |
|---------------------|------------|
| W NAT + Bandeja     | 2267.20 gr |
| W Seco + Bandeja    | 2246.00 gr |
| W Lav. Seco + Band. | 2246.00 gr |
| Bandeja             | 56.40 gr   |
| MUESTRA NATURAL=    | 2210.80 g  |
| MUESTRA SECA=       | 2189.60 g  |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Error Mecánico < al    | 0.00 g   |
| 1%                     | 0.00 %   |
| Peso del AGUA          | 21.20 g  |
| Contenido de AGUA      | 0.97 %   |
| TAMAÑO MAXIMO          | 19.00 mm |
| TAMAÑO NOMINAL         | 1/2"     |
| Módulo de Finesa       | 7.81     |
| % Contenido de Gruesos | 99.96 %  |
| % Contenido de Finos   | 0.04 %   |
| % Contenido < a 200    | 0.00 %   |



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 FIRMA:   
 Bach. Lucero Leslie Claudio Angulo  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 3

### RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                       |  |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                         |  |  |  |
|                                                                                   | <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA</b> |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>FACULTAD DE INGENIERÍA - P.A. INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>       |  |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH.Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

ASTM D - 2216 Standard Test method for Laboratory Determinación of Water (Moisture) Content of Soil And Rock by Mass

ASTM D - 4643 Standard Test method for Determinación of Water (Moisture) Content of Soli by the Microwave oven Heating.

**2 OBJETIVO:** Determinar el contenido de Humedad del material por masa

**3 MATERIALES:** Granulos Grava 1/2 cantera de: Figueroa

**3.1** Estufa eléctrica de temperatura controlada, bodegas de 10x10" - 12x12"  
**3.2** Recipientes para peso específico  
**3.3** Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

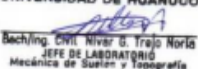
|                          |              |                |              |            |             |      |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   |              | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: |              | Superficial    | Muestra Nº   | M-01       | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00 | Y= 363984.00   | Z= 1943      |            |             |      |
| Ubicación de Muestreo:   |              |                | Figueroa     |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                       | M - 01        | M - 02        | M - 03        |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso Natural Húmedo + Bandeja | 788.10 g      | 726.40 g      | 819.40 g      |
| Peso Natural Seco + Bandeja   | 784.10 g      | 720.30 g      | 814.90 g      |
| Peso de Bandeja               | 40.00 g       | 41.70 g       | 45.30 g       |
| Peso del Suelo Húmedo         | 748.10 g      | 684.70 g      | 774.10 g      |
| Peso Suelo Seco               | 744.10 g      | 678.60 g      | 769.60 g      |
| Peso del Agua                 | 4.00 g        | 6.10 g        | 4.50 g        |
| <b>% CONTENIDO DE HUMEDAD</b> | <b>0.54 %</b> | <b>0.90 %</b> | <b>0.58 %</b> |

**6 RESULTADOS**

|                                                            |          |
|------------------------------------------------------------|----------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD                                       | 0.67 %   |
| Agua: peso y volumen de Agua en el Punto de Investigación. | 5.01 g   |
|                                                            | 5.01 cm3 |

**FIRMA:**   
 Bach/Ing. Civil Niver S. Trejo Norla  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 4

### RESULTADO DE DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                                   |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                                     |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA                    |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL                    |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>ENSAYOS DENSIDAD RELATIVA DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO</b> |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH.Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 127 Standard Test method for Density Relative (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar la Densidad Relativa de agregado grueso para concreto, Materiales por encima de 4.75 mm de diámetro

**3 MATERIALES:** Granulos HORMIGON  
 3.1 Tamiz de 4.75 mm. Canastilla  
 3.2 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                |              |            |             |      |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial    | Muestra Nº   | M-01       | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 |            | Z=          | 1943 |
| Ubicación de Muestreo:   | Figuerroa      |              |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                                              | TEST - 01   | TEST - 02   | TEST - 03   |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Masa Aparente del agregado Saturado en Agua (Peso Sumergido) = ( C ) | 549.3 g     | 554.7 g     | 565.4 g     |
| Masa Saturado Superficialmente Seco del agregado ( B )               | 880.8 g     | 882.1 g     | 907.4 g     |
| Masa Seco del Agregado al Horno ( A )                                | 874.3 g     | 877.8 g     | 897.8 g     |
| Estado Seco del Agregado ( OD ) P.E. Aparente                        | 2.637 g/cm3 | 2.681 g/cm3 | 2.625 g/cm3 |
| Estado Saturado del Agregado ( SSD )                                 | 2.657 g/cm3 | 2.694 g/cm3 | 2.653 g/cm3 |
| Humedad Absorbido por el Agregado ( %W ) (B-A)/A                     | 0.74 %      | 0.49 %      | 1.07 %      |

**6 RESULTADOS**

| DENSIDADES                                     | DENSIDAD RELATIVO (Densidad Especifica) | DENSIDAD DE MASA (Densidad) | Absorción de Agua |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Estado Seco del Agregado Para el Concreto (OD) | 2.51 g/cm3                              | 2510 Kg/m3                  | 1.46 %            |
| Estado Saturado del Agregado Concreto SSD      | 2.51 g/cm3                              | 2510 Kg/m3                  |                   |

**FIRMA:**   
 Bach/Ing. Civil Nivaldo Trejo Noria  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 5

### RESULTADO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>PESO VOLUMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO</b>     |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO  
**SOLICITANTE:** BACH. Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 29 Standard Test method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar el peso volumétrico de los Agregados Suelos y Varillados Para la Variación de Volumen en el Diseño de Concreto.

**3 MATERIALES:** Granulos HORMIGON cantera de: **Figueroa**

**3.1** Recipientes para peso volumétrico  
**3.2** Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                    |              |                  |             |      |
|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024     | Tipo Muestra | Laborator.       | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial        | Muestra Nº   | M-01             | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00       | Y= 363984.00 |                  | Z=          | 1943 |
| Ubicación de Muestreo:   | Figueroa           |              |                  |             |      |
| Datos del Recipiente:    | Diámetro: 15.24 cm |              | Altura: 11.75 cm |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                      | TEST - 01                 | TEST - 02                 | TEST - 03                 |
|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Peso del Agregado VARILLADO + Recipiente     | 9182.0 g                  | 9247.0 g                  | 9229.0 g                  |
| Peso del Agregado SUELTO + Recipiente        | 8702.0 g                  | 8711.0 g                  | 8766.0 g                  |
| Volumen del Recipiente (1/10 ft)             | 2142.92 cm <sup>2</sup>   | 2142.92 cm <sup>2</sup>   | 2142.92 cm <sup>2</sup>   |
| Peso del RECIPIENTE                          | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  |
| Peso Volumetrico del agregado Seco VARILLADO | 1475.56 Kg/m <sup>3</sup> | 1505.89 Kg/m <sup>3</sup> | 1497.49 Kg/m <sup>3</sup> |
| Peso Volumetrico del agregado Seco SUELTO    | 1251.57 Kg/m <sup>3</sup> | 1255.77 Kg/m <sup>3</sup> | 1281.43 Kg/m <sup>3</sup> |

**6 RESULTADOS**

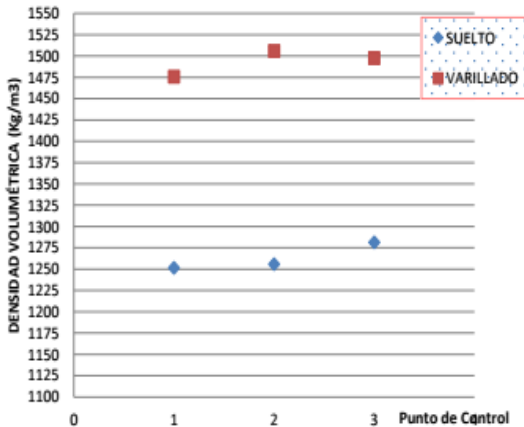
|                                        |
|----------------------------------------|
| Promedio Peso Volumétrico<br>Varillado |
| 1492.98 Kg/m <sup>3</sup>              |

|                                     |
|-------------------------------------|
| Promedio Peso Volumétrico<br>Suelto |
| 1262.92 Kg/m <sup>3</sup>           |

**FIRMA:**

  
 Bach. Ing. Civil Niver G. Trujillo  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

**Gráfico: Densidad Volumétrica**



## ANEXO 6

### RESULTADO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA - P.A. INGENIERÍA CIVIL |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>GRANULOMETRÍA</b>                           |                                                                                     |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO                             |                                                |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO  
**SOLICITANTE:** BACH. Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

NTP 400.012 ( Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso)  
 ASTM C-136 -06 (Standard Test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate)  
 ASTM C 33/C33M-08 (Standar Specification for Concrete Aggregates)

**2 OBJETIVO:** Analizar y representar numericamente la distribución de las partículas por tamaño

**3 MATERIALES:** Granulos FINOS de la cantera de: **Figueroa**

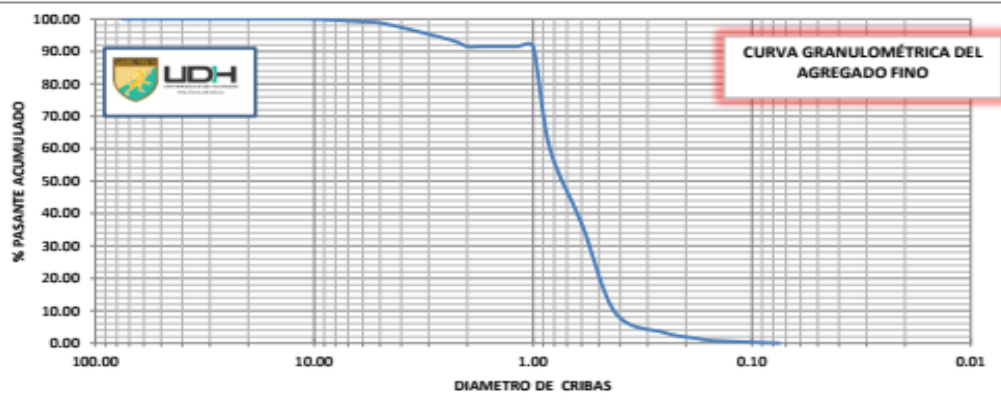
3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, bandejas de 10x10" - 12x12"  
 3.2 Cribas (Modelo Estándar Test Sieve, ASTM E-11, recipientes para peso específico)  
 3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 ANALISIS MECÁNICO**

| CRIBAS       |       | Peso Reten     | %         | % Reten       | % Pasan     |
|--------------|-------|----------------|-----------|---------------|-------------|
| Pulg         | mm    | Gramos         | Retenidos | Acumulados    | PASAN       |
| 3"           | 75.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 2 1/2"       | 63.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 2"           | 50.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 1 1/2"       | 38.10 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 1"           | 25.40 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 3/4"         | 19.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 1/2"         | 12.50 | 0.00           | 0.00      | 0.00          | 100.00      |
| 3/8"         | 9.50  | 2.10           | 0.09      | 0.09          | 99.91       |
| 1/4"         | 6.30  | 15.80          | 0.70      | 0.80          | 99.20       |
| 4            | 4.75  | 14.90          | 0.66      | 1.46          | 98.54       |
| 8            | 2.36  | 113.60         | 5.06      | 6.52          | 93.48       |
| 10           | 2.00  | 43.90          | 1.96      | 8.48          | 91.52       |
| 12           | 1.70  | 0.00           | 0.00      | 8.48          | 91.52       |
| 16           | 1.18  | 0.00           | 0.00      | 8.48          | 91.52       |
| 18           | 1.00  | 0.00           | 0.00      | 8.48          | 91.52       |
| 20           | 0.84  | 697.50         | 31.07     | 39.55         | 60.45       |
| 30           | 0.595 | 542.60         | 24.17     | 63.71         | 36.29       |
| 40           | 0.420 | 605.80         | 26.98     | 90.70         | 9.30        |
| 60           | 0.250 | 136.60         | 6.08      | 96.78         | 3.22        |
| 80           | 0.177 | 40.90          | 1.82      | 98.61         | 1.39        |
| 100          | 0.150 | 13.50          | 0.60      | 99.21         | 0.79        |
| 200          | 0.075 | 17.80          | 0.79      | 100.00        | 0.00        |
| cazoleta:    |       | 0.00           |           | 100.00        | 0.00        |
| <b>TOTAL</b> |       | <b>2245.00</b> |           | <b>100.00</b> | <b>0.00</b> |

|                    |            |
|--------------------|------------|
| W NAT + Bandeja    | 2514.00 gr |
| W Seco + Bandeja   | 2302.00 gr |
| W Lav.Seco + Band. | 2302.00 gr |
| Bandeja            | 57.00 gr   |
| MUESTRA NATURAL=   | 2457.00 g. |
| MUESTRA SECA=      | 2245.00 g. |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Error Mecanico < al 1% | 0.00 g    |
|                        | 0.00 %    |
| Peso del AGUA          | 212.00 g  |
| Contenido de AGUA      | 9.44 %    |
| TAMANO MAXIMO          | 19.000 mm |
| TAMANO NOMINAL         | 12.500 mm |
| Módulo de Finesa       | 2.70      |
| % Contenido de Gruesos | 1.46 %    |
| % Contenido de Finos   | 98.54 %   |
| % Contenido < a 200    | 0.00 %    |



**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO**

**FIRMA:**  UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Bach. Ing. CIVIL NIVEL II Trejo Morán  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 7

### RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>  |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH.Lucero Leslie Claudio Angulo

**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA

**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

ASTM D - 2216 Standard Test method for Laboratory Determinación of Water (Moisture) Content of Soil And Rock by Mass

ASTM D - 4643 Standard Test method for Determinación of Water (Moisture) Content of Soli by the Microwave oven Heating.

**2 OBJETIVO:** Determinar el contenido de Humedad del material por masa

**3 MATERIALES:** Granulos Arena Fina: Figueroa

3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, bodegas de 10x10" - 12x12"

3.2 Recipientes para peso específico

3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |  |                |              |            |             |      |
|--------------------------|--|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   |  | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: |  | Superficial    | Muestra Nº   | M-01       | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  |  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 | Z= 1943    |             |      |
| Ubicación de Muestreo:   |  | Figueroa       |              |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                       | M - 01   | M - 02   | M - 03   |
|-------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso Natural Húmedo + Bandeja | 794.10 g | 833.20 g | 852.80 g |
| Peso Natural Seco + Bandeja   | 769.60 g | 806.30 g | 844.90 g |
| Peso de Bandeja               | 47.50 g  | 50.10 g  | 48.40 g  |
| Peso del Suelo Húmedo         | 746.60 g | 783.10 g | 804.40 g |
| Peso Suelo Seco               | 722.10 g | 756.20 g | 796.50 g |
| Peso del Agua                 | 24.50 g  | 26.90 g  | 7.90 g   |
| % CONTENIDO DE HUMEDAD        | 3.39 %   | 3.56 %   | 0.99 %   |

**6 RESULTADOS**

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD                                       | 2.65 %    |
| Agua: peso y volumen de Agua en el Punto de Investigación. | 19.12 g   |
|                                                            | 19.12 cm3 |

**FIRMA:**   
 Bach. Ing. Civil Niver B. Trejo Noria  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 8

### RESULTADO DE DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                                 |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                                   |  |  |
|                                                                                   | <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA</b>           |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL                  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>ENSAYOS DENSIDAD RELATIVA DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO</b> |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO  
**SOLICITANTE:** BACH.Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 127 Standard Test method for Density Relative (Specific Gravity) and Absortion of Coarse Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar la Densidad Relativa de agregado grueso para conreto, Materiales por encima de 4.75 mm de diámetro

**3 MATERIALES:** Granulos Arena GRUESA:  
 3.1 Tamiz de 4.75 mm. Canastilla  
 3.2 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |              |                |              |            |             |      |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   |              | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata N° | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: |              | Superficial    | Muestra N°   | M-01       | Estrato N°  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00 | Y= 363984.00   | Z= 1943      |            |             |      |
| Ubicación de Muestreo:   |              |                | Figueroa     |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                           | TEST - 01   | TEST - 02   | TEST - 03   |
|---------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Arena Saturada Superficialmente Seca ( S )        | 163.9 g     | 165.4 g     | 151.5 g     |
| Masa + Picnómetro + Agua = ( B )                  | 325.7 g     | 325.7 g     | 325.7 g     |
| Masa + Picnómetro + Agua + Arena Saturada = ( C ) | 431.9 g     | 437.1 g     | 420.4 g     |
| Masa Seco del Agregado al Horno ( A )             | 155.5 g     | 158.6 g     | 149.4 g     |
| Estado Seco del Agregado ( OD ) P.E. Aparente     | 2.695 g/cm3 | 2.937 g/cm3 | 2.630 g/cm3 |
| Estado Saturado del Agregado ( SSD )              | 2.841 g/cm3 | 3.063 g/cm3 | 2.667 g/cm3 |
| Humedad Absorbido por el Agregado ( %W ) (S-A)/A  | 5.40 %      | 4.29 %      | 1.41 %      |

**6 RESULTADOS**

| DENSIDADES                                     | DENSIDAD RELATIVO (Densidad Especifica) | DENSIDAD DE MASA (Densidad) | Absorción de Agua |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Estado Seco del Agregado Para el Concreto (OD) | 2.75 g/cm3                              | 2754 Kg/m3                  | 3.70 %            |
| Estado Saturado del Agregado Concreto SSD      | 2.86 g/cm3                              | 2857 Kg/m3                  |                   |

**FIRMA:**   
 Baching, Emil Nival U. Trujillo  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 9

### RESULTADO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                |  |  |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>PESO VOLUMÉTRICO DE AGREGADO FINO</b>       |  |  |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO  
**SOLICITANTE:** BACH.Lucero Leslie Claudio Angulo  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 29 Standard Test method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Agregate

**2 OBJETIVO:** Determinar el peso volumétrico de los Agregados Suelos y Varillados Para la Variación de Volumen en el Diseño de Concreto.

**3 MATERIALES:** Granulos Arena GRUESA:  
 3.1 Recipientes para peso volumétrico  
 3.2 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                    |              |                  |             |      |
|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024     | Tipo Muestra | Laborator.       | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial        | Muestra Nº   | M-01             | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00       | Y= 363984.00 |                  | Z=          | 1943 |
| Ubicación de Muestreo:   | Figueroa           |              |                  |             |      |
| Datos del Recipiente:    | Diametro: 15.24 cm |              | Altura: 11.75 cm |             |      |

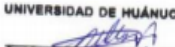
**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                      | TEST - 01                 | TEST - 02                 | TEST - 03                 |
|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Peso del Agregado VARILLADO + Recipiente     | 9386.0 g                  | 9417.0 g                  | 9420.0 g                  |
| Peso del Agregado SUELTO + Recipiente        | 9143.0 g                  | 9160.0 g                  | 9140.0 g                  |
| Volumen del Recipiente (1/10 ft)             | 2142.92 cm <sup>3</sup>   | 2142.92 cm <sup>3</sup>   | 2142.92 cm <sup>3</sup>   |
| Peso del RECIPIENTE                          | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  |
| Peso Volumetrico del agregado Seco VARILLADO | 1570.76 Kg/m <sup>3</sup> | 1585.22 Kg/m <sup>3</sup> | 1586.62 Kg/m <sup>3</sup> |
| Peso Volumetrico del agregado Seco SUELTO    | 1457.36 Kg/m <sup>3</sup> | 1465.29 Kg/m <sup>3</sup> | 1455.96 Kg/m <sup>3</sup> |

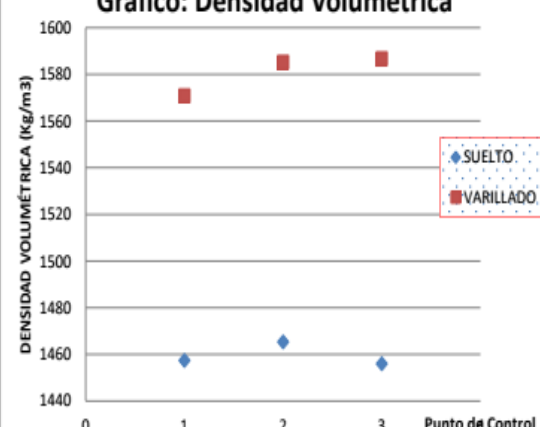
**6 RESULTADOS**

|                                     |
|-------------------------------------|
| Promedio Peso Volumétrico Varillado |
| 1580.87 Kg/m <sup>3</sup>           |
| Promedio Peso Volumétrico Suelto    |
| 1459.54 Kg/m <sup>3</sup>           |

**FIRMA:**

  
 Baching Civil Nivel 8, Trajo Norte  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

**Gráfico: Densidad Volumétrica**



# ANEXO 10

## DISEÑO DE MEZCLA

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO                         |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | DOSIFICACIÓN PARA CONCRETO                     |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (Tereftalato de polietileno molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH.Lucero Leslie Claudio Angulo

**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA

**FECHA:** 12/07/2024

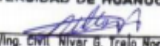
### 1 Estandarización Inicial Para la Dosificación

| 1.1 | Condición de Trabajabilidad                                                                                         | Concreto Sin Aire Incorporado |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1.2 | Factor Requerido ( $f'_{cr}$ )                                                                                      | 0.00 MPa                      |
| 1.3 | Resistencia de específica ( $f'_c$ )                                                                                | 210 Kg/cm <sup>2</sup>        |
| 1.4 | Resistencia de Diseño ( $f'_{cr}$ )                                                                                 | 294                           |
| 1.5 | Tamaño Máximo Nominal del Agregado                                                                                  | 1/2"                          |
| 1.6 | Módulo de Finura del agregado en el Diseño (MF)                                                                     | 2.70                          |
| 1.7 | Agua de Mezcla SLUMP: 2" a 4" TMN (ACI Tabla 6.3.3)                                                                 | 197.00                        |
| 1.8 | Cantidad de Aire por TMN (ACI Tabla 6.3.3)                                                                          | 2.5 %                         |
| 1.9 | Relación Agua / Cemento $f'_{cr}$ (ACI Tabla 6.3.4)                                                                 | 0.55                          |
| 2.0 | Factor de Participación de Agregado Grueso en volumen según MF y TMN del agregado grueso (ACI Tabla 6.3.6) F.P.A.G. | 0.560                         |

| DOSIFICACION DE MATERIALES CORREGIDOS |            |          |                   |
|---------------------------------------|------------|----------|-------------------|
| Cemento:                              |            | 358.1818 | Kg/m <sup>3</sup> |
| Agua                                  |            | 213.1616 | lt/m <sup>3</sup> |
| Agregado Fino Seco                    |            | 936.5862 | Kg/m <sup>3</sup> |
| Agregado Grueso Seco                  |            | 841.441  | Kg/m <sup>3</sup> |
|                                       | Densidad = | 2349.371 | Kg/m <sup>3</sup> |

| DOSIFICACION X BOLSA |            |          |                   |
|----------------------|------------|----------|-------------------|
| Cemento:             |            | 1        | BOLSA             |
| Agua                 |            | 25.29266 | lt                |
| Agregado Fino Seco   |            | 111.1305 | Kg                |
| Agregado Grueso Seco |            | 99.84103 | Kg                |
|                      | Densidad = | 2349.371 | Kg/m <sup>3</sup> |

| POLIETILENO |          |
|-------------|----------|
| 1.50%       | 922.86 g |

FIRMA:   
 Bechling Civil Nivar S. Trejo Noris  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 11

### DISEÑO DE MEZCLA CON TEREFALATO DE POLIETILENO (PET)



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL  
DOSIFICACIÓN PARA CONCRETO CON TEREFALATO DE POLIETILENO (PET)



**PROCESO DE CÁLCULOS**

Cemento Blend IP y = 3.07  
Cemento Portland y = 3.15

**AGREGADO FINO**

Peso Espec. Masa y = 2.75  
Absorción = 3.70 %  
Ww = 2.65 %  
M.F. = 2.70

**AGREGADO GRUESO**

T.M.N. = 1/2"  
Peso Seco Compactado = 1492.98  
Peso Espec. Masa y = 2.5100  
Absorción = 1.46 %  
Ww = 0.67 %  
M.F. = 7.81

**R. AGUA CEMENTO**

| f'c    | A/C  |
|--------|------|
| 210    | 0.55 |
| 210.00 | 0.55 |
| 245    | 0.45 |

Contenido de Cemento = 358.18 kg

Contenido de Aire

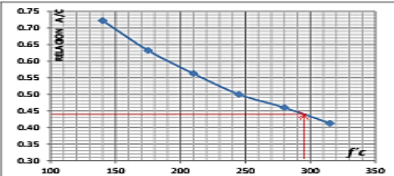
| TMN    | Air Air |
|--------|---------|
| 3/8"   | 1.0 %   |
| 1/2"   | 2.5 %   |
| 3/4"   | 2.0 %   |
| 1"     | 1.5 %   |
| 1 1/2" | 1.0 %   |
| 2"     | 0.5 %   |
| 3"     | 0.3 %   |
| 6"     | 0.2 %   |

**VALORES Y DISEÑOS**

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Cemento:              | 358.18 Kg/m³ |
| Agua:                 | 197.00 l/m³  |
| Agregado Fino Seco:   | 912.43 Kg/m³ |
| Agregado Grueso Seco: | 835.81 Kg/m³ |

**CORRECCION DEL AGUA**

Fino = Hum Sup -9.590 litros  
Grueso = Hum Suj -6.572 litros  
-16.162 litros  
**Agua Corregida = 213.162 litros**



**5. F.P.A.G.**

| L. Sup | M.F.  | L. Inf. |
|--------|-------|---------|
| 2.8    | 2.70  | 2.6     |
| 0.55   | 0.560 | 0.57    |

**7. PESO AGREGADO GRUESO**

F.P.A.G. \* PV Variado = 835.81 kg/m³

**9. VOLUMENES ABSOLUTO**

Cemento: 0.1137 m³  
Agua: 0.197 m³  
Aire: 0.025 m³  
Ag. Grueso: 0.333 m³  
Suma ABS: 0.6687 m³

**11. VOLUMEN AGREGADO FINO**

1- Sum. ABS = 0.3313 m³  
Peso y \* vol = 912.43 Kg/m³

**13. CORRECCION POR HUMEDAD**

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Cemento:              | 358.18 Kg/m³ |
| Agua:                 | 197.00 Kg/m³ |
| Ag. Fino Seco + %W:   | 936.59 Kg/m³ |
| Ag. Grueso Seco + %W: | 841.44 Kg/m³ |

**14. HUMEDAD**

Superficial (%W-Absorcion) Fino -1.05 %  
Grueso -0.79 %

**16. DOSIFICACION DE MATERIALES CORREGIDOS**

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| Cemento:              | 358.18 Kg/m³  |
| Agua:                 | 213.16 l/m³   |
| Agregado Fino Seco:   | 936.59 Kg/m³  |
| Agregado Grueso Seco: | 841.44 Kg/m³  |
| Densidad =            | 2349.37 Kg/m³ |

**17. DOSIFICACION X BOLSA**

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| Cemento:              | 1.00 BOLSA    |
| Agua:                 | 25.29 lt      |
| Agregado Fino Seco:   | 111.13 Kg     |
| Agregado Grueso Seco: | 99.84 Kg      |
| Densidad =            | 2349.37 Kg/m³ |

**18. DOSIFICACION x1/ 2 de bolsa**

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Cemento:              | 21.25 kg |
| Agua:                 | 12.65 lt |
| Agregado Fino Seco:   | 55.57 Kg |
| Agregado Grueso Seco: | 49.92 Kg |

**19. DOSIFICACION 5301.4**

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Cemento:              | 0.0053 |
| Agua:                 | 1.899  |
| Agregado Fino Seco:   | 1.130  |
| Agregado Grueso Seco: | 4.965  |
| Agregado Grueso Seco: | 4.461  |

**COMITÉ 211 A.C.I.**

**VOLUMEN DE AGUA LITROS/ m³**

| TMN       | 1" a 2"   | 3" a 4"   | 4" a 6"   | 6" a 7"  |        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|
| 1.5 Pulg. | 3.5 Pulg. | 5.0 Pulg. | 6.5 Pulg. |          |        |
| Ag. Red.  | Ag. Red.  | Ag. Red.  | Ag. Red.  | Ag. Ang. |        |
| 1/8"      | 185       | 212       | 201       | 227      | 215.50 |
| 1/2"      | 182       | 201       | 197       | 216      | 208.00 |
| 3/4"      | 170       | 189       | 185       | 204      | 196.50 |
| 1"        | 163       | 182       | 178       | 197      | 187.50 |
| 1 1/2"    | 153       | 170       | 170       | 185      | 177.50 |
| 2"        | 148       | 163       | 163       | 178      | 170.50 |
| 3"        | 136       | 151       | 151       | 167      | 157.00 |

**CANTIDAD DE AGUA**

| TMN    | 3.5    | 5      | 6.5    |
|--------|--------|--------|--------|
| 3/8"   | 201.00 | 215.50 | 230.00 |
| 1/2"   | 197.00 | 208.00 | 219.00 |
| 3/4"   | 185.00 | 196.50 | 208.00 |
| 1"     | 178.00 | 187.50 | 197.00 |
| 1 1/2" | 170.00 | 177.50 | 185.00 |
| 2"     | 163.00 | 170.50 | 178.00 |
| 3"     | 151.00 | 157.00 | 163.00 |

**Interpolación A/C Aire**

| f'c     | Relación A/C con Aire |
|---------|-----------------------|
| 28 días | 2 3.5 4               |
| 140     | 0.76 0.72 0.71        |
| 175     | 0.67 0.63 0.62        |
| 210     | 0.60 0.56 0.55        |
| 245     | 0.53 0.50 0.49        |
| 280     | 0.49 0.46 0.45        |
| 315     | 0.45 0.41 0.40        |
| 350     | 0.40                  |

**A/C con Aire Atrapado**

| f'c     | Relación A/C con contenidos Aire |
|---------|----------------------------------|
| 28 días | 2% 4% 6% 8%                      |
| 140     | 0.76 0.71 0.67 0.60              |
| 175     | 0.67 0.62 0.58 0.51              |
| 210     | 0.60 0.55 0.51 0.45              |
| 245     | 0.53 0.49 0.45 0.37              |
| 280     | 0.49 0.45 0.40 0.33              |
| 315     | 0.45 0.40 0.36 0.29              |
| 350     | 0.40                             |

**CONTENIDO DE AGUA ATRAPADO**

| TMN    | Exp Suave | Exp. Moderada | Exp Severa |
|--------|-----------|---------------|------------|
| 3/8"   | 4.5 %     | 6.0 %         | 7.5 %      |
| 1/2"   | 4.0 %     | 5.5 %         | 7.0 %      |
| 3/4"   | 3.5 %     | 5.0 %         | 6.5 %      |
| 1"     | 3.0 %     | 4.5 %         | 6.0 %      |
| 1 1/2" | 2.5 %     | 4.0 %         | 5.5 %      |
| 2"     | 2.0 %     | 3.5 %         | 5.0 %      |
| 3"     | 1.5 %     | 3.0 %         | 4.5 %      |
| 6"     | 1.0 %     | 2.5 %         | 4.0 %      |

**RELACION DE AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA**

Relac. In Aire Incorp. Relac. Agua Cemento Por Peso del Cemento

| f'c     | Relación A/C TMN peso |
|---------|-----------------------|
| 28 días | 3/8" 1 1/2"           |
| 140     | 0.87 0.85 0.80        |
| 175     | 0.79 0.76 0.71        |
| 210     | 0.72 0.69 0.64        |
| 245     | 0.66 0.62 0.58        |
| 280     | 0.61 0.58 0.53        |
| 315     | 0.57 0.53 0.49        |
| 350     | 0.53 0.49 0.45        |

| f'c     | Relación A/C   | f'c     | Relación A/C   | f'c     | Relación A/C   |
|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| 28 días | 3/8" 1 1/2"    | 28 días | 3/8" 1 1/2"    | 28 días | 3/8" 1 1/2"    |
| 140     | 0.87 0.85 0.80 | 140     | 0.87 0.85 0.80 | 140     | 0.87 0.85 0.80 |
| 175     | 0.79 0.76 0.71 | 175     | 0.79 0.76 0.71 | 175     | 0.79 0.76 0.71 |
| 210     | 0.72 0.69 0.64 | 210     | 0.72 0.69 0.64 | 210     | 0.72 0.69 0.64 |
| 245     | 0.66 0.62 0.58 | 245     | 0.66 0.62 0.58 | 245     | 0.66 0.62 0.58 |
| 280     | 0.61 0.58 0.53 | 280     | 0.61 0.58 0.53 | 280     | 0.61 0.58 0.53 |
| 315     | 0.57 0.53 0.49 | 315     | 0.57 0.53 0.49 | 315     | 0.57 0.53 0.49 |
| 350     | 0.53 0.49 0.45 | 350     | 0.53 0.49 0.45 | 350     | 0.53 0.49 0.45 |

**2. VALORES Y DISEÑOS**

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Cemento:              | 358.18 Kg/m³ |
| Agua:                 | 197.00 l/m³  |
| Agregado Fino Seco:   | 912.43 Kg/m³ |
| Agregado Grueso Seco: | 835.81 Kg/m³ |

**CORRECCION DEL AGUA**

Fino = Hum Sup -9.590 litros  
Grueso = Hum Suj -6.572 litros  
-16.162 litros  
**Agua Corregida = 213.162 litros**

**13. CORRECCION POR HUMEDAD**

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Cemento:              | 358.18 Kg/m³ |
| Agua:                 | 197.00 Kg/m³ |
| Ag. Fino Seco + %W:   | 936.59 Kg/m³ |
| Ag. Grueso Seco + %W: | 841.44 Kg/m³ |

**14. HUMEDAD**

Superficial (%W-Absorcion) Fino -1.05 %  
Grueso -0.79 %

**16. DOSIFICACION DE MATERIALES CORREGIDOS**

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| Cemento:              | 358.18 Kg/m³  |
| Agua:                 | 213.16 l/m³   |
| Agregado Fino Seco:   | 936.59 Kg/m³  |
| Agregado Grueso Seco: | 841.44 Kg/m³  |
| Densidad =            | 2349.37 Kg/m³ |

**17. DOSIFICACION X BOLSA**

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| Cemento:              | 1.00 BOLSA    |
| Agua:                 | 25.29 lt      |
| Agregado Fino Seco:   | 111.13 Kg     |
| Agregado Grueso Seco: | 99.84 Kg      |
| Densidad =            | 2349.37 Kg/m³ |

**18. DOSIFICACION x1/ 2 de bolsa**

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Cemento:              | 21.25 kg |
| Agua:                 | 12.65 lt |
| Agregado Fino Seco:   | 55.57 Kg |
| Agregado Grueso Seco: | 49.92 Kg |

**19. DOSIFICACION 5301.4**

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Cemento:              | 0.0053 |
| Agua:                 | 1.899  |
| Agregado Fino Seco:   | 1.130  |
| Agregado Grueso Seco: | 4.965  |
| Agregado Grueso Seco: | 4.461  |

**RELACION DE AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA**

Relac. In Aire Incorp. Relac. Agua Cemento Por Peso del Cemento

| f'c     | Relación A/C   | f'c     | Relación A/C   | f'c     | Relación A/C   |
|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| 28 días | 3/8" 1 1/2"    | 28 días | 3/8" 1 1/2"    | 28 días | 3/8" 1 1/2"    |
| 140     | 0.87 0.85 0.80 | 140     | 0.87 0.85 0.80 | 140     | 0.87 0.85 0.80 |
| 175     | 0.79 0.76 0.71 | 175     | 0.79 0.76 0.71 | 175     | 0.79 0.76 0.71 |
| 210     | 0.72 0.69 0.64 | 210     | 0.72 0.69 0.64 | 210     | 0.72 0.69 0.64 |
| 245     | 0.66 0.62 0.58 | 245     | 0.66 0.62 0.58 | 245     | 0.66 0.62 0.58 |
| 280     | 0.61 0.58 0.53 | 280     | 0.61 0.58 0.53 | 280     | 0.61 0.58 0.53 |
| 315     | 0.57 0.53 0.49 | 315     | 0.57 0.53 0.49 | 315     | 0.57 0.53 0.49 |
| 350     | 0.53 0.49 0.45 | 350     | 0.53 0.49 0.45 | 350     | 0.53 0.49 0.45 |

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

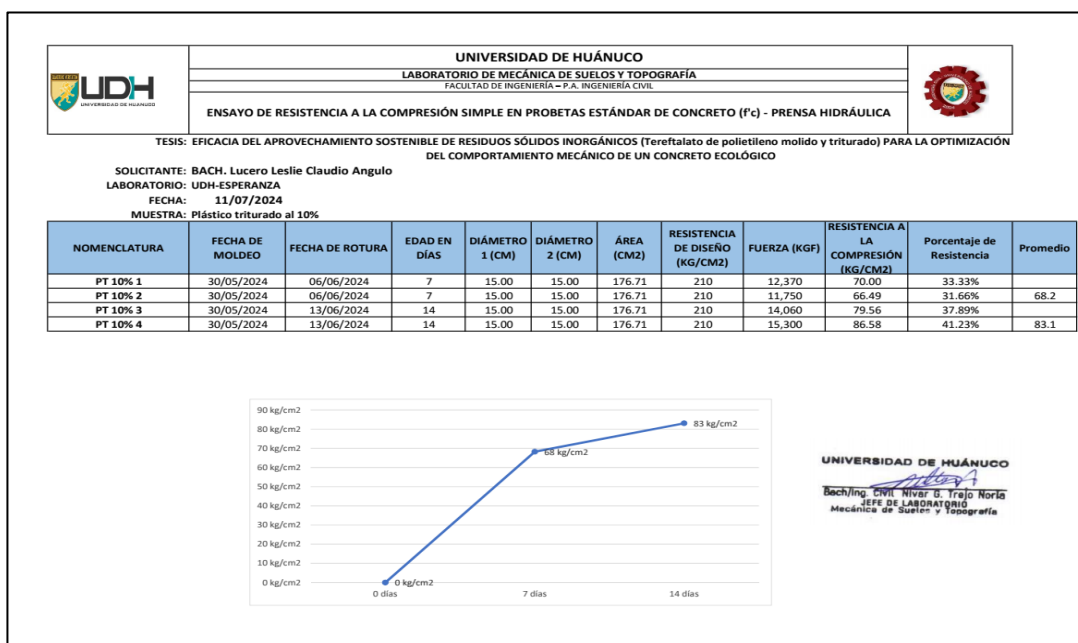
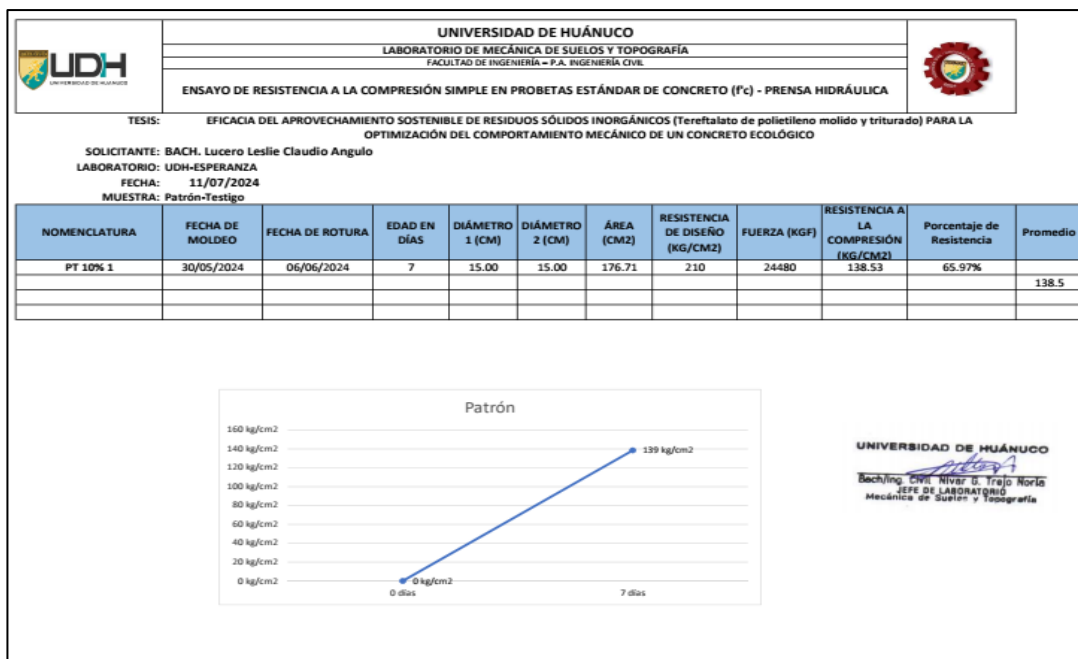
FIRMA: Bach./Ing. Civil Niver G. Trejo Noria

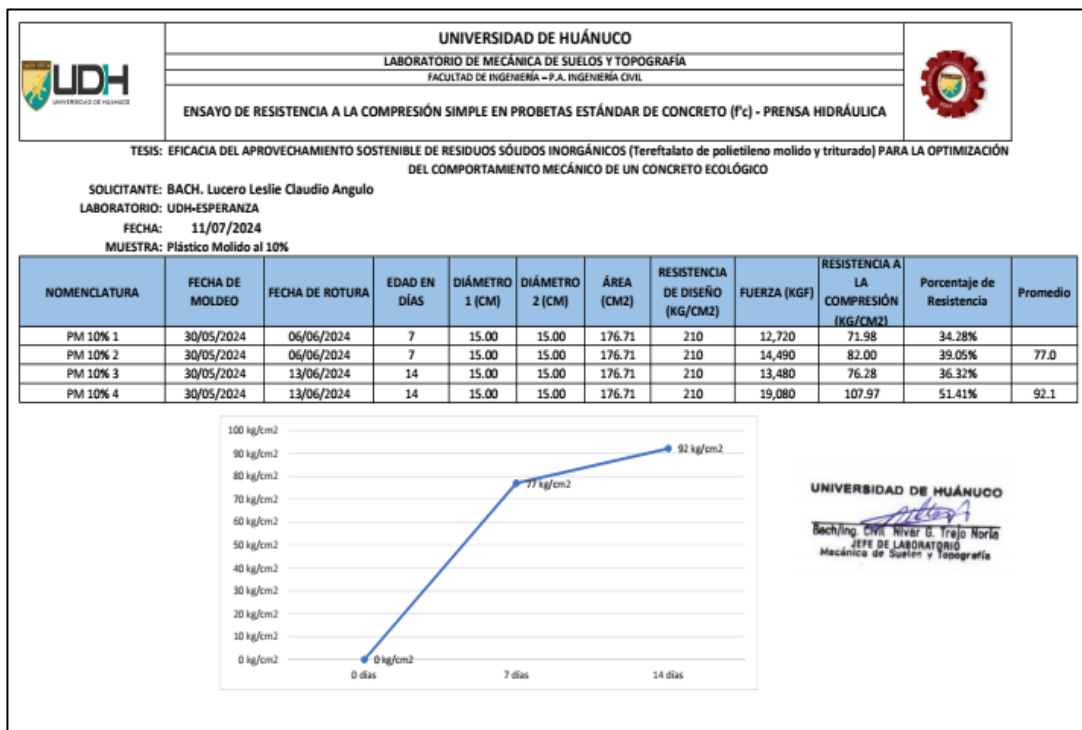
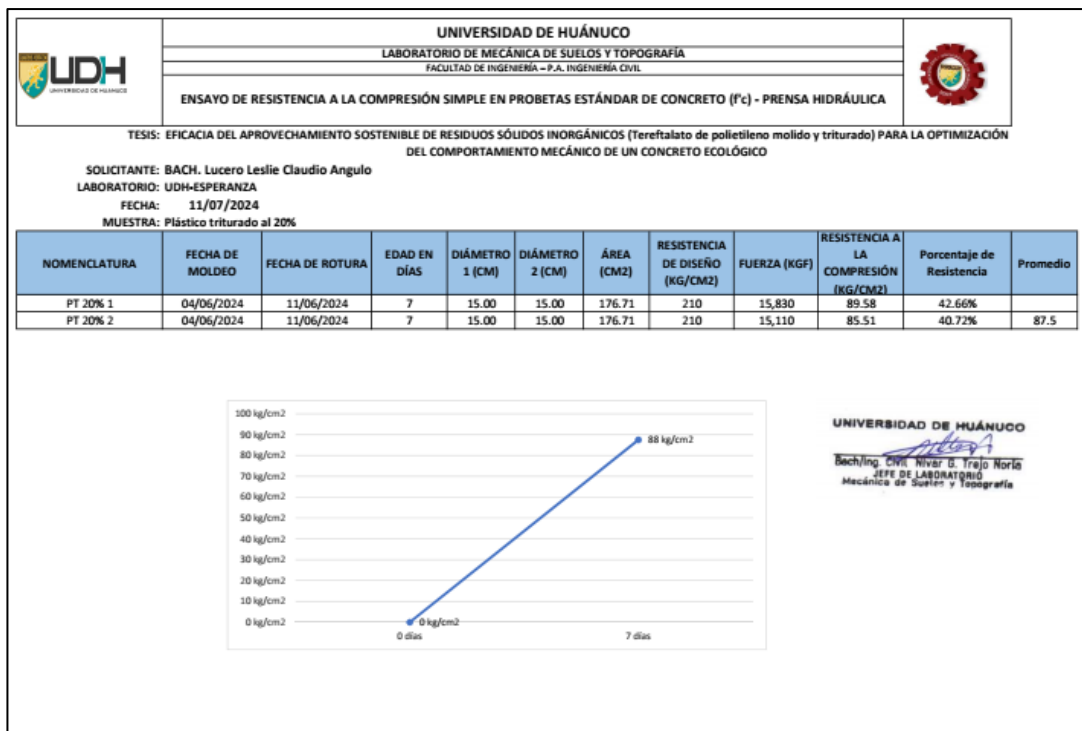
JEFE DE LABORATORIO

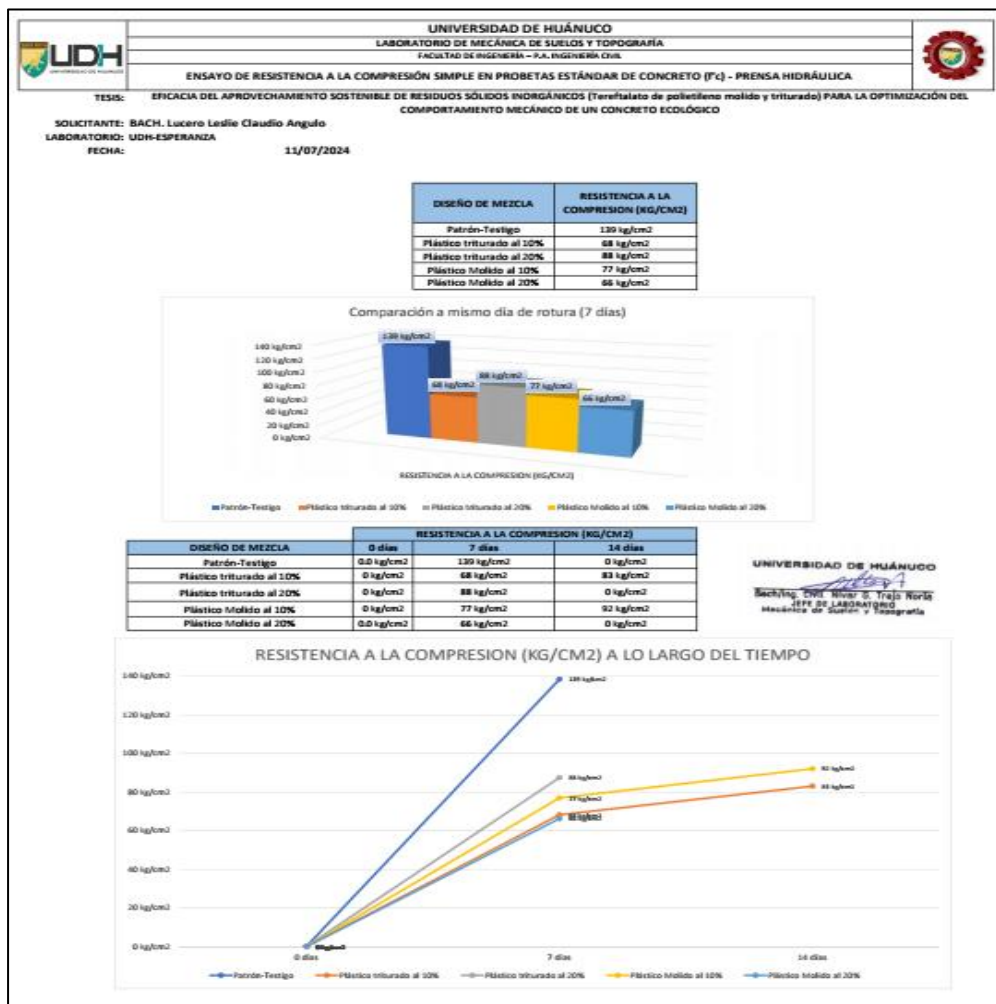
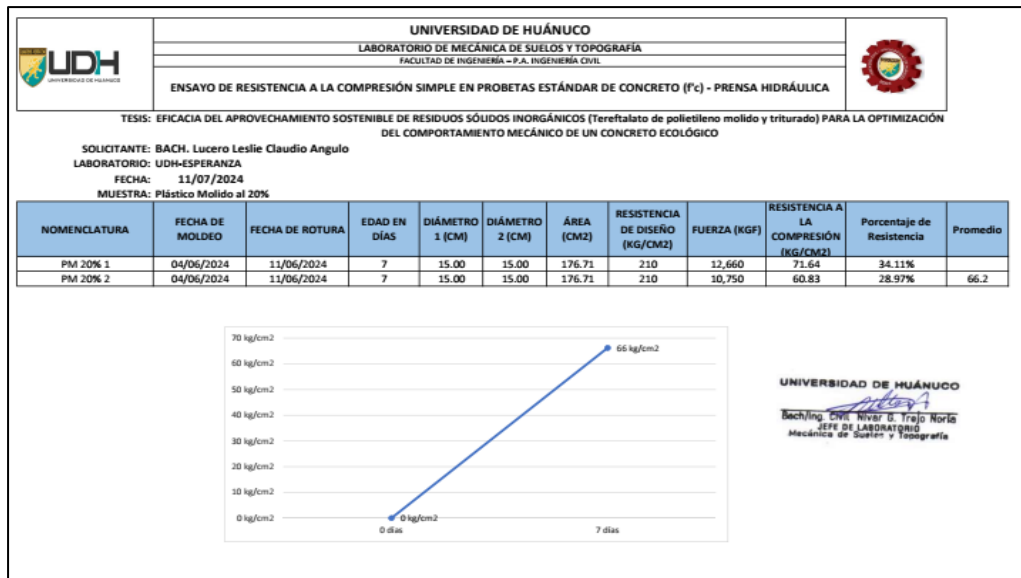
Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 12

### EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO







## ANEXO 13

### EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA EMPRESA UNICONCRET



UNICONCRET  
UNIDOS EN CONCRETO

LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE ROTURAS - 01

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
Ubicación : HUANUCO, HUANUCO  
Expediente N° : 1720  
Fecha De Emisión : 15/07/2024

ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-011\*)

I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

| N° | IDENTIFICACION DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DIAS) | DIAMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | f <sub>c</sub> (kg/cm²) | f <sub>c</sub> Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|------|
| 1  | PT-10%-5                      | 30/05/24        | 27/06/24        | 28          | 150           | 17671      | 241.35            | 199                     | 131                              | 3    |
| 2  | PT-10%-6                      | 30/05/24        | 27/06/24        | 28          | 150           | 17671      | 212.95            | 123                     |                                  | 3    |

NOTAS DE ENSAYO:

- La cantidad de muestras ensayadas son 2 probetas cilíndricas de concreto de 6x12".
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.8D a 2.2D (mm).

II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:

Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

III. OBSERVACIONES:

Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.

El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.

Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.  
Técnico : Sr. W. Canduelas G.  
(\*). Procedimiento interno de ensayos.



H. Chávez Zevallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET



Ing. Cristian Prima Chávez  
CIP: 221504  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

Av. Tupac Amaru N° 930 Urb. Paucarbamba - Amarilla - Huánuco    910 007 624    uniconcret@unidosenconcreto.com    Página 1 de 2



I. ANEXO:

Panel fotográfico de los ensayos de compresión



Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 01.



Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 01.

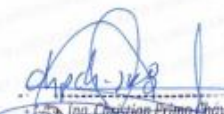


Fig. 3: Carga máxima de compresión de la Muestra 02.



Fig. 4: Tipo de falla de la Muestra 02.

  
Horacio J. Chávez Zevallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Ing. Christian Primo Chávez  
CIP: 221504  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

**LABORATORIO DE MATERIALES**

INFORME DE ROTURAS - 03

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ÁNGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO"  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-011")

**I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIÁMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | Fc (kg/cm²) | fc Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|-------------|----------------------|------|
| 4  | PT-20%-3                      | 04/06/24        | 18/06/24        | 14          | 150           | 17671      | 249.00            | 144         | 149                  | 3    |
| 5  | PT-20%-4                      | 04/06/24        | 18/06/24        | 14          | 150           | 17671      | 267.77            | 154         |                      | 3    |

**NOTAS DE ENSAYO:**

- La cantidad de muestras ensayadas son 2 probetas cilíndricas de concreto de 6x12".
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.8D a 2.2D (mm).

**II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:**

Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

**III. OBSERVACIONES:**

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Canduelas G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 Hans J. Chávez Zevallos  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 Ing. Christian Primo Chávez  
 CIP: 221504  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



I. ANEXO:

Panel fotográfico de los ensayos de compresión

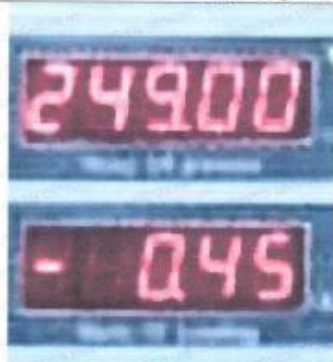


Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 04.



Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 04.



Fig. 3: Carga máxima de compresión de la Muestra 05.



Fig. 4: Tipo de falla de la Muestra 05.

  
Juan M. Chávez Zevallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Ing. Christian Primo Chávez  
CIP: 221504  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

## LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE ROTURAS - 04

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

### ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

(NORMA DE REFERENCIA NTP 399.034 / ASTM C 29 / UC-CC-ME-011\*)

#### I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIÁMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | $f_c$ (kg/cm²) | $f_c$ Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|------|
| 6  | PT-20%-5                      | 04/06/24        | 02/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 279.35            | 189            | 162                     | 2    |
| 7  | PT-20%-6                      | 04/06/24        | 02/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 287.06            | 166            |                         | 2    |

#### NOTAS DE ENSAYO:

- La cantidad de muestras ensayadas son 2 probetas cilíndricas de concreto de 150mm.
- Las muestras se encuentran húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.80 a 2.20 (mm).

#### II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:

Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

#### III. OBSERVACIONES:

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Candueles G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 H. Chávez Z. Zavallos  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 W. Candueles G. Candueles  
 CIP: 221504  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



I. ANEXO:

Panel fotográfico de los ensayos de compresión



Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 06.



Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 06.



Fig. 3: Carga máxima de compresión de la Muestra 07.



Fig. 4: Tipo de falla de la Muestra 07.

  
Mario J. Chaves Zevallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Mario Chaves Zevallos  
CIP: 221504  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

**LABORATORIO DE MATERIALES**

INFORME DE ROTURAS - 05

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-011\*)

**I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIÁMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | f <sub>c</sub> (kg/cm²) | f <sub>c</sub> Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|------|
| 8  | PM-20%-3                      | 04/06/24        | 18/06/24        | 14          | 150           | 17673      | 178.54            | 104                     | 108                              | 3    |
| 9  | PM-20%-4                      | 04/06/24        | 18/06/24        | 14          | 150           | 17673      | 164.77            | 112                     |                                  | 3    |

**NOTAS DE ENSAYO:**

- La cantidad de muestras ensayadas son 2 probetas cilíndricas de concreto de 1x12".
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.8D a 2.2D (mm).

**II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:**

Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

**III. OBSERVACIONES:**

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Candurías G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 H. Chávez Zevallos  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 W. Candurías G.  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



## I. ANEXO:

## Panel fotográfico de los ensayos de compresión



Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 08.



Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 08.



Fig. 3: Carga máxima de compresión de la Muestra 09.



Fig. 4: Tipo de falla de la Muestra 09.

  
Hans J. Chavez Zavallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Jorgi Chaves Pardo Chavez  
CIP: 221504  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

**LABORATORIO DE MATERIALES**

INFORME DE ROTURAS - 06

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-011)

**I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

| N° | IDENTIFICACION DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIAMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | f <sub>c</sub> (kgf/cm²) | f <sub>c</sub> Promedio (kgf/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------------|------|
| 10 | PM-20%-5                      | 04/06/24        | 02/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 213.65            | 122                      | 120                               | 2    |
| 11 | PM-20%-6                      | 04/06/24        | 02/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 205.78            | 119                      |                                   | 2    |

**NOTAS DE ENSAYO:**

- La cantidad de muestras ensayadas son 2 probetas cilíndricas de concreto de 6x12".
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.8D a 2.2D (mm).

**II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:**

Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

**III. OBSERVACIONES:**

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Canduelas G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 Hans J. Chávez Zevallos  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 Ing. Christian Prieto Chávez  
 CIP: 221904  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



I. ANEXO:

Panel fotográfico de los ensayos de compresión



Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 10



Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 10



Fig. 3: Carga máxima de compresión de la Muestra 11



Fig. 4: Tipo de falla de la Muestra 11

  
Hans J. Chavez Becallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Hans J. Chavez Becallos  
CIP: 221504  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

**LABORATORIO DE MATERIALES**

INFORME DE ROTURAS - 07

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-031\*)

**I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

| N° | IDENTIFICACION DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIAMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | fc (kg/cm²) | fc Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|-------------|----------------------|------|
| 12 | T2                            | 04/06/24        | 15/06/24        | 14          | 150           | 17671      | 413.77            | 240         | -                    | 2    |

**NOTAS DE ENSAYO:**

- La cantidad de muestras ensayadas son 1 probetas cilíndricas de concreto de 6x12"
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.80 a 2.20 (mm)

**II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:**

- Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

**III. OBSERVACIONES:**

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Canduelas G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 H. Chávez Z. Zecallas  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 Ins. Christian Primo Chávez  
 CIP: 221504  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



I. ANEXO:

Panel fotográfico de los ensayos de compresión



Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 12.



Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 12.

  
Ricardo Chávez Zavallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Carlos Primo Chávez  
CIP: 221564  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

**LABORATORIO DE MATERIALES**

INFORME DE ROTURAS - 08

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-011)

**I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIÁMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | $f_c$ (kg/cm²) | $f_c$ Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|------|
| 13 | T3                            | 04/06/24        | 03/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 446.32            | 297            | -                       | 3    |

**NOTAS DE ENSAYO**

- La cantidad de muestras ensayadas son 1 probetas cilíndricas de concreto de 150mm.
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 180 a 220 (mm).

**II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:**

- Nombre: Prensa de concreto      Marca: PYS Equipos      Modelo: SYE-2000      Serie: 211101-18

**III. OBSERVACIONES:**

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Canduelas G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 Hans J. Chávez Zavallos  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 Ing. Christian Primo Chávez  
 CIP: 221504  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



I. ANEXO:

Panel fotográfico de los ensayos de compresión



Fig. 1. Carga máxima de compresión de la Muestra 13.

Fig. 2. Tipo de falla de la Muestra 13.

  
Ing. Christian Primo Chávez  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Ing. Christian Primo Chávez  
CIP: 221904  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

**LABORATORIO DE MATERIALES**

INFORME DE ROTURAS - 09

Solicitante : UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
 Atención : LUCERO LESLIE CLAUDIO ANGULO  
 Obra/Proyecto : EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (plásticos PET molido y triturado) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO\*  
 Ubicación : HUÁNUCO, HUÁNUCO  
 Expediente N° : 1720  
 Fecha De Emisión : 15/07/2024

**ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

(NORMA DE REFERENCIA NTP 339.034 / ASTM C 39 / UC-CC-ME-011)

**I. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRAS | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (DÍAS) | DIÁMETRO (mm) | ÁREA (mm²) | CARGA MÁXIMA (kN) | f <sub>c</sub> (kg/cm²) | f <sub>c</sub> Promedio (kg/cm²) | T.F. |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|------|
| 14 | PM 10%-5                      | 06/06/24        | 04/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 417.29            | 240                     | 240                              | 3    |
| 15 | PM 10%-6                      | 06/06/24        | 04/07/24        | 28          | 150           | 17671      | 417.40            | 240                     | 240                              | 3    |

**NOTAS DE ENSAYO:**

- La cantidad de muestras ensayadas son 2 probetas cilíndricas de concreto de 6x12".
- Las muestras se encontraban húmedas al momento del ensayo.
- Todas las probetas cilíndricas se encuentran dentro del rango de 1.80 a 2.20 (mm).

**II. INFORMACIÓN DEL EQUIPO:**

- Nombre: Prensa de concreto    Marca: PYS Equipos    Modelo: SYE-2000    Serie: 211101-18

**III. OBSERVACIONES:**

- Las muestras y su identificación fueron proporcionadas por el solicitante.
- El suscrito no se responsabiliza de las conclusiones y usos que se deriven de este ensayo.
- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización de laboratorio UNICONCRET.

Hecho por : Bach/Ing. H. Chávez Z.

Técnico : Sr. W. Candueles G.

(\*) Procedimiento interno de ensayos.

  
 H. Chávez Z. Zavallos  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 UNICONCRET

  
 Ing. Cristian Prieto Chávez  
 CIP: 221904  
 JEFE DE LABORATORIO  
 UNICONCRET



I. ANEXO:

| Panel fotográfico de los ensayos de compresión                                     |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| <i>Fig. 1: Carga máxima de compresión de la Muestra 14.</i>                        | <i>Fig. 2: Tipo de falla de la Muestra 14.</i>                                      |
|  |  |
| <i>Fig. 3: Carga máxima de compresión de la Muestra 15.</i>                        | <i>Fig. 4: Tipo de falla de la Muestra 15.</i>                                      |

  
Ronald J. Chavez Zevallos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
UNICONCRET

  
Ing. Christian Prieto Chávez  
CIP: 221594  
JEFE DE LABORATORIO  
UNICONCRET

## ANEXO 14

### PANEL FOTOGRÁFICO



Insumos requeridos para la elaboración del proyecto de tesis.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .



Pesaje de los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo al diseño de mezcla, en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



Pesaje de los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo al diseño de mezcla, en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



Procedimiento de la mezcla de materiales de acuerdo al diseño de mezcla con ayuda de una mezcladora de concreto para obtener el concreto fresco en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



Introducción del Tereftalato de polietileno a la mezcladora de concreto, en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



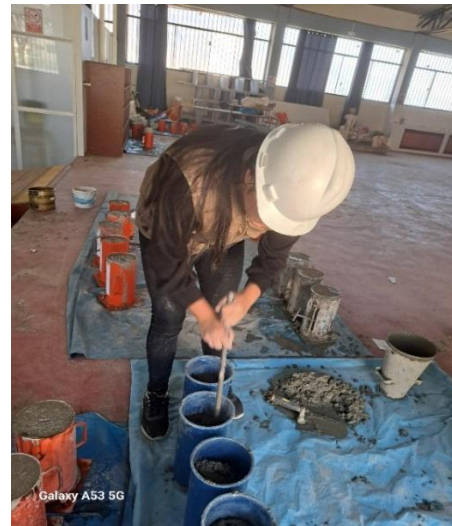
Obtención del concreto fresco en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



Ejecución del procedimiento para la prueba de Slump, de acuerdo al diseño de mezcla se obtuvo el revenimiento adecuado.



Ejecución del procedimiento para la prueba de Slump, de acuerdo al diseño de mezcla se obtuvo el revenimiento adecuado.



Ejecución del procedimiento de introducción de concreto fresco a los moldes, de acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.



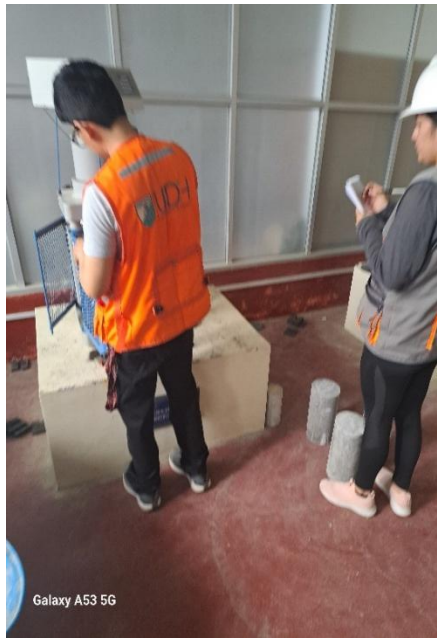
Ejecución del procedimiento de desmoldeo y rotulado de probetas, de acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.



Ejecución del procedimiento de curado de probetas, de acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.



Ejecución del procedimiento de rotura de probetas, de acuerdo a la Norma ASTM C39- Resistencia a la Compresión de Concreto.



Ejecución del procedimiento de rotura de probetas, de acuerdo a la Norma ASTM C39- Resistencia A La Compresión de Concreto.



Ejecución del procedimiento de rotura de probetas, de acuerdo a la Norma ASTM C39- Resistencia A La Compresión de Concreto.



Tamaño del Tereftalato de polietileno triturado (1.0 – 3.0 cm).



Tamaño del Tereftalato de polietileno molido (0.3 – 0.5 cm)



Visita al laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco con uno de los jurados asignados para el presente trabajo de investigación, Mg Frank Camara Llanos.



Visita al laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco con uno de los jurados asignados para el presente trabajo de investigación, Mg Frank Camara Llanos.