

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Evaluación de las propiedades del concreto con plástico PET triturado  
como reemplazo porcentual de la arena, Chiclayo-2021**  
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Narcis Hidalgo Sanchez**

**ASESOR**

**Angel Alberto Lorren Palomino**

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

**Chiclayo, 2024**

**Evaluación de las propiedades del concreto con plástico PET  
triturado como reemplazo porcentual de la arena, Chiclayo-2021**

PRESENTADA POR  
**Narcis Hidalgo Sanchez**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Fidel Ortiz Zapata  
PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza  
SECRETARIO

Angel Alberto Lorren Palomino  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón esta investigación a mi Dios, a mi madre Orfilia Sanchez Pérez, y a mi padre Jorge Hidalgo Ávila, quienes me dieron la vida y que con sus sacrificios realizados hoy culmino esta transcendental etapa académica la cual estuvo llena de retos y grandes responsabilidades, y a quienes prometo ser un profesional con ética y al servicio de los demás.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi agradecimiento en primer lugar a nuestro Padre Celestial por lo dones y bendiciones recibidos. Un agradecimiento especial a todos los miembros de mi familia, en especial a mi madre y hermana. Asimismo, un fraternal agradecimiento a mis amigos José Alfredo Ayacila Tineo y Luis Anthony Marquina Irigoín, de quienes recibí su apoyo y aliento en el desarrollo de mi investigación. Agradezco al Programa de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) por la oportunidad y apoyo brindado y, por último, pero no menos importante, expreso mi agradecimiento cordial al Ing. Ángel Alberto Lorren Palomino, al Ing. Carlos Rafael Tafur Jiménez y al Técnico laboratorista Wilson Olaya Aguilar, que con sus valiosos conocimientos hicieron posible la culminación de la presente investigación.

## TESIS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	12%
2	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="http://www.uca.edu.sv">www.uca.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
11	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
12	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Resumen .....	12
Abstract .....	13
Introducción.....	14
Revisión de literatura .....	17
Materiales y métodos .....	30
Resultados y discusión .....	69
Conclusiones.....	89
Recomendaciones .....	91
Referencias .....	93
Anexos.....	95

## Lista de figuras

Figura 1: Dispositivo de ensayo y muestra de espécimen de concreto .....	21
<i>Figura 2: Muestra de espécimen de concreto y esquema de ensayo de capilaridad .....</i>	<i>22</i>
Figura 3: Estructura de dispositivo de ensayo y muestra (UNE-EN 12390-8) .....	22
Figura 4: Diagrama de tipos de plástico, identificación, usos y propiedades típicas. ....	26
Figura 5: Partículas PET obtenidas de planta de Acopio y trituración. Muestra Propia .....	28
Figura 6: Especificaciones Técnicas del plástico PET.....	29
Figura 7: Curva granulométrica del PET. ....	38
Figura 8: Ensayo granulometría: Gradación del material plástico de PET .....	38
Figura 9: Ensayo Peso Unitario Suelto Húmedo del Agregado Fino: a) Enrazado con la varilla lisa de acero; b) Registro del peso de la muestra; c) Culminación del ensayo .....	40
Figura 10: Ensayo Peso Unitario Compactado Húmedo: a) Registro del peso de la muestra; b) Culminación del ensayo.....	41
Figura 11: Ensayo Contenido de Humedad del Agregado Fino: Peso de la muestra húmeda .....	42
Figura 12: Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado Fino: a) Tamices; b) Zarandeo en los tamices; c) Partículas finas de arena retenidos en los tamices .....	43
Figura 13: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino: a) Cuarteo y extracción de muestra de arena; b) Comprobación de humedad superficial con el molde tronco cónico; c) selección de muestra; y d) Muestra sumergida en agua dentro de la fiola .....	45
Figura 14: Ensayo Peso Unitario Suelto del agregado grueso: a) Registro del peso de la muestra; b) Culminación del ensayo .....	47
Figura 15: Ensayo Contenido de Humedad del Agregado Grueso: a) Peso de la muestra húmeda, b) Peso de la muestra seca .....	48
Figura 16: Análisis Granulométrico por tamizado del agregado grueso: a) Tamices; y b) Partículas de piedra que queden retenidos en los tamices .....	49
Figura 17: Ensayo Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso: a) Peso de muestra a ensayar; b) Colocación de la muestra dentro de la canastilla; y c) Peso de la muestra seca..	51
Figura 18: Ensayo Peso Específico por el método de la botella de le chatelier: a) Peso del cemento; b) Eliminación del aire contenido en el cemento; c) Estabilización de la temperatura del frasco con el kerosone y d) Evaluación del ascenso del nivel de kerosone....	52
Figura 19: Ensayo para Determinar la Densidad: Registro del Peso Unitario .....	54

Figura 20: Determinación del Contenido de Aire en Mezclas Frescas.....	55
Figura 21: Medición del Asentamiento del Concreto de Cemento Portland.....	57
Figura 22: Determinación de la temperatura de mezcla de hormigón .....	58
Figura 23: Determinación de la Resistencia a la compresión: a) colocación del espécimen en la máquina de compresión; y b) Especímenes ensayados .....	59
Figura 24: Determinación de la resistencia a la flexión: a) Falla de muestra, y b) Muestras ensayadas .....	60
Figura 25: Ensayo penetración de agua bajo presión: a) Muestras de concreto de D 6” y altura de 12” en el equipo de permeabilidad; b) Retiro de muestras ensayadas por 72h bajo presión de agua; c) Medición de la profundidad de agua en la caras interior de la muestra d) Muestras ensayadas en permeabilidad, diseño $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> -patrón .....	62
Figura 26: Ensayo velocidad de absorción: a) Muestra de concreto de D 4” y espesor 2” en bolsas herméticas; b) Proceso de sellado, colocación y nivelación de muestras sobre una superficie de agua de 5mm; c) Pesado de muestra de 4” con aproximación a 0.01g.....	64
Figura 27: Ensayo resistencia del concreto a la penetración de ión cloruro: a) Muestra de concreto de D 4” y espesor 2”; b) Proceso de extracción de aire atrapado de la briqueta de concreto; c) Cámara de ensayo de acrílico d) Fuente de corriente eléctrica 60V e) Muestra experimental con 10% PET	66
Figura 28: Curva edad vs $f'c$ obtenidos del ensayo a compresión de los testigos de concreto patrón y con sustitución de arena .....	76
Figura 29: Gráfico de barras del $f'c$ promedio obtenido a partir del ensayo a compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena .....	77
Figura 30: Curva edad vs $M_r$ obtenidos del ensayo a flexión de vigas de concreto patrón y con sustitución de arena.....	80
Figura 31: Gráfico de barras del Módulo de Rotura- $M_r$ obtenido a partir del ensayo a flexión a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena ....	81
Figura 32: Gráfico de barras de la permeabilidad promedio obtenida a partir del ensayo a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena .....	82
Figura 33: Curvas del ritmo de absorción (mm) vs raíz cuadrada del tiempo ( $s^{1/2}$ ) a partir del ensayo a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena .....	84
Figura 34: Gráfico de barras comparativo de la carga eléctrica pasada (C) en las muestras de 28 días de curado de los testigos de concreto con y sin sustitución de arena .....	85
Figura 35: Gráfico de barras de la penetración de iones cloruro promedio obtenida a los 28 días en las muestras de concreto con y sin sustitución de arena .....	85
Figura 36: Ubicación del laboratorio donde se realizaron los ensayos.....	106

Figura 37: Vías de acceso al laboratorio .....	107
Figura 38: Cronograma de ejecución .....	110
Figura 39: Geomorfología de la provincia de Chiclayo. Geocatmin .....	113
Figura 40: Mapa de clima del Perú .....	114
Figura 41: Caudal promedio diario del río Chancay-Lambayeque, registrado en la estación hidrológica Bocatoma Racarrumi. Senamhi .....	117
Figura 42: Promedio de temperatura normal y precipitación registrada en la estación Reque para Chiclayo. Senamhi .....	117
Figura 43: Identificación de impactos ambientales .....	121

## Lista de Tablas

Tabla 1: Propiedades del plástico PET .....	27
Tabla 2: Número total de muestras para el proyecto de investigación .....	33
Tabla 3: Operacionalización. Variables Dependientes .....	34
Tabla 4: Operacionalización. Variables Independientes.....	35
Tabla 5: Técnicas e Instrumentos para el procesamiento de datos.....	35
Tabla 6: Resumen de ensayo de Granulometría de material plástico tipo PET .....	37
Tabla 7: Cuadro de porcentajes que pasan de PET molido de acuerdo con ensayo de granulometría .....	37
Tabla 8: Matriz de consistencia .....	68
Tabla 9: Resultado de ensayos de caracterización del agregado grueso proveniente de la cantera Pacherres, Chiclayo .....	70
Tabla 10: Resultado de ensayo de granulometría del agregado grueso proveniente de la cantera Pacherres, Chiclayo .....	71
Tabla 11: Resultado de ensayos de caracterización del agregado fino proveniente de la cantera La Victoria, Chiclayo .....	71
Tabla 12: Resultado de ensayo de granulometría del agregado grueso proveniente de la cantera La Victoria, Chiclayo .....	72
Tabla 13: Resultado de dosificación de mezclas para concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> elaborado en laboratorio .....	72
Tabla 14: Resultado de ensayos del concreto en estado fresco de las mezclas con y sin reemplazo de plástico PET.....	73
Tabla 15: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra patrón para un f'c de diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	74
Tabla 16: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 5% de material plástico PET .....	75
Tabla 17: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 10% de material plástico PET.....	75
Tabla 18: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 15% de material plástico PET.....	76
Tabla 19: Resultados de ensayos de resistencia a flexión (Mr) de la muestra patrón para un f'c de diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	77

Tabla 20: Resultados de ensayos de resistencia a flexión (Mr) de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 5% de material plástico PET .....	78
Tabla 21: Resultados de ensayos de resistencia a flexión (Mr) de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 10% de material plástico PET .....	79
Tabla 22: Resultados de ensayos de resistencia a flexión (Mr) de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 15% de material plástico PET .....	79
Tabla 23: Resultados de ensayos de permeabilidad de agua bajo presión para las muestras patrón y con sustituciones de PET .....	81
Tabla 24: Resultados de ensayos de velocidad de absorción en el concreto para la muestra patrón y con sustituciones de PET .....	82
Tabla 25: Resultados de ensayos de penetración de iones cloruro en el concreto al pasar carga eléctrica para la muestra patrón y con sustituciones de PET .....	84
Tabla 26: Comparación de propiedades físicas del agregado fino .....	86
Tabla 27: Comparación de propiedades físicas del agregado grueso .....	86
Tabla 28: Dimensión y cantidad retenida de partículas de PET .....	87
Tabla 29: Datos de la resistencia a compresión del concreto .....	88
Tabla 30: Datos de la resistencia a flexión del concreto .....	88
Tabla 31: Análisis Económico del concreto patrón .....	100
Tabla 32: Análisis Económico del concreto con 5%PET .....	100
Tabla 33: Análisis Económico del concreto con 10% PET .....	101
Tabla 34: Análisis Económico del concreto con 15%PET .....	101
Tabla 35: Diferencia de precio del concreto elaborado con materiales PET respecto al convencional .....	101
Tabla 36: Información de vías de acceso principal.....	108
Tabla 37: Etapas del proyecto .....	108
Tabla 33: Población censada, por área urbana y rural; y sexo, según provincia, distrito, y edades simples-INEI.....	118

## Lista de Anexos

ANEXO 1: Edificaciones 2010-2013 (m2) por Destino MPCH. Fuente: Gerencia de Urbanismo-MPCH.....	95
ANEXO 2: Producción minero No metálica, según principales productos de extracción 2015-2019. Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera.....	95
ANEXO 3: Gráfico estadístico de Consumo de plástico en Europa durante la emergencia sanitaria mundial 2020-2021. Fuente: [4].....	96
ANEXO 4: Gráfico estadístico de Composición Física Promedio de los Residuos. Fuente: PIGARS- Chiclayo 2012. ....	96
ANEXO 5: Fotos de Laboratorio. Fuente: Tomas fotográficas propias. ....	97
ANEXO 6: Solicitud de Información a la Entidad: Municipalidad Provincial de Chiclayo. ....	98
ANEXO 7: Respuesta de Entidad Municipalidad Provincial de Chiclayo a la información solicitada. ....	99
ANEXO 8: Evaluación de costo de fabricación de concreto f'c 210kg/cm2 vs concreto experimental.....	100
ANEXO 9: Estudio de impacto ambiental de la producción del concreto en estudio .....	102
ANEXO 10: Fichas de calibración de equipos de ensayos .....	123
ANEXO 11: Formatos de registro de datos de ensayos de agregados, concreto fresco, endurecido y durabilidad. ....	139

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas para un concreto de  $f'c$  de 210kg/cm<sup>2</sup> hecho con plástico PET triturado como reemplazo parcial del agregado fino en la ciudad de Chiclayo, en la cual se busca determinar si hay una mejora en la resistencia a compresión y flexión en el concreto. Así mismo, se busca evaluar algunas de las características de durabilidad, como lo son; la permeabilidad, absorción y permisibilidad de ión cloruro. Los materiales utilizados en la investigación son el cemento tipo I-Qhuna, plástico triturado del tipo PET y agregados de la cantera La Victoria y Pacherres. La metodología de aplicación está basada en investigaciones de propuesta de sustitución de agregado fino en función del volumen, y se ha delimitado un total de 111 muestras a ensayar.

Se ha llegado a la conclusión de que a menor porcentaje de reemplazo de arena el comportamiento a compresión es aceptable y a flexión mejora considerablemente, así como también se han obtenido resultados moderados de permeabilidad de agua, de absorción y resistencia a cloruros. Siendo el porcentaje óptimo el 5% de reemplazo.

**Palabras clave:** Tereftalato de Polietileno, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, durabilidad, agregado fino.

### Abstract

The objective of this research is to evaluate the physical and mechanical properties of a 210kg/cm<sup>2</sup> f<sub>c</sub> concrete made with crushed PET plastic as a partial replacement of the fine aggregate in the city of Chiclayo, in order to determine if there is an improvement in the compressive and flexural strength of the concrete. Likewise, we seek to evaluate some of the durability characteristics, such as permeability, absorption and chloride ion permissibility. The materials used in the research are cement type I-Qhuna, PET crushed plastic and aggregates from La Victoria and Pacherras quarries. The application methodology is based on research on the proposal of fine aggregate substitution based on volume, and a total of 111 samples to be tested have been delimited.

It has been concluded that the lower the percentage of sand replacement, the behavior in compression is acceptable and in bending it improves considerably, as well as moderate results have been obtained in water permeability, absorptivity and resistance to chlorides. The optimum percentage of replacement is 5%.

**Keywords:** Polyethylene terephthalate, compressive strength, flexural strength, durability, fine aggregate.

## Introducción

La construcción en la ciudad de Chiclayo ha aumentado durante la última década; Desde 2010, el Departamento de Planificación Urbana de la ciudad solo ha registrado un acrecentamiento en la cifra de permisos de construcción en muchas formas, tal como ampliación de proyectos, nuevas construcciones y renovaciones [1] (ver Anexo 1). Según información proporcionada por el mismo distrito comunal chiclayano, se sabe que para el año 2020 la Dirección General Adjunta de la Construcción Privada emitirá un promedio de 1.000 permisos de construcción por año (ver Anexo 07). Por lo tanto, se observa que existe una demanda creciente del concreto empleado como un material en las construcciones de edificaciones, etc. Del mismo modo, cabe destacar que si bien el escenario sanitario ha provocado una depreciación en el mejoramiento e implementación de muchos proyectos a nivel nacional y regional, cuando se restablezca la seguridad sanitaria, la industria de la construcción enfrentará nuevos desafíos y mayores oportunidades debido a necesidades de infraestructuras y viviendas que solicitan las personas.

El concreto, como material de construcción común, se comporta bien bajo tensión de compresión; se sabe que, entre sus elementos, los áridos simbolizan casi un 75% del volumen de la mezcla. En este sentido, además de lo explicado en el párrafo anterior, es más coherente que para la producción de concreto, ciertamente sea cada vez mayor el uso de áridos como la arena gruesa y, teniendo en cuenta sus propiedades, el tipo extraído en la zona, las canteras son de mayor calidad. Por tanto, esto contribuirá a una reducción significativa de la cantidad de áridos finos que componen la estructura del concreto y, por ello, creará una alteración en su rendimiento con una alternativa a la reutilización de materiales PET reciclados procesados en pequeños trozos mediante maquinaria.

Por otro lado, la cantidad de arena medida en toneladas se extrae de canteras nacionales. Este récord, actualizado a 2019, supone un incremento en el uso de estos recursos no renovables, el concreto, en alrededor de dos millones de toneladas [2] (ver Anexo 02).

Por otro lado, el contagio ambiental continúa estando como un inconveniente social acuciante en nuestra comunidad peruana y los contaminantes más conocidos son los plásticos (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS y otros); tiende a afectar muchos ecosistemas naturales, el embellecimiento urbano, la infraestructura de drenaje urbano y acrecienta la cantidad de residuos transportados sin clasificación a los puntos de recolección de residuos de la ciudad de Chiclayo y diversas localidades.

El inconveniente de este tipo de residuo es muy conocido en diversos lugares del mundo, países avanzados y económicamente en progreso, sin embargo, en beneficio de la humanidad,

sigue resolviendo la tarea, la dificultad es proporcionar un nuevo propósito a esta clase de residuo y reducir las cantidades de los residuos no clasificados y el volumen apto para el reciclaje, aunque son reciclables, pero no del todo. Según la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, cada año, el mundo genera alrededor de 300 millones de toneladas de residuos plásticos y, por el contrario, actualmente sólo el 14% se recoge para su reutilización [3]. Se informa que alrededor del 42% del plástico empleado en el mundo se utiliza para envasar alimentos y productos industriales. O sea, el plástico de un solo uso llega a los consumidores en apenas unos minutos [4]. Es más, por la situación sanitaria que se desarrolló hace poco más de cinco años en todo el mundo. Uno de los materiales sólidos más utilizados y desechados es el plástico, el consumo de plástico y la demanda de envases de plástico para almacenar bebidas y alimentos diversos es cada vez mayor. Los estudios muestran que el uso de plásticos conformes ha aumentado un 40% en Europa. esta función [5] (ver Anexo 03).

En nuestra ciudad, los residuos sólidos se separan de manera ineficaz en muchas categorías reciclables como papeles, cartones, latas, vidrios y plásticos; para a continuación proporcionarles un nuevo uso una vez cumplida su vida útil. Solo en la región Lambayeque se puede reciclar el 18,28% de los materiales y encontrar usos alternativos, de los cuales se genera alrededor del 1,94% de los residuos plásticos PET [6] (ver Anexo 04).

El desarrollo de la investigación aspira a un mayor alcance del estudio para concretos con áridos procedentes de cantera local de Chiclayo y su convergencia con el material reciclado de origen plástico, por lo que se buscará responder a la pregunta investigativa: ¿De qué manera influye reemplazar de forma parcial los agregados finos por partículas de PET triturado en porcentajes distintos sobre las características físicas y mecánicas para un concreto requerido en edificaciones menores de Chiclayo? Así mismo, la evaluación será un paso posterior una vez se obtenga el rango de aceptación de los porcentajes de reemplazo, los mismos que se determinarán a partir de una comparación con el ensayo de granulometría del agregado fino y del propio PET triturado, además de fundamentarlo en base a los antecedentes locales, nacionales e internacionales.

La justificación técnica de la investigación es la de dar alcance a través del comportamiento mecánico resultante (compresión y flexión), como también de su resistencia ante agentes presentes en el ambiente (el nivel de absorción capilar de agua y nivel de cloruros) de nuevas mezclas de concreto donde el agregado fino que conforma la unidad de muestra de concreto está reemplazado parcialmente por plástico triturado conforme a su granulometría y en porcentajes basados en volumen del árido fino. Como es sabido, el uso de

concreto está aumentando a nivel local y nacional debido a la necesidad de un material de construcción de alta calidad y con mejores propiedades físicas y mecánicas, que garanticen la viabilidad de proyectos de urgencia socioeconómica en el contexto de la situación sanitaria.

La justificación ambiental en la que se basa esta investigación es el de aportar y buscar una alternativa ecológica a la extracción y consumo de arena que requiere la industria de las construcciones fabricantes de concretos. Córdova [7] señala que, de acuerdo con el registro del MINAM en 2014, en la región de Chiclayo la proporción de residuo sólido abarca: materias orgánicas 57.02%, maderas 2.43%, papeles 10,30%, cartones 3,80%, vidrios 1,80%, plásticos PET 2.65%, plásticos duros 5.60%, bolsas 1.80%, tecnopor y sustancias similares 2.70%, metal 1.11%, tejidos y textiles 0.94%, cauchos, cueros y caucho 1.51%, pilas 0.20%, residuos de medicamentos y bombillas 0,03%, desechos médicos 0.20%, materiales inertes 3.41%. Mientras que la contaminación plástica es un problema oculto y cada vez más complejo, todo esto se debe al incremento de consumidores de alimentos y diferentes productos envasados por el entorno sanitario; por tanto, el objetivo es fomentar la clasificación, recogida y reutilización de plásticos reciclados, como el PET, como componente no tradicional que conforma el conjunto del concreto.

El objetivo general que se busca es el de: Evaluar las propiedades físicas y mecánicas para un concreto de  $f'c$  de 210kg/cm<sup>2</sup> hecho con plástico PET triturado como sustitución de una parte del agregado fino en la ciudad de Chiclayo. Por otra parte, este se logrará con ayuda de algunos logros específicos que permitirán alcanzar el objetivo principal, es decir a partir de la realización y alcance de ciertos objetivos que al sumar cada uno de ellos de manera secuencial nos darán una investigación concluida. Estos son: Realizar el análisis granulométrico y características físicas de los agregados procedentes de canteras locales, definir la granulometría de las partículas de plástico PET triturado e identificación de 3 porcentajes distintos de sustitución del áridos fino natural por plástico, desarrollar el diseño de mezcla para un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con agregados naturales de cantera local y la dosificación para las muestras con 3 porcentajes distintos de PET como reemplazo parcial en volumen, elaborar las mezclas de concreto para la muestra patrón y las muestras con 3 porcentajes distintos de sustitución parcial de agregado fino y evaluación de la consistencia de las mezclas de concreto, determinar la resistencia a compresión y flexión del concreto patrón y de las muestras con los diferentes porcentajes de PET en reemplazo; para el análisis de la proporción óptima de sustitución parcial de agregado fino, y por último, determinar la características de durabilidad del concreto de la muestra con la proporción óptima parcial de

PET en reemplazo de árido fino, y comparación de resistencia frente agentes ambientales con respecto al concreto convencional.

## **Revisión de literatura**

### **Antecedentes del problema**

Se han verificado varios estudios locales, nacionales e internacionales relacionados con el proyecto de investigación propuesto, que incluyen:

Ahmad et al. [8], en su estudio evaluó las características mecánicas y la durabilidad del concreto que contiene residuos plásticos como sustituto parcial del árido fino. Para ello se elaboraron cuatro mezclas de concreto, en las que se substituyó, utilizando relaciones de reposición del 10%, 15% y 20%. Las derivaciones exponen una presencia de bajas resistencias a la compresión en un 2.6%, 9% y 13.6% y las resistencias a la tracción redujo un 4.95%, 8.20% y 20.46% después de agregar 10%, 15% y 20% adecuadamente. Además, durante la prueba de fuego a alta temperatura, la resistencia a la compresión se redujo significativamente. A pesar de ello, el concreto muestra un rendimiento entre regular y excelente en términos de trabajabilidad, relación de grados, UPV, pruebas alternativas de humectación y secado, así como resistencia a la abrasión, lo que sugiere el potencial del concreto para aplicaciones donde la durabilidad es una preocupación principal.

Babatunde et al. [9], en su estudio investiga las características de rendimiento del concreto que contiene residuos plásticos PET como agregado. El plástico PET se utiliza como sustituto del árido fino con contenidos de reposición del 10%, 20% y 30%. Se estableció el resultado de la participación de agregado plástico PET sobre la trabajabilidad del concreto, resistencias a la compresión, a la flexión y capacidad de absorciones de agua del concreto. Las derivaciones revelan que los esfuerzos a la compresión y a la flexión de los concretos que contienen un 10% de residuos de PET aumentaron ligeramente. Sin embargo, la característica de las resistencias de los concretos se redujo significativamente con un contenido de plástico PET residual del 20% y 30%, respectivamente. Mientras tanto, las capacidades de absorciones de agua de los compuestos de concreto crecen con el incremento de la proporción PET. Las investigaciones muestran que la arena se puede sustituir por residuos de plástico PET con una tasa de sustitución de hasta el 10%.

Chong y Shi [10], tuvo como propósito en su trabajo, analizar exhaustivamente el impacto del agregado plástico PET en el esfuerzo resistente a compresión de los concretos mediante un estudio integral. Se recopilaron 43 conjuntos de datos para concreto que contiene

agregados de PET gruesos y 60 conjuntos de datos para concreto que contiene agregados de PET finos. Se presentan diagramas de efectos principales, diagramas de contorno y diagramas de áreas para demostrar el efecto de la adición de PET sobre las resistencias a la compresión de los concretos después de 28 días. Además, las investigaciones muestran que el uso de PET como sustituto de los agregados finos producirá mejores resultados que su uso como suplente del agregado grueso en el concreto. Con hasta un 30% de sustitución, el concreto que contiene PET en forma de agregado fino puede tener una resistencia a la compresión satisfactoria.

Acevedo y Posada [11], muestra que cuando se aumenta la relación de reposición de arena, las resistencias a la compresión disminuyen, pero la trabajabilidad se afecta por el comportamiento de la distribución granulométrica del agregado; se instituyó que una tasa de sustitución del 15% era la más apropiada porque la trabajabilidad era suficiente, se substituyó una gran cantidad de arena y se pudo observar una reducción aceptable en las resistencias a la compresión. Con base en las densidades, se encontró que el cambio fue mínimo: de 2437 kg/m<sup>3</sup> para el estándar a 2343 kg/m<sup>3</sup> para la mezcla con 20% de PET.

Pinedo y García [12], mencionan que, a los 28 días de curado, el concreto sin agregado PET obtuvo una resistencia de 220 kg/cm<sup>2</sup>; en tanto, la resistencia del concreto con presencia de PET fue de 191 kg/cm<sup>2</sup>, 168.25 kg/cm<sup>2</sup> y 151.31 kg/cm<sup>2</sup> para el 5%, 10% y 15% de PET respectivamente. Por ello se asume que, a mayor cantidad de PET en las mezclas, más bajo será las resistencias a compresión de los concretos. En conclusión, debido a que se han logrado resistencias a la compresión superiores a 140 kg/cm<sup>2</sup> y 175 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto que contiene PET reciclado se puede utilizar en componentes no estructurales, con la superioridad de disminuir el contagio ambiental causada por causas del PET, estableciendo una alternativa al reciclaje de residuos de construcción.

Parra [13] en su investigación muestra que el uso de plástico reciclado de alta densidad en el concreto no aumenta las resistencias a la compresión porque PT6% (205.07 kg/cm<sup>2</sup>), PT12% (197.81 kg/cm<sup>2</sup>) y PT18% (190.61 kg/cm<sup>2</sup>), debido a su continua disminución de resistencia respecto a la mezcla MP estándar (221.79 kg/cm<sup>2</sup>).

Córdova [14], tuvo por finalidad es estudiar el impacto del plástico reciclado (PET) en las características mecánicas del concreto. Se ensayaron muestras compuestas por 300 probetas cilíndricas y 100 vigas con pesos de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> con agregado fino de PET reemplazado en cantidades de 2.5%, 5%, 10% y 15%. Al darse cuenta de que el rendimiento del PET es bastante favorable cuando se reemplaza con proporciones del 2.5%, 5%, 10% y 15%, la trabajabilidad y el asentamiento están todos dentro de límites aceptables; Respecto a las características mecánicas, se halló que luego de la adición de 2.5% y 5% de PET, su

resistencia aumentó respecto a la estructura estándar, mientras que con la sustitución de 10% y 15% de PET se lograron resultados bajos. Se encontró que la sustitución del 2.5% de PET proporcionaron excelentes resultados.

### **Bases Teórico-Científicas**

#### **Marco Normativo**

##### **Reglamento Nacional de Edificaciones**

La normativa del RNE subtítulo E-060 de concreto armado en su capítulo 4, nos especifica las consideraciones mínimas permisibles que se deben tener en cuenta para el uso de concreto en obras de infraestructuras, ya sea edificaciones multifamiliares, viviendas unifamiliares y demás obras civiles de interés social.

Se desarrollan las especificaciones de concreto expuesto a agentes ambientales que signifiquen para el elemento constructivo un desgaste importante, como lo son los procesos de congelamiento y descongelamiento, la exposición a los sulfatos, corrosión por cloruros. En la actual investigación se plantea evaluar este último indicador de durabilidad por medio de pruebas en laboratorio con muestras de probetas de concretos estándares.

##### **Normativas Técnica Peruana**

- ✓ **NTP 339.034 2008. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.**

El manual de estandarización prescribe el medio y las aplicaciones de cargas axiales a barras de un concreto estándar para establecer sus resistencias a la compresión para la aprobación y control de eficacia de los concretos.

- ✓ **NTP 339.035 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland**

El manual de estandarización describe en detalle la forma para desarrollar una prueba de flujo mixto como guía de las consistencias de los concretos frescos.

- ✓ **NTP 339.036 1999. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco**

El manual de estandarización proporciona las instrucciones importantes para recolectar y recibir muestras de concreto fresco en el sitio, en plantas de premezclado y de mixer.

- ✓ **NTP 339.044 y 339.045. Preparación de probetas prismáticas en obra y laboratorio.**
- ✓ **NTP 339.046. Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.**

Un manual estandarizado que ayuda a establecer los pesos unitarios de los concretos, basándose en datos de laboratorio que registran núcleos de concreto fresco para luego analizar

utilizando la fórmula para calcular el cociente de diferencia de masa con y sin concretos sobre el volumen de del medidor.

- ✓ **NTP 339.078. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.**
- ✓ **NTP 339.183 2013. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.**

El manual estándar incluye requisitos para la preparación, mezcla de materias primas, preparación y cuidado de núcleos de concretos en condiciones ambientales controladas.

- ✓ **NTP 339.185. Contenido de humedad del agregado fino y grueso.**
- ✓ **NTP 400.012-2001. Análisis granulométrico de agregado fino y grueso.**

Las pautas estandarizadas definen cómo clasificar los recursos agregados que deben usarse como agregados. El proceso se llevará a cabo cribando los dos tipos de fracciones de partículas para conseguir el tamaño nominal máximo de partícula de los agregados gruesos y los módulos de finuras para agregados gruesos y finos, respectivamente.

- ✓ **NTP 400.017. Peso volumétrico suelto y compactado del agregado fino y grueso**

Una guía estandarizada nos permite determinar el peso unitario de huecos no contaminados y compactados de agregados finos y gruesos. Dichos datos son necesarios para calcular la mezcla de hormigón. En el primer caso, simplemente se trata de llenar el molde con árido fino/grueso hasta una altura determinada hasta conseguir el nivel adecuado, luego medir la masa de la muestra de árido junto con el molde y finalmente determinar conjuntamente el volumen del modelo vacío. deducido. En el segundo caso se ejecuta el mismo proceso, el llenado del molde con árido fino/grueso desde una altura determinada, pero ya dividido en tres capas, acompañado del proceso de golpeteo (25 golpes) con varilla. el nivel de nivelación, luego se toma la masa de la muestra colectiva junto con la forma y; para culminar se resta la masa del modelo en blanco.

- ✓ **NTP 400.021. Peso específico de masa, grado de absorción del agregado grueso**

Las pautas estandarizadas establecen el medio para establecer el peso específico seco, aparente y saturado superficialmente seco del agregado. Del mismo modo el peso específico SSS y el nivel de absorción son establecidos luego de 24 horas, esto se debe a que solicitan remojar los áridos gruesos. Los datos en mención son necesarios para los diseños de mezclas de concretos.

- ✓ **NTP 400.022. Peso específico de masa, grado de absorción del agregado fino**

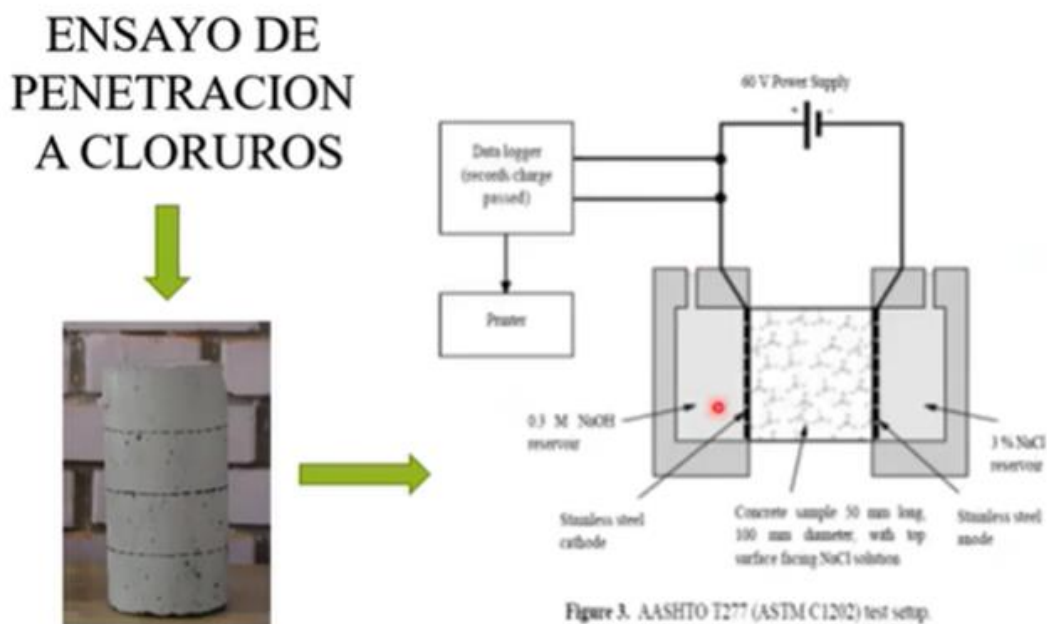
El manual estandarizado incluye lecturas para establecer la gravedad específica de los agregados finos, que se emplea para poder valorar el volumen que ocupará el árido en la

mezcla de concretos. El grado de absorción de agua es inevitable para poder valorar la modificación de masa de los agregados finos dependiendo de las cantidades de agua que se puedan absorber en los poros.

### Normativas Internacionales

- ✓ **ASTM C-1202. Método de prueba para determinar la resistencia del concreto a la penetración del ión cloruro.**

Las cantidades de corriente que fluye por medio de las muestras se controló en un tiempo de 6 horas a intervalos de media hora manteniendo un voltaje de 60 V CC en ambos extremos de la muestra, uno que contenía soluciones de hidróxidos de sodio y el otro que contenía hidróxido de sodio y solución de cloruro de sodio. Las resistencias de las muestras a la penetración de iones cloruro tiene relación con las cargas totales de Coulomb aplicada.

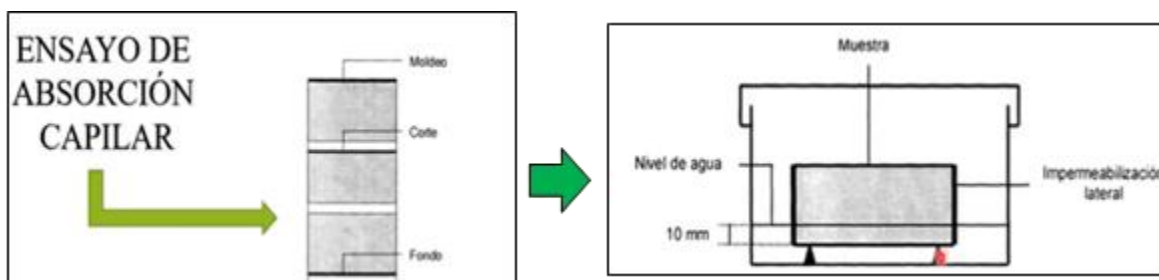


*Figura 1: Dispositivo de ensayo y muestra de espécimen de concreto*

- ✓ **ASTM C-1585. Método de prueba para determinar la velocidad de absorción de los concretos.**

Se indica el desarrollo y condiciones de ensayo del indicador de durabilidad de concreto en estado de servicio. Esta forma de pruebas determina la tasa de absorción de agua calculando el acrecentamiento en la masa del espécimen, esto sería por la absorción de agua de acuerdo al tiempo si se tiene a una de las superficies expuestas al agua. La superficie de la muestra

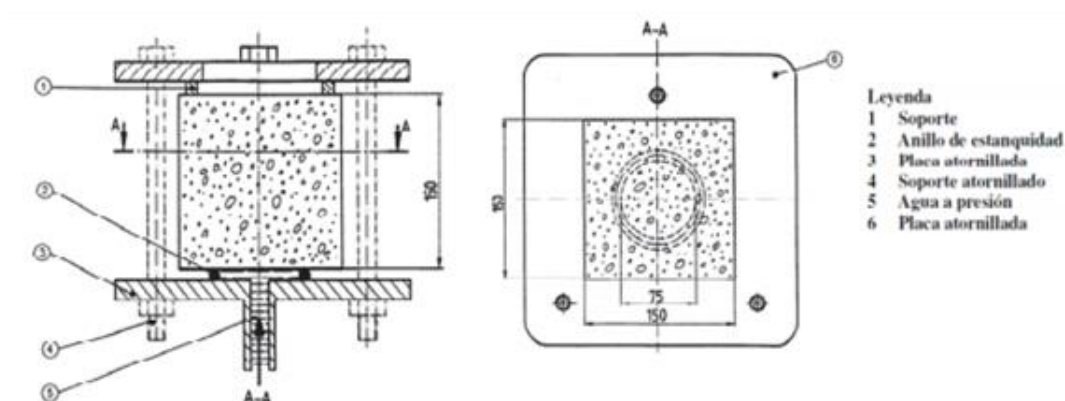
exhibida se sumerge en agua, por lo que el agua ingresa al concreto insaturado a través de la atracción capilar.



**Figura 2: Muestra de espécimen de concreto y esquema de ensayo de capilaridad**

✓ **UNE-EN 12390-8. Ensayo de hormigón endurecido: Profundidad de penetración de agua bajo presión.**

Las pruebas se realizan para hallar la altura humedecida en una muestra de concreto endurecido, que haya sido curado de manera tradicional con agua, a partir del método de agua bajo presión. La ejecución requiere previamente haber nivelado y retirado todo clase de impureza o rastro de desperfección en la cara del espécimen de concreto, el ensayo inicia en una muestra con edad mínima de 28 días y dura aproximadamente 72 horas a una presión hidráulica de 500kPa. Posteriormente se debe observar de manera periódica el estado superficial de las caras de la muestra no sometida a presión del líquido y registrar toda clase de sucesos durante el ensayo. Para tomar los resultados se deberá romper la probeta en dirección paralela al diámetro de su cara expuesta y se tomará la medida de la extensión del nivel de agua inyectada bajo presión con una aproximación al mm más cercano.



**Figura 3: Estructura de dispositivo de ensayo y muestra (UNE-EN 12390-8)**

## **Marco Conceptual**

### **Concreto**

Rivva [15], indica que se trata de un elemento artificial complejo constituido por un aglutinante llamado pasta en el que se incrustan agregados que forman parte del aglutinante.

La pasta se crea combinando un aglutinante con agua. En [15], explica que el mortero es una fase continua del concreto porque va está unido a algo diferente durante todo el proceso de instalación. Por otro lado, el árido es una fase discontinua del hormigón porque sus diferentes partículas no están conectadas ni en contacto entre sí, sino que están separadas por diferentes espesores de mortero endurecido.

### **Propiedades del Concreto**

#### **a.- Propiedades del concreto Fresco**

##### **Trabajabilidad**

Esta propiedad muestra si el concreto tiene dificultad para mezclarse, transportarse, colocarse y compactarse. Su análisis es ilustrativo, por lo que la ejecución de las etapas del proceso dependerá de la fluidez que se presente en su ubicación de forma manual o mediante máquina. Cabe señalar que el concreto se puede utilizar en una determinada posición y nivel de compresión, los términos no garantizan que continuará operando si sus términos cambian [15].

##### **Consistencia**

Es una propiedad que describe la fluidez o trabajabilidad de una mezcla de concreto, es decir, qué tan fácil es manipularla y colocarla en una forma determinada sin que pierda sus características y propiedades deseadas. La consistencia está directamente relacionada con la cantidad de agua que se agrega a la mezcla, así como con la proporción de los materiales que la componen (cemento, arena, grava y agua). Se utiliza un cono truncado de metal (conocido como "cono de Abrams") que se llena con la mezcla de concreto y luego se retira, permitiendo que el concreto se asiente.

##### **Segregación**

La presencia de diferentes densidades de componentes de concreto provocará el hundimiento natural de las partículas más pesadas. Las pastas con agregado fino tienen una densidad un 20% menor que el árido grueso, lo que combinado con su viscosidad hace que el árido grueso se detenga y se hunda en la matriz [15].

##### **Exudación**

Es un fenómeno que ocurre cuando, después de la mezcla del concreto, parte del agua de la mezcla recorre de manera ascendente hacia la superficie del hormigón. Este proceso se debe a

la diferencia en las velocidades de la hidratación de los componentes del concreto (principalmente el cemento y el agua) y a la presión interna generada por la compactación y el asentamiento de las partículas [15].

### **Peso Unitario**

Es la derivación que se obtiene al dividir el peso de la partícula entre los volúmenes totales sumando los vacíos. Al combinar espacios entre partículas: depende de cómo se configuran estas partículas o de cómo se convierten a parámetros antes del punto de control [16].

### **b.- Propiedades del concreto Fraguado**

#### **Resistencia**

Es una de sus propiedades más importantes, ya que determina la capacidad del material para soportar cargas sin fallar o deformarse de manera excesiva. Esta resistencia se refiere principalmente a la resistencia a la compresión, que es la capacidad del concreto para resistir fuerzas que intentan comprimirlo o aplastarlo. La relación entre los componentes del concreto (cemento, agua, agregados) tiene un impacto directo en su resistencia. Una proporción baja de agua (en relación con el cemento) generalmente resulta en un concreto más resistente [15].

#### **Durabilidad**

Se refiere a la capacidad de este material para resistir el paso del tiempo y las agresiones externas sin perder sus propiedades estructurales y funcionales. En términos simples, un concreto duradero es aquel que mantiene su desempeño a lo largo de los años, resistiendo factores ambientales y de uso sin deteriorarse prematuramente. La durabilidad depende de varios factores, como la composición del concreto, el entorno al que está expuesto y el mantenimiento que reciba

Por otro lado, la normativa nacional establece que cuando el concreto contiene altas proporciones de estos agentes en muestras endurecidas, especificaciones a tener en cuenta cuando se expone a iones de cloruro que pueden producir corrosión de los aceros de refuerzos.

### **Componentes del Concreto**

#### **a.- Cemento**

El cemento se obtiene moliendo clinker, que se produce quemando materiales calizos y arcillosos antes de fundirlos.[17].

#### **Tipos de cementos:**

Existen cinco tipos de cementos portland que se han clasificado por sus propiedades de acuerdo con las especificaciones de la normativa ASTM-C150.

- ✓ TIPO I: Cemento para trabajos de concreto de uso general, cuando en el mismo no se especifican los requisitos para cemento con propiedades mejoradas de los otros cuatro tipos restantes.
- ✓ TIPO II: El cemento se utiliza a menudo para trabajos de concreto y exposición moderada a sulfatos o cuando se requieren temperaturas de hidratación moderadas.
- ✓ TIPO III: El cemento tiene una alta resistencia inicial. El concreto acabado con este tipo de cemento alcanza la durabilidad en 3 días, equivalente al concreto hecho con cemento tipo I o tipo II en 28 días.
- ✓ TIPO IV: Los cementos de este tipo, solicitan una baja calor de hidratación.
- ✓ TIPO V: Los cementos de este tipo, solicita una alta resistencia a los sulfatos. Su aplicación típica puede ser en una estructura hidráulica expuesta a aguas con elevado contenido de álcalis y también a una estructura expuesta al agua de mar.

#### **b.- Agregados**

El árido es un grupo de partículas que pueden ser de orígenes naturales o artificiales que pueden procesarse o reciclarse. Varían en tamaño, desde partículas casi invisibles hasta rocas, además de agua y cemento, los tres ingredientes necesarios para fabricar concreto. [18].

##### **Agregado Fino**

Pasa a través del tamiz N°4, y deben ser duraderos, limpios, duros y libres de impurezas como polvo, barro, pizarra, álcalis y sustancias orgánicas. Se debe observar que no pase del 5% de arcillas o limos y no más del 1.5% de materia orgánica.

##### **Agregado Grueso**

Es un componente utilizado en la fabricación de concreto. Se refiere a los materiales de mayor tamaño que se incorporan en la mezcla para proporcionar volumen, resistencia y estabilidad al concreto. Generalmente, el agregado grueso está compuesto por partículas de roca, grava o piedra triturada con un tamaño que varía entre 4 mm y 64 mm (según las normativas y especificaciones locales).

#### **c.- Agua**

El agua usada en la mezcla debe estar limpia e independiente de aceites, álcalis, sales y compuestos orgánicos. El agua potable es recomendada para la elaboración del concreto. Dentro de las funciones más importantes del agua encontramos a la hidratación del cemento esta la hidratación. Así mismo, es significativo para lograr una mezcla con buena trabajabilidad [17].

## Curado del Concreto

En el transcurso del endurecimiento del concreto, el curado del concreto va a involucrarse en el control de la condición ambiental, como son las temperaturas y las humedades.

## Plástico PET

### Definición

Reldón [19], explica que el PET es un plástico obtenido a partir del petróleo. Incluye petróleo, gas y aire. Según de la Asociación Latinoamericana de Plásticos ALIPLAST, un kilogramo de PET se compone de 64% de petróleo crudo, 23% de gas natural licuado y 13% de aire.

### Características

El plástico principalmente se caracteriza por su capacidad de resistir alta densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a ácidos, álcalis y disolventes, etc.

Símbolo	Polímero	Usos comunes	Propiedades	Posibilidad de reciclaje
 PETE	Polietileno tereftalato	Botellas plásticas (agua, bebidas gasificadas, aceite de cocina, etc.)	Ligero, transparente y resistente	Sí, ampliamente reciclado
 HDPE	Polietileno de alta densidad	Botellas para productos de limpieza y desinfectantes	Rigido y resistente al fraccionamiento	Sí, ampliamente reciclado
 PVC	Policloruro de vinilo	Tubos de plástico, pisos de vinilo, aislamiento de cableado eléctrico	Puede ser rígido o ligero, usado en la construcción, cuidado de la salud y electrónica	Frecuentemente no reciclable debido a sus propiedades químicas
 LDPE	Polietileno de baja densidad	Bolsas plásticas, envolturas de alimentos	Ligero, de bajo costo, versátil, frágil a la acción mecánica y térmica	Fácil de romper, hace difícil su reciclaje
 PP	Polipropileno	Tapas de botellas, muebles, utensilios de cocina, automóviles, dispositivos médicos, etc.	Dureza y resistencia, barrera efectiva contra el agua y agentes químicos	Frecuentemente no reciclable debido a sus propiedades químicas
 PS	Poliestireno	Envases de comida para llevar, menaje de plástico, bandeja de huevos	Ligero, estructuralmente débiles, de fácil dispersión	Raramente reciclable
 OTHER	Otros plásticos (acrílicos, policarbonatos, fibras polifácticas)	Botellas resistentes a la refrigeración, congelamiento, biberones, fibra de vidrio	Diverso en naturaleza y con varias propiedades	No se puede reciclar, riesgo de contaminación durante el reciclaje

Fuente: Recuperado de Ritchie, 2020. FAQs on Plastics.

Figura 4: Diagrama de tipos de plástico, identificación, usos y propiedades típicas.

El tereftalato de polietileno (PET) tiene características importantes, las cuales se mencionan a continuación:

- ✓ Adecuada reacción ante esfuerzos permanentes.
- ✓ Resistencia superior al deterioro.
- ✓ Favorable coeficiente de deslizamiento.
- ✓ Conveniente resistencia química.
- ✓ Ventajosas características térmicas.

### Propiedades del plástico PET

El plástico del tipo Tereftalato de polietileno (PET) presenta buenas propiedades, las cuales determinan la ventaja este material para su uso en diversas industrias, en el siguiente cuadro elaborado se detalla:

**Tabla 1: Propiedades del plástico PET**

PROPIEDADES GENERALES	Factible para el sector constructivo	Ventajas en otros sectores industriales
Alta resistencia al desgaste.	X	X
Excelentes propiedades mecánicas.	X	X
Buenas resistencias químicas y térmicas.	X	X
Muy buenas barreras a CO <sub>2</sub> , aceptables barreras a O <sub>2</sub> y humedades.	X	X
Muy buen coeficiente de deslizamiento.	X	X
Impermeable	X	X
Es uno de los materiales de residuos sólidos con mayor porcentaje en reciclado.	X	X
Liviano.	X	X
Resistencia al ataque microbiológico.	X	X
Buena relación costo / rendimiento.	X	X
Procesables por soplados, inyecciones y extrusiones.		X
Aptos para producir botella, películas, lámina, plancha y piezas.		X
Transparencias (a pesar que se conserva algo de color) y brillos con efectos lupa.		X
Relacionado con otros materiales barrera mejora las propiedades barreras del embalaje.		X
Es reciclable, aunque sus viscosidades tienden a disminuirse con las historias térmicas.		X
Aprobados usos en un producto que deba tener contactos con un producto alimentario.		X
Biorientables		X
Cristalizables		X
Esterilizables por rayo gamma y óxidos de etilenos.		X

Fuente: [20]

### **Obtención del plástico tipo PET**

- **Reciclaje:** El plástico es segregado y recolectado por distintos agentes informales de la localidad de Chiclayo para su posterior acumulación y venta a una planta de acopio y comercializadora de este tipo de plástico PET.
- **Acopio:** El plástico en general es acopiado y compactado para la disminución de su volumen.
- **Limpieza:** Una vez segregado el material plástico se procede a retirar toda partícula extraña adherida al envase que puedan dificultar el proceso de trituración de las botellas recicladas en partículas menores.
- **Trituración Mecánica:** El plástico PET de envases de bebidas es seleccionado y separado del resto para su posterior proceso de trituración en una máquina trituradora de plástico.



*Figura 5: Partículas PET obtenidas de planta de Acopio y trituración. Muestra Propia*

### **Especificaciones Técnicas del plástico PET**

El plástico del tipo Tereftalato de polietileno (PET) presenta características químicas y mecánicas que han sido determinadas por investigaciones de laboratorio, a continuación, se señalan un cuadro resumen de una ficha técnica del plástico PET:

	METODO	UNIDAD	VALORES FISICOS
Densidad	ISO 1183	g.cm <sup>-3</sup>	1.35
<b>MECANICAS</b>			
Fuerza de Tensión @ Rendimiento	ISO 527	Mpa	
Fuerza de Tensión @ Quiebre	ISO 527	Mpa	No quiebre
Elongación @ Quiebre	ISO 527	%	>200
Módulo de elasticidad a la tracción	ISO 527	Mpa	2420
Fuerza Flexible	ISO 178	Mpa	86
Resistencia al impacto con muescas Charpy	ISO 179	kJ.m <sup>-2</sup>	(*)
Charpy sin muescas	ISO 179	kJ.m <sup>-2</sup>	
Escala M/R de dureza Rockwell sin rotura			(*)/111
Ball Indentation	ISO 2039	Mpa	117
<b>OPTICAL</b>			
Transmisión de Luz		%	89*
Indice de refracción			1,576
<b>Termica</b>			
Temperatura máxima de servicio		°C	60
Vicat Softening Point - 10N	ISO 306	°C	79
Vicat Softening Point - 50N	ISO 306	°C	75
75 HDT A @ 1.8 Mpa	ISO 75-1,2	°C	69
75 HDT A @ 0.45 Mpa	ISO 75-1,2	°C	73
Coefficiente de Expansión Termo lineal		X10 <sup>-5</sup> . °C <sup>-1</sup>	<6
<b>RESISTENCIA QUIMICA</b>			
	BEHAVIOUR		
	GOOD	LIMITED	POOR
Mineral Oil (*)	X		
Vegetable Oil (*)	X		
Acetone (*)			X
Acetic Acid (*)		X	
Water	X		
Tuperntine (*)	X		
Ammonia			X
Detergents (*)	X		
Ethanol (*)	X		
Petrol (*)	X		
Glycerine (*)	X		
Methanol		X	
Toluene (*)			X
(*) Condición de testead: Inmersión total durante 1 año a una temperatura de 23°C			
<b>FIRE PERFORMANCE</b>			
<b>COUNTRY</b>	<b>STANDARD</b>	<b>CASSIFICATION</b>	
UK	BS 476: Part 7	1Y	
GERMANY	DIN 4102-1	B1	
FRANCE	NFP 92-507	M2	
ITALY	UNI 9177	Class 1	

**Figura 6: Especificaciones Técnicas del plástico PET**

Fuente: Perú en TI Alimentos y Servicios SAC

## **Materiales y métodos**

### **Tipo y nivel de investigación**

Es experimental, ya que el estudio se realizó con la manipulación de una variable, por lo que, se obtuvo información a partir de ensayos en condiciones de laboratorio de diseños de concreto convencional y con reemplazo de arena por PET triturado, posteriormente se obtuvieron resultados con el uso de fórmulas y programas de tratamiento de datos, para que finalmente elaborar las respectivas tablas y gráficos de comparación de muestras.

Es cuantitativa, porque se utilizaron datos numéricos registrados a partir de los resultados de las variables que se han definido para ser objeto de estudio.

### **Diseño de investigación**

La hipótesis planteada en esta investigación sobre la elaboración de concreto con agregados de procedencia de canteras locales de Chiclayo, de preferencia de aquellas donde se obtengan áridos de mejores características de manera individual y de mayor acceso en la localidad, y con un porcentaje óptimo de plástico PET molido, proveniente del reciclaje de la misma localidad y como producto resultante de un proceso de tratamiento y trituración mecanizada en una planta de acopio, donde este elemento intervendrá como sustitución del agregado fino por lo que se espera comprobar que a menor proporción de sustitución de material plástico PET se obtiene un concreto de propiedades equivalentes a las de un concreto convencional para su uso en obras menores de concreto en la localidad de Chiclayo.

El diseño de prueba de hipótesis será de naturaleza experimental porque la situación se construye y la variable independiente se maneja intencionalmente. Luego se analiza el efecto de esta manipulación sobre la variable dependiente del estudio. También identifica los métodos y técnicas prescritos por los estándares nacionales e internacionales que se implementarán mediante pruebas para recopilar datos para lograr el objetivo.

### **Población, muestra, muestreo**

#### **Unidad de estudio**

La unidad de estudio son los especímenes de concreto para el diseño de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Estas probetas son del tipo cilíndricos y prismáticos, que son elementos de evaluación de resistencia mecánica tanto a compresión y flexión en laboratorio respectivamente.

Los especímenes de concreto son elaborados en condiciones de laboratorio dentro de moldes de dimensiones de  $D=15\text{cm}$   $H=30\text{cm}$  (probetas cilíndricas para rotura a compresión y permeabilidad de agua bajo presión) y de  $D=10\text{cm}$   $H=20\text{cm}$  (probetas cilíndricas para ensayos de durabilidad de cloruros y absorción).

Los especímenes de concreto de característica prismática se elaboraron en moldes de vigas de dimensiones de 6" x 6" (150x150 mm) de sección transversal y con una luz de como mínimo tres veces el espesor ( $L=450\text{mm}$  entre apoyos). La superficie interior de la muestra fue lisa y los bordes interiores fueron perpendiculares entre sí, sin dobleces ni ondulaciones. De acuerdo con el apartado MTC E702 que habla sobre "Producción y curado de especímenes de concreto en laboratorio" del manual de ensayos de materiales del MTC, las tolerancias en las dimensiones de la sección transversal nominal serán de  $\pm 3.2$  mm (1/16 de pulgada) para tamaños mayores o iguales a 152 mm (6 pulgadas) y de  $\pm 1.6$  mm (1/16 de pulgada) para tamaños menores de 152 mm (6 pulgadas). La población está definida por la cantidad de 111 especímenes de concreto de un  $f'c$  de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , de los cuales 75 elementos son cilíndricos (estimación de ensayos de compresión y durabilidad a especímenes de 28 días) y 36 son elementos prismáticos de  $L_m=530\text{mm}$  para la evaluación de resistencia a flexión del concreto en estudio (ver Tabla 1).

### **Muestra**

Para la muestra se encargó la selección de materiales agregados de dos canteras en específico que son de una mayor demanda en el sector local de construcción de Chiclayo, la cantera La Victoria de Pátapo (de donde procederá la arena) y la cantera Pacherras de la localidad que tiene igual nombre ubicada en Pucalá (de donde procederá la piedra chancada), se optó por elegir material procedente de estas canteras debido a sus propiedades y considerable resistencia. El material cementicio que se utilizó fue un cemento del Tipo I, dado a que se caracteriza por su pureza y escasa reacción con nuevos agentes complementarios en la mezcla de concreto. Por otra parte, el plástico PET proviene de la planta comercializadora exportadora de residuos plásticos reciclados INBC, que es una planta acopiadora y triturado de residuos plásticos producto del reciclaje de Chiclayo localizada en la Av. Eufemio Lora y Lora, vía paralela a la carretera Chiclayo-Lambayeque con intersección del óvalo de la Av. Chiclayo, distrito de Chiclayo.

### **Muestreo**

Es un proceso del tipo no probabilístico, pues el número de elementos que serán analizados está de acuerdo con el criterio que se requiera para evaluar los indicadores correspondientes que se buscan alcanzar en este estudio, como las resistencias a compresión, flexión y factores de durabilidad.

Se consideró el valor  $f_{cr}$  acorde a normativa E.060, especificado en el punto 5.3.2 Resistencia promedio requerida, tabla 5.3.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1 f'c + 5,0$

Fuente: Norma E.060

### **Criterios de selección**

En la presente investigación se evaluaron tres muestras como mínimo (Probetas) por cada cambio de porcentaje de reemplazo de arena (%) por plástico PET triturado, ensayados a compresión según NTP 339.034. Así mismo se evaluó el comportamiento a flexión, el muestreo determinado fue de tres muestras (Vigas) por cada cambio de porcentaje de reemplazo de arena (%) por plástico PET molido, ensayados a flexión según NTP 339.078. Las muestras fueron elaboradas según la NTP 339.044 que indica la metodología de preparación y curado de testigos.

A partir de la evaluación de resistencia mecánica, se procedió a determinar el porcentaje de reemplazo de mejor comportamiento y posterior a ello se realizaron ensayos de durabilidad de acuerdo evaluaciones normalizadas como ensayos de absorción capilar (ASTM C-1585), penetración de cloruros (ASTM C-1202) y penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8).

El total de muestras para la investigación quedó definido por cada variación del plástico de PET triturado, cuyo tamaño de partículas se evaluó mediante el procedimiento de granulometría, siendo su tamaño máximo de diámetro de partículas de 2.36mm, tamiz N°8 (ver Tabla 7). Por otra parte, para la selección de los 3 distintos porcentajes de reemplazo (MP) nos basamos en lo explicado en la sección de metodología, por lo que se determinó elegir las sustituciones al 5%, 10% y 15% en función al volumen del agregado fino y se evaluó respecto a un concreto patrón de diseño de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Por otro lado, siguiendo la Norma ASTM C31, se utilizarán moldes para probetas cilíndricas de material de PVC de dimensión de 6 x 12 pulgadas y de 4 x 8 pulgadas. El total de unidades de estudio que fueron elaboradas y ensayadas está especificado dado a lo descrito en la Tabla 2.

**Tabla 2: Número total de muestras para el proyecto de investigación**

INDICADOR	D plástico= 2.36mm	DÍAS DE ENSAYO			N° MUESTRAS
	% de plástico	7 días	14 días	28 días	PARCIAL
<b>Ensayo a compresión</b>					
Muestra Concreto con PET triturado	MP-5%	3	3	3	9
	MP-10%	3	3	3	9
	MP-15%	3	3	3	9
Muestra Patrón	DP	4	4	4	12
<b>Ensayo a flexión</b>					
Muestra Concreto con PET triturado	MP-5%	3	3	3	9
	MP-10%	3	3	3	9
	MP-15%	3	3	3	9
Muestra Patrón	DP	3	3	3	9
<b>Ensayo por durabilidad: absorción de ión cloruros</b>					
Muestra Concreto con PET triturado	MP-5%	-	-	3	3
	MP-10%	-	-	3	3
	MP-15%	-	-	3	3
Muestra Patrón	DP	-	-	3	3
<b>Ensayo por durabilidad: absorción capilar de agua</b>					
Muestra Concreto con PET triturado	MP-5%	-	-	3	3
	MP-10%	-	-	3	3
	MP-15%	-	-	3	3
Muestra Patrón	DP	-	-	3	3
<b>Ensayo por durabilidad: permeabilidad de agua bajo presión</b>					
Muestra Concreto con PET triturado	MP-5%	-	-	3	3
	MP-10%	-	-	3	3
	MP-15%	-	-	3	3
Muestra Patrón	DP	-	-	3	3
<b>TOTAL =</b>					<b>111</b>

**Nota:** De las 75 probetas elaboradas, 39 (diámetro= 6") fueron ensayadas a compresión, por otra parte, las 36 (diámetro= 4"-6") muestras cilíndricas sobrantes sirvieron para pruebas de durabilidad en el concreto con y sin plástico PET triturado a edad de 28 días, esto quiere decir que, 12 probetas (D=6") fueron ensayadas a penetración de agua bajo presión, 12 probetas (D=4") fueron ensayadas a resistencia penetración de iones cloruro y los 12 restantes se evaluó la velocidad de absorción. Así mismo se ensayaron 36 vigas para resistencia a

flexión por el método de la carga a los tercios, en consecuencia, se ha realizado una comparación entre los porcentajes de reemplazo (MP-5/MP-10/MP-15) de acuerdo a su comportamiento mecánico y a los resultados de prueba acelerada de durabilidad en laboratorio. Por lo que se obtuvo un porcentaje óptimo que puede ser comparado con el de concreto convencional (muestra patrón de diseño  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>).

### Operacionalización de variables

En la Tabla 3 se presenta de forma descriptiva la variable dependiente, en consecuencia, de la manipulación de la proporción de material plástico molido a lo largo del trabajo de experimentación en laboratorio. Se evaluó a partir de los indicadores especificados para el estudio de las propiedades y/o características de los concretos en estados frescos y endurecidos.

**Tabla 3: Operacionalización. Variables Dependientes**

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Características de concreto Fresco	Temperatura	°C	Termómetro análogo, observación y NTP 339.184
		Consistencia (Slump)	pulg	Cono de Abrams, varilla lisa, martillo de goma, flexómetro y NTP 339.035
		Peso unitario	kg/m <sup>3</sup>	balanza, molde, varilla lisa, martillo de goma y NTP. 339.046
		Contenido de Aire	%	Molde, tapa con cámara medidor tipo B, bombilla de succión, observación y NTP 339.080
	Resistencia mecánica del concreto	Resistencia a compresión	kg/cm <sup>2</sup>	Máquina digital de ensayo de resistencia, planchas de neopreno, observación y NTP 339.034
		Resistencia a flexión	MPa,	Máquina digital de ensayo de resistencia, apoyos metálicos a L/3, observación y NTP 339.078
	Características de durabilidad del concreto	Permeabilidad de agua bajo presión	mm	Máquina de presión de agua, balanza, cronómetro y Norma UNE-EN12390-8
		Penetración de iones cloruro	%	Recipientes, multitéster, fuente de voltaje, banco de prueba de ensayo y Norma ASTM C-1202
		Absorción capilar del agua	mm/s <sup>1/2</sup>	Recipientes, balanza, cronómetro y Norma ASTM C-1585/ N.TP. 339.232

**Tabla 4: Operacionalización. Variables Independientes.**

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Propiedades físicas de los agregados	Análisis granulométrico	Granulometría	%	Tamices, N.T.P. 400.012
	Características físicas de los agregados	P.U. Suelto Seco	kg/m <sup>3</sup>	Balanza, recipientes, moldes y NTP 400.017
		P.U. compactado Seco	kg/m <sup>3</sup>	Balanza, recipientes y moldes y NTP 400.017
		Peso específico	kg/m <sup>3</sup>	Matraz, balanza, recipientes N.T.P. 400.022 y N.T.P. 400.021
		Contenido de humedad	%	Balanza, horno, recipientes y N.T.P. 339.185
		Grado de absorción	%	Balanza, N.T.P. 400.022 y N.T.P. 400.021
Partículas de plástico PET	Propiedades de partículas	Granulometría	mm	Tamices, recipientes y balanza
		Peso específico	kg/m <sup>3</sup>	Probeta de vidrio, balanza y recipientes
	Porcentajes de reemplazo de arena	Cantidades de reemplazo	%	Balanza, recipientes y Fichas

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se elaborarán pruebas estandarizadas, luego se realizará un análisis documental conforme a los datos obtenidos en el desarrollo de los métodos de ensayo.

**Tabla 5: Técnicas e Instrumentos para el procesamiento de datos**

TÉCNICA	INSTRUMENTO	ELEMENTO DE POBLACIÓN
Pruebas estándares	Fichas de laboratorio	Agregado fino, agregado grueso, partículas de plástico PET y testigos de concreto simple
Análisis documental	Fichas de análisis	Libros, manuales, tesis y artículos científicos.

### Técnicas para el procesamiento de datos

Los datos recopilados de distintos ensayos, se procesaron utilizando formatos proporcionados por el laboratorio, donde se probarán los materiales y componentes de muestreo observados:

- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de granulometría del agregado fino.

- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de granulometría del agregado grueso.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de contenido de humedad del agregado fino.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de peso específico de masa y absorción del agregado fino.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de peso específico de masa y absorción del agregado grueso.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.
- ✓ Formato de diseño de mezcla de concreto para un  $f'c$  de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Formato de recopilación de datos para el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.
- ✓ Formato de recopilación de datos para el ensayo de peso unitario en estado fresco del concreto.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto.
- ✓ Formato de recopilación de datos para ensayo de resistencia a flexión de las vigas simplemente apoyadas de concreto.
- ✓ Formato de recopilación de datos de ensayo de durabilidad: resistencia del concreto a la penetración de iones cloruro.
- ✓ Formato de recopilación de datos de ensayo de durabilidad: velocidad de absorción de agua del concreto.
- ✓ Formato de recopilación de datos de ensayo de durabilidad: profundidad de penetración (permeabilidad) de agua bajo presión.

### **Metodología**

La metodología de manipulación de la variable durante la investigación se orienta a definir el tamaño de partículas de material plástico que se evaluó mediante un proceso de ensayo de granulometría presentada en la Tabla 6, siendo su tamaño máximo de diámetro de partículas de 2.36mm, tamiz N°8, ver figura 7. Se definieron los 3 distintos porcentajes de reemplazo (MP), por lo que se determinó elegir las sustituciones al 5%, 10% y 15% en función al

volumen del agregado fino y se evaluó respecto a un concreto patrón de diseño de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

**Tabla 6: Resumen de ensayo de Granulometría de material plástico tipo PET**

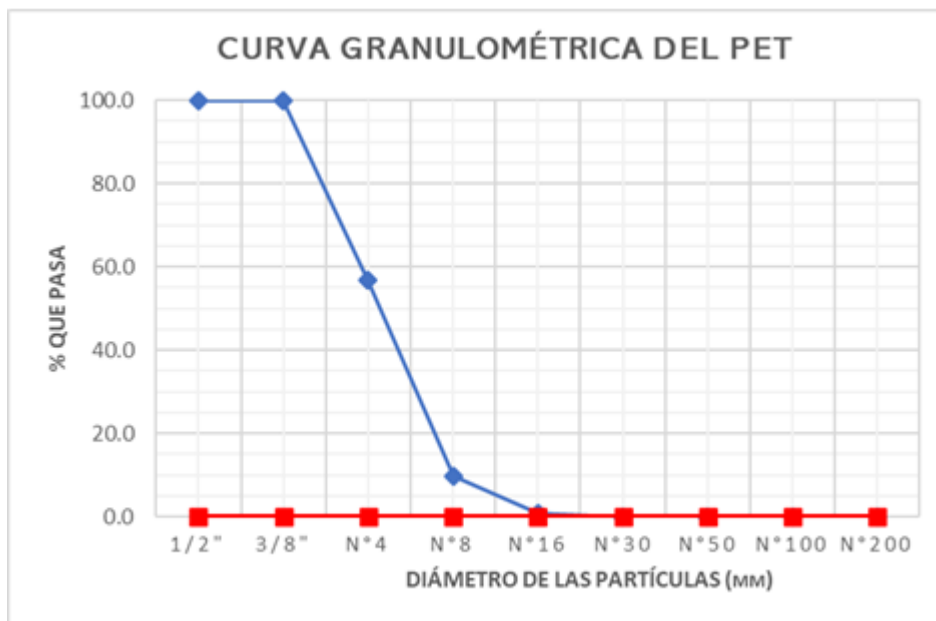
$P_0=$  500.3 gr

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO CORREGIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>100</b>
N°4	4.750	217.10	216.70	216.70	43.31	<b>56.69</b>
N°8	2.360	235.40	235.00	451.70	90.29	<b>9.71</b>
N°16	1.180	44.90	44.50	496.20	99.18	<b>0.82</b>
N°30	0.600	4.50	4.10	500.30	100.00	<b>0.00</b>
N°50	0.300	0.40	0.00	500.30	100.00	<b>0.00</b>
N°100	0.150	-	-	-	-	-
N°200	0.075	-	-	-	-	-
FONDO						
<b>TOTAL</b>		502.30	<b>500.30</b>			

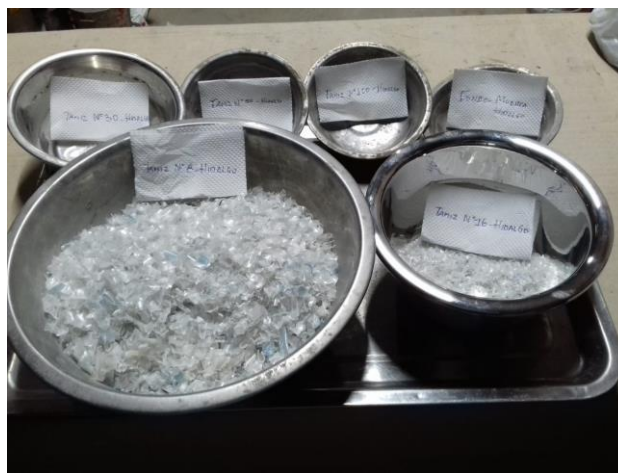
**Tabla 7: Cuadro de porcentajes que pasan de PET molido de acuerdo con ensayo de granulometría**

TAMIZ	%PASA
1/2"	100.0
3/8"	100.0
N°4	56.7
N°8	9.7
N°16	0.8
N°30	0.0
N°50	0.0
N°100	0.0
N°200	0.0

La metodología aplicada que se ha adoptado es similar a la investigación realizada por los ingenieros Acevedo y Posada [11], el cual consiste en realizar un reemplazo en cantidades evaluadas de acuerdo con el tamaño de la partícula de plástico molido (hojuelas, paletizada o fibras) y evaluar el porcentaje que representa en la curva granulométrica del agregado fino.



*Figura 7: Curva granulométrica del PET.*



**Figura 8: Ensayo granulométría: Gradación del material plástico de PET**

## Procedimientos

### Ensayos a los agregados

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO: N.T.P. 400.017

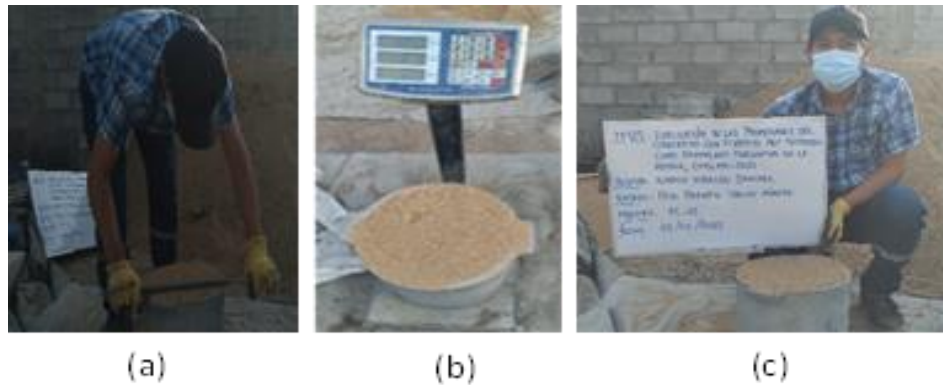
A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

- ✓ Recipiente cilíndrico de metal, capacidad de 0.01463 m<sup>3</sup>, tamaño máximo nominal del árido de 1 ½”.
- ✓ Peso de Recipiente= 8.364 kg
- ✓ Volumen del Recipiente= 0.01463 m<sup>3</sup>
- ✓ Varilla de apisonar, la característica principal de este elemento se basa en que estará elaborado de acero liso (sin corrugaciones) y con bordes semi-redondos, de un diámetro de 16mm y una longitud de 600mm.
- ✓ Balanza, se requerirá un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Cucharón, este será del tamaño adecuado para el buen manejo del material árido.
- ✓ Martillo de goma, este será útil cuando se deba realizar el proceso de reordenación de las partículas.

Procedimiento 1:

- ✓ Se procedió a estabilizar la balanza sobre una base uniforme ya limpiar el recipiente de cualquier clase de materiales adheridos.
- ✓ Se inició a realizar las muestras de Peso Unitario Seco Suelto, durante el ensayo se aplicó la misma intensidad de maniobra y se dejó caer el material granular a una altura aproximada de 1” sobre la ceja del recipiente metálico con ayuda del cucharón metálico.
- ✓ Al terminar de cubrir todo el volumen de la olla metálica estandarizada para este tipo de ensayo, se pasó a enrazar con la varilla lisa de acero, de tal manera que solo se registre el peso dentro de la capacidad máxima de nuestro recipiente.
- ✓ Se toma la muestra y se registra el peso medido por la balanza electrónica, teniendo en cuenta de que luego se le restara el peso del recipiente metálico.
- ✓ Se tomaron 3 de éstas mismas muestras para realizar un promedio con los datos registrados, y así obtener un dato más confiable para nuestro diseño de mezcla de concreto.



**Figura 9: Ensayo Peso Unitario Suelto Húmedo del Agregado Fino: a) Enrazado con la varilla lisa de acero; b) Registro del peso de la muestra; c) Culminación del ensayo**

Procedimiento 2:

- ✓ Se procedió a estabilizar la balanza sobre una base uniforme y a limpiar el recipiente de cualquier clase de materiales adheridos.
- ✓ Se inició a realizar las muestras de Peso Unitario Seco Compactado, durante el ensayo se aplicó la misma intensidad de maniobra y se dejó caer el material granular a una altura aproximada de 1" sobre la ceja del recipiente metálico con ayuda del cucharón metálico.
- ✓ En este procedimiento se realizará el ensayo distribuidas en tres capas de igual altura "h" respecto a nuestro recipiente, cada respectiva capa estará seguida de una compactación de 25 chuceadas con ayuda de la varilla lisa y procedida por 12 a 15 golpes con el martillo de goma con el objetivo de reordenar las partículas del agregado.
- ✓ Al terminar de cubrir todo el volumen de la olla metálica estandarizada para este tipo de ensayo, se procedió a enrazar con la varilla lisa de acero, de tal manera que solo se registre el peso dentro de la capacidad máxima de nuestro recipiente.
- ✓ Se toma la muestra y se registra el peso medido por la balanza electrónica, teniendo en cuenta de que luego se le restara el peso del recipiente metálico.
- ✓ Se tomaron 3 de éstas mismas muestras para realizar un promedio con los datos registrados, y así obtener un dato más confiable para nuestro diseño de mezcla de concreto.



**Figura 10: Ensayo Peso Unitario Compactado Húmedo: a) Registro del peso de la muestra; b) Culminación del ensayo**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO: N.T.P. 339.185

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

- ✓ Balanza, con una precisión al 0.1%.
- ✓ Horno eléctrico a temperatura mínima de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Recipientes, de material aluminio utilizados para verificación de calidad en laboratorio y separación de muestras de materiales pétreos.

Procedimiento:

- ✓ Se realizó un muestreo de acuerdo a la norma N.T.P. 400.010, posterior a ello se dispondrá de una muestra proveniente del lugar de acopio de la arena.
- ✓ De acuerdo al tamaño máximo nominal ( $3/8''$ ) se ha muestreado una masa representativa de 1.5kg de agregado fino.
- ✓ Se debió determinar la masa de la muestra en una balanza con una precisión del 0.1%
- ✓ Se procedió a colocar el recipiente con la muestra dentro del horno por 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Pasado el tiempo mínimo de secado en horno, se procedió a dejar enfriar y a tomar la medida del peso de la muestra seca con una precisión de 0.1%.
- ✓ El dato de porcentaje de humedad se obtuvo como resultado del cociente de la diferencia de los pesos húmedo y seco sobre el peso de la arena seca.



**Figura 11: Ensayo Contenido de Humedad del Agregado Fino: Peso de la muestra húmeda**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO: N.T.P. 400.012**

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

**Materiales y Equipos:**

- ✓ Balanza, se requerirá un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Tamices, juego de tamices normalizados de acuerdo a la N.T.P. 350.001. Para el agregado fino se utilizarán los tamices 3/8", N° 04, N° 08, N° 16, ° 32, N°50 y N° 100.
- ✓ Horno eléctrico a temperatura mínima de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes, de material aluminio utilizados para verificación de calidad en laboratorio y separación de muestras de materiales pétreos.
- ✓ Brocha y bandeja de aluminio.

**Procedimiento:**

- ✓ Se tomó una muestra de acuerdo a la N.T.P. 400.010 procedimiento de muestreo y preparación de nuestro agregado para el ensayo.
- ✓ Se cuarteó y eligió la muestra de agregado fino, pasando después a dejar secar en el horno a temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
- ✓ La masa de la muestra de arena será de 300g como mínimo.
- ✓ Se procedió a zarandear en los tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 32, 50 y 100, seleccionados y regulados de manera descendiente incluyendo además el recipiente de fondo y la tapa para el tamiz ubicado en la parte superior, así mismo el procedimiento se hará de manera manual teniendo cuidado de que se pierdan algunas partículas al agitar de manera horizontal y vertical el juego de tamices.

- ✓ Se segregaron las partículas finas de arena que quedaron retenidos en los respectivos tamices, separándolos en recipientes diferentes y registrando su peso respectivo para el control de datos.
- ✓ Se generó la curva para el agregado pétreo fino y se identificó si desempeña los husos granulométricos que lo parametrizan, subsiguientemente se calculó el módulo de fineza siendo el resultado de la suma de los porcentajes retenidos en cada unidad de los tamices



**Figura 12: Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado Fino: a) Tamices; b) Zarandeo en los tamices; c) Partículas finas de arena retenidos en los tamices**

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO: N.T.P. 400.022

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

- ✓ Balanza, se requerirá un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Molde tronco cónico y pisón metálico, será útil para comprobar la humedad superficial del agregado. Las dimensiones del tronco 40mm de diámetro interior en el extremo menor y 90mm de diámetro en el extremo mayor y una altura de 75mm; mientras que a barra de compactación de metal tiene un diámetro de 25mm y una masa de 340g.
- ✓ Horno eléctrico a temperatura mínima de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes, de material aluminio utilizados para verificación de calidad en laboratorio y separación de muestras de materiales pétreos.
- ✓ Brocha y bandeja de aluminio.
- ✓ Fiola de vidrio, de una capacidad en volumen de 500ml
- ✓ Pipeta y bombilla de succión de goma, nos permitió extraer parte del líquido si este rebasa la línea de capacidad calibrada del instrumento de vidrio.

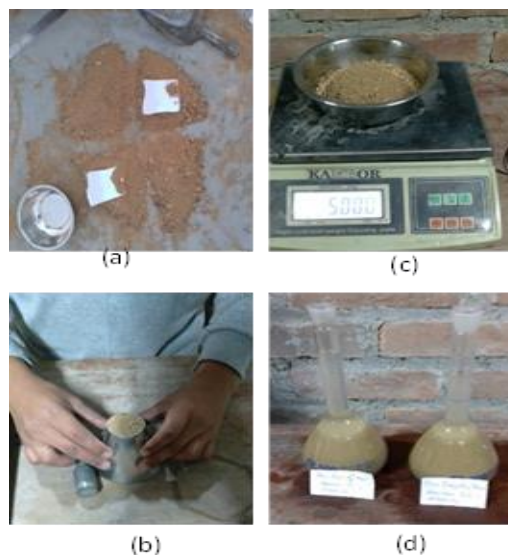
- ✓ Embudo, será útil cuando al vaciar la masa de la muestra de arena dentro del recipiente de vidrio.

Procedimiento:

- ✓ Se realizó el cuarteo y extracción de muestra de arena de acuerdo a la N.T.P. 400.010.
- ✓ Se procedió a saturar la muestra de arena dentro de un recipiente plástico con un nivel de agua superior al del volumen del agregado (es decir se deberá formar un espejo de agua) dejándose reposar a temperatura ambiente durante  $24 \pm 4$  horas.
- ✓ Pasado el tiempo de saturación en agua, se escurre la muestra sedimentada y se le procede a esparcir sobre una fuente de aluminio para su secado superficial a temperatura ambiente, este secado deberá tener un seguimiento puesto que, se requiere conseguir la muestra en estado saturado superficialmente seco (SSS), de tal manera que no se le deberá dejar bajo temperaturas mayores a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- ✓ Se verificó de manera rápida la humedad de la muestra a la sensación del tacto, una vez seca la muestra de arena se procederá a realizar la comprobación de humedad superficial con el molde tronco cónico y pisón de compactación, se comenzó a llenar con material fino el molde metálico hasta la parte superior de éste, posterior a ello se apisona el material dejando caer de manera libre 25 golpes a una altura “h” de 5 mm por encima del borde del tronco metálico.
- ✓ Se comprobó que la muestra está apta para el ensayo cuando ésta mantiene como máximo  $\frac{3}{4}$  partes de su volumen respecto a la capacidad del molde, de esta manera se considera que está en su estado superficialmente seco y sus partículas están saturadas.
- ✓ Se procedió a zarandear en el tamiz N°04 y se seleccionarán dos muestras de 500g de material.
- ✓ Se optó realizar 2 muestras de ensayo para ejecutar un promedio de los datos y así conseguir un dato más confiable para nuestro diseño de mezcla de concreto.
- ✓ Se procedió a tomar la medida de la masa de la fiola, para ello deberá estar seca interiormente y sin partículas adheridas. De igual manera se tomó la masa de la fiola más un volumen de agua igual 500ml que es la capacidad del recipiente.
- ✓ Se extrajo parte del agua de la fiola con ayuda del sistema pipeta-bombilla de goma en conjunto, posterior a ello se procedió a llenar con la muestra de 500g el recipiente volumétrico haciendo uso del embudo, de tal manera que las partículas de arena no se queden adheridas en las paredes interiores de tramo angosto de la fiola.
- ✓ Se pasó a llenar la fiola con agua, siempre que sea necesario, hasta el nivel de calibración del recipiente de vidrio de 500ml de capacidad.

- ✓ Se procedió a agitar manualmente la muestra sumergida en agua dentro de la fiola hasta que se logre eliminar las burbujas de aire que han quedado atrapadas entre las partículas del agregado.
- ✓ Una vez extraídas todas las burbujas se puso a reposar la muestra hasta su sedimentación dentro del recipiente de vidrio, después se procedió a pesar la muestra saturada más el instrumento de vidrio con agua, para posterior a ello se pasó a vaciar la muestra húmeda en un recipiente de aluminio para su posterior colocación en reposo dentro del horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Pasado el tiempo de reposo en el horno, se extrajo la muestra y se tomaron la medida de su masa en estado seco, este dato nos permitió determinar la capacidad de absorción a partir de la variación de pesos y la masa de muestra saturada sumergida en la fiola, así como también, de la propiedad volumétrica del árido.



**Figura 13: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino: a) Cuarteo y extracción de muestra de arena; b) Comprobación de humedad superficial con el molde tronco cónico; c) selección de muestra; y d) Muestra sumergida en agua dentro de la fiola**

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO: N.T.P. 400.017

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

- ✓ Recipiente cilíndrico de metal, capacidad de  $0.01463 \text{ m}^3$ , tamaño máximo nominal del agregado de  $1 \frac{1}{2}''$ .
- ✓ Peso de Recipiente=  $8.364 \text{ kg}$
- ✓ Capacidad del Recipiente=  $0.01463 \text{ m}^3$

- ✓ Varilla de apisonar, la característica principal de este elemento se basa en que estará elaborado de acero liso (sin corrugaciones) y con bordes semi-redondos, de un diámetro de 16mm y una longitud de 600mm.
- ✓ Balanza, se requerirá un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Cucharón, este será del tamaño adecuado para el buen manejo del material árido.
- ✓ Martillo de goma, este será útil cuando se deba realizar el proceso de reordenación de las partículas.

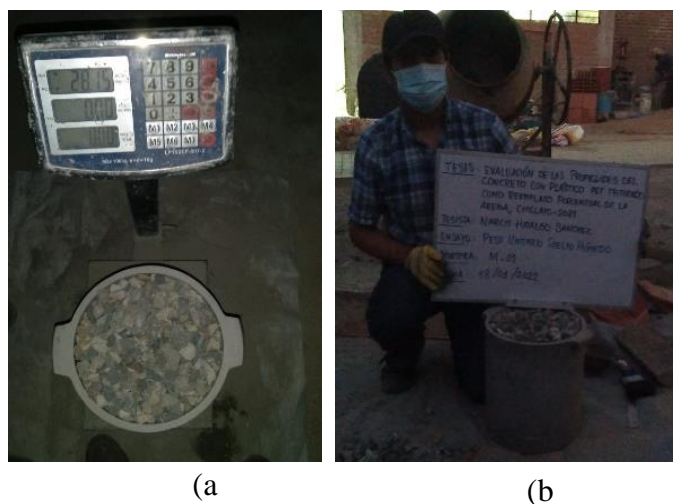
#### Procedimiento 1:

- ✓ Se procedió a estabilizar la balanza sobre una base uniforme ya limpiar el recipiente de cualquier clase de materiales adheridos.
- ✓ Se comenzó a realizar las muestras de Peso Unitario Seco Suelto, durante el ensayo se aplicó la misma intensidad de maniobra y se dejó caer el material pétreo a una altura aproximada de 1” sobre la ceja del recipiente metálico con ayuda del cucharón metálico.
- ✓ Al terminar de cubrir todo el volumen de la olla metálica estandarizada para este tipo de ensayo, se pasó a enrazar con la varilla lisa de acero, de tal manera que solo se registre el peso dentro de la capacidad máxima de nuestro recipiente.
- ✓ Se tomó la muestra y se registra el peso medido por la balanza electrónica, teniendo en cuenta de que luego se le restará el peso del recipiente metálico.
- ✓ Se tomaron 3 de éstas mismas muestras para realizar un promedio con los datos registrados, y así obtener un dato más confiable para nuestro diseño de mezcla de concreto.

#### Procedimiento 2:

- ✓ Se procedió a estabilizar la balanza sobre una base uniforme ya limpiar el recipiente de cualquier clase de materiales adheridos.
- ✓ Se inició a realizar las muestras de Peso Unitario Seco Compactado, durante el ensayo se aplicó la misma intensidad de maniobra y se dejó caer el material granular a una altura aproximada de 1” sobre la ceja del recipiente metálico con ayuda del cucharón metálico.
- ✓ En este procedimiento se realizó el ensayo distribuidas en tres capas de igual altura “h” respecto a nuestro recipiente, cada una de éstas capa estará seguida de una compactación de 25 chuceadas con ayuda de la varilla lisa y procedida por 12 a 15 golpes con el martillo de goma con el objetivo de reordenar las partículas del agregado.

- ✓ Al terminar de cubrir todo el volumen de la olla metálica estandarizada para este tipo de ensayo, se pasó a enrazar con la varilla lisa de acero, de tal manera que solo se registre el peso dentro de la capacidad máxima de nuestro recipiente.
- ✓ Se tomó la muestra y se registra el peso medido por la balanza electrónica, teniendo en cuenta de que luego se le restara el peso del recipiente metálico.
- ✓ Se tomaron 3 de éstas mismas muestras para realizar un promedio con los datos registrados, y así obtener un dato más confiable para nuestro diseño de mezcla de concreto.



**Figura 14: Ensayo Peso Unitario Suelto del agregado grueso: a) Registro del peso de la muestra; b) Culminación del ensayo**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO: N.T.P. 339.185

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

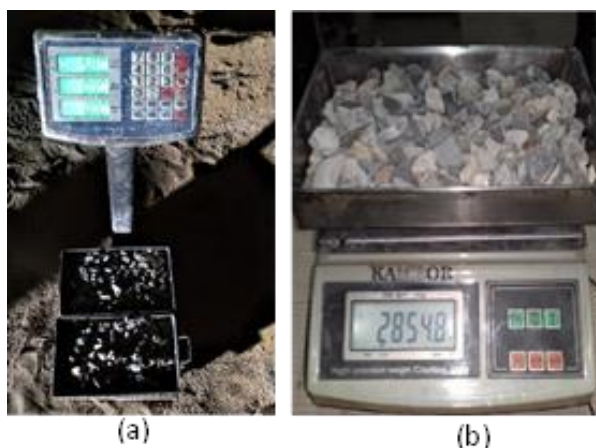
Materiales y Equipos:

- ✓ Balanza, con una precisión al 0.1%.
- ✓ Horno eléctrico a temperatura mínima de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Recipientes, de material aluminio utilizados para verificación de calidad en laboratorio y separación de muestras de materiales pétreos.

Procedimiento:

- ✓ Se realizó un muestreo de acuerdo a la norma N.T.P. 400.010, posterior a ello se dispuso de una muestra proveniente del lugar de acopio de la piedra chancada.
- ✓ De acuerdo al tamaño máximo nominal ( $3/4''$ ) se ha muestreado una masa representativa de 3.0kg de agregado grueso.
- ✓ Se debió establecer la masa de la muestra en una balanza con una precisión del 0.1%

- ✓ Se procedió a colocar el recipiente con la muestra dentro del horno por 24 horas a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Pasado el tiempo mínimo de secado en horno, se procedió a dejar enfriar y a tomar la medida del peso de la muestra seca con una precisión de 0.1%.
- ✓ El dato de porcentaje de humedad se obtuvo como resultado del cociente de la diferencia de los pesos húmedo y seco sobre el peso de la piedra secada en horno.



**Figura 15: Ensayo Contenido de Humedad del Agregado Grueso: a) Peso de la muestra húmeda, b) Peso de la muestra seca**

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO: N.T.P. 400.012

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

##### Materiales y Equipos:

- ✓ Balanza, se requirió un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Tamices, juego de tamices normalizados de acuerdo a la N.T.P. 350.001. Para el agregado fino se utilizarán los tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 04.
- ✓ Horno eléctrico a temperatura mínima de  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes, de material aluminio utilizados para verificación de calidad en laboratorio y separación de muestras de materiales pétreos.
- ✓ Brocha y bandeja de aluminio.

##### Procedimiento:

- ✓ Se tomó una muestra de acuerdo a la N.T.P. 400.010 procedimiento de muestreo y preparación de nuestro agregado para el ensayo.

- ✓ Se debió haber cuarteado y seleccionado la muestra de agregado fino, luego se procedió a dejar secar en el horno a temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
- ✓ La masa de la muestra de agregado grueso fue de 5.0kg de acuerdo a su tamaño máximo nominal (3/4") como mínimo.
- ✓ Se procedió a zarandear en los tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 04, seleccionados y colocados de manera decadente incluyendo además el recipiente de fondo y la tapa para el tamiz ubicado en la parte superior, así mismo el procedimiento se hará de manera manual teniendo cuidado de que se pierdan algunas partículas al agitar de manera horizontal y vertical el juego de tamices.
- ✓ Se segregaron las partículas de piedra que queden retenidos en los respectivos tamices, separándolos en recipientes diferentes y tomando su peso respectivo para el registro de datos.
- ✓ Se generó la curva para el agregado pétreo grueso y se identificó si cumple los husos granulométricos que lo parametrizan, subsiguientemente se establece el Tamaño máximo nominal del agregado y su inmediato Tamaño máximo, así mismo se calcula el módulo de fineza siendo el resultado de la suma de los porcentajes que retienen en cada unidad de los tamices.



**Figura 16: Análisis Granulométrico por tamizado del agregado grueso: a) Tamices; y b) Partículas de piedra que queden retenidos en los tamices**

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO: N.T.P. 400.021

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

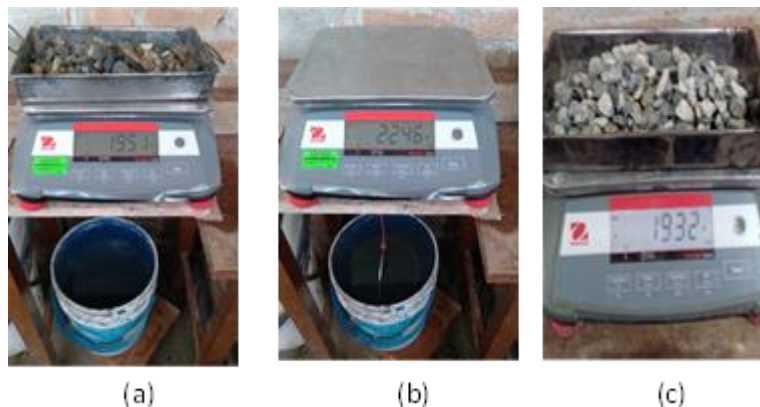
- ✓ Balanza, se requirió un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.

- ✓ Canastilla de alambre, este instrumento es de una capacidad de 4 a 7 litros para agregados de tamaños máximos nominales de 1 1/2" o de menor diámetro, elaborado de tal forma que no almacene aire atrapado cuando se sumerja la muestra.
- ✓ Poza de agua, se requirió de este elemento o en su defecto de un depósito de agua para sumergir el sistema canastilla-muestra
- ✓ Horno eléctrico a temperatura mínima de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes, de material aluminio utilizados para verificación de calidad en laboratorio y separación de muestras de materiales pétreos.
- ✓ Franela y bandeja de aluminio.
- ✓ Tamiz N° 04, tamiz estandarizado para seleccionar el material apropiado.

Procedimiento:

- ✓ Se realizó el cuarteo y extracción de muestra de agregado grueso de acuerdo a la N.T.P. 400.010.
- ✓ Se debió saturar la muestra de piedra dentro de un recipiente plástico con un nivel de agua superior al del volumen del agregado (es decir se deberá formar un espejo de agua) dejándose reposar a temperatura ambiente durante  $24 \pm 4$  horas.
- ✓ Se debió decantar el agua contenida de la etapa de saturación del agregado
- ✓ Se procedió a disminuir la muestra seleccionando solo aquellas partículas que queden retenidas en el tamiz N°4, a la par se deberá lavar la muestra tamizada.
- ✓ Se procedió a extender la muestra en un depósito y secarla ayudándose de franelas, y así lograr que el material esté en estado superficialmente seco (SSS).
- ✓ Se procedió a nivelar la balanza digital y acoplarle el gancho de suspensión para el ensayo.
- ✓ Se distribuyó el agregado seleccionado en 2 muestras de igual masa, con el objetivo de realizar un promedio con los datos registrados, y así obtener un dato más confiable para nuestro diseño de mezcla de concreto.
- ✓ Se procedió a registrar el peso de la canastilla con malla de alambre suspendida dentro de la poza de agua, este dato será el peso sumergido del recipiente.
- ✓ Posteriormente se colocó la muestra de agregado grueso dentro de la canastilla, la misma que se encontrará sujeta del gancho de la balanza, se procedió a tomar la medida de la masa del sistema canastilla-muestra saturada dentro del agua.
- ✓ Se quitó la muestra del recipiente dentro del agua y se le colocó en un recipiente de aluminio, finalmente se dejará en reposo la muestra en el horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

- ✓ Después del secado en el horno según el tiempo establecido en la norma técnica, se extrajo la muestra y se tomó la medida de su masa en estado seco, este dato nos permitirá determinar la capacidad de absorción a partir de la variación de pesos y la masa de la muestra saturada sumergida en la canastilla, así como también, de la propiedad volumétrica del agregado.



**Figura 17: Ensayo Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso: a) Peso de muestra a ensayar; b) Colocación de la muestra dentro de la canastilla; y c) Peso de la muestra seca**

### Ensayos al cemento portland

PESO ESPECIFICO POR EL MÉTODO DE LA BOTELLA DE LE CHATELIER: N.T.P. 334.005

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

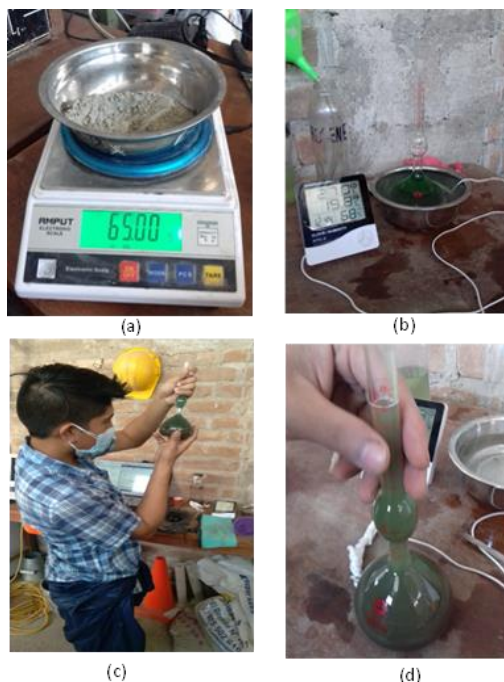
- ✓ Botella de Le Chatelier, frasco de vidrio
- ✓ Termómetro digital
- ✓ Balanza, se requerirá un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Espátula
- ✓ Embudo
- ✓ Hielo y Keresone; insumos que nos permitirán establecer las condiciones de ensayo.

Procedimiento:

- ✓ Se vació parte del kerosene en el recipiente de vidrio hasta el nivel calibrado en la línea marcada entre 0 y 1 ml, se procedió a secar el conducto con una toalla de papel de tal manera de que no se humedezca las paredes de la botella.
- ✓ Se sumergió la botella de Le Chatelier en un recipiente de agua cuya temperatura se regularizó en  $20^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  (proceso similar al de baño maría), para lograr esto se bajó la

temperatura con cubos de hielo, aunque también se tuvo en cuenta colocar agua a una mayor temperatura de acuerdo a lo requerido.

- ✓ Una vez estabilizada la temperatura del frasco con el kerosene en su interior, se midieron  $64g \pm 0.05g$  de material cementicio, el mismo que será extraído de una bolsa de cemento sellada.
- ✓ Se procedió a añadir la muestra de cemento con ayuda del embudo y la espátula de tal manera de que las partículas de la muestra no se obstruyan ni se adhieran a las paredes del frasco de vidrio, esto será necesario para no perder masa y obtener un resultado confiable.
- ✓ Se procedió a colocar la tapa de la botella de Le Chatelier y agitar levemente, con el objetivo de eliminar el aire contenido en el cemento.
- ✓ Se procedió a sumergir el frasco en el agua de temperatura uniforme y se evaluó el ascenso del nivel de kerosene, luego se realiza una medición directa de la graduación del frasco donde se intercepta con la línea de altura del kerosene este dato dividirá a la masa de cemento que se ha pesado al inicio.



**Figura 18: Ensayo Peso Específico por el método de la botella de le chatelier: a) Peso del cemento; b) Eliminación del aire contenido en el cemento; c) Estabilización de la temperatura del frasco con el kerosene y d) Evaluación del ascenso del nivel de kerosene**

#### **Ensayos al concreto en estado fresco**

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (MÉTODO GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO: N.T.P. 339.046-2018

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

#### Materiales y Equipos:

- ✓ Balanza, se requirió un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Barra compactadora, es una varilla de acero no corrugada de diámetro de 16mm y una extensión de 600mm y en su extremo de compactación redondeado.
- ✓ Martillo de goma, sirvió para reordenar la mezcla de concreto al dar entre 12-15 golpes al molde metálico. Su peso es de  $600 \pm 200$ g para recipientes de ensayo de 14 litros.
- ✓ Recipiente metálico de medida, recipiente de forma cilíndrica hecho en acero, siendo su capacidad mínima de acuerdo los requisitos para un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 1". Por otra parte, la parte de los bordes superiores son de textura lisa y de forma plana.
- ✓ Placa de alisado, es de dimensiones rectangulares, de 6mm de espesor y 50mm de ancho. Los extremos de la placa serán lisos y ortogonales.
- ✓ Cuchara metálica, de dimensiones convenientes para que el concreto logre un buen muestreo, la extracción sea suficiente.

#### Procedimiento:

- ✓ Se procedió a extraer una muestra de concreto fresco de la olla del trompo de batido, se procederá a remezclar la muestra de tal manera de que este sea homogéneo en todas sus capas.
- ✓ Se humedeció las herramientas de acero (recipiente y varilla de punta redondeada).
- ✓ Se procedió a vaciar la mezcla hasta una tercera parte de la altura del recipiente metálico ayudándose de la cuchara, así mismo se extenderá de afuera hacia adentro la cuchara para asegurar una distribución de la mezcla de concreto.
- ✓ Se compactó la primera capa de mezcla con la varilla lisa de acero con un total de 25 repeticiones de chuceadas, posterior a ello se reordena la mezcla al golpear la parte externa del recipiente con un rango de 12 a 15 golpes con el martillo de goma.
- ✓ Esta última manera se ejecuta en las dos subsiguientes capas, para finalizar se enraza la olla quitando el concreto sobrante de la parte superior de la última capa de llenado.

- ✓ Se procedió a limpiar los bordes lisos del recipiente metálico y seguido a ello se registrará el peso de la muestra. Al resultado obtenido se le desprecia el peso de la olla de acero y dividiéndolo entre el volumen del mismo recipiente.



**Figura 19: Ensayo para Determinar la Densidad: Registro del Peso Unitario**

MÉTODO POR PRESIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MEZCLAS FRESCAS: NTP 339.080

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipos:

- ✓ Balanza, se requirió un instrumento con una precisión dentro del 0.1% de la masa de ensayo.
- ✓ Barra compactadora, es una varilla de acero no corrugada de diámetro de 16mm y una extensión de 600mm y en su extremo de compactación redondeado.
- ✓ Martillo de goma, sirvió para reordenar la mezcla de concreto al dar entre 12-15 golpes al molde metálico. Su peso es de  $600 \pm 200$ g para recipientes de ensayo de 14 litros.
- ✓ Recipiente metálico de medida, recipiente de forma cilíndrica hecho en acero, siendo su capacidad mínima de acuerdo los requisitos para un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 1". Por otra parte, la parte de los bordes superiores son de textura lisa y de forma plana.
- ✓ Placa de alisado, es de dimensiones rectangulares, de 6mm de espesor y 50mm de ancho. Los extremos de la placa serán lisos y ortogonales
- ✓ Bombilla de succión de goma, nos permitió colocar el agua en los pistones de la tapa del recipiente de ensayo.

Procedimiento:

- ✓ Una vez que se realizó la colocación y posterior pesado de la muestra en el recipiente metálico, de acuerdo a la N.T.P. 339.046-2018, se procedió a limpiar los bordes superiores del recipiente para iniciar el ensayo de contenido de aire por el método de presión.
- ✓ Se procedió a quitar el aire de la cámara de medición al ajustar una llave lo suficientemente hasta que la aguja del manómetro no dé lectura alguna.
- ✓ Se sujetó la tapa de ensayo y verificó ninguna clase de obstrucción en las válvulas, la misma que consta de una cámara horizontal de acuerdo al medidor tipo B según lo especifica la norma, seguidamente se procedió a sellar el recipiente que contiene la muestra de ensayo de manera ortogonal se ajustaron los ganchos de la tapa hacia el recipiente.
- ✓ Se procedió a abrir las llaves de paso para que la muestra de concreto en estado fresco se sature con ayuda de una bombilla de succión de goma, éstas dos válvulas se llenaron de acuerdo a la teoría de vasos comunicantes para un fluido, así mismo se inspeccionó de que se obtuviera un nivel de agua hasta la línea de calibración de la válvula, posterior a esto se cerraran las válvulas en ambos casos.
- ✓ Se procedió a bombear con ayuda de un pistón hasta superponer la aguja del manómetro sobre el indicador color amarillo de la cámara para dar el inicio del ensayo.
- ✓ Se realizó el ensayo en el momento preciso de presionar la llave de liberación de aire, originando así una lectura en el manómetro ubicado en la cámara de presión.
- ✓ Finalmente se liberó todo el aire y se apertura las llaves de las válvulas, el ensayo termina con la limpieza respectiva dele quipo de medición.



*Figura 20: Determinación del Contenido de Aire en Mezclas Frescas*

## MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND: N.T.P. 339.035:2009

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

### Materiales y Equipos:

- ✓ Cono de Abrams, este molde tiene la forma de un tronco cónico cuyas dimensiones aproximadas son 30cm de altura, con un diámetro superior de 100mm y un diámetro inferior de 200mm.
- ✓ Varilla de acero lisa, se usó como instrumento de compactación de la muestra. la característica principal de este elemento se basa en que estará elaborado de acero liso (sin corrugaciones) y con bordes semi-redondos, de un diámetro de 16mm y una longitud de 600mm.
- ✓ Plancha metálica, sirvió de base sobre la que se realiza el ensayo.
- ✓ Cucharón metálico, de dimensiones convenientes para que el concreto logre un buen muestreo, la extracción sea suficiente.
- ✓ Flexómetro.

### Procedimiento:

- ✓ Primero colocamos una base metálica para impedir que los concretos tengan contacto con el suelo.
- ✓ Se tomó a extraer una muestra de concreto fresco de la olla del trompo de batido, se procederá remezclar la muestra de tal manera de que este sea homogénea en todas sus capas.
- ✓ Se humedeció las herramientas de acero (cono de Abrams y varilla de punta redondeada).
- ✓ El cono de Abrams debe estar sujeta por ambos lados y presionadas con ambos pies, para impedir la salida del concreto.
- ✓ Se procedió a vaciar la mezcla hasta una tercera parte de la altura del cono de Abrams y metálico con la ayuda de la cuchara, así mismo se extenderá de afuera hacia adentro la cuchara para asegurar una distribución de la mezcla de concreto.
- ✓ Se compactó la primera capa de mezcla con la varilla lisa de acero con un total de 25 repeticiones de chuceadas, posterior a ello se reordena la mezcla al golpear la parte externa del recipiente con un rango de 12 a 15 golpes con el martillo de goma.

- ✓ Este último procedimiento se repite en las dos siguientes capas, para finalizar se enraza el cono de Abrams retirando el concreto sobrante de la parte superior de la última capa de llenado.
- ✓ Se procedió a limpiar los bordes del cono de Abrams y posterior a ello se retira el molde.
- ✓ Para finalizar se mide el asentamiento que se observa en la masa del concreto colocada dentro del cono de Abrams. Para conseguir dicha medida se gira al cono de Abrams al contrario al ensayo elaborado, poniendo la varilla de punta redondeada y de esa manera se pueda realizar la medición del asentamiento del concreto.



***Figura 21: Medición del Asentamiento del Concreto de Cemento Portland***

#### MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA DE HORMIGÓN (CONCRETO): N.T.P. 339.184

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

##### Materiales y Equipo:

- ✓ Termómetro análogo, el rango del dispositivo es de 0 a 50 °C

##### Procedimiento:

- ✓ Se comenzó a tomar la temperatura de la muestra de concreto que resultó del diseño de mezcla previo al vaciado en los moldes oportunos para probetas y vigas.
- ✓ Se situó el dispositivo en la mezcla de concreto, sumergiendo el instrumento de medición a una profundidad mínima de 3", de acuerdo a lo estipulado en la norma de ensayo.
- ✓ La temperatura se midió con un tiempo mínimo de inmersión dentro de la mezcla de 2 minutos.

- ✓ Se procedió a tomar lectura del dispositivo y registrar la propiedad térmica dentro de los 5 minutos una vez se halla uniformizado la temperatura.



*Figura 22: Determinación de la temperatura de mezcla de hormigón*

#### **Ensayos al concreto en estado endurecido**

CONCRETO. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS: N.T.P. 339.034:2015

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

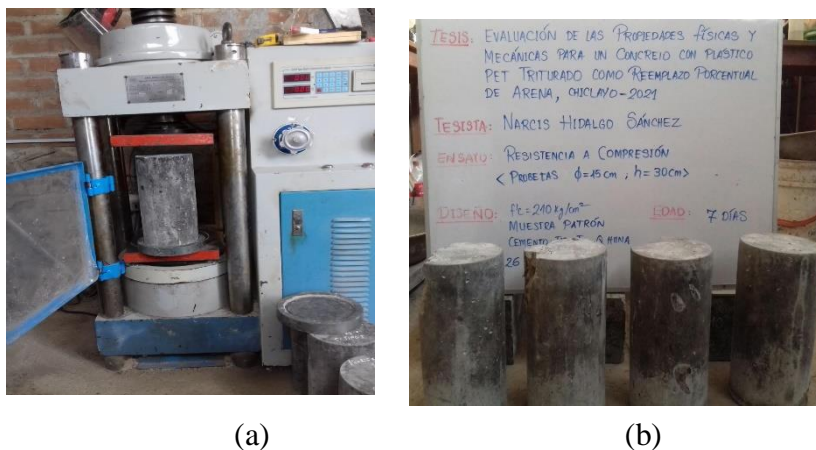
Materiales y Equipo:

- ✓ Máquina Prensa Hidráulica
- ✓ Micrómetro de 6"
- ✓ Vernier de 30cm

Procedimiento:

- ✓ El curado del concreto empieza a contar desde el primer día que el cilindro ha sido vaciado, después 24 horas se pasa a desencofrar todos los especímenes. Una vez desencofradas se sumergen en el agua, asegurándose que cubra en su totalidad a las probetas. Las pruebas de madurez se realizan según NTP 339.033.
- ✓ La rotura de los especímenes debe realizar en su tiempo definitivo, tomando en cuenta las tolerancias permisibles según la tabla establecido en la norma NTP 339.034.
- ✓ Una vez que se ha retirado los especímenes del agua, se realiza sus respectivas mediciones, sus diámetros con ayuda de un dispositivo micrómetro de 6" (15cm) y las alturas con ayuda del vernier de 12" (30cm).

- ✓ Luego se coloca la muestra de concreto en una máquina de moldeo por compresión, colocando el bloque de menor peso sobre la plataforma circular. Se debe utilizar la velocidad de descarga en todo momento, así mismo las velocidades permisibles están en el rango de no mayor de 5 kN/s.
- ✓ Una vez ensayadas las muestras se retira de la máquina y se analiza que tipo de falla experimentó.



**Figura 23: Determinación de la Resistencia a la compresión: a) colocación del espécimen en la máquina de compresión; y b) Especímenes ensayados**

CONCRETO. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO: N.T.P. 339.078:2012

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipo:

- ✓ Máquina Prensa Hidráulica
- ✓ Vernier
- ✓ Flexómetro o Wincha
- ✓ Plancha de apoyo simple a L/3

Procedimiento:

- ✓ El curado del concreto empieza a contar desde el primer día que los prismas han sido vaciados, después 24 horas se pasa a desencofrar todos los especímenes. Una vez desencofradas se sumergen en agua, asegurándose que cubra toda la sección de las probetas. El curado se realiza según la norma NTP 339.033.
- ✓ Se realiza trazo de las líneas de referencia partiendo de la mitad del prisma, 7.5 cm y 22.5 cm a cada lado, dichos trazos servirán para analizar si la falla de la viga ocurre dentro del tercio medio de la luz.

- ✓ Luego se pasa a poner la muestra de concreto en la máquina de compresión, sobre una estructura rígida de soporte, tener en cuenta que se toma la parte lisa de la muestra para dicho ensayo.
- ✓ Para obtener las medidas de la sección transversal del espécimen y determinar el cálculo de ruptura, se tomará las mediciones de las caras fracturadas después de ser ensayado. Las medidas del ancho y profundidad del espécimen se harán como se estableció. Coger una medida en cada borde y una en el centro de la sección transversal para cada una de las dimensiones. Para calcular el ancho promedio, altura promedio y la situación de la línea de factura, se debe tomar tres mediciones a lo largo de cada una de las dimensiones. Las medidas conviene ser tomadas a una precisión de 1 mm.



(a)



(b)

**Figura 24: Determinación de la resistencia a la flexión: a) Falla de muestra, y b) Muestras ensayadas**

#### ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO, PARTE 8: PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN: UNE-EN 12390-8-2020

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

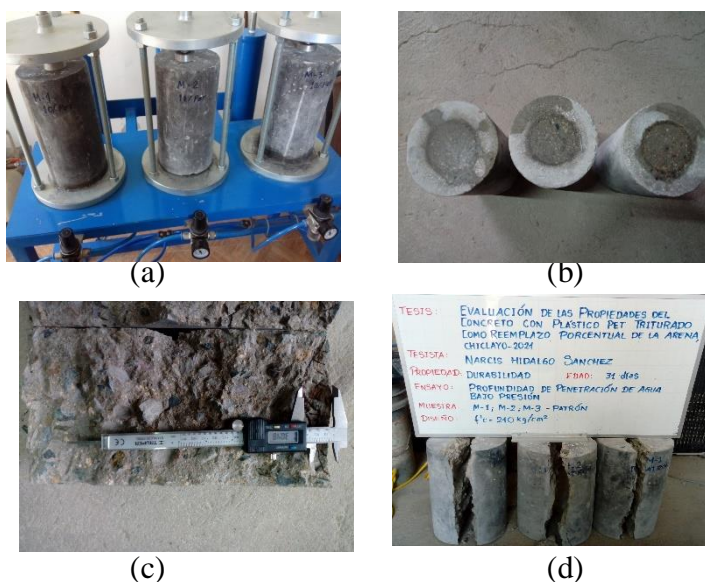
Materiales y Equipo:

- ✓ Compresora de aire
- ✓ Equipo para ensayo de penetración de agua bajo presión
- ✓ Embudo
- ✓ Pulidora
- ✓ Recipiente de aluminio

- ✓ Agua mineral
- ✓ Vernier digital de 4"

Procedimiento:

- ✓ Los especímenes a ensayar serán de forma cilíndrica, que contarán con un diámetro de 15 cm y una longitud 30 cm. Su curado será hasta los 28 días, al cumplir los días de curado se tomarán 3 especímenes para realizar dicho ensayo.
- ✓ Para quitar la capa superficial de cemento, se usará una pulidora para el desgaste de la superficie de la cara de la probeta que va a estar expuesta a la presión del agua.
- ✓ Luego llevaremos los especímenes al equipo de ensayo de penetración de agua bajo presión, para hacer uso de dicho equipo debemos verificar que esté limpio y que funcione correctamente.
- ✓ A la hora de colocar el espécimen tenemos que asegurar que la llave de la parte inferior este cerrado y de la superior del ingreso del agua este abierta, para poder introducir agua a dichos canales, recordando que debe llenarse hasta la mitad para que pueda ingresar aire.
- ✓ Se coloca un anillo de sellado de goma, en la unión entre la parte del equipo que aplicara la presión del agua y el espécimen, de modo que no exista la pérdida de agua en la zona durante el ensayo.
- ✓ Se ajusta la parte del tornillo central para luego encender la compresora de aire y abrir la llave inferior del equipo para generar el ingreso de aire la cual va a impulsar con presión el agua. Se le emplea al agua una presión de 500 kPa (72PSI).
- ✓ Una vez finalizado el tiempo de aplicación de presión correspondiente a los 500 kPa, se retira la probeta del equipo, para luego realizar la rotura de la probeta en dos mitades perpendicularmente a la cara donde se ha aplicado la presión de agua.
- ✓ Se procedió a delimitar la zona humedecida interiormente en ambas mitades de la probeta de concreto, nos ayudamos de un marcador indeleble, se procura observar bien la coloración y el camino que ha seguido el agua que ha penetrado por presión desde la base.
- ✓ Ayudándose de un vernier digital se procedió a medir la altura de la zona marcada de agua ascendida, presente como una forma de bulbo de humedad interior producto de la presión, respecto a la base inferior pulida donde se impulsó el fluido.



**Figura 25: Ensayo penetración de agua bajo presión: a) Muestras de concreto de D 6" y altura de 12" en el equipo de permeabilidad; b) Retiro de muestras ensayadas por 72h bajo presión de agua; c) Medición de la profundidad de agua en la caras interior de la muestra d) Muestras ensayadas en permeabilidad, diseño  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>-patrón**

MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO: ASTM C-1585/ N.TP. 339.232-2018

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

Materiales y Equipo:

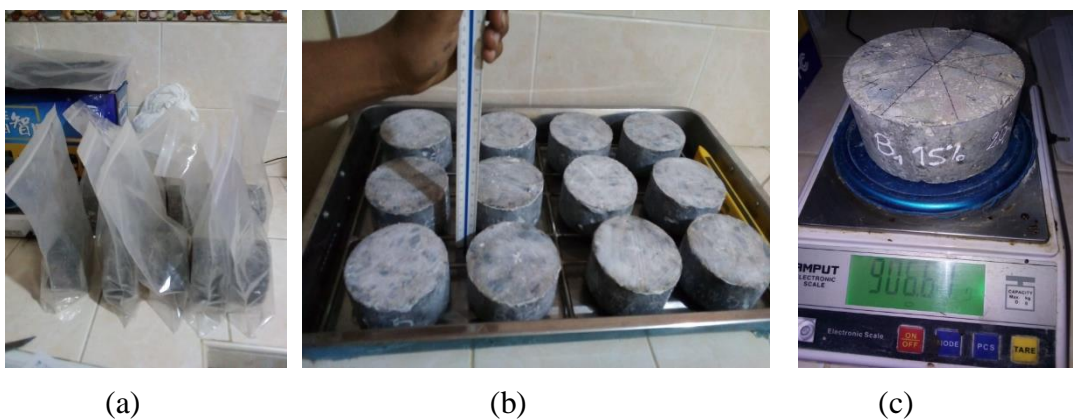
- ✓ Olla de vacío
- ✓ Bomba de aire
- ✓ Desecador de vidrio
- ✓ Un recipiente de aluminio rectangular
- ✓ Parrilla de apoyo de acero inoxidable
- ✓ Balanza digital
- ✓ Agua destilada
- ✓ Bromuro de potasio.
- ✓ Vernier Digital de 4"
- ✓ Micrómetro
- ✓ Termómetro digital
- ✓ Vaso precipitado de vidrio
- ✓ Probeta de vidrio

- ✓ Varilla de vidrio
- ✓ Sellador o silicona
- ✓ Bolsas herméticas

#### Procedimiento

- ✓ Se elaboraron probetas con un diámetro de 4pulg y altura de 8pulg, una vez alcanzada la edad de 28 días de curado, se extrae 3 probetas por cada diseño. A cada uno de esas probetas se procede a cortar, dicha altura es equivalente a 20cm, se cortará en 4 porciones de un espesor de  $5\text{ cm} \pm 3\text{mm}$  de error y un diámetro de 10 cm; de las 4 porciones elegimos las partes internas, de la cual se toma una para su respectivo ensayo de absorción (una porción de cada probeta).
- ✓ A las muestras extraídas de las probetas se le coloca en una bomba de vacíos durante un tiempo de 3 h saturado con agua destilada. Luego que tenemos todo el conjunto de muestras, con el procedimiento de saturación se colocara en el desecador (olla de vidrio), como parte del proceso de controlar la humedad relativa de las muestras.
- ✓ Se prepara una solución con bromuro de potasio con agua destilada, en proporciones de: la solubilidad de bromuro de potasio es de 80.2g por cada 100g de agua destilada. Dicha solución será vertida en el desecador, el cual contiene una especie de apoyo de porcelana donde se colocará las muestras. La solución permite controlar la humedad de las muestras. La humedad es controlada, por lo que va a permitir que exista una humedad relativa de  $80 \pm 0.05\%$ . Aplicamos la solución en el desecador y colocamos las muestras sobre la plancha de apoyo de porcelana y procedemos a dejar en un horno durante 3 días a una temperatura de  $50 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ .
- ✓ Al cumplir los 3 días en ese estado, las muestras serán retiradas y colocada en bolsas herméticas de polietileno, durante 15 días a una temperatura controlada  $20 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ .
- ✓ Luego de los 15 días se procede a tomar las medidas del diámetro de las muestras, 4 diámetros en diferentes ejes ortogonales y 4 espesores, usando el vernier digital y el micrómetro para una probeta de 4 pulg.
- ✓ Después de tener los datos se pesa la muestra, para proceder a aplicar un sellador o silicona en las caras laterales, es decir en las caras que no tendrán contacto con el agua. Una cara tiene que estar libre porque estará en contacto con el agua, por lo que tiene que estar libre de manchas o rayaduras, y nada de sellador. La altura de agua con respecto a la cara en contacto debe ser 3mm como máximo.
- ✓ Al momento que se dejará la muestra en reposo se tendrá que verificar que este bien nivelado dicho lugar, porque la muestra no se debe mover.

- ✓ Se procederá a realizar el ensayo, dicho ensayo comienza midiéndose la masa al minuto todas con un intervalo de reacción de 10 seg, porque una vez que se retira del agua la muestra no puede demorarse durante la toma de datos más de 10 seg.
- ✓ Al sacar la muestra del agua se le seca ligeramente con la franela y al momento de pesarlo se le apoya la cara que no estuvo en contacto con el agua. Los tiempos son: 1min, 5min, 10min, 20min, 30min, 60min, estos primeros datos van a permitir hallar el ritmo de absorción inicial.
- ✓ Luego se deja en reposo la muestras y se empieza tomar mediciones cada 24 horas hasta el octavo día. Los datos restantes van a determinar el ritmo de absorción secundaria. Y por último se procesarán los datos y evaluará la confiabilidad de los mismos.



**Figura 26: Ensayo velocidad de absorción: a) Muestra de concreto de D 4" y espesor 2" en bolsas herméticas; b) Proceso de sellado, colocación y nivelación de muestras sobre una superficie de agua de 5mm; c) Pesado de muestra de 4" con aproximación a 0.01g**

#### MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA PENETRACIÓN DEL IÓN CLORURO: ASTM C-1202

A continuación, se especifican las herramientas y procedimiento normalizado respectivo para la realización del ensayo.

##### Materiales y Equipo:

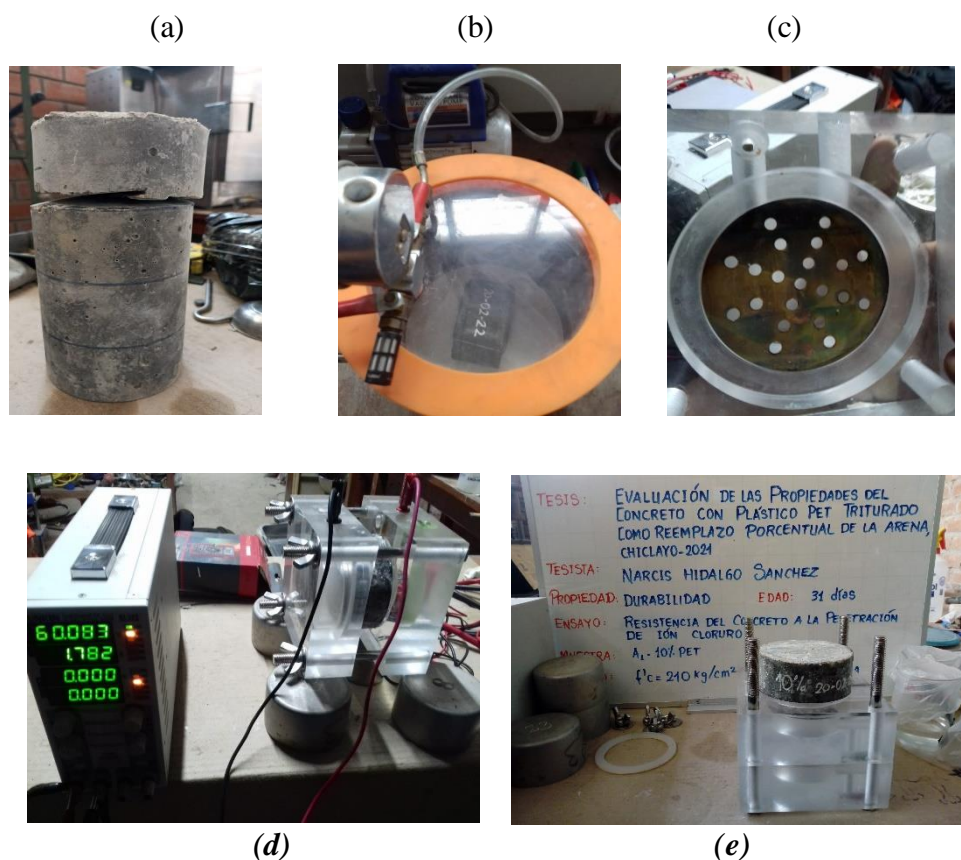
- ✓ Banco de prueba: dos cámaras de material acrílico
- ✓ Anillo de goma
- ✓ Equipo de fuente de voltaje 60V CC
- ✓ Equipo multitéster
- ✓ Cloruro de sodio
- ✓ Hidróxido de sodio
- ✓ Agua destilada

- ✓ Vaso precipitado de vidrio
- ✓ Probeta de vidrio
- ✓ Varilla de vidrio
- ✓ Pipeta
- ✓ Papel filtro
- ✓ Termómetro digital
- ✓ Vernier Digital de 4"
- ✓ Micrómetro
- Sellador o silicona

Procedimientos:

- ✓ Las probetas deben alcanzar la edad de 28 días de curado, para luego proceder a cortar la probeta de diámetro de 4 pulg. Se cortará 4 porciones de un espesor de 5 cm y elegimos las partes internas, de la cual se toma una porción de cada probeta.
- ✓ A las probetas se le coloca en una bomba de vacíos durante un tiempo de 3 h. Luego se apretura la llave para que se sature con agua destilada, durante una hora, este paso se realizará para cada uno de las muestras.
- ✓ Luego se debe mantener esa muestra 18 horas, entonces se procederá a ensayar al día siguiente, tomando los datos de la muestra dos diámetros y dos espesores.
- ✓ Se usa 3 g de cloruro de sodio por cada 100 ml de agua destilada y por cada litro de agua se le va añadir 12 g de hidróxido de sodio.
- ✓ Se toma la muestra, para colocar los anillos de goma respectivos a cada extremo y luego se procedió a ajustar las tuercas y guachas respectivas de cada uno de los pernos en dirección en X. Luego pasamos a colocar las soluciones en ambas cámaras. Las dos cámaras contienen dos celdas de bronce, dichas celdas están en contacto con un punto a donde va a llegar la corriente eléctrica en cada cámara. En una cámara va a realizar la función de cátodo y la otra como un ánodo.
- ✓ La solución de hidróxido de sodio va a funcionar con un cátodo, entonces colocamos en la cámara donde el punto de conexión es de color rojo y representa el polo positivo.
- ✓ La cámara donde el punto de conexión es de color negro representa el polo negativo, se va a colocar la solución de cloruro de sodio, el cual va a funcionar como una solución anódica. Es por ello que al someter la carga eléctrica procedente de la fuente de voltaje entonces va a generar que haya transmisión, donde los electrones se trasladen del polo negativo al polo positivo.

- ✓ Se procedió a evaluar las muestras de ensayo durante 6 horas, donde se tomará mediciones cada media hora del amperaje, dichos datos serán procesados en la ficha de registro y se va a transformar en una curva representada el amperaje por el tiempo, que son 6 horas por el amperaje alcanzado, al obtenerse el área bajo la curva, esa curva viene a ser la carga pasada, expresada en Coulomb (C), dicha carga se va a corroborar con una tabla de permeabilidad de ión cloruro en concreto endurecido. Por último, se tomará lo datos para luego procesarlos.
- ✓ Se recomienda usar guantes, mascarillas y lentes porque podrían irritar las vistas y generar picazón en la piel y se requiere unos recipientes de metal embudos, recipientes de vidrios, silicona o cinta plastificante.



**Figura 27: Ensayo resistencia del concreto a la penetración de ión cloruro: a) Muestra de concreto de D 4" y espesor 2"; b) Proceso de extracción de aire atrapado de la briqueta de concreto; c) Cámara de ensayo de acrílico d) Fuente de corriente eléctrica 60V e) Muestra experimental con 10% PET**

### Plan de procesamiento y análisis de datos

**PRIMERO:** La selección de información y obtención de materiales

- ✓ Recolección de información bibliográfica
- ✓ Adquisición de material plástico PET de planta de Acopio y Trituración.

- ✓ Visita a intermediarios de materiales pétreos provenientes de la cantera de agregados: La Victoria (Pátapo) y Pacherras (Pacherras) en la ciudad de Chiclayo, de donde provienen la arena y la piedra chancada respectivamente.

**SEGUNDO:** Trabajos de laboratorio, reajuste de diseño, preparación y curado de testigos de concreto

- ✓ Ensayo de granulometría de agregados.
- ✓ Ensayos de características físicas del agregado fino.
- ✓ Ensayos de características físicas del agregado grueso.
- ✓ Realización de granulometría de las partículas PET triturado.
- ✓ Selección de 3 porcentajes de reemplazo de acuerdo con el tamaño de las partículas PET obtenida a partir de su granulometría.
- ✓ Diseño de mezcla del concreto convencional de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$
- ✓ Diseño de mezclas del concreto con los 3 porcentajes distintos de PET triturado en reemplazo de arena.
- ✓ Elaboración de las mezclas de concreto con y sin reemplazo parcial de PET.
- ✓ Realización del reajuste de diseño en laboratorio.
- ✓ Revisión de consistencia del concreto con el ensayo de Cono de Abrams.
- ✓ Elaboración de las probetas cilíndricas y prismáticas de concreto.
- ✓ Curado de los testigos de concretos fraguados.

**TERCERO:** Pruebas de resistencia mecánica y durabilidad de las probetas de concreto

- ✓ Ensayo de resistencia de compresión de las probetas cilíndricas.
- ✓ Ensayo de resistencia a flexión de las probetas prismáticas.
- ✓ Determinación del porcentaje óptimo de PET triturado de reemplazo.
- ✓ Ensayos de durabilidad: absorción capilar de agua.
- ✓ Ensayos de durabilidad: penetración de cloruros.
- ✓ Ensayos de durabilidad: penetración de agua bajo presión.

**CUARTO:** Análisis de resultados

- ✓ Derivaciones de los ensayos.
- ✓ Discusión de los datos logrados.
- ✓ Conclusiones y Recomendaciones.
- ✓ Producción del Tablas y gráficos de ensayos.

**QUINTO:** Presentación y sustentación final de tesis

## Matriz de consistencia

**Tabla 8: Matriz de consistencia**

Problema de investigación	Objetivos	Hipótesis
	Objetivo General	
¿De qué manera influye reemplazar de forma parcial el agregado fino por partículas de PET triturado en porcentajes distintos sobre las propiedades físicas y mecánicas para un concreto requerido en edificaciones menores de Chiclayo?	Evaluar las propiedades físicas y mecánicas para un concreto de $f'c$ de 210kg/cm <sup>2</sup> hecho con plástico PET triturado como reemplazo parcial del agregado fino en la ciudad de Chiclayo	La hipótesis que se plantea, es que a menor porcentaje de reemplazo de material plástico PET se obtiene un concreto de propiedades similares a la de un concreto convencional en la localidad de Chiclayo.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Específicos</b>	
¿Cuáles son las propiedades de los agregados?	Realizar el análisis granulométrico y características físicas de los agregados procedentes de canteras locales.	
¿Cuál es el diámetro de las partículas plásticas que conformarán las muestras de diseño?	Definir la granulometría de las partículas de plástico PET triturado e identificación de 3 porcentajes distintos de reemplazo del árido fino natural por plástico.	
¿Cuál será la dosificación para la muestra de diseño y de las muestras de reemplazo con PET?	Desarrollar el diseño de mezcla para un concreto de $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con agregados naturales de cantera local y la dosificación para las muestras con 3 porcentajes distintos de PET como reemplazo parcial en volumen.	
¿Cómo será el comportamiento del concreto en estado fresco del diseño convencional y las mezclas de reemplazo con PET?	Elaborar las mezclas de concreto para la muestra patrón y las muestras con 3 porcentajes distintos de reemplazo parcial de agregado fino y evaluación de la consistencia de las mezclas de concreto.	
¿De qué manera influirá en la resistencia a compresión y flexión del concreto patrón y las muestras con reemplazo de PET?	Determinar la resistencia a compresión y flexión del concreto patrón y de las muestras con los diferentes porcentajes de PET en reemplazo; para el análisis del porcentaje óptimo de reemplazo parcial de agregado fino.	

¿Cuál será el porcentaje óptimo de reemplazo que me resulte las mejores características físicas y mecánicas del concreto con reemplazo de partículas plásticas PET?	Determinar las características de durabilidad del concreto de la muestra con el porcentaje óptimo parcial de PET en reemplazo de árido fino, y comparación de resistencia frente agentes ambientales con respecto al concreto convencional.	
<b>Variable</b>	<i>Variable Dependiente</i>	Propiedades físicas y mecánicas del concreto
	<i>Variable Independiente</i>	Propiedades físicas de los agregados
		Partículas de plástico PET

### Consideraciones éticas

en la investigación se refieren a los principios y normas que guían el comportamiento de los investigadores para asegurar que sus prácticas sean justas, responsables y respetuosas con los derechos y el bienestar de las personas involucradas, así como con el impacto social de sus trabajos. Estas consideraciones son fundamentales para garantizar que la investigación se lleve a cabo de manera honesta, transparente y respetuosa.

### Resultados y discusión

#### *Resultados*

#### **Resultados de los ensayos**

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de los agregados, el material plástico PET, y propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Las propiedades obtenidas a partir de la caracterización de los agregados por medio de los diferentes ensayos normalizados de acuerdo a las N.T.P. se usaron para realizar el diseño de mezcla para el concreto que se evaluó en esta investigación, este diseño de concreto está basado en el Método de Diseño del Comité 211 del ACI.

Una vez obtenido el diseño de mezcla para un concreto de  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> se procedió a evaluar la resistencia mecánica por medio de testigos sometidos a ensayos de compresión y flexión, a una edad de curado de 7, 14 y 28 días, estos testigos son el resultado de un muestreo con una población mínima de muestras. Por otra parte, se ha profundizado en la investigación acerca de la relación con su durabilidad, habiéndose realizado ensayos estandarizados a nivel

internacional de pruebas de evaluación rápida de las muestras de concreto, pues como se conoce la durabilidad se conoce a medida de que el concreto está expuesto a agentes intervinientes en el ambiente, se presentan tres de estos ensayos como lo son el ensayo de penetración de agua bajo presión (UNE-12390-8), velocidad de absorción del concreto (ASTM-1585), resistencia a la penetración de iones cloruro en el concreto a partir del paso de carga eléctrica (ASTM-1202).

Se elaboraron muestras para el concreto patrón (DP), y para tres diseños que contienen plástico PET triturado en porcentajes del 5% (MP-5), 10% (MP-10) y 15% (MP-15) de reemplazo respecto al contenido de arena, de esta manera se buscó evaluar e identificar el porcentaje óptimo de reemplazo manteniéndose las dosificaciones del resto de elementos que conforman la mezcla de concreto.

Los diversos ensayos se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio privado LEMS W&C EIRL, se trabajó conjuntamente con la asesoría de un docente asignado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

**Tabla 9: Resultado de ensayos de caracterización del agregado grueso proveniente de la cantera Pacherras, Chiclayo**

**Agregado grueso:**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

1.- P. E. de masa	2.67	gr/cm <sup>3</sup>
2.- P. E de masa S.S.S.	2.70	gr/cm <sup>3</sup>
3.- P. U. suelto	1343.65	Kg/m <sup>3</sup>
4.- P. U compactado	1472.34	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.98	%
6.- Contenido de humedad	0.22	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

La tabla 10 se señalan el cuadro resumen de granulometría para el agregado grueso siendo la masa inicial de la muestra que se ensayó igual a 5022.70g.

**Tabla 10: Resultado de ensayo de granulometría del agregado grueso proveniente de la cantera Pacherras, Chiclayo**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	100.00
1"	0.00	100.00
3/4"	15.70	84.30
1/2"	57.89	26.41
3/8"	18.97	7.44
N° 04	7.34	0.10
Fondo	0.10	0.00

**Agregado Fino, arena gruesa proveniente de la cantera La Victoria.**

En la tabla 11 se señalan los resultados de las propiedades físicas del agregado fino proveniente de la cantera La Victoria. La arena tiene un módulo de fineza igual a 3.15, siendo algo mayor a los parámetros establecidos para la tabulación de la relación de la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen (b/b0) de acuerdo al método ACI 211 de diseño. Por otra parte, la humedad presente en el árido fino es relativamente baja y tiene un grado de absorción de agua de 0.70.

**Tabla 11: Resultado de ensayos de caracterización del agregado fino proveniente de la cantera La Victoria, Chiclayo**

**Agregado fino:**

: Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

1.- P. E. de masa	2.58	gr/cm <sup>3</sup>
2.- P. E. de masa S.S.S.	2.60	gr/cm <sup>3</sup>
3.- P. U. suelto	1505.06	Kg/m <sup>3</sup>
4.- P. U compactado	1686.12	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.70	%
6.- Contenido de humedad	0.55	%
7.- Módulo de fineza	3.15	

La tabla 12 se señalan el cuadro resumen de granulometría para el agregado fino siendo la masa inicial de la muestra que se ensayó igual a 648.0g

**Tabla 12: Resultado de ensayo de granulometría del agregado grueso proveniente de la cantera La Victoria, Chiclayo**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.40	99.60
N° 04	9.14	90.46
N° 08	12.75	77.72
N° 16	18.64	59.07
N° 30	25.22	33.86
N° 50	16.36	17.50
N° 100	10.80	6.70
Fondo	6.70	0.00

### Resultado de diseño de mezcla de concreto.

La dosificación para la mezcla de concreto de  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> se presenta a continuación en la Tabla 13, siendo el resultado del diseño de mezcla a partir de las características obtenidas por los agregados y aplicando la metodología de diseño del ACI 211 sin aire incorporado.

**Tabla 13: Resultado de dosificación de mezclas para concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> elaborado en laboratorio**

	<u>Cemento</u>	<u>Arena</u>	<u>Piedra</u>	<u>Agua</u>	-
<i>Proporción en peso</i>					
:	<b>1</b>	<b>1.89</b>	<b>1.96</b>	<b>24.67</b>	Lts/pie <sup>3</sup>
<i>Proporción en volumen :</i>					
	<b>1</b>	<b>1.89</b>	<b>2.19</b>	<b>24.67</b>	Lts/pie <sup>3</sup>

Donde a partir de este dato se podría calcular la cantidad de material plástico que es objeto del presente proyecto de investigación, de acuerdo a un reemplazo en función del volumen del árido fino por agregado plástico PET (Tereftalato de polietileno), conociéndose además que la relación entre sus PEM (Peso específico de masa) está en proporción de 2.06:1. Como resultado al reemplazar la arena en un 5%, 10% y 15% por partículas plásticas de PET, el peso del material plástico triturado por m<sup>3</sup> de concreto será igual a 20.60kg, 41.20kg y 61.80kg respectivamente.

### Resultados de ensayos de las propiedades del concreto en estado fresco elaborado en laboratorio

**Resultados de las características del concreto en estado fresco: TEMPERATURA, ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE de las muestras de concreto patrón y con reemplazo al 5%, 10% y 15% de arena por plástico PET.**

En la Tabla 14 se señalan las propiedades del concreto tomadas el día de vaciado de acuerdo al orden de elaboración de los respectivos diseños de mezclas. Las características de la mezcla de concreto patrón son las siguientes: se ha obtenido una temperatura de 30°C, la altura de asentamiento medido a partir de haber realizado el ensayo del cono de Abrams ha sido de 4" (obteniéndose un slump de acuerdo al de diseño entre 3-4 pulgadas), su peso unitario que se obtuvo fue de 2358.60 kg/m<sup>3</sup> y el contenido de aire realizado mediante el método de presión ha resultado en un 1.3%. Por otra parte, se indican en la tabla 13 las propiedades de los diseños de mezclas con reemplazo por plástico PET triturado en un 5%, 10% y 15% de la arena.

**Tabla 14: Resultado de ensayos del concreto en estado fresco de las mezclas con y sin reemplazo de plástico PET**

SLUMP Y AGUA AÑADIDA		V rec.=	0.00698	m <sup>3</sup>		
		P rec. =	2350	gr		
Muestra	Fecha de Vaciado	SLUMP (pulg)	PESO CONCRETO + REC. (gr)	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )	CONT. AIRE (%)	T (°C)
<b>PATRÓN</b>	20/02/2022	4.00	18813	2358.60	1.30	30.0
<b>5%PET</b>	20/02/2022	3.50	18622	2331.23	1.30	29.5
<b>10%PET</b>	20/02/2022	3.75	18480	2310.89	1.20	28.0
<b>15%PET</b>	20/02/2022	4.25	18055	2250.00	1.00	26.5

### Resultados de ensayos de resistencia mecánica hecho a los testigos elaborados en laboratorio

**Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto patrón de f'c de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>.**

En la Tabla 15 se señalan los resultados de las pruebas a compresión de las muestras de concreto endurecido, estos testigos corresponden a la mezcla de diseño patrón que fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio.

**Tabla 15: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra patrón para un  $f'c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN - 210kg/cm <sup>2</sup>					
ASENTAMIENTO			4"		
TRABAJABILIDAD			Si		
RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )					
EDAD	TESTIGO (DP)				Resistencia prom (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	2	3	4	
7 días	233.06	242.11	232.38	234.97	235.63
14 días	259.98	255.46	256.82	263.10	258.84
28 días	297.88	289.70	289.31	287.75	291.16
* % Resistencia de cada muestra por día (DP_210)					
7 días	110.98%	115.29%	110.66%	111.89%	112.21%
14 días	123.80%	121.65%	122.29%	125.28%	123.26%
28 días	141.85%	137.95%	137.77%	137.02%	138.65%

Se consiguieron resultados excelentes a la edad de 28 días, sin embargo, estos valores son altos en resistencia a la edad de 7 días de curado y esto es debido al tipo de cemento que se ha utilizado, como lo es el Qhuna que es una marca nueva en el mercado de la construcción [21], pero fabricado bajo estándares normalizados como la N.T.P. 334.009 y ASTM C 150. Así mismo, se vincula éste buen comportamiento a esfuerzos de compresión dado a la característica del agregado grueso proveniente de la cantera Pacherras, puesto que sus partículas del agregado poseen resistencia y rigidez influyendo en la resistencia del concreto.

#### **Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto con reemplazo del 5% de arena por plástico PET.**

En la Tabla 16 se señalan los resultados de las pruebas a compresión de las muestras de concreto endurecido, estos testigos corresponden a la mezcla de diseño de concreto con sustitución en función al volumen de arena en un 5% por plástico PET triturado y fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio.

**Tabla 16: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 5% de material plástico PET**

DISEÑO DE CONCRETO_ MUESTRA 5%PET				
ASENTAMIENTO			3.5"	
TRABAJABILIDAD			Si	
RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm2)				
EDAD	TESTIGO (MP)			Resistencia prom (kg/cm2)
	1	2	3	
7 días	221.60	266.15	278.47	255.41
14 días	228.38	255.50	281.18	255.02
28 días	224.15	253.92	273.51	250.53
* % Resistencia de cada muestra por día (MP-5%)				
7 días	105.52%	126.74%	132.60%	121.62%
14 días	108.75%	121.67%	133.90%	121.44%
28 días	106.74%	120.91%	130.24%	119.30%

**Resultados de resistencia a compresión de las muestras concreto con reemplazo del 10% de arena por plástico PET.**

En la Tabla 17 se señalan los resultados de las pruebas a compresión de las muestras de concreto endurecido, estos testigos corresponden a la mezcla de diseño de concreto con sustitución en función al volumen de arena en un 10% por plástico PET triturado y fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio

**Tabla 17: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 10% de material plástico PET**

DISEÑO DE CONCRETO_ MUESTRA 10%PET				
ASENTAMIENTO			3.75"	
TRABAJABILIDAD			Si	
RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm2)				
EDAD	TESTIGO (MP)			Resistencia prom (kg/cm2)
	1	2	3	
7 días	192.36	215.00	242.59	216.65
14 días	196.56	204.01	239.09	213.22
28 días	203.14	223.52	246.79	224.48
* % Resistencia de cada muestra por día (MP-10%)				
7 días	91.60%	102.38%	115.52%	103.17%
14 días	93.60%	97.15%	113.85%	101.53%
28 días	96.73%	106.44%	117.52%	106.90%

**Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto con reemplazo del 15% de arena por plástico PET.**

En la Tabla 18 se señalan los resultados de las pruebas a compresión de las muestras de concreto endurecido, estos testigos corresponden a la mezcla de diseño de concreto con

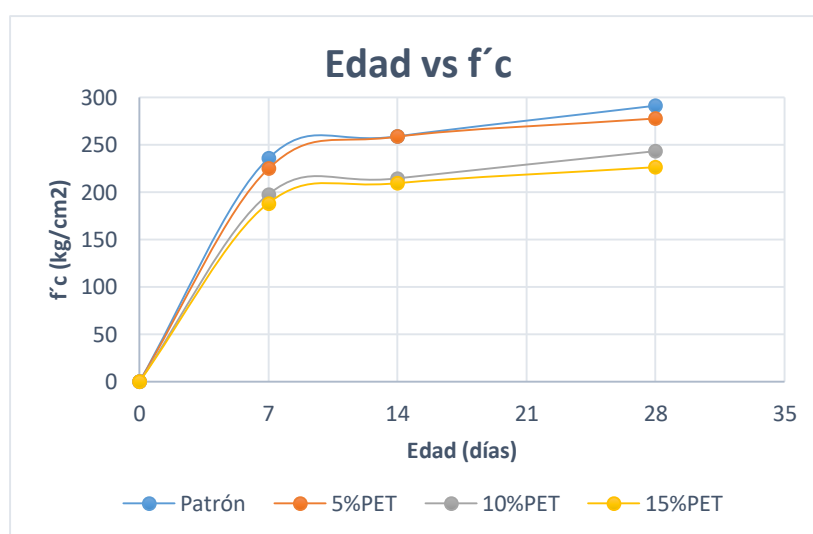
sustitución en función al volumen de arena en un 10% por plástico PET triturado y fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio.

**Tabla 18: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 15% de material plástico PET**

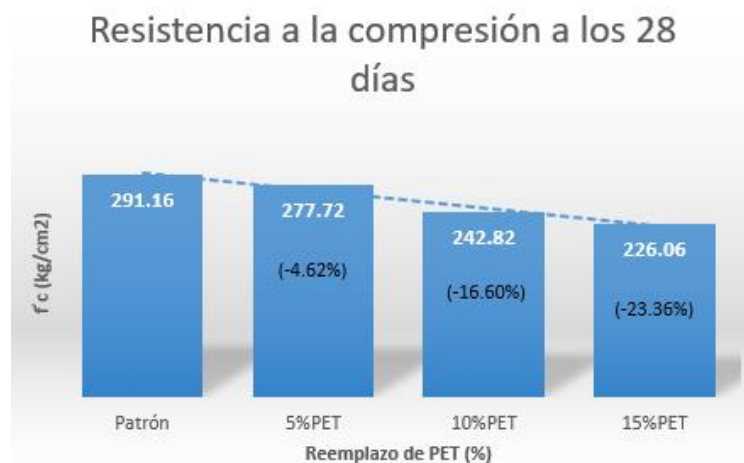
DISEÑO DE CONCRETO_ MUESTRA 15%PET				
ASENTAMIENTO			4.25"	
TRABAJABILIDAD			Poca trabajabilidad	
RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm2)				
EDAD	TESTIGO (MP)			Resistencia prom (kg/cm2)
	1	2	3	
7 días	188.37	204.06	219.97	204.13
14 días	184.73	202.38	228.33	205.15
28 días	191.17	221.11	229.88	214.05
* % Resistencia de cada muestra por día (MP-15%)				
7 días	89.70%	97.17%	104.75%	97.21%
14 días	87.97%	96.37%	108.73%	97.69%
28 días	91.03%	105.29%	109.47%	101.93%

Comparación de los resultados de ensayos de resistencia a compresión de las muestras patrón y con reemplazos de plástico PET.

En el Figura 24 se señalan las curvas de la evolución de la resistencia a compresión a partir de la experimentación de elementos cilíndricos de D=6" bajo cargas ortogonales por medio de una prensa hidráulica. La curva representativa de la mezcla de concreto patrón evidencia un aumento importante de la resistencia a los 7 días, así mismo el diseño con reemplazo que mejor se asemeja es la mezcla de concreto MP-5%.



**Figura 28: Curva edad vs  $f'c$  obtenidos del ensayo a compresión de los testigos de concreto patrón y con sustitución de arena**



**Figura 29:** Gráfico de barras del  $f'c$  promedio obtenido a partir del ensayo a compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena

### Resultados de resistencia a flexión de muestras de concreto patrón de $f'c$ de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>.

En la Tabla 19 se señalan los resultados de las pruebas a flexión de las muestras de concreto endurecido, los testigos de estudio son vigas de sección de 15cmx15cm y además corresponden a la mezcla de diseño patrón que fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio. El resultado del proceso de solicitaciones a  $L/3$  de la luz libre entre apoyos de la viga con la prensa hidráulica se traduce en un Módulo de rotura, siendo el equivalente al  $f'c$  (fuerza de resistencia a compresión).

**Tabla 19:** Resultados de ensayos de resistencia a flexión ( $Mr$ ) de la muestra patrón para un  $f'c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>

DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN - 210kg/cm <sup>2</sup>						
RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)						
EDAD	TESTIGO (DP)			Mr (MPa)	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	% Respecto del $f'c$
	1	2	3			
7 días	5.34	5.01	5.52	5.29	53.95	25.69%
14 días	4.70	5.32	4.99	5.00	51.03	24.30%
28 días	5.37	5.78	6.20	5.78	58.98	28.09%

### Resultados de resistencia a compresión de muestras de concreto con reemplazo del 5% de arena por plástico PET.

En la Tabla 20 se señalan los resultados de las pruebas a flexión de las muestras de concreto endurecido, los testigos de estudio son vigas de sección de 15cmx15cm y además corresponden a la mezcla de concreto con sustitución en función al volumen de arena en un 5% por plástico PET triturado y fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio.

Los resultados muestran un buen comportamiento a flexión del concreto con reemplazo en un 5% de arena de acuerdo a la metodología de sustitución volumen por volumen, alcanzando un 32.69% de la resistencia de diseño del concreto a la edad de 28 días.

**Tabla 20: Resultados de ensayos de resistencia a flexión ( $M_r$ ) de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 5% de material plástico PET**

DISEÑO DE CONCRETO_ MUESTRA 5%PET						
RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)						
EDAD	TESTIGO (MP)			$M_r$ (MPa)	$M_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	% Respecto del $f'_c$
	1	2	3			
7 días	4.91	5.36	4.97	5.08	51.83	24.68%
14 días	5.54	5.81	5.75	5.70	58.14	27.69%
28 días	6.79	6.32	7.09	6.73	68.64	32.69%

### Resultados de resistencia a compresión de muestras de concreto con reemplazo del 10% de arena por plástico PET.

En la Tabla 21 se señalan los resultados de las pruebas a flexión de las muestras de concreto endurecido, los testigos de estudio son vigas de sección de 15cmx15cm y además corresponden a la mezcla de concreto con sustitución en función al volumen de arena en un 10% por plástico PET triturado y fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio.

Los resultados muestran una disminución de su Módulo de rotura respecto al concreto elaborado con un 5% menor de material plástico en sustitución de la arena. Las muestras de la Tabla 21 pertenecen al concreto con reemplazo en un 10% de arena de acuerdo a la metodología de sustitución volumen por volumen, alcanzando un 26.57% de la resistencia de diseño del concreto a la edad de 28 días.

**Tabla 21: Resultados de ensayos de resistencia a flexión ( $M_r$ ) de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 10% de material plástico PET**

DISEÑO DE CONCRETO_ MUESTRA 10%PET						
RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)						
EDAD	TESTIGO (MP)			$M_r$ (MPa)	$M_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	% Respecto del $f'_c$
	1	2	3			
7 días	5.46	5.85	5.42	5.58	56.86	27.07%
14 días	6.01	4.20	4.85	5.02	51.18	24.37%
28 días	5.76	5.43	5.22	5.47	55.80	26.57%

**Resultados de resistencia a compresión de muestras de concreto con reemplazo del 15% de arena por plástico PET.**

En la Tabla 22 se señalan los resultados de las pruebas a flexión de las muestras de concreto endurecido, los testigos de estudio son vigas de sección de 15cmx15cm y además corresponden a la mezcla de concreto con sustitución en función al volumen de arena en un 15% por plástico PET triturado y fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado en pozas de agua acondicionadas en las instalaciones del laboratorio.

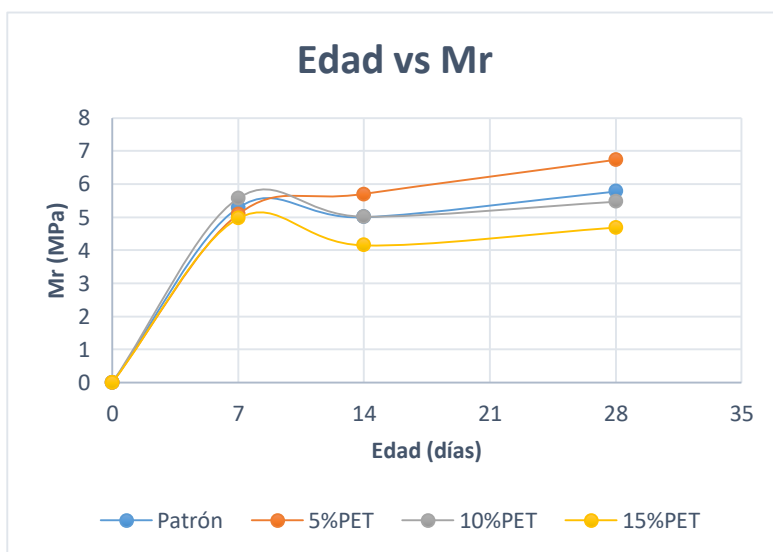
Los resultados muestran una disminución de su Módulo de rotura respecto al concreto elaborado con un 10% menor de material plástico en sustitución de la arena. Las muestras de la Tabla 22 pertenecen al concreto con reemplazo en un 15% de arena de acuerdo a la metodología de sustitución volumen por volumen, alcanzando un 22.80% de la resistencia de diseño del concreto a la edad de 28 días.

**Tabla 22: Resultados de ensayos de resistencia a flexión ( $M_r$ ) de la muestra de concreto con reemplazo de la arena por el 15% de material plástico PET**

DISEÑO DE CONCRETO_ MUESTRA 15%PET						
RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)						
EDAD	TESTIGO (MP)			$M_r$ (MPa)	$M_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	% Respecto del $f'_c$
	1	2	3			
7 días	4.82	5.35	4.74	4.97	50.68	24.13%
14 días	4.40	4.26	3.80	4.15	42.37	20.17%
28 días	4.53	5.30	4.26	4.69	47.87	22.80%

### Comparación de los resultados de ensayos de resistencia a flexión de las muestras patrón y con reemplazos de plástico PET.

En la figura 26 se presentan las curvas de la evolución de la resistencia a flexión, la carga es transformada para su evaluación en función de un Módulo de rotura, a partir de la experimentación de elementos prismáticos (vigas de sección de 15cmx15cm) bajo solicitaciones perpendiculares a L/3 de su luz libre entre apoyos, esto por medio de un dispositivo de transmisión de carga hacia la cara superior de la viga a partir de la aplicación de la prensa hidráulica.



**Figura 30: Curva edad vs Mr obtenidos del ensayo a flexión de vigas de concreto patrón y con sustitución de arena**

La curva representativa de la mezcla de concreto patrón evidencia un considerable porcentaje de resistencia a flexión, teniendo en cuenta que, el concreto no tiene buenas características a esfuerzos de tensión a la que son sometidos las fibras inferiores de la sección de viga a escala para una resistencia a los 7 días, así mismo el diseño con reemplazo que mejores resultados se tiene es la mezcla de concreto MP-5%.



**Figura 31: Gráfico de barras del Módulo de Rotura-Mr obtenido a partir del ensayo a flexión a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena**

En la Figura 27 consta del valor máximo alcanzado a una edad de 28 días de curado de los testigos de concreto patrón, así como también de las muestras con sustitución de arena por material plástico triturado. Se observa que las vigas elaboradas con una menor proporción de plástico triturado en reemplazo de agregado fino (MP-5%) han obtenido una mejor capacidad de resistencia a flexión, siendo la evidencia lo conseguido en un 16.37% de más en relación al Mr de la muestra patrón.

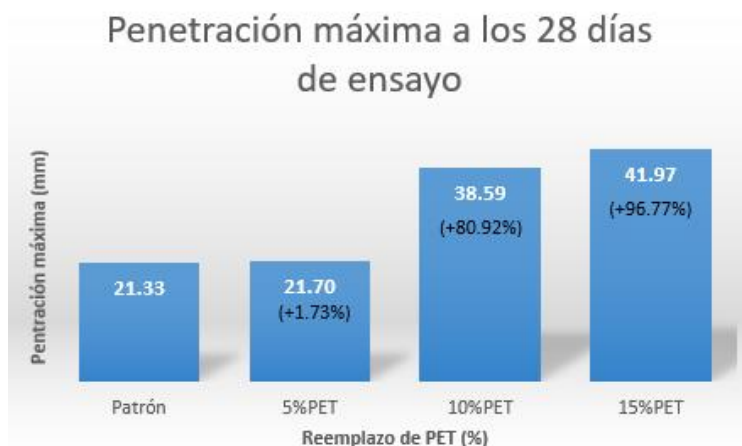
**Resultados de ensayos por durabilidad hecho a los testigos elaborados en laboratorio**

**Comparación de los resultados de ensayos de durabilidad de acuerdo a la profundidad de penetración de agua bajo presión de las muestras patrón y con reemplazos de plástico PET.**

En la Tabla 23 se señalan las mediciones logradas de profundidad interior luego de ensayarse los testigos de D= 6" durante un periodo mínimo de 72 horas, las muestras experimentaron la incorporación del líquido al impulsar el fluido por medio de un sistema de presión conformado por una bomba de aire y de un manómetro regulador de presión, siendo ésta igual a 500kPa (72.52 PSI). Se obtuvieron longitudes de penetración de agua medidos con un vernier digital, de esta manera se observó un resultado moderado (21.33mm de longitud) para las muestras del diseño de mezcla del concreto patrón y por el contrario para las mezclas con reemplazo por partículas plásticas PET los valores aumentaron considerablemente conforme la sustitución del agregado fino fue acrecentando, como se observa en el gráfico 28.

**Tabla 23: Resultados de ensayos de permeabilidad de agua bajo presión para las muestras patrón y con sustituciones de PET**

CEMENTO QHUNA	
Muestra	Penetración máxima (mm)
Patrón	21.33
5%PET	21.70
10%PET	38.59
15%PET	41.97



**Figura 32:** Gráfico de barras de la permeabilidad promedio obtenida a partir del ensayo a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena

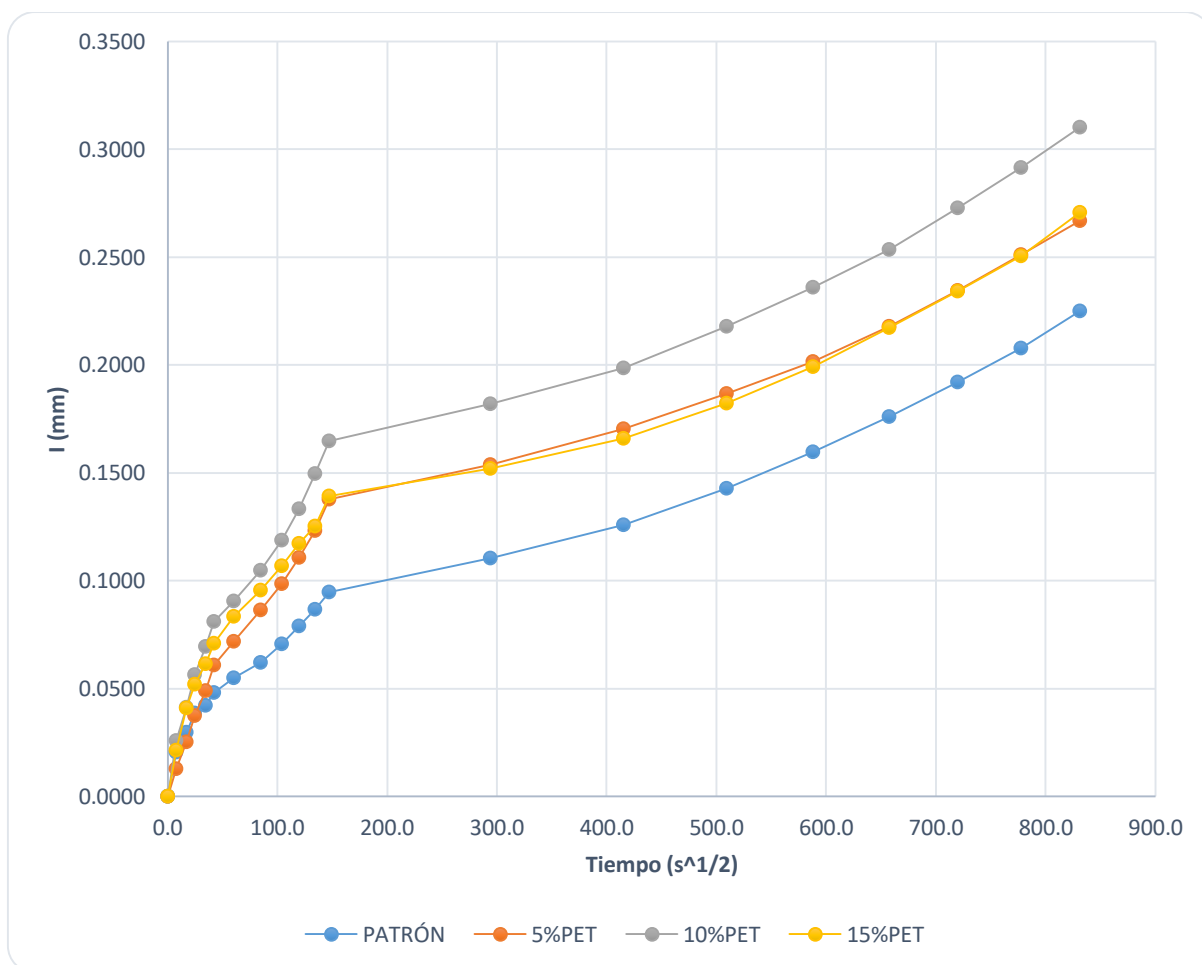
### Comparación de los resultados de ensayos de durabilidad de acuerdo a la velocidad de absorción de las muestras patrón y con reemplazos de plástico PET.

En la Tabla 24 se expone el conjunto de datos de absorción capilar I (medido en mm) como resultado del promedio de la variación de las masas de tres muestras estudiadas en laboratorio durante un intervalo de tiempo de 8 días consecutivos, este indicador de durabilidad en el concreto mide el ritmo de absorción de agua en función del tiempo cuando el elemento solo presenta una de sus caras expuestas al agua.

**Tabla 24:** Resultados de ensayos de velocidad de absorción en el concreto para la muestra patrón y con sustituciones de PET

ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (SORPTIVIDAD) <sub>f'c 210</sub>								
TIEMPO	PATRÓN		5%PET		10%PET		15%PET	
	s1/2	I(mm)	s1/2	I(mm)	s1/2	I(mm)	s1/2	I(mm)
0	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
1min	7.7	0.0205	7.7	0.0129	7.7	0.0258	7.7	0.0213
5min	17.3	0.0297	17.3	0.0254	17.3	0.0411	17.3	0.0409
10min	24.5	0.0385	24.5	0.0374	24.5	0.0565	24.5	0.0518
20min	34.6	0.0423	34.6	0.0491	34.6	0.0694	34.6	0.0614
30min	42.4	0.0481	42.4	0.0607	42.4	0.0810	42.4	0.0710
60min	60.0	0.0548	60.0	0.0719	60.0	0.0906	60.0	0.0836

2horas	84.9	0.0619	84.9	0.0865	84.9	0.1047	84.9	0.0957
3horas	103.9	0.0707	103.9	0.0985	103.9	0.1189	103.9	0.1069
4horas	120.0	0.0791	120.0	0.1106	120.0	0.1334	120.0	0.1174
5horas	134.2	0.0866	134.2	0.1231	134.2	0.1496	134.2	0.1253
6horas	147.0	0.0945	147.0	0.1376	147.0	0.1646	147.0	0.1391
1día	293.9	0.1104	293.9	0.1538	293.9	0.1821	293.9	0.1520
2días	415.7	0.1259	415.7	0.1705	415.7	0.1987	415.7	0.1658
3días	509.1	0.1427	509.1	0.1867	509.1	0.2178	509.1	0.1821
4días	587.9	0.1598	587.9	0.2016	587.9	0.2361	587.9	0.1993
5días	657.3	0.1761	657.3	0.2179	657.3	0.2536	657.3	0.2172
6días	720.0	0.1920	720.0	0.2345	720.0	0.2727	720.0	0.2343
7días	777.4	0.2079	777.4	0.2511	777.4	0.2915	777.4	0.2506
8días	831.4	0.2251	831.4	0.2669	831.4	0.3102	831.4	0.2707



**Figura 33: Curvas del ritmo de absorción (mm) vs raíz cuadrada del tiempo ( $s^{1/2}$ ) a partir del ensayo a los 28 días de curado de las muestras de concreto con y sin sustitución de arena**

En la figura 29 se presenta las curvas de ritmo de absorción de las muestras de concreto, donde el primer tramo de mayor pendiente representa el ritmo de absorción inicial ( $mm/s^{1/2}$ ) estudiado durante un intervalo de 0-6 horas en tres muestras de concreto de espesor de 50mm y  $D=4''$  extraídos de testigos del mismo diámetro. El segundo tramo de la curva de absorción vs  $s^{1/2}$  simboliza el ritmo de absorción secundario ( $mm/s^{1/2}$ ) evaluado de manera periódica cada 24h durante 8 días consecutivos después haberse iniciado el ensayo.

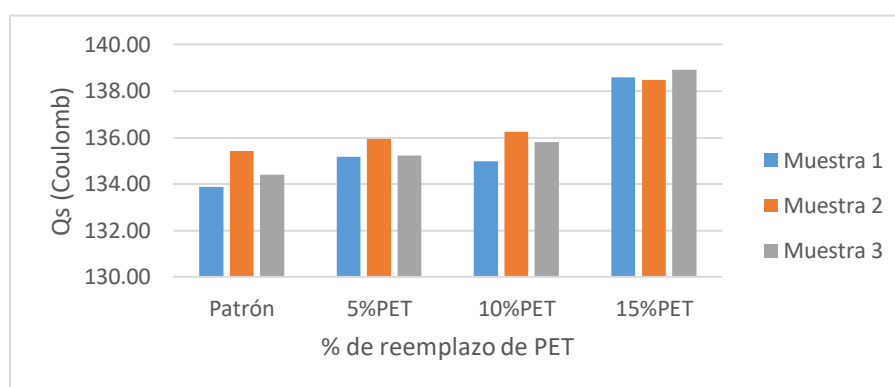
**Comparación de los resultados de ensayos de durabilidad de acuerdo a la resistencia del concreto a la penetración de iones cloruro de las muestras patrón y con reemplazos de plástico PET.**

En la Tabla 25 se señalan los resultados de las cargas pasadas (Q) en las muestras de concreto, dado a que mantiene una relación con la resistencia a penetración de ion cloruro luego de que los extremos de los testigos de estudio (porciones de concreto  $e=50mm$  y  $D=4''$  extraídos de la zona media de una probeta de diámetro de 4'') estuvieran expuestos a soluciones acuosas de Hidróxido de sodio (cátodo) y cloruro de sodio (ánodo). Se evaluaron tres muestras de concreto por diseño de mezcla siendo el nivel de penetrabilidad de iones cloruro muy baja ( $100 < Q < 1000$  Coulombs).

**Tabla 25: Resultados de ensayos de penetración de iones cloruro en el concreto al pasar carga eléctrica para la muestra patrón y con sustituciones de PET**

Patrón		10%PET	
Muestra	Qs (Coulomb)	Muestra	Qs (Coulomb)
DP1	133.87	MP1	134.99
DP2	135.41	MP2	136.24
DP3	134.41	MP3	135.82
5%PET		15%PET	
Muestra	Qs (Coulomb)	Muestra	Qs (Coulomb)
MP1	135.17	MP1	138.60
MP2	135.95	MP2	138.48
MP3	135.22	MP3	138.91

En la figura 30 se muestra representado la magnitud de carga pasada, se observa que el diseño de mezcla de concreto con 15% de reemplazo de arena tiene mayor valor en paso de corriente, esto se interpreta como mayor probabilidad de paso de iones de cloruro respecto a las muestras de los diseños restantes. Así también se ha visto conveniente promediar las magnitudes de carga pasada que se ha registrado para cada una de las muestras perteneciente a un mismo diseño de mezcla, siendo el promedio de carga para el diseño patrón de 134.56 C y el de mayor valor igual a 138.66 C, este dato se obtuvo como resultado del promedio de las muestras del diseño con 15% de reemplazo.



**Figura 34:** Gráfico de barras comparativo de la carga eléctrica pasada (C) en las muestras de 28 días de curado de los testigos de concreto con y sin sustitución de arena



**Figura 35:** Gráfico de barras de la penetración de iones cloruro promedio obtenida a los 28 días en las muestras de concreto con y sin sustitución de arena

### Discusión

En esta parte de la tesis se va a realizar un análisis y comparación de los resultados de la presente investigación, con resultados de estudios ya mencionados en la revisión de literatura.

### Propiedades físicas de los agregados

Respecto a datos del agregado fino, podemos ver que los resultados de captación de los investigadores de [11] y [7], difieren significativamente del estudio actual, pero están cerca de los resultados de Ahmad. Mientras tanto, el módulo de finura en este estudio en comparación con los resultados de los investigadores [11], [8] y [14] tiene una diferencia mínima de aproximadamente 0.35. De manera similar, en términos peso específico de masa, los resultados del estudio de [11] y [14] fueron similar es a los resultados del presente estudio.

**Tabla 26: Comparación de propiedades físicas del agregado fino**

Propiedades físicas	Mis datos	Investigación		
		Acevedo	Ahmad	Córdoba
<b>Peso específico de masa (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2575	2648	-	2680
<b>P. U. suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1505	-	-	1515
<b>P. U. compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1686	-	-	1616
<b>Absorción (%)</b>	0.70	1.79	0.49	1.84
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0.55	-	-	0.01
<b>Módulo de fineza</b>	3.15	-	2.73	2.81

En la Tabla 27, podemos ver datos de los agregados gruesos, donde los valores de Peso específico de masa en esta investigación y en los estudios de Acevedo y [7] son muy similares. En tanto, el contenido de humedad en la presente prueba es igual a los resultados del estudio de Córdoba. Sin embargo, cuando se trata de resultados de absorción, vemos una diferencia significativa entre este estudio y el de los investigadores Acevedo, Ahmad y Córdoba.

**Tabla 27: Comparación de propiedades físicas del agregado grueso**

Propiedades físicas	Mis datos	Investigación		
		Acevedo	Ahmad	Córdoba
<b>Peso específico de masa (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2669	2732	-	2750
<b>P. U. suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1344	-	-	1264
<b>P. U compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1472	-	-	1486
<b>Absorción (%)</b>	0.98	1.61	1.08	1.92
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0.22	-	-	0.21
<b>Tamaño máximo nominal (pulg)</b>	¾"	¾"	-	½"

### Propiedades físicas del plástico PET

Según [11], en su investigación eligieron reemplazar el agregado fino de acuerdo a la metodología de sustitución con respecto al volumen, no sin antes delimitar el máximo porcentaje posible de retirar, esto lo verificaron de acuerdo al tamaño de las partículas del material de PET por medio de la granulometría (Tamiz n°8, 2.36mm) y a la cantidad de porcentaje retenido (21.66%) en el tamiz de la misma numeración, siendo sus porcentajes de reemplazo del 5%, 10%, 15% y 20%. Para la presente investigación se planteó la misma metodología aplicada a las condiciones de nuestros agregados locales, los mismos que son comerciales y de buenas propiedades, en el caso del material plástico obtenido proviene de un proceso de trituración de material plástico reciclado del tipo PET, el tamaño de la partícula de nuestro material es de la misma dimensión 2.36mm y de acuerdo a la granulometría de nuestro agregado fino la cantidad retenida en este tamiz es del 18.6%, en consecuencia se eligió trabajar con los porcentajes de sustitución del 5%, 10% y 15%.

**Tabla 28: Dimensión y cantidad retenida de artículos de PET**

Descripción	Mis Datos	Investigación
		Acevedo
<b>Dimensión de partícula (mm)</b>	2.36	2.36
<b>Cantidad retenida (%)</b>	18.6	21.66

### Diseño de mezcla

De acuerdo a [11], en su tesis diseñaron una mezcla de concreto de referencia para una resistencia a compresión de 28MPa (285 kg/cm<sup>2</sup>) y con asentamiento de 75mm de acuerdo al método de diseño del ACI 211. De igual forma, [14], en su investigación utilizó cemento Portland tipo I para preparar la mezcla según la norma NTP 334.005, la densidad del cemento es de 3.11 g/cm<sup>3</sup>, tomando en cuenta estos datos, los resultados previos y el diseño del compuesto PET, siguiendo las recomendaciones establecidas según norma ACI 211.1, para dos versiones 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Para la presente investigación se realizó el diseño de mezcla para un  $f'_c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, un slump teórico de 4" de acuerdo al método del ACI 211 sin aire incorporado.

### Diseño de mezcla con diferentes porcentajes de PET

Los investigadores [11], obtuvieron una dosificación para un concreto de 28 MPa y un asentamiento de 75mm. Por otro lado, evaluó diferentes porcentajes de aditivos, como 2.5%, 5%, 10% y 15%, como sustituto del árido fino, a dosis de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> y un asentamiento de 4 pulgadas para ambas dosificaciones. Para la presente investigación el f'c de diseño de concreto fue de 210 kg/cm<sup>2</sup> y asentamiento de 4 pulgadas.

### Resistencias mecánicas del concreto

*Tabla 29: Datos de la resistencia a compresión del concreto*

Resistencia a la compresión del concreto	Mis datos	Investigaciones		
		Acevedo 280	Ahmad M20	Córdova 210
<b>F'c</b>	210 kg/cm <sup>2</sup>			
<b>Patrón</b>	291.16	304.90	340.89	234.97
<b>5% PET</b>	250.53	293.68	-	231.85
<b>10% PET</b>	224.48	267.17	332.02	204.67
<b>15% PET</b>	214.05	262.07	309.99	196.51
<b>20% PET</b>	-	251.87	294.70	-

Tomando en cuenta la Tabla 29, podemos comparar los resultados de la investigación de [14] y del presente estudio ya que ambos trabajan el mismo diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>), donde se puede observar que las resistencias a compresión son parecidas. Sin embargo, la relación que tienen los resultados de las investigaciones de [11], [8] y [14] con el presente estudio, se debe a que en ambos las resistencias a compresión disminuyen con el incremento de proporción de reemplazo del agregado fino por PET.

*Tabla 30: Datos de la resistencia a flexión del concreto*

Resistencia a la flexión del concreto	Mis datos	Investigaciones
		Córdova
<b>Patrón</b>	58.98 kg/cm <sup>2</sup>	31.10 kg/cm <sup>2</sup>
<b>5% PET</b>	68.64 kg/cm <sup>2</sup>	26.31 kg/cm <sup>2</sup>
<b>10% PET</b>	55.80 kg/cm <sup>2</sup>	22.03 kg/cm <sup>2</sup>
<b>15% PET</b>	47.87 kg/cm <sup>2</sup>	19.89 kg/cm <sup>2</sup>

En la Tabla 30, podemos observar que los datos de la investigación de [14] y del presente estudio tienen una diferencia significativa. Mientras tanto, se puede apreciar que en ambos casos la resistencia a flexión disminuye con el incremento de porcentaje de PET.

### **Características de durabilidad del concreto**

En su estudio [8], observó que el coeficiente de adsorción disminuía al aumentar la tasa de adición de plástico. La reducción acumulada en la absorción de agua alcanzó el 57.25% con una reposición del 20%, destacando el papel del plástico en la reducción del coeficiente de adsorción. Se ha demostrado que una reducción acumulativa en el coeficiente de capacidad de adsorción contribuye en última instancia a una mayor durabilidad del concreto. Esta importante reducción en la absorción de agua se puede atribuir a la naturaleza hidrófuga e impermeable del agregado plástico. Sin embargo, en la presente investigación en el gráfico 7, podemos observar las curvas de ritmo de absorción de las muestras de concreto, donde se muestra que el reemplazo de 10% de PET, tiene un ritmo de absorción más elevados.

### **Conclusiones**

Se verificó que la hipótesis que se planteó esta conforme a los resultados logrados a nivel de características mecánicas del concreto con plástico PET, ya que las partículas plásticas en sustitución proveen de buen comportamiento a esfuerzos de flexión en el concreto, sin embargo, los valores de resistencia a compresión han disminuido ligeramente y esto a causa del tipo de cemento y la resistencia aportada por un buen agregado grueso.

Se efectuó los estudios de análisis granulométrico de los agregados, así como también de sus demás propiedades requeridas para el diseño de mezcla para una  $f'c$  de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo, para la piedra proveniente de la cantera Pacherres, de la localidad Pacherres-Pucalá se le realizaron los ensayos de contenido de humedad, peso específico de masa y grado de absorción, peso unitario suelto y compactado (Ver Tabla 9 y 10) y por otra parte a la arena proveniente de la cantera La Victoria, Pátapo se le realizaron los ensayos de contenido de humedad, peso específico de masa y grado de absorción, peso unitario suelto y compactado (Ver Tabla 11 y 12), los procedimientos son de acuerdo a los ensayos normalizados por la NTP Y ASTM.

Se definió el tamaño de las partículas de PET al realizar el ensayo de granulometría por los tamices 3/8", N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, obteniéndose mayor porcentaje retenido en tamiz N°8 (2.36mm), siendo éste la gradación de sus partículas trituradas, por lo que de acuerdo a ello se determinaron los porcentajes de sustitución respecto al volumen luego de revisar la granulometría del agregado fino cuya cantidad retenida en el tamiz N°8 es del 18.6%, en consecuencia los porcentajes de sustitución elegidos para el estudio fueron del 5, 10 y 15%.

Se desarrolló el diseño de mezcla de concreto de acuerdo al método del ACI 211 sin aire incorporado para una resistencia a compresión de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a continuación, se tiene la dosificación en peso: 1.0 - 1.89 - 1.96 - 24.7 L/pie<sup>3</sup> (cemento/ arena/ piedra/ agua) y la dosificación en volumen: 1.0 - 1.89 - 2.19 - 24.7 L/pie<sup>3</sup> (cemento/ arena/ piedra/ agua). Además se conoce que la cantidad de agregado fino necesario por m<sup>3</sup> de concreto es de 848.74 kg/m<sup>3</sup>; también, se ha calculado la cantidad de plástico reciclado PET triturado por metro cúbico para las 3 distintas variaciones de reemplazo en función al volumen de la arena, dado a que la relación entre el PEM\_arena: PEM\_pet está a razón de 2.06:1 se ha obtenido una cantidad de PET al 5% de sustitución igual 20.60 kg/m<sup>3</sup>/ C°, al 10% de sustitución similar a 41.20 kg/m<sup>3</sup>/ C y al 15% de sustitución equivalente a 61.80 kg/m<sup>3</sup>/C°.

Se elaboró las 4 mezclas de concreto respectivas para las muestras de referencia y las muestras de concreto con 5%, 10% y 15% de reemplazo de arena por plástico PET triturado, y, además, el número de muestras fabricadas fue de 51 probetas de 6" de diámetro, 36 vigas de longitud de entre 50-53cm y de sección de 15cmx15cm y finalmente de 24 probetas de 4" de diámetro. La propiedad de asentamiento del concreto fresco para cada una de las mezclas elaboradas fue de un slump de 4" para la muestra patrón y de 3.5", 3.75" y 4.25" para las muestras de concreto al 5%, 10% y 15% de PET en sustitución de la arena.

Se estableció la resistencia a compresión de la muestra patrón obteniéndose una resistencia a edad de 28 días para la muestra patrón igual a 291.16 kg/cm<sup>2</sup>, esto representa un 138.65% respecto al f'c de diseño, así mismo las resistencias obtenidas a la misma edad de curado para las muestras al 5%, 10% y 15% de reemplazo fueron 277.72kg/cm<sup>2</sup> (132.25%), 242.82kg/cm<sup>2</sup> (115.63%), 226.06kg/cm<sup>2</sup> (107.65%) respectivamente. Por otra parte, los resultados de ensayos de resistencia a flexión expresados en módulo de rotura (Mr) para la muestra patrón es de 5.78 MPa, así mismo las resistencias obtenidas a la misma edad de curado para las muestras al 5%, 10% y 15% de reemplazo fueron 6.73 MPa, 5.47 MPa y

4.69MPa respectivamente, por lo que de acuerdo a la evaluación de resistencia mecánica el porcentaje de sustitución al 5% de PET respecto al volumen de arena obtiene resultados cercanos a la muestra patrón a compresión, y un mejor comportamiento a flexión superando en un 16.4% de su  $M_r$  respecto a la muestra de referencia.

Se determinó las pruebas de durabilidad para el concreto patrón y para cada una de las muestras de concreto con sustitución de arena por material plástico tipo PET, de acuerdo a códigos y procedimientos ASTM y UNE para la evaluación rápida en laboratorio de las propiedades que se planteó verificar, los resultados que se obtuvo para la característica de penetración de agua bajo presión (permeabilidad UNE-EN 12390-8-) la muestra patrón tuvo resultados favorables siendo la  $H_{pen} = 21.33\text{mm}$ , para las muestras al 5%, 10% y 15% de PET se obtuvieron 21.70mm, 38.59mm y 41.97mm de altura de penetración interior, así mismo el comportamiento de absorción del concreto los resultados se ajustaron a un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) de 0.98, y se obtuvo una menor velocidad de absorción en la muestra patrón y al 5% PET, por el contrario las muestras al 10% y 15%PET tienen un ritmo de absorción inicial alto, por otra parte se tiene que al 5% la característica a penetración a cloruros se ha obtenido mejores resultados en comparación que el resto de sustituciones; en consecuencia el porcentaje óptimo de mejor reemplazo en función del volumen de arena es el de 5% de sustitución de material plástico PET.

### **Recomendaciones**

Se recomienda usar agregados de buenas propiedades físicas y de buena resistencia, y realizar un correcto muestreo del material pétreo al realizar los ensayos de caracterización.

Se recomienda realizar pruebas de tamaño de partículas apropiadas de las partículas de plástico PET, para establecer la distribución de tamaño de los elementos que componen nuestra muestra.

Se recomienda elegir un cemento de buena calidad y revisar la fecha de producción del mismo, de tal manera de que su uso nos permita obtener un diseño de mezcla con una consistencia moderada y buen rendimiento.

Se recomienda no utilizar porcentajes de reemplazo demasiado altos para el plástico reciclado tipo PET en futuras investigaciones, ya que de acuerdo a los resultados logrados la resistencia a compresión disminuye como también la resistencia a esfuerzos de flexión ( $M_r$ ).

Se recomienda la aplicación de la mezcla de concreto con reemplazos del 5% de plástico PET en función del volumen del árido fino, en elementos sometidos a esfuerzos de flexotracción, como pavimentos rígidos, veredas, canales, cunetas, vigas de confinamiento en cercos perimétricos.

Se recomienda profundizar la evaluación de durabilidad del concreto en laboratorio, mediante pruebas aceleradas de estudio acorde a ensayos estandarizadas a códigos internacionales como las normas ASTM y UNE.

## Referencias

- [1] Y. M. VASQUEZ ALBURQUEQUE, «Proyecto de pre factibilidad para la implementación de una planta de concreto seco-premezclado,» Chiclayo, 2016.
- [2] INEI, «ECONOMÍA,» 2019.
- [3] D. Miranda , «20 datos sobre el problema del plástico en el mundo,» National Geographic España, 5 junio 2023. [En línea]. Available: [https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo\\_15282](https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282).
- [4] P. Flores Arévalo, «La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia del la covid-19,» *South Sustainability*, vol. 2, n° 1, 2020.
- [5] Residuos profesional, «El uso de materiales complejos, infraestructuras insuficientes, falta de conciencia ciudadana, cuestiones financieras... Las razones por las que el reciclaje de residuos es insuficiente son múltiples, y los expertos reclaman soluciones sistémicas,» 10 enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.residuosprofesional.com/14-residuos-plasticos-reciclan/>.
- [6] Ministerio del Ambiente , «Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>.
- [7] C. E. Córdova Sánchez, «Análisis del concreto simple utilizando vidrio pulverizado como adición para concreto de alta resistencia con agregados de la ciudad de Chiclayo,» Chiclayo-Perú, 2018.
- [8] K. Ullah, M. Irshad Qureshi, A. Ahmad y Z. Ullah, «Substitution potential of plastic fine aggregate in concrete for sustainable production,» vol. 35, pp. 622-637, 2022.
- [9] O. Babatunde, H. Adebayo y Q. Shuaib, «Effect of Partial Replacement of Fine Aggregate with Plastic Waste Aggregate on Workability and Strength of Concrete,» *Uniport Journal of Engineering and Scientific Research (UJESR)*, vol. 6, n° 2, pp. 101-109, 2022.
- [10] W. C. Chong y X. Shi, «Meta-analysis on PET plastic as concrete aggregate using response surface methodology and regression analysis,» *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2023.

- [11] A. B. Acevedo Jaramillo y J. E. Posada Franco, «Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 18, n° 34, pp. 45-56, 2018.
- [12] E. E. Garcia Ramirez y J. R. Pinedo Perez, «Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018,» Tarapoto, 2019.
- [13] C. K. Parra Nauca, «Aplicación del plástico reciclable en la mezcla de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para verificar su influencia en la resistencia a compresión,» Chiclayo, Perú, 2019.
- [14] R. Córdova Guerrero, «Estudio de las propiedades mecánicas del concreto adicionando plástico reciclado como reemplazo parcial del agregado fino,» Pimentel - Perú, 2023.
- [15] E. Rivva López, «Naturaleza y materiales del concreto,» ACIPERU, Lima - Perú, 2000.
- [16] E. Pasquel Carbajal, «Tópicos de tecnología del concreto,» CIP, Lima- Perú, 1998.
- [17] T. Harmsen, *Diseño de estructuras de concreto armado*, Lima: Fondo Editorial PUCP, 2002.
- [18] S. Chavez Cachay, *Concreto armado*, Tarapoto: UNSM, 2003.
- [19] L. Alesmar , N. Rendón y M. E. Korody, «Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) – cemento,» *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. 23, n° 1, 2008.
- [20] D. F. Suasnavas Flores, «Degradación de materiales plásticos PET (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión,» Quito Ecuador, 2017.
- [21] L. A. Alva Reyes y K. L. Asmat Ruíz, «Influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido  $f'c 175 \text{ kg/cm}^2$ ,» 2019.

## Anexos

## ANEXO 1: Edificaciones 2010-2013 (m2) por Destino MPCH. Fuente: Gerencia de Urbanismo-MPCH

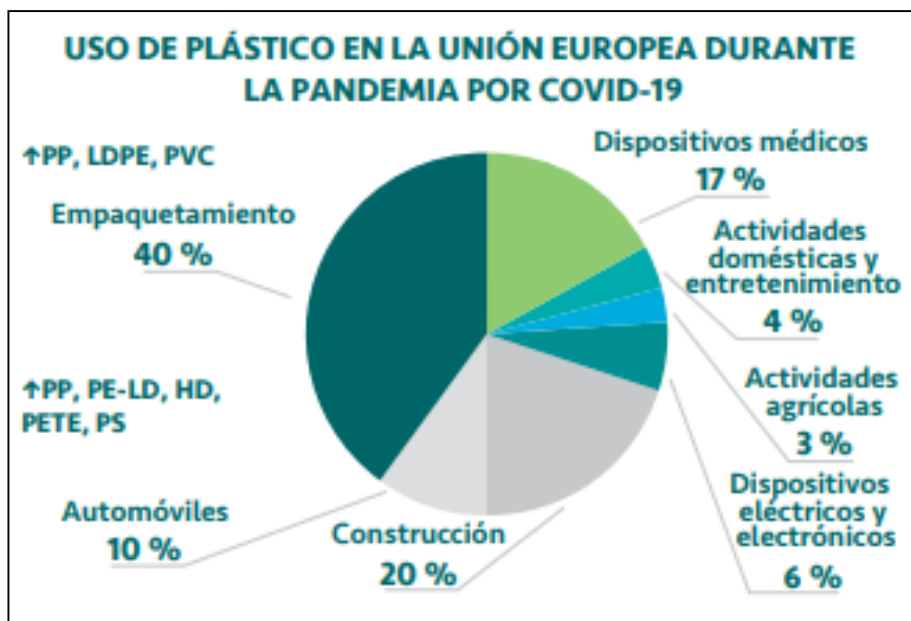
EDIFICACIONES	2010	2011	2012	2013	TOTAL
Ampliación	118 341,31	168 947,22	181 452,99	209 712,34	678 453,86
Edificación nueva	138 946,70	167 953,75	311 225,75	331 225,75	949 351,95
Remodelación	4 218,49	6 578,82	9 613,91	12 585,39	32 996,61
Cerco	5 414,21	6 327,15	8 693,85	10 037,64	30 472,85
<b>TOTAL</b>	<b>266 920,71</b>	<b>349 806,94</b>	<b>510 986,50</b>	<b>563 561,12</b>	<b>1 691 275,27</b>

Fuente: Gerencia De Urbanismo-MPCH

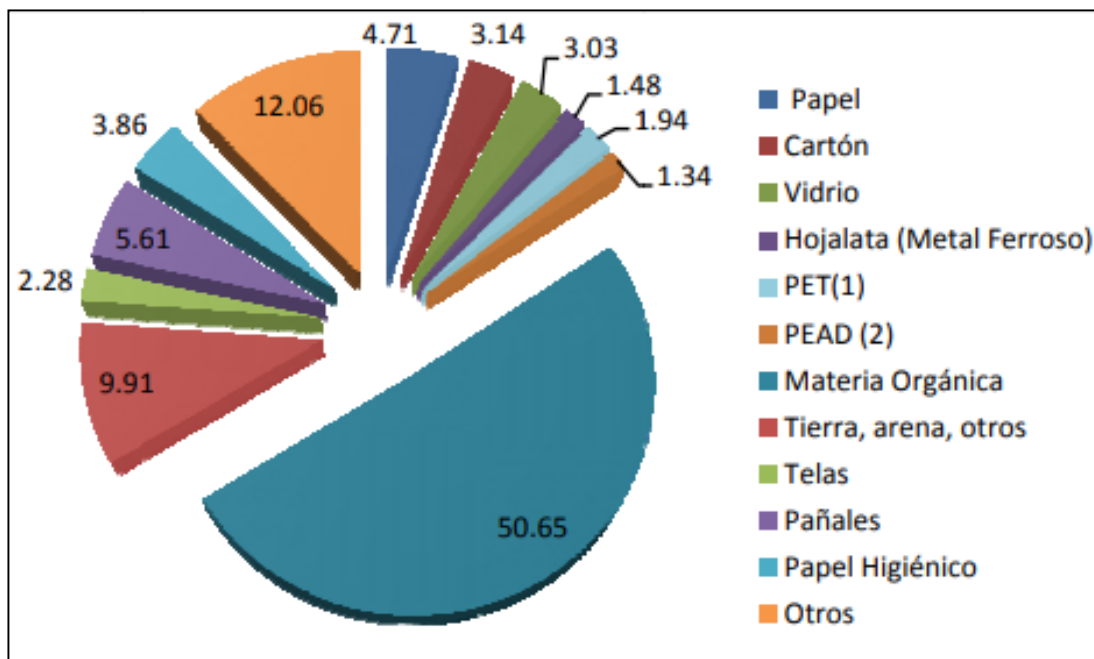
## ANEXO 2: Producción minero No metálica, según principales productos de extracción 2015-2019. Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera

[Toneladas métricas]					
Productos	2015	2016	2017	2018	2019 P/
Andalucita	539 560	639 776	561 045	751 070	750 620
Andesita	13 542	11 261	18 215	22 013	46 760
Arcilla	1 419 778	1 368 114	1 382 743	1 139 282	1 377 765
<b>Arena</b>	<b>1 873 669</b>	<b>1 699 371</b>	<b>1 501 715</b>	<b>1 618 979</b>	<b>1 922 162</b>
Arenisca/Cuarcita	84 854	74 634	73 022	67 758	43 853
Asbesto	-	-	-	132 913	-
Baritina	28 407	7 953	9 182	15 621	16 373
Bentonita	21 341	19 410	756	2 383	46 887
Borato / Ulexita	662 709	33 792	-	100 552	111 108
Calcita	1 587 265	2 149 981	1 908 364	2 157 358	2 036 524
Caliza / Dolomita	24 661 948	18 819 424	20 273 312	30 515 555	16 385 556
Caolín	43 251	19 098	17 700	16 004	9 208
Carbón antracita	143 208	150 640	186 044	106 427	111 614
Carbón bituminoso	108 580	118 215	115 132	112 227	69 395
Carbón grafito	-	28	270	133	13
Conchuela	443 363	1 270 521	922 161	1 400 341	1 628 285
Diatomita	120 672	107 265	96 590	96 532	91 103
Dolomita	332	91	-	8 469	35 845
Feldespató	16 979	16 630	14 930	31 588	29 134
Fosfato	11 161 636	10 561 111	8 450 379	10 308 276	11 091 502
Granito	-	-	-	-	3 650
Granodiorita orname	213	8 766	288	412	394
Hormigón	7 202 734	5 529 134	7 014 038	8 463 956	6 262 348
Mármol	707	304	220	223	310
Mica	115	111	234	183	52
Ónix	158	271	562	402	238
Piedra (Construcción)	2 189 092	1 708 521	1 342 812	1 591 116	1 618 663
Piedra laja	1 511	3 039	1 431	2 187	3 240
Pirofilita	26 209	17 872	22 760	26 675	25 039
Pizarra	65 593	65 554	51 436	23 731	31 459
Puzolana	1 420 153	1 010 267	1 053 821	1 186 500	1 321 617
Sal	1 471 131	1 450 415	1 481 398	1 509 564	1 266 347
Silicato	500	90	415	7 113	350
Sílice	409 616	375 735	377 146	435 255	401 785
Sulfato	272	205	172	296	256
Talco	26 781	11 507	19 363	20 634	18 935
Travertino	567 686	149 294	129 906	144 454	113 568
Yeso	438 025	257 423	286 657	458 479	254 382

ANEXO 3: Gráfico estadístico de Consumo de plástico en Europa durante la emergencia sanitaria mundial 2020-2021. Fuente: [4]



ANEXO 4: Gráfico estadístico de Composición Física Promedio de los Residuos. Fuente: PIGARS- Chiclayo 2012.



**ANEXO 5: Fotos de Laboratorio. Fuente: Tomas fotográficas propias.**




Máquina para ensayo a compresión.



Equipo para ensayo de penetración de agua bajo presión.

**ANEXO 6: Solicitud de Información a la Entidad: Municipalidad Provincial de Chiclayo.**

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

MUNICIPALIDAD DE CHICLAYO	
TRAMITE DOCUMENTARIO	
Cep. Dem.	872992
Reg. Egr.	429195
Fecha	20.04.2021
Firma:	

SUMILLA: SOLICITO INFORMACIÓN SOBRE NÚMERO DE LICENCIAS DE OBRAS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO

SEÑOR ALCALDE DE LA CIUDAD DE CHICLAYO

GERENCIA DE DESARROLLO URBANO  
DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO

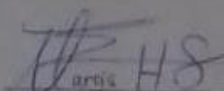
Yo Narcis Hidalgo Sánchez, identificado con DNI 72779302 me dirijo muy cordialmente a Ud. para solicitarle lo siguiente:

Se me pueda dar información acerca del número de licencias de ejecución de obras de construcción (remodelamiento, edificación nueva, ampliación y cercos) que se hayan registrado en el área de desarrollo urbano de la MPCH, así mismo creo conveniente se me pueda especificar las superficies descritas en las licencias.


El uso de esta información que me puedan proporcionar es netamente académico, ya que me permitiría determinar la demanda de concreto en obras ejecutadas donde utilicen este elemento constructivo, a lo largo de ésta última década (2010-2020) en la ciudad de Chiclayo.

Agradezco de respuesta a mi pedido con la atención pertinente.

Chiclayo, 20 de abril de 2021

  
NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
DNI: 72779302

**ANEXO 7: Respuesta de Entidad Municipalidad Provincial de Chiclayo a la información solicitada.**



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO  
SUB GERENCIA DE OBRAS PRIVADAS  
DPTO. LICENCIAS  
AV. SALTA N° 975

Chiclayo, 03 de Mayo del 2021.

CARTA N° *172* /2021-MPCH-GDU-SGOP

Señor:

NARCIS HIDALGO SANCHEZ

Chiclayo.-

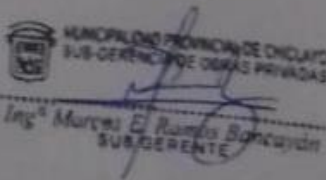
REF. : Reg. Doc. N° 872192; Reg. Exp. N° 429195.

Por la presente, reciba el cordial saludo de la Municipalidad Provincial de Chiclayo y de esta Sub Gerencia de Obras Privadas- Departamento de Licencias y en atención al documento de la referencia, hago de su conocimiento que en esta Sub Gerencia se atiende un promedio de 1,000 Licencias por año entre las modalidades de A, B, C, y D, además el número de pisos es variable va entre un piso hasta 12 pisos; además se atienden Ampliaciones, Remodelaciones, acondicionamientos, etc.

Asimismo, las Licencias después de ser atendidas pasan al Area de Archivo, por lo que es difícil atender con detalle su pedido.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO  
SUB GERENCIA DE OBRAS PRIVADAS  
Ing<sup>a</sup> Mercedes El Raimis Bancayán  
SUB GERENTE

Ci. Archivo  
MSP/1P  
*72799302*  
*04 de mayo, 2021*

## ANEXO 8: Evaluación de costo de fabricación de concreto $f'_c$ 210kg/cm<sup>2</sup> vs concreto experimental

### Análisis económico

A continuación, se muestra el análisis del precio unitario del concreto convencional  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> respecto al concreto que sustituye al árido fino por PET. En este sentido, se realizarán análisis económicos para la muestra estándar y muestras con 5%, 10% y 15% de sustitución de PET.

**Tabla 31: Análisis Económico del concreto patrón**

CONCRETO EN COLUMNAS $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (0%PET Muestra patrón)						
			Rdmto:	10.00	Unidad:	m <sup>3</sup>
				m <sup>3</sup> /día		
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
<b>Mano de obra</b>						
Operario	2	hh	1.600	24.23	38.77	
Peón	6	hh	4.800	17.29	82.99	
<b>Materiales</b>						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	26.27	278.47	
Agregado fino		m <sup>3</sup>	0.564	46.61	26.28	
Agregado grueso		m <sup>3</sup>	0.654	72.03	47.13	
PET (como agregado fino)		m <sup>3</sup>	0.000	1,297.42	0.00	
Agua		m <sup>3</sup>	0.261	5.00	1.31	
<b>Equipo</b>						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3		1	hm	0.800	10.00	8.00
Vibradora de concreto 4HP 1.25"	1	hm	0.800	7.00	5.60	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	121.76	3.65	
						492.20
				<b>COSTO DIRECTO:</b>		<b>492.20</b>

**Tabla 32: Análisis Económico del concreto con 5%PET**

CONCRETO EN COLUMNAS $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (5%PET)						
			Rdmto:	10.00	Unidad:	m <sup>3</sup>
				m <sup>3</sup> /día		
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
<b>Mano de obra</b>						
Operario	2	hh	1.600	24.23	38.77	
Peón	6	hh	4.800	17.29	82.99	
<b>Materiales</b>						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	26.27	278.47	
Agregado fino		m <sup>3</sup>	0.536	46.61	24.97	
Agregado grueso		m <sup>3</sup>	0.654	72.03	47.13	
PET (como agregado fino)		m <sup>3</sup>	0.016	1,297.42	21.38	
Agua		m <sup>3</sup>	0.261	5.00	1.31	
<b>Equipo</b>						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3		1	hm	0.800	10.00	8.00
Vibradora de concreto 4HP 1.25"	1	hm	0.800	7.00	5.60	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	121.76	3.65	
						512.27
				<b>COSTO DIRECTO:</b>		<b>512.27</b>

**Tabla 33: Análisis Económico del concreto con 10% PET**

CONCRETO EN COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (10%PET)						
			Rdmto:	10.00 m <sup>3</sup> /día	Unidad:	m <sup>3</sup>
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
<b>Mano de obra</b>						
Operario	2	hh	1.600	24.23	38.77	
Peón	6	hh	4.800	17.29	82.99	
<b>Materiales</b>						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	26.27	278.47	
Agregado fino		m <sup>3</sup>	0.508	46.61	23.66	
Agregado grueso		m <sup>3</sup>	0.654	72.03	47.13	
PET (como agregado fino)		m <sup>3</sup>	0.033	1,297.42	42.76	
Agua		m <sup>3</sup>	0.261	5.00	1.31	
<b>Equipo</b>						
Mezcladora de concreto de 18HP	11-12p3	1	hm	0.800	10.00	8.00
Vibradora de concreto 4HP	1	1	hm	0.800	7.00	5.60
1.25"						
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	121.76	3.65	
						532.34
				<b>COSTO DIRECTO:</b>		<b>532.34</b>

**Tabla 34: Análisis Económico del concreto con 15%PET**

CONCRETO EN COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (15%PET)						
			Rdmto:	10.00 m <sup>3</sup> /día	Unidad:	m <sup>3</sup>
Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	P. Unit.	Subtotal	Total S/
<b>Mano de obra</b>						
Operario	2	hh	1.600	24.23	38.77	
Peón	6	hh	4.800	17.29	82.99	
<b>Materiales</b>						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.600	26.27	278.47	
Agregado fino		m <sup>3</sup>	0.479	46.61	22.34	
Agregado grueso		m <sup>3</sup>	0.654	72.03	47.13	
PET (como agregado fino)		m <sup>3</sup>	0.049	1,297.42	64.15	
Agua		m <sup>3</sup>	0.261	5.00	1.31	
<b>Equipo</b>						
Mezcladora de concreto de 18HP	11-12p3	1	hm	0.800	10.00	8.00
Vibradora de concreto 4HP	1	1	hm	0.800	7.00	5.60
1.25"						
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	121.76	3.65	
						552.41
				<b>COSTO DIRECTO:</b>		<b>552.41</b>

**Tabla 35: Diferencia de precio del concreto elaborado con materiales PET respecto al convencional**

	Patrón	5%PET	10%PET	15%PET
Diferencia por m <sup>3</sup> (S/)	0.00	20.07	40.14	60.21
%	0.00	4.08	8.16	60.21

Como se logra observar en la Tabla 30, el costo de producir 1m<sup>3</sup> de concreto aumenta a medida que incrementamos la tasa de reemplazo de agregado fino por PET.

## **ANEXO 9: Estudio de impacto ambiental de la producción del concreto en estudio**

### **Estudio de impacto ambiental**

#### **Resumen Ejecutivo**

##### **Objetivo general de la EIA**

Definir los impactos que genere el proyecto de investigación cuyo título es “EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HECHO CON PLASTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO-2021” en la fase de ejecución estableciendo las medidas de mitigación a niveles aceptables para prevenir el deterioro ambiental.

##### **Marco legal**

###### Normatividad Nacional Ambiental

- Constitución Política del Perú (1993), Resolución Ministerial N° 108-99-ITINCI/DM: Guías para elaboración de EIA, PAMA, DAP (Declaración Ambiental) Informe Ambiental, Ley 27446: Sistema nacional de evaluación de impacto ambiental (SEIA), abril del 2001, y su modificatorio decreto legislativo 1078 (junio 2008).

###### Áreas Naturales protegidas

- Ley N° 28611: Ley de General del Ambiente.

###### Biodiversidad

- Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.

###### Residuos

- Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos y su modificatoria Decreto Legislativo N° 1065 (junio 2008).

###### Salud

- Ley General de Salud (L. N° 26842, julio 1997), Resolución ministerial N° 085-2020-VIVIENDA.

#### **Descripción y Análisis del Proyecto**

##### **Descripción del proyecto**

El proyecto de tesis ejecutado en el Laboratorio LEMS W&C EIRL tiene por base realizar estudios de evaluación y verificación de las propiedades del concreto en estado fresco (asentamiento, contenido de aire, peso unitario y temperatura) así como también en estado endurecido como la resistencia mecánica, así mismo se busca profundizar dentro de la

investigación realizando algunos de los ensayos disponibles de durabilidad del concreto en condiciones de laboratorio, de tal manera se brinde un alcance del comportamiento que resulte del reemplazo del árido fino por partículas plásticas tipo PET en el concreto.

### **Ubicación Política y geográfica**

Las instalaciones del laboratorio están ubicadas en el kilómetro 3.5 de la Av prolongación Bolognesi. El laboratorio está ubicado políticamente en la provincia de Lambayeque, la provincia y el distrito de Chiclayo. Y sus límites: al norte – Distrito de Lambayeque, al sur - Distrito Monsefú, al este - Chiclayo y al oeste - Pimentel. Geográficamente similar, se ubica en las coordenadas UTM 9249230.3 Norte 623920.6 Este o latitud -6.79083 y longitud -79.87861.

### **Vías de Acceso**

La vía de acceso hacia el laboratorio, es por la av. Pacífico, y se encuentra ubicada a 4 km del Óvalo Quiñonez, Chiclayo.

### **Descripción de Actividades del proyecto**

Se planificaron actividades de ensayos de agregados, elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas de concreto, ensayos de concreto en estado fresco y fraguado; y por último ensayos de evaluación rápida de durabilidad del concreto.

### **Objetivo general de la EIA**

Definir los impactos que genere el proyecto de investigación cuyo título es “EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HECHO CON PLASTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO-2021” en la fase de ejecución estableciendo las medidas de mitigación a niveles aceptables para prevenir el deterioro ambiental.

### **Marco legal**

#### **Normatividad Nacional Ambiental**

- Constitución Política del Perú (1993):

Es la norma fundamental del Perú, ya que detalla, regula y defiende los derechos y libertades de los peruanos dentro del marco de la igualdad; además, contiene artículos que respaldan el manejo ambiental nacional. Asimismo, establece las bases de la gestión ambiental, instituyendo que las personas tienen derecho a un ambiente sustentable y apropiado para el desarrollo de sus vidas. De igual forma, establece que los recursos naturales renovables y no renovables son propiedad de la nación y el estado tiene soberanía sobre su uso.

- Resolución Ministerial N° 108-99-ITINCI/DM: Guías para elaboración de EIA, PAMA, DAP (Declaración Ambiental) Informe Ambiental.

Documento en el que se concretan los objetivos, requerimientos y estructura de las Guías para producción de Estudios Ambientales, conteniendo los lineamientos para el PAMA (PLAN DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL).

- Ley 27446: Sistema nacional de evaluación de impacto ambiental (SEIA), abril del 2001, y su modificatorio decreto legislativo 1078 (junio 2008).

En su Art. 3° señala: “Toda actividad proyecto u obra debe contar con una Certificación Ambiental, otorgada por Resolución de la Autoridad Competente”. El Art. 4° establece tres categorías de proyectos de acuerdo con el riesgo ambiental. Confirma que el SEIA es un sistema único y coordinado para identificar, prevenir, monitorear, controlar y remediar tempranamente los impactos ambientales negativos de las actividades humanas demostrados a través de un proyecto de inversión. Esta norma incluye la obligación de presentar a certificación cualquier proyecto de inversión pública y/o privada que involucre actividades, construcciones o estructuras que logren tener un impacto negativo en el medio ambiente antes de su implementación. La certificación ambiental es una decisión de una autoridad apta para aprobar una herramienta de estudio de impacto ambiental.

### **Áreas Naturales protegidas**

- Ley N° 28611: Ley de General del Ambiente

En el segundo párrafo, número 108.2 El artículo 108 establece que la sociedad civil tiene derecho a participar en la identificación, demarcación y mantenimiento de las reservas naturales (ANP), y la obligación de cooperar para lograr sus fines; el estado promueve su participar en la gestión de estas áreas de acuerdo con la ley.

### **Biodiversidad**

- Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.

Prevé la conservación de la diversidad biológica y el ejercicio sustentable del poder conforme a los artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú, así como los principios y definiciones del Convenio sobre la Diversidad Biológica, que regulan la finalidad de aplicación de dicha ley. En el apartado h) del art. 5 de los documentos legales mencionados anteriormente, de conformidad con el art. 68 de la Constitución Política del Perú, el Estado

promueve la implementación de tecnologías limpias para incrementar la productividad de los ecosistemas e integrar los recursos naturales.

### **Residuos**

- Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos y su modificatoria Decreto Legislativo N° 1065 (junio 2008)

El artículo 31 establece que los instrumentos de gestión ambiental o estudios ambientales establecidos para el desarrollo de proyectos de inversión deberá incluir medidas para advertir, inspeccionar, minimizar y por último eliminar las sustancias nocivas de los residuos sólidos. De igual forma, el código penal en su artículo 1. Los artículos 306 y 307 prevén sanciones para quienes no cumplan con la normativa sobre administración de residuos sólidos.

### **Salud**

- Ley General de Salud (L. N° 26842, julio 1997)

Esta ley instituye que todas las personas tienen derecho a contar con asistencia médica y quirúrgica en cualquier centro de atención de salud de emergencia cuando la necesite, y que los centros de atención de salud, sin excepción, tienen la obligación de brindar esta atención durante un largo período de tiempo. ya que existe una situación seriamente amenazante. a tu vida. y se conserva la salud.

- Resolución ministerial N° 085-2020-VIVIENDA

Proporcionar orientación para monitorear la salud de los trabajadores en riesgo de contraer el virus COVID-19, que brinde orientación práctica durante las actividades de construcción para impedir la transmisión del virus COVID-19 e identificar rápidamente y actuar en caso de sospecha o sospecha. Los casos se confirman entre personas involucradas en obras de construcción y quienes por cualquier motivo ingresaron al territorio donde se trabajaba.

## **Descripción y Análisis del Proyecto**

### **Antecedentes**

La investigación fue desarrollada en un laboratorio de materiales y suelos, local ubicado en la Av. Prolongación Bolognesi km 3.5, en la ciudad de Chiclayo. El mismo que tuvo su origen inicial de forma temporal, pero que se ha venido consolidando durante este periodo a partir del año 2018, colaborando con tesis de diversas instituciones y realizando ensayos de calidad del concreto y otros materiales del sector construcción. El local donde se realizó el

proyecto tuvo anteriormente otro rubro económico (recreo campestre) por lo que se puede visualizar pequeños jardines familiares como también animales domésticos dado al gran espacio con el que cuenta.

### **Descripción del proyecto**

El proyecto de tesis ejecutado en el Laboratorio LEMS W&C EIRL tiene por base realizar estudios de evaluación y verificación de las propiedades del concreto en estado fresco (asentamiento, contenido de aire, peso unitario y temperatura) así como también en estado endurecido como la resistencia mecánica, así mismo se busca profundizar dentro de la investigación realizando algunos de los ensayos disponibles de durabilidad del concreto en condiciones de laboratorio, de tal manera se brinde un alcance del comportamiento que resulte del reemplazo del árido fino por partículas plásticas tipo PET en el concreto.

### **Ubicación Política y geográfica**

Las instalaciones del laboratorio están ubicadas en el kilómetro 3.5 de la Av prolongación Bolognesi.



*Figura 36: Ubicación del laboratorio donde se realizaron los ensayos*

### **Ubicación Geográfica**

Las instalaciones del laboratorio están localizadas geográficamente se encuentra en las coordenadas UTM 9249230.3 Norte 623920.6 Este o Latitud -6.79083 y Longitud -79.87861.

### **Ubicación Política**



**Tabla 36: Información de vías de acceso principal**

De	A	Tipo de Vía	Tiempo (horas)	Km
Chiclayo	Laboratorio	Vía asfáltica	7 min	4.0 km
Chiclayo	Laboratorio	Vía asfáltica	8 min	5.0 km

### Características Técnicas

El presente proyecto comprendió la elaboración de muestras de concreto del tipo cilíndricas de H=30cm, D=6” para muestras de ensayo a resistencia a compresión, como también para evaluar la durabilidad (Ensayo de penetración de agua bajo presión).

Así mismo se elaboraron muestras cilíndricas de H=20cm y D=4” para la evaluación de los ensayos de durabilidad de velocidad de absorción y resistencia a penetración de iones cloruros.

Por otra parte, para los ensayos de resistencia a flexión se elaboraron muestras de concreto del tipo prismáticas (vigas) de L= 53cm en promedio y de sección transversal de 15cm de altura y ancho de 15cm.

Las condiciones de elaboración han sido ajustadas a la de laboratorio, bajo la dirección del laboratorista y el conocimiento de las respectivas NTP y algunas normativas internacionales que son las guías de ensayos normalizados para la presente investigación.

### Descripción de Actividades del proyecto

**Tabla 37: Etapas del proyecto**

<b>ETAPA I</b>
Cotización de servicios de laboratorio.
Abastecimiento de materiales e insumos para el proyecto
<b>ETAPA II</b>
Ensayo de granulometría de agregados.
Ensayos de características físicas del agregado fino.
Ensayos de características físicas del agregado grueso.
Realización de granulometría de las partículas PET triturado y selección de 3 porcentajes distintos de reemplazo.
Ensayos de características físicas del material PET: PUS, PUC, PE.Masa.
Ensayo de PE.Masa Real de Cemento TIPO I- QHUNA.
Diseño de mezcla del concreto convencional de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y dosificación para muestras con 3 porcentajes distintos de reemplazo.

Elaboración y rotura de 3 muestras a los 7 días, para DISEÑO PATRON PRUEBA.
Elaboración de las mezclas de concreto con y sin reemplazo parcial de PET, reajuste de diseño en laboratorio y evaluación de consistencia de las muestras mediante el ensayo del cono de Abrams.
Desmolde de las probetas cilíndricas y prismáticas de concreto
<b>ETAPA III-A</b>
Curado de los testigos de concretos fraguados
Ensayo de resistencia de compresión de las probetas cilíndricas EDAD=1-7 días
Ensayo de resistencia de compresión de las probetas cilíndricas EDAD=8-14 días
Ensayo de resistencia de compresión de las probetas cilíndricas EDAD=22-28 días
Preparación de muestras respectivas para ensayos de durabilidad: codificación, corte
Ensayo de resistencia a flexión de las probetas prismáticas EDAD=1-7 días
Ensayo de resistencia a flexión de las probetas prismáticas EDAD=8-14 días
Ensayo de resistencia a flexión de las probetas prismáticas EDAD=22-28 días
<b>ETAPA III-B</b>
Ensayos de durabilidad: penetración de agua bajo presión
Ensayos de durabilidad: penetración de Iones cloruros
Ensayos de durabilidad: absorción capilar de agua
<b>ETAPA IV</b>
Trabajo de gabinete
Procesamiento de información propiedades de resistencia
Determinación del porcentaje óptimo de PET triturado de reemplazo por resistencia
Procesamiento de información propiedades de durabilidad
Determinación del porcentaje óptimo de PET triturado de reemplazo por durabilidad

### Requerimiento de Mano de obra

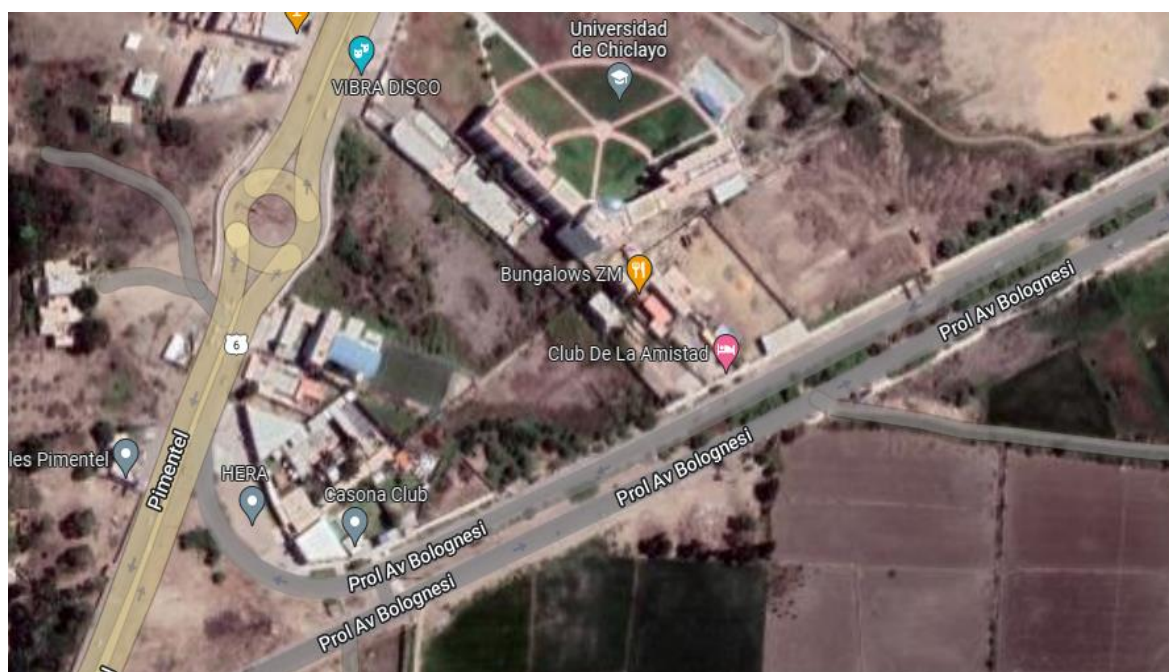
Para la realización de este proyecto la mano de obra requerida fue mínima, sin embargo, se necesitó de la colaboración y apoyo de personal técnico y obrero.

- ✓ Para el diseño y corrección de la mezcla de concreto se hizo con la asesoría del técnico laboratorista.
- ✓ Para el manejo de la mezcladora, en este caso un trompo de 5 pies<sup>3</sup>, se necesitó de un personal obrero a cargo del equipo. El mismo que se encargó del manejo y abastecimiento de combustible del equipo mezclador.
- ✓ Para la elaboración de ensayos del concreto en estado fresco y fabricación de muestras del tipo cilíndricas y prismáticas, estuvo a cargo del tesista y colaboradores.



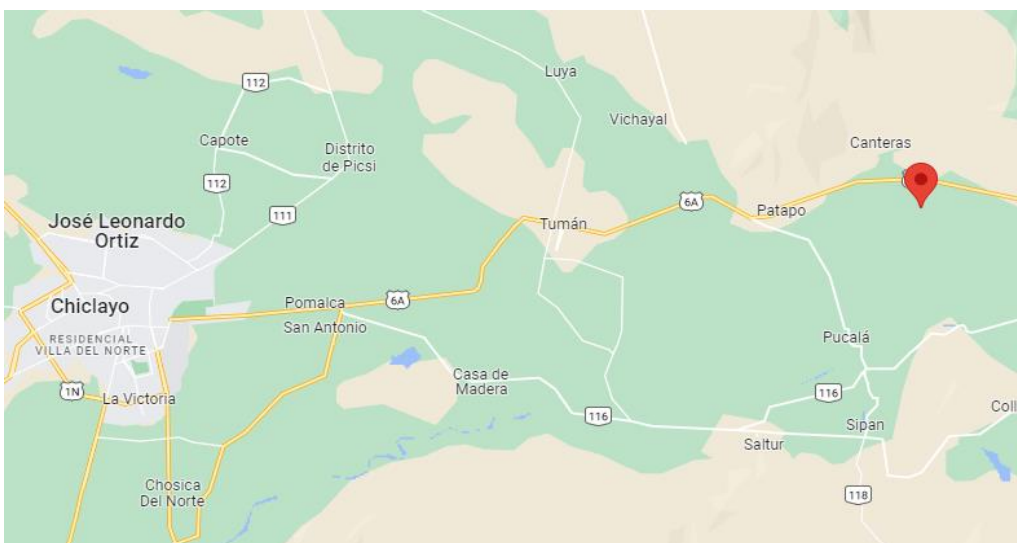
### Área de Influencia Directa

El área de influencia directa es el local ubicado en la Av. Prolongación Bolognesi, el área de influencia directo es el Pueblo Joven Nuevo Progreso, HU La Molina Alta Sector 1, Urb. El Santuario y Asentamiento Humano Vista Hermosa.



### Área de Influencia Indirecta

El área de influencia indirecta, se asume a Chiclayo como provincia, debido a que los materiales que se utilizaron para la investigación provienen de canteras ubicadas en el distrito de Pátapo (Cartera La Victoria) y Pucalá (Cartera Pacherras), así mismo el material plástico PET proviene del reciclaje de una planta formal ubicada en la ciudad de Chiclayo que acopia material reciclado de varios sectores del distrito de Chiclayo, José Leonardo Ortiz y otros, además que zonas de toda la provincia se verán beneficiadas al utilizar el plástico que es reciclado y recopilado en todo Chiclayo.

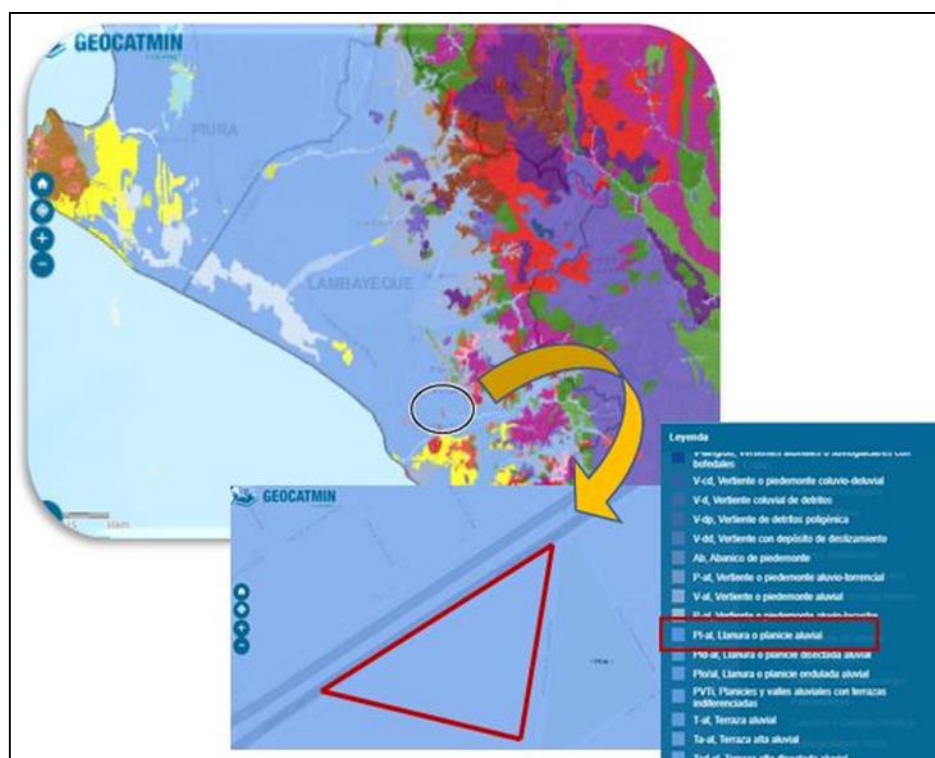


## Línea de Base Ambiental

### Línea base física

#### Geomorfología:

La geomorfología del área de estudio perteneciente distrito de Chiclayo generalmente está compuesta por depósitos sedimentarios aluviales (ver imagen n°.6), específicamente dado a que Chiclayo se encuentra en localización costera de la región Lambayeque, conformado por terrenos generalmente llanos y con ligeras ondulaciones longitudinales. La característica de una tierra plana o cuesta suave que se forma gradualmente cuando se depositan sedimentos por la inundación periódica de corrientes o ríos; por lo que en el área de proyecto se tiene suelos granulares donde predominan los finos como las arcillas, arenas y arcillas areno-limosas.



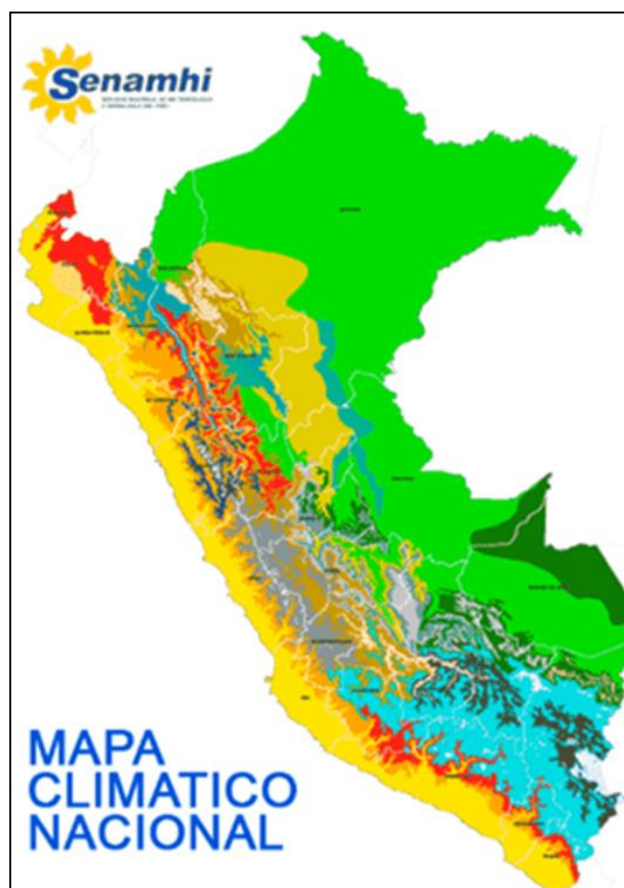
*Figura 39: Geomorfología de la provincia de Chiclayo. Geocatmin*

#### Clima

El clima de la ciudad de Chiclayo es del tipo semi-cálido, templado durante las estaciones de primavera, otoño e invierno y es caluroso, en época de verano se registraron temperaturas elevadas.

Cuenta con un clima árido semi-tropical; dicho esto, se tiene en cuenta que la zona está ubicada en el litoral costero por lo que hay presencia de cielo nuboso y escasa precipitación lo que tipifica a esta zona como árida.

Debido al efecto semipermanente del anticiclón en el Pacífico sureste y al fenómeno de inversión de calor que ocurre a una altitud de 300 a 1200 metros, las condiciones atmosféricas en la costa Lambayecana son estables.



*Figura 40: Mapa de clima del Perú*

Fuente: Senamhi

### **Temperatura**

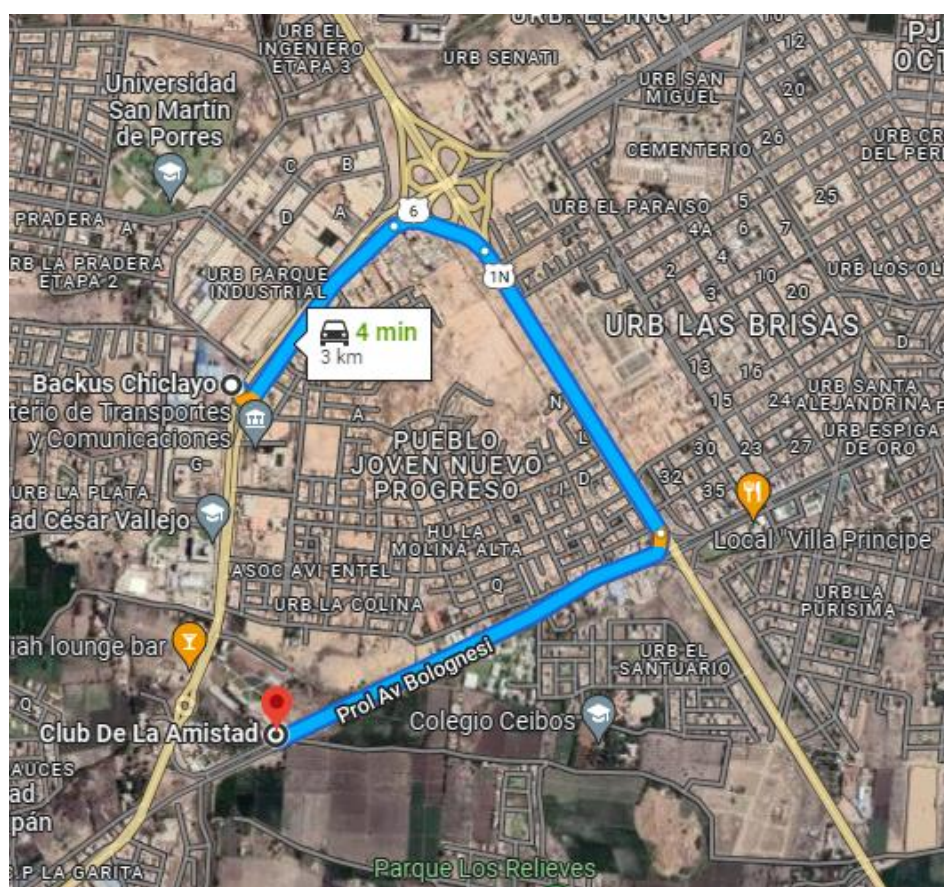
La temperatura es variable por las influencias del fenómeno El Niño, la temperatura mínima en invierno es 15 °C y la máxima de 18 °C mientras que en verano la temperatura mínima es de 22 °C y la máxima de 36 °C.

### **Calidad del aire**

En Chiclayo tenemos un Índice de Calidad de Aire de 21, lo cual se resume en una calidad de aire “buena”, la concentración de PM2.5 es de 5.1 µg/m<sup>3</sup>.

La zona donde se realizará el proyecto presenta una visibilidad normal, ya que en el área tiene una importancia urbana. La zona se encuentra exactamente a 3 km del área industrial de Chiclayo, por lo que los olores presentes en la unidad poblacional no tendrán una significancia alta, así como también presencia de centros recreacionales y de eventos sociales, por lo que se tendrá presente en la evaluación.

Los vientos predominantes en la ciudad de Chiclayo y de manera general van desde el mar hacia la costa con dirección de Sureste a Norte entre las 9am. y 8 pm. variando en horas de la noche donde los vientos van de la costa hacia el mar.



### Calidad del agua

La calidad de agua es buena, es agua potable.

### Geología

El suelo de la zona está formado por un manto de materiales sedimentarios compactos y sobre estos materiales, se encuentran materiales de menor granulometría como son: las arenas, arcillas y limos. Además de estar formado por depósitos aluviales, también está formado con depósitos eólicos y fluviales.

### **Uso actual**

La zona donde se realizó el proyecto de investigación es de uso urbano. Así mismo existe una confluencia de mucho tránsito vehicular y peatonal dado a que existen negocios, instituciones y colegios a un radio de 200m. Así mismo, el local donde funciona las instalaciones del laboratorio es muy recurrido por varios tesisas de pre-grado y bachilleres de diversas universidades.

### **Hidrología e hidrogeografía**

En el Departamento de Lambayeque, el agua se presenta principalmente en los ríos, el mar, y las corrientes subterráneas. Las aguas de los ríos, cubren más del 95 % del agua utilizada en la agricultura, industria y uso doméstico.

Los principales ríos son:

- ✓ Río Chancay. - Conocido con el nombre de río Lambayeque, es más importante. Su largo aproximado es 250 km, de sus aguas dependen las 3 capitales provinciales, más de 15 poblados menores, 25 empresas agrícolas, pequeños productores individuales.
- ✓ Río La Leche. - Nace en las cumbres de Cañaris, y Cachen a más de 3000 m.s.n.m. tiene un volumen de agua muy irregular y por lo general no llega al mar, salvo en épocas de abundantes lluvias. En épocas o mejor dicho periodos lluviosos y de abundancia de aguas este río inunda los poblados ribereños y las cementeras causando daños inmensos. En la parte baja se unen con el Motupe.
- ✓ Río Zaña. - Nace en el Departamento de Cajamarca, en su desplazamiento y descenso hacia el Oeste recibe las aguas de numerosos riachuelos, ya en la costa da sus aguas a los poblados de Oyotún, Nueva Arica, Zaña, Mocupe y Lagunas. Sus aguas en determinadas épocas como en 1925 y 1983 han causado daños a Zaña y otros poblados ribereños.

En el área de influencia directa donde se ejecutó el proyecto de investigación no presenta cursos de aguas superficiales ni mucho menos presencia de aguas subterráneas, puesto a que no se ha ejecutado excavaciones superficiales ni profundas que den indicio de presencia del nivel freático actual de la zona.

En el área de influencia directa donde se ejecutó el proyecto de investigación no presenta cursos de aguas superficiales ni mucho menos presencia de aguas subterráneas, puesto a que no se ha ejecutado excavaciones superficiales ni profundas que den indicio de presencia del nivel freático actual de la zona.

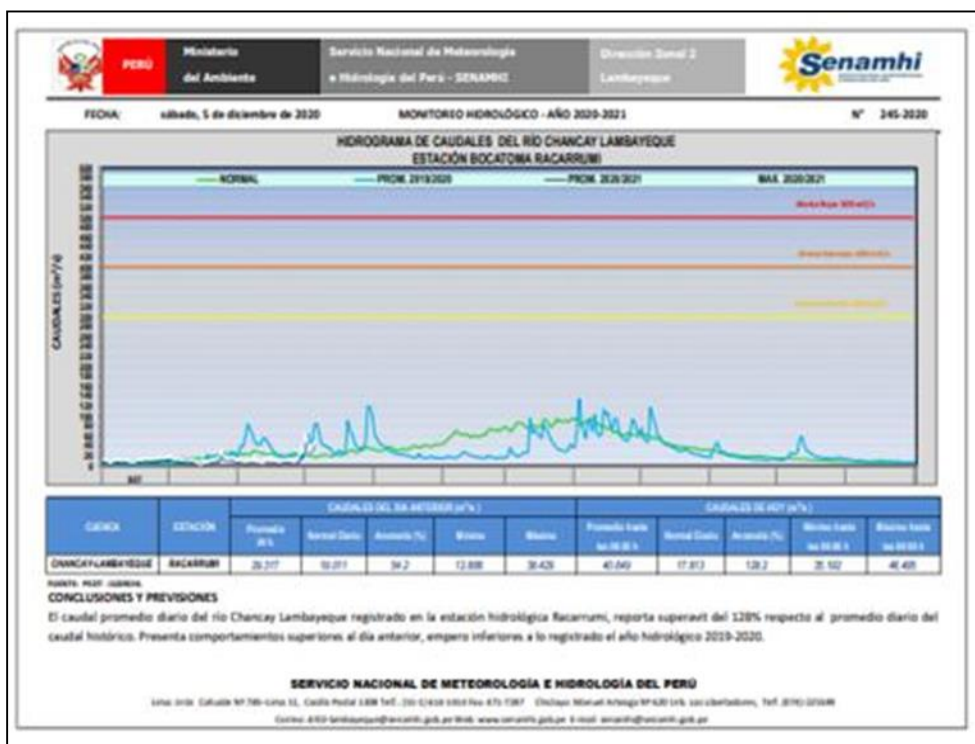


Figura 41: Caudal promedio diario del río Chancay-Lambayeque, registrado en la estación hidrológica Bocatoma Racarrumi. Senamhi

**Precipitaciones:**

Las precipitaciones no se dan a lo largo de todo el año como se aprecia en el gráfico expuesto a continuación, sino más bien se presentan con mayor intensidad los primeros meses del periodo de verano. La temperatura media anual de Chiclayo es 23° y la precipitación media anual es 16 mm (1mm. de lluvia equivale a 1 litro/m<sup>2</sup>). No llueve durante 334 días por año, la humedad media es del 77%.

Según el SENAEMI, se ha presentado precipitación en los últimos meses del año 2022 en la escala de 0-8 mm/día.

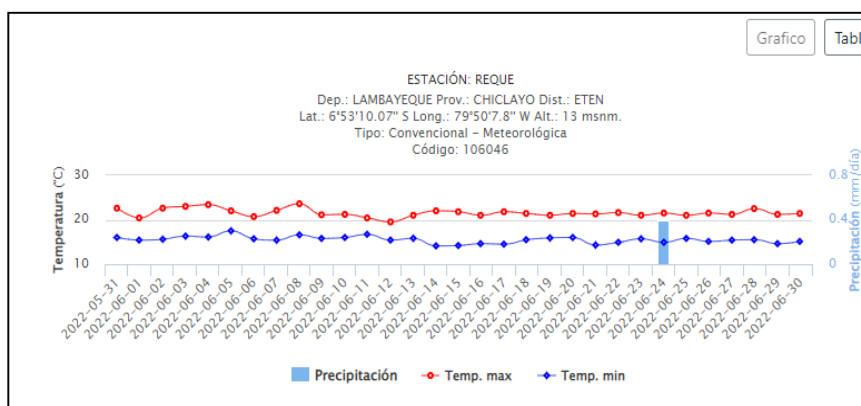


Figura 42: Promedio de temperatura normal y precipitación registrada en la estación Reque para Chiclayo. Senamhi

### Línea base biológica

#### Formación ecológica

La zona donde se realizará el proyecto de mejoramiento no cruza por una zona hidrológica, o de interés ecológico.

#### Fauna

En el área de influencia directa la fauna existente está representada por los animales domésticos de los domicilios pertenecientes a los dueños del local, como también de algunas aves silvestres como los pájaros, y animales menores como lagartijas e insectos.

#### Flora

En la zona donde funciona el laboratorio presenta árboles de algarrobo, pasto, árboles de guaba y ciruelos.

#### Paisajes

En la zona no se ha identificado presencia de paisajes de tipo natural geológico, ecológico. Se realizará una circulación del área de preparación, fraguado y curado de las muestras. Así mismo se identificará los puntos de acumulación de material de desmonte, de tal manera no se afecta a la normalidad del ecosistema encontrado.

### Línea base socioeconómica

#### Demografía

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, para el Departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo, se cuenta con la siguiente distribución de población.

- ✓ Chiclayo Urbano, con una población de 270 208.
- ✓ Chiclayo Rural, con una población de 288.

**Tabla 38: Población censada, por área urbana y rural; y sexo, según provincia, distrito, y edades simples-INEI**

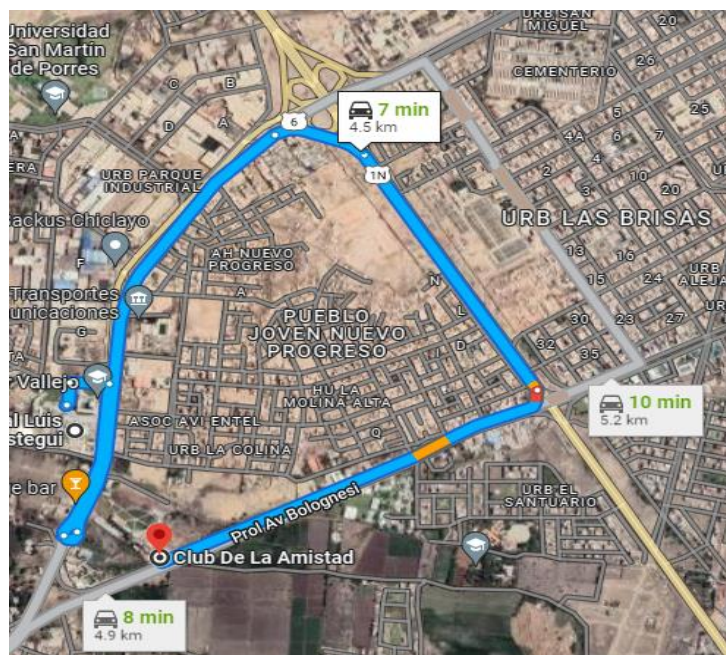
Provincia, distrito, y edades simples	Total	Población		Total	Urbana		Total	Rural	
		Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
<b>DISTRITO CHICLAYO</b>	<b>70 496</b>	<b>127 234</b>	<b>143 262</b>	<b>70 208</b>	<b>127 091</b>	<b>143 117</b>	<b>288</b>	<b>143</b>	<b>145</b>

## Educación

En el área de influencia indirecta, se localiza a un radio de 200m una institución educativa (Colegio Adventista) que brinda formación a nivel primario y secundario, se encontró alguna de formación superior universitaria (UDCH, UCV). Los moradores de la UPIS se encuentran ubicados a 25 metros de distancia respecto al muro perimetral de la institución.

## Salud

En los alrededores se encuentran postas médicas y a un radio de 400m se encuentra el Hospital Luis Heysen Incháustegui.



Dado a la ubicación de las instalaciones del laboratorio, la distancia recorrida en movilidad es de 4.5km debido al sentido del flujo vehicular en que se encuentran ambos puntos.

## Economía

La zona es de interés urbano para el distrito de Chiclayo. Se ha localizado dentro de la zona de proyecto algunos locales actividad gastronómica, de educación, negocios de vehículos y centros de eventos y el funcionamiento de una estación de gasolina.

## Transporte

El transporte usado para la movilización en la zona, son aquellas que provienen de vehículos motorizados como: mototaxis, autos, combis; así como también de vehículos no motorizados: bicicletas. La unidad poblacional cuenta con calles asfaltadas dado a que se encuentra cerca de dos avenidas de interés local y departamental.

**Comunicaciones**

La población del área de influencia directa cuenta en su gran mayoría con telefonía fija e internet. No hay problemas de conexión en cuanto a comunicaciones, dado a que se ubica en zona urbana.

**Diagnóstico Arqueológico**

Para el presente Proyecto de investigación realizada en laboratorio no se requiere este instrumento de evaluación, así mismo no cuenta anteriormente con el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA). Dado a que donde se realizó el proyecto es una zona urbana, se asume que no se corre el riesgo de encontrar restos o vestigios de civilizaciones precolombinas.

**Identificación y Evaluación de Pasivos Ambientales**

En la presente investigación se carecen de pasivos ambientales.



**Plan de Participación Ciudadana**

En la presente investigación no aplica el plan de participación ciudadana.

**Plan de Manejo Ambiental**

En la presente investigación no se requiere el plan de manejo ambiental.

**Plan de Compensación Ambiental**

En la presente investigación

**Conclusiones y recomendaciones de la EIA**

En la conclusión, presentamos los principales impactos ambientales analizados en la Matriz Leopold como las acciones de mitigación más importantes.

Los principales impactos ambientales analizados son:

Los potenciales impactos negativos se forman en el eje horizontal al analizar los factores ambientales: en el aire tenemos una emisión de gases de 352 (-), una emisión de polvo de 192 (-) y un ruido de 146 (-); Para el coeficiente de suelo, la calidad del suelo se observó en un valor de 113 (-). Y a lo largo del eje vertical en las actividades que tenemos tanto en la red de abastecimiento de agua, cavando zanjas con equipos con un valor de 143 (-), como en la red de drenaje, también hay una actividad similar con el valor de 110 (-).

El impacto positivo más significativo se genera en el eje horizontal al analizar los factores ambientales, tenemos el factor socioeconómico, generando empleos con un valor de 183 (+).

Sin embargo, a lo largo del eje vertical 2, en la etapa de seguridad y salud en el trabajo, tenemos equipos de protección personal y colectiva con un valor de 9 (+).

## ANEXO 10: Fichas de calibración de equipos de ensayos

 <b>CALIBRATEC S.A.C.</b> <b>LABORATORIO DE METROLOGIA</b>		<b>CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b> RUC: 20606479680
<b>Área de Metrología</b> Laboratorio de Fuerza		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>CA - LF - 024 - 2022</b>
Página 1 de 3		
<b>1. Expediente</b>	0117-2022	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>	
<b>Capacidad</b>	2000 kN	
<b>Marca</b>	AyA INSTRUMENT	
<b>Modelo</b>	STYE-2000B	
<b>Número de Serie</b>	131214	
<b>Procedencia</b>	CHINA	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	MC	
<b>Modelo</b>	STYE-2000B	
<b>Número de Serie</b>	131214	
<b>Resolución</b>	0.01 / 0.1 kN (*)	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2022-01-21	
<b>Fecha de Emisión</b>	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>	<b>Sello</b>
2022-01-22	 <b>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</b>	 
977 997 385 - 913 028 621 913 028 622 - 913 028 623 913 028 624	Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima comercial@calibratec.com.pe <b>CALIBRATEC SAC</b>	

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.0 °C	26.0 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 038-21A
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Área de Metrología

Laboratorio de Fuerzas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)				$F_{promedio}$ (kN)
%	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_4$ (kN)	Patrón de Referencia	
10	100	100.0	99.0	100.0	99.8	
20	200	199.0	200.5	201.3	200.2	
30	300	298.8	300.4	299.3	299.7	
40	400	397.4	399.4	398.8	398.6	
50	500	495.8	501.8	502.4	500.5	
60	600	597.1	597.4	597.9	597.7	
70	700	696.1	696.7	695.7	696.6	
80	800	798.9	799.1	799.5	799.1	
90	900	898.6	900.1	896.6	898.5	
100	1000	1001.0	1002.9	1000.5	1001.3	
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0		

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $\alpha$ (%)	
100	0.21	1.00	-1.30	0.10	0.81
200	-0.08	1.15	0.25	0.05	0.75
300	0.12	0.53	0.07	0.03	0.63
400	0.34	0.50	0.10	0.03	0.61
500	-0.11	1.31	-0.06	0.02	0.85
600	0.39	0.13	-0.18	0.02	0.58
700	0.49	0.14	-0.14	0.01	0.59
800	0.11	0.07	0.02	0.01	0.58
900	0.17	0.38	0.16	0.01	0.60
1000	-0.13	0.25	0.20	0.01	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.00 %

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
☎ comercial@calibratec.com.pe  
☎ CALIBRATEC SAC





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCMA-022-2022

Peticionario	: LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L.
Atención	: LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L.
Lugar de calibración	: Laboratorio CELDA EIRL Ubicado en la Av. Circunvalación s/n. Mz. B. Lt.1 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Tipo de equipo	: Medidor contenido de aire de concreto fresco "Washington"
Capacidad del equipo	: 0% - 10% de aire
División de escala	: 0,1% de 0% hasta 6%; 0,2% de 6% a 8% y 0,5% de 8% hasta 10%
Marca	: ELE - INTERNATIONAL
Capacidad del recipiente	: 1/4 de pie cúbico
Modelo	: 34-3265
Nº de serie	: H190611
Procedencia	: USA
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial	: 20,0°C / 72%
Temp.(°C) y H.R.(%) final	: 20,0°C / 72%
Método de calibración	: Norma ASTM C-231
Patrón de referencia	: 02 canister marca ELE - INTERNATIONAL, modelo 34-3267/10, con números de serie 080312 y 070312, certificado de calibración CSA-2026-21 y CSA-2027-21 respectivamente; cada uno de 5% de capacidad con respecto a un volumen de 1/4 de pie cúbico.
Número de páginas	: 2
Fecha de calibración	: 2022-05-17

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-05-23	 Vladimir Tello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84036



### Resultados de medición

Con 01 canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	Contenido de aire con 01 canister (%)	Error (% de aire)	Incertidumbre K=2
1	5.0	5.0	5.0	0,0	0.1
2	5.0				
3	5.0				

Con 02 canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	Contenido de aire con 02 canister (%)	Error (% de aire)	Incertidumbre K=2
1	10.0	10.0	10.0	0,0	0.1
2	10.0				
3	10.0				

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

### Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El cero "0" inicial del cual debe partir la aguja negra del equipo se encuentra indicado con una aguja de color amarillo, los cuales deben estar una sobre la otra al inicio del ensayo.

El equipo se encuentra calibrado.



Área de Metrología  
 Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 033 - 2022**

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>0117-2022</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b>
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>2000 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>0.01 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0.1 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>
<b>Marca</b>	<b>AMPUT</b>
<b>Modelo</b>	<b>457</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0.2 g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

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

**5. Fecha de Calibración**      **2022-01-21**

Fecha de Emisión

2022-01-22

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
 MANUEL ALEJANDRO ALDAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
 ☎ 913 028 622 - 913 028 623  
 ☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
 ✉ comercial@calibratec.com.pe  
 🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
 Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 033 - 2022**

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL.

**7. Lugar de calibración**

En las instalaciones del cliente.

CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	26.5 °C	26.5 °C
Humedad Relativa	53%	55%

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
 ☎ 913 028 622 - 913 028 623  
 ☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
 ✉ comercial@calibratec.com.pe  
 🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

LABORATORIO DE METROLOGIA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 033 - 2022**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final  
26.4 °C 26.4 °C

Medición Nº	Carga L1 = 1,000 g			Carga L2 = 2,000 g			
	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	
1	1000.00	5	0	2000.00	5	0	
2	1000.00	4	1	2000.01	8	7	
3	1000.01	8	7	2000.00	3	2	
4	1000.00	5	0	2000.00	6	-1	
5	1000.00	6	-1	2000.00	2	3	
6	1000.01	9	6	2000.00	5	0	
7	1000.00	4	1	2000.00	4	1	
8	1000.00	5	0	2000.00	6	-1	
9	1000.00	6	-1	2000.01	8	7	
10	1000.00	4	1	2000.00	6	-1	
Diferencia Máxima			8	Diferencia Máxima			8
Error Máximo Permissible			200	Error Máximo Permissible			300

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición  
de las  
cargas

Temperatura Inicial Final  
26.4 °C 26.4 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					
	Carga Mínima*	I (g)	$\Delta L$ (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1		0.10	5	0		1000.00	5	0	0	
2		0.11	8	7		1000.00	4	1	-6	
3	0.10	0.10	6	-1	1000.00	1000.00	6	-1	0	
4		0.10	5	0		1000.00	5	0	0	
5		0.10	6	-1		1000.01	8	7	8	
* Valor entre 0 y 10e					Error máximo permisible					200

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 033 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.4 °C	26.4 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
0.10	0.10	6	-1						
0.20	0.20	5	0	1	0.20	5	0	1	100
10.00	10.00	6	-1	0	10.00	5	0	1	100
100.00	100.00	7	-2	-1	100.00	4	1	2	100
500.00	500.00	6	-1	0	500.00	5	0	1	200
800.00	800.00	5	0	-1	800.00	6	-1	0	200
1000.00	1000.00	6	-1	0	1000.00	7	-2	-1	200
1200.00	1200.00	6	-1	0	1200.00	2	3	4	200
1500.00	1500.00	4	1	2	1500.00	3	2	3	200
1800.00	1800.01	8	7	8	1800.00	3	2	3	200
2000.00	2000.01	8	7	8	2000.01	8	7	8	300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{ ( 0.000028 \text{ g}^2 + 0.00000000001 \text{ R}^2 ) }$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000026 \text{ R}$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>0117-2022</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>3. Dirección</b>	<b>CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO LAMBAYEQUE</b>	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>	
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>1 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>R31P30</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>8336460679</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2022-01-21</b>	

Fecha de Emisión

2022-01-22

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C
Humedad Relativa	51%	51%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0687-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC S.A.C.

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOS	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final  
26.4 °C 26.4 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)
1	15,000	600	-100	30,000	200	300
2	15,000	500	0	30,000	500	0
3	15,001	700	800	30,000	500	0
4	15,000	500	0	29,999	200	-700
5	15,000	600	-100	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,001	700	800
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	15,000	200	300	30,000	800	-300
9	14,999	300	-800	29,999	300	-800
10	15,000	500	0	30,000	500	0
	Diferencia Máxima		1,600	Diferencia Máxima		1,600
	Error Máximo Permisible		$\pm 3,000$	Error Máximo Permisible		$\pm 3,000$

#### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición  
de las  
cargas

Temperatura Inicial Final  
26.4 °C 26.4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>				
	Carga Mínima*	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1		10	500	0		10,001	800	700	700
2		10	400	100		10,000	500	0	-100
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100
4		10	400	100		9,999	200	-700	-800
5		10	500	0		10,000	500	0	0
	Error máximo permisible								$\pm 3,000$

\* Valor entre 0 y 10e



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
☎ comercial@calibratec.com.pe  
☎ CALIBRATEC SAC



# CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 032 - 2022

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.4 °C	26.4 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** ( ± mg )
	l ( g )	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l ( g )	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	20,000	600	-100	-100	3,000
25,000	25,000	500	0	0	25,000	500	0	0	3,000
30,000	30,000	600	-100	-100	30,000	600	-100	-100	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.3787222 \text{ g}^2 + 0.0000000237 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000032 R$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	0117-2022
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	QL
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Identificación	LT-012
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

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

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

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

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	TERMOSTATO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2022-01-21

Fecha de Emisión

2022-01-22

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Página 2 de 5

### 6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente,  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.3°C	26.3°C
Humedad Relativa	64 %	64 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0008
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 012 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

### 11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 26.1 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
El controlador se seteo en 110

#### PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	110.5	110.0	110.1	108.6	109.1	108.7	112.0	112.8	110.6	112.2	110.5	4.2
02	110.0	110.3	111.8	110.0	108.5	109.1	108.4	112.2	112.0	111.3	112.4	110.6	4.0
04	110.0	109.3	111.1	109.3	108.8	109.0	108.1	112.6	112.4	111.7	112.5	110.5	4.5
06	110.0	109.0	111.3	109.1	108.8	109.4	107.4	112.1	112.5	111.3	112.5	110.3	5.1
08	110.0	109.3	110.8	108.9	108.4	109.1	107.7	112.7	112.3	111.6	112.8	110.3	5.1
10	110.0	109.0	110.5	108.8	108.2	109.4	107.3	112.3	112.5	111.3	112.0	110.1	5.2
12	110.0	108.5	110.7	109.1	108.5	109.1	107.5	112.4	112.5	111.4	112.4	110.2	5.0
14	110.0	109.2	110.4	109.3	108.4	109.2	107.3	112.7	112.0	111.6	112.4	110.2	5.4
16	110.0	109.7	110.3	109.4	108.3	109.3	107.1	112.3	112.4	111.5	112.2	110.2	5.3
18	110.0	109.1	110.1	109.6	108.7	109.1	107.4	112.1	112.3	110.8	112.3	110.1	4.9
20	110.0	109.3	110.4	109.3	108.7	109.1	107.3	112.4	112.2	110.6	111.8	110.1	5.1
22	110.0	109.2	110.4	109.2	108.4	109.0	107.5	112.2	112.8	111.2	111.7	110.2	5.3
24	110.0	109.0	110.7	109.5	108.2	109.4	107.1	112.7	112.4	110.9	112.4	110.2	5.6
26	110.0	109.1	110.8	109.5	108.5	109.5	107.2	112.3	112.0	110.7	112.3	110.2	5.1
28	110.0	109.3	110.4	109.4	108.2	109.6	107.4	112.1	112.0	110.4	112.4	110.1	5.0
30	110.0	109.1	110.5	109.4	108.5	109.1	107.5	112.4	112.3	110.7	112.2	110.2	4.9
32	110.0	109.1	110.3	109.3	108.8	109.4	107.1	112.8	112.3	110.7	112.4	110.2	5.7
34	110.0	108.9	110.4	109.2	108.5	109.1	107.4	112.2	112.4	110.8	112.7	110.2	5.3
36	110.0	109.4	110.1	109.5	108.3	109.4	107.7	112.3	112.4	110.4	112.5	110.2	4.8
38	110.0	109.2	110.4	109.6	108.6	109.3	107.7	112.4	112.3	110.6	112.4	110.2	4.7
40	110.0	109.1	110.4	109.2	108.4	109.4	107.4	112.1	112.0	110.8	112.4	110.1	5.0
42	110.0	109.4	110.5	109.3	108.8	109.1	107.2	112.0	112.4	110.4	112.8	110.2	5.6
44	110.0	109.1	110.5	109.5	108.3	109.4	107.4	112.8	112.1	110.5	112.4	110.2	5.4
46	110.0	109.1	110.7	109.7	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.3	112.3	110.2	4.9
48	110.0	109.2	110.2	109.4	108.2	109.1	107.1	112.4	112.2	110.1	112.2	110.0	5.3
50	110.0	108.9	110.5	109.4	108.4	109.1	107.3	112.6	112.3	110.5	112.7	110.2	5.4
52	110.0	109.1	110.5	109.2	108.2	109.5	107.3	112.2	112.8	110.7	112.1	110.2	5.5
54	110.0	109.0	110.3	109.7	108.1	109.1	107.5	112.3	112.7	110.1	111.9	110.1	5.2
56	110.0	109.3	110.5	109.4	108.1	109.5	107.5	112.6	112.6	110.4	112.2	110.2	5.1
58	110.0	109.1	110.3	108.2	108.0	109.3	107.6	112.3	112.1	110.5	112.4	110.1	4.8
60	110.0	109.0	110.3	109.6	108.4	109.2	107.4	112.7	112.5	110.7	112.4	110.2	5.3
T.PROM	110.0	109.2	110.5	109.4	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.8	112.3	110.2	
T.MAX	110.0	110.5	111.8	110.1	108.8	109.6	108.7	112.8	112.8	111.7	112.8		
T.MIN	110.0	108.5	110.0	108.3	108.0	109.0	107.1	112.0	112.0	110.1	111.7		
DTT	0.0	2.0	1.8	1.8	0.8	0.6	1.6	0.8	0.8	1.6	1.1		



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC



# CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

**CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

RUC: 20606479680

---

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Temperatura*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### CA - LT - 012 - 2022

Página 4 de 5

---

PARÁMETRO	VALOR ( °C )	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA ( °C )
Máxima Temperatura Medida	112.8	18.1
Mínima Temperatura Medida	107.1	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.0	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.9	19.9
Estabilidad Medida ( ± )	1.0	0.04
Uniformidad Medida	5.7	20.0

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX : Temperatura máxima.

T.MIN : Temperatura mínima.

DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isoterma : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

**Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.**



---

☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

**ANEXO 11: Formatos de registro de datos de ensayos de agregados, concreto fresco, endurecido y durabilidad.**

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
 Proyecto / Obra : **Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021**  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Martes, 15 de febrero del 2022.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : 0

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1513</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1505</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.55</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1695</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1686</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.55</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
 Proyecto : Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021  
 Ubicación : Dist.Pimentel , Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Martes, 15 de febrero del 2022.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Pacherres

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1347</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1344</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.22</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1476</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1472</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.22</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



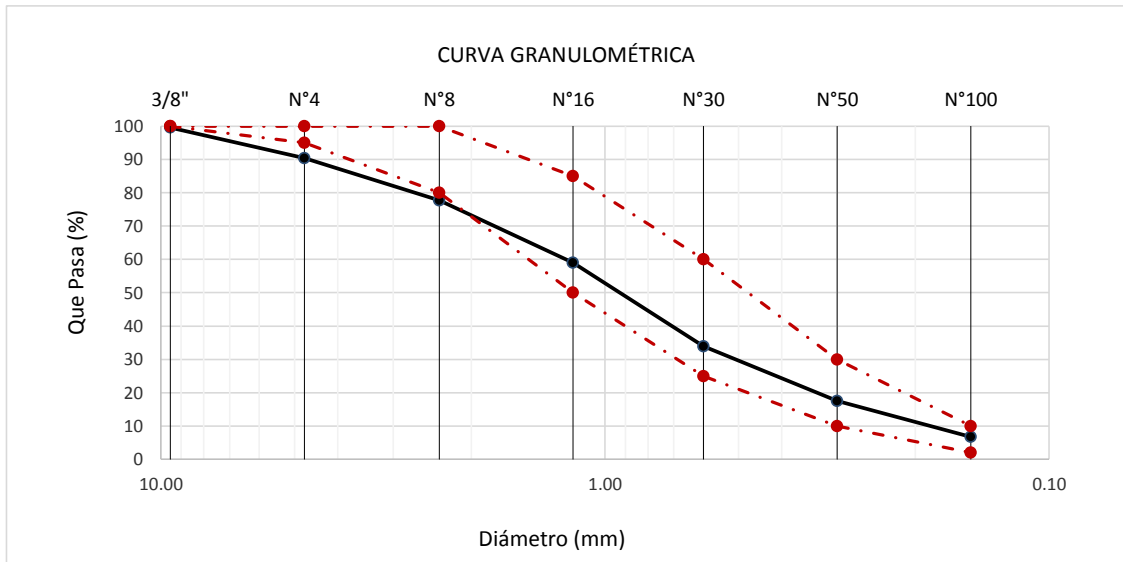
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
**Proyecto / Obra** : Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Martes, 15 de febrero del 2022.  
**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**NORMA** : N.T.P. 400.012  
**Muestra** : Arena Gruesa **Cantera** : Pátapo - La Victoria

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.4	0.4	99.6	100
Nº 4	4.750	9.1	9.5	90.5	95 - 100
Nº 8	2.360	12.7	22.3	77.7	80 - 100
Nº 16	1.180	18.6	40.9	59.1	50 - 85
Nº 30	0.600	25.2	66.1	33.9	25 - 60
Nº 50	0.300	16.4	82.5	17.5	10 - 30
Nº 100	0.150	10.8	93.3	6.7	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.15</b>

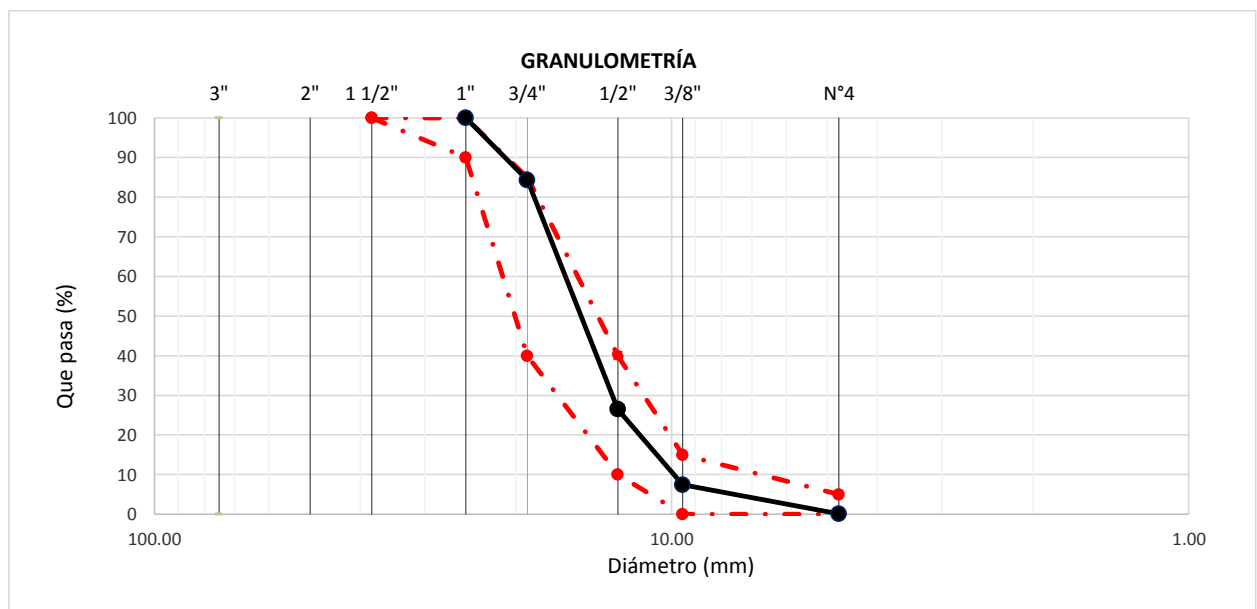

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
 Proyecto / Obra : Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Martes, 15 de febrero del 2022.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada Cantera Cantera Pacherras - Pacherras

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	<b>HUSO</b> <b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	15.7	15.7	84.3	40 - 85
1/2"	12.70	57.9	73.6	26.4	10 - 40
3/8"	9.52	19.0	92.6	7.4	0 - 15
N°4	4.75	7.3	99.9	0.1	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					<b>3/4"</b>



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
Proyecto / Obra : **Tesis: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021**  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Martes, 15 de febrero del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Muestra: Cantera Pachерres - Pachерres

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.669
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.983

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
Proyecto / Obra : Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Martes, 15 de febrero del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.575
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.705

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón.  
 Referencia : N.T.P. 339.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura (C°)
01	Concreto Patrón, f'c = 210	210	20/02/2022	30.0

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón.  
 Referencia : N.T.P. 339.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura (C°)
DP-01	Concreto f'c = 210, reemplazando 5% arena por plástico PET	210	20/02/2022	29.5
DP-02	Concreto f'c = 210, reemplazando 10% arena por plástico PET	210	20/02/2022	28.0
DP-03	Concreto f'c = 210, reemplazando 15% arena por plástico PET	210	20/02/2022	26.5

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO - 2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Ensayo : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.  
 Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
01	Concreto Patrón, f'c = 210	210	20/02/2022	4.00	10.16

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO - 2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Ensayo : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.  
 Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
D.P.-01	Concreto f'c = 210, reemplazando 5% arena por plástico PET	210	20/02/2022	3.50	8.89
D.P.-02	Concreto f'c = 210, reemplazando 10% arena por plástico PET	210	20/02/2022	3.75	9.53
D.P.-03	Concreto f'c = 210, reemplazando 15% arena por plástico PET	210	20/02/2022	4.25	10.80

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
**Proyecto / Obra** : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO - 2021  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
**Ensayo** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición  
**Referencia** : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
D.P.-01	Concreto f'c = 210, reemplazando 5% arena por plástico PET	210	22/02/2022	2331
D.P.-02	Concreto f'c = 210, reemplazando 10% arena por plástico PET	210	22/02/2022	2311
D.P.-03	Concreto f'c = 210, reemplazando 15% arena por plástico PET	210	22/02/2022	2250

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
**Proyecto / Obra** : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO - 2021  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
**Ensayo** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición  
**Referencia** : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
01	Concreto Patrón, f'c = 210	210	20/02/2022	2359

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



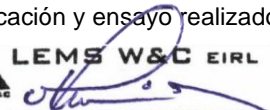
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904


Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas.  
 Referencia : NTP 339.080

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire - Método por presión (%)		
				Hora del ensayo (Hr)	Tipo de medidor	Contenido de aire (%)
D.P.-01	Concreto f'c = 210, reemplazando 5% arena por plástico PET	210	20/02/2022	10:30 a.m.	Medidor "B"- Cámara Horizontal	1.3
D.P.-02	Concreto f'c = 210, reemplazando 10% arena por plástico PET	210	20/02/2022	11:30 a.m.	Medidor "B"- Cámara Horizontal	1.2
D.P.-03	Concreto f'c = 210, reemplazando 15% arena por plástico PET	210	20/02/2022	12:30 p.m.	Medidor "B"- Cámara Horizontal	1.0

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas.  
 Referencia : NTP 339.080

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire - Método por presión (%)		
				Hora del ensayo (Hr)	Tipo de medidor	Contenido de aire (%)
01	Concreto Patrón, f'c = 210	210	20/02/2022	09:30 a.m.	Medidor "B"- Cámara Horizontal	1.3

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.P 210_0%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	31177	15.22	182	171
02	Testigo 2 - D.P 210_0%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	31005	15.31	184	168
03	Testigo 3 - D.P 210_0%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	30423	15.31	184	165
04	Testigo 4 - D.P 210_50%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	33615	15.36	185	182
05	Testigo 5 - D.P 210_50%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	34540	15.37	186	186
06	Testigo 6 - D.P 210_50%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	33764	15.28	183	184
07	Testigo 7 - D.P 210_100%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	37529	15.37	185	202
08	Testigo 8 - D.P 210_100%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	38397	15.29	184	209
09	Testigo 9 - D.P 210_100%FS	210	12/02/2022	19/02/2022	7	37937	15.33	185	205

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

FS = TATLA 5.3 - E060

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Pag. 01 de 02

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
Proyecto / Obra : **Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021**  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - QHUNA.  
2.- Peso específico 3100 Kg/m<sup>3</sup>

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

1.- Peso específico de masa	2.579	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.597	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1505	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1686	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.70	%
6.- Contenido de humedad	0.55	%
7.- Módulo de fineza	3.15	

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

1.- Peso específico de masa	2.672	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.698	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1344	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1472	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.98	%
6.- Contenido de humedad	0.22	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.4	99.6
Nº 04	9.1	90.5
Nº 08	12.7	77.7
Nº 16	18.6	59.1
Nº 30	25.2	33.9
Nº 50	16.4	17.5
Nº 100	10.8	6.7
Fondo	6.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	15.7	84.3
1/2"	57.9	26.4
3/8"	19.0	7.4
Nº 04	7.3	0.1
Fondo	0.1	0.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Pag. 02 de 02

Solicitante : NARCIS HIDALGO SANCHEZ  
Proyecto / Obra : **Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE ARENA, CHICLAYO-2021**  
Fecha de vaciado : Sábado, 20 de febrero del 2022.  
DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2438  $\text{Kg/m}^3$   
Factor cemento por  $\text{M}^3$  de concreto : 10.6 bolsas/ $\text{m}^3$   
Relación agua cemento de diseño : 0.580

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	450	$\text{Kg/m}^3$	: Tipo I - QHUNA.
Agua	261	L	: Potable de la zona.
Agregado fino	849	$\text{Kg/m}^3$	: Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo
Agregado grueso	879	$\text{Kg/m}^3$	: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

Proporción en peso :

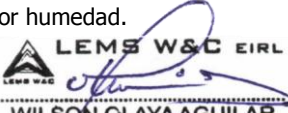
Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.0	1.89	1.96	24.7	Lts/ $\text{pie}^3$

Proporción en volumen :

1.0	1.89	2.19	24.7	Lts/ $\text{pie}^3$
-----	------	------	------	---------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	27/02/2022	7	42844	15.30	184	233
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	27/02/2022	7	44292	15.26	183	242
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	27/02/2022	7	42702	15.30	184	232
04	Testigo 4 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	27/02/2022	7	43430	15.34	185	235
05	Testigo 5 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	06/03/2022	14	48338	15.39	186	260
06	Testigo 6 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	06/03/2022	14	47300	15.35	185	255
07	Testigo 7 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	06/03/2022	14	46789	15.23	182	257
08	Testigo 8 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	06/03/2022	14	48245	15.28	183	263
09	Testigo 9 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	20/03/2022	28	54501	15.26	183	298
10	Testigo 10 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	20/03/2022	28	53538	15.34	185	290
11	Testigo 11 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	20/03/2022	28	53183	15.30	184	289
12	Testigo 12 - D.Patrón 210	210	20/02/2022	20/03/2022	28	51653	15.12	180	288

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	41148	15.38	186	222
02	Testigo 2 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	42391	15.37	186	228
03	Testigo 3 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	41281	15.31	184	224
04	Testigo 4 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	48998	15.31	184	266
05	Testigo 5 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	47101	15.32	184	256
06	Testigo 6 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	46617	15.29	184	254
07	Testigo 7 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	51455	15.34	185	278
08	Testigo 8 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	51825	15.32	184	281
09	Testigo 9 - M.P 5%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	50724	15.37	185	274

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	36136	15.47	188	192
02	Testigo 2 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	36888	15.46	188	197
03	Testigo 3 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	37570	15.35	185	203
04	Testigo 4 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	39867	15.37	185	215
05	Testigo 5 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	37732	15.35	185	204
06	Testigo 6 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	41337	15.35	185	224
07	Testigo 7 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	45234	15.41	186	243
08	Testigo 8 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	43550	15.23	182	239
09	Testigo 9 - M.P 10%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	45349	15.30	184	247

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	35342	15.46	188	188
02	Testigo 2 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	33978	15.30	184	185
03	Testigo 3 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	27/02/2022	7	35557	15.39	186	191
04	Testigo 4 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	37434	15.28	183	204
05	Testigo 5 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	37542	15.37	186	202
06	Testigo 6 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	06/03/2022	14	40705	15.31	184	221
07	Testigo 7 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	40747	15.36	185	220
08	Testigo 8 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	42193	15.34	185	228
09	Testigo 9 - M.P 15%PET	210	20/02/2022	20/03/2022	28	42499	15.34	185	230

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - D.Patrón 210	20/02/2022	27/02/2022	7	40054	450	150	150	0	5.34	<b>54.46</b>
02	Testigo 2 - D.Patrón 210	20/02/2022	27/02/2022	7	41328	450	150	150	137	5.01	<b>51.13</b>
03	Testigo 3 - D.Patrón 210	20/02/2022	27/02/2022	7	41384	450	150	150	0	5.52	<b>56.27</b>
04	Testigo 4 - D.Patrón 210	20/02/2022	06/03/2022	14	35280	450	150	150	0	4.70	<b>47.97</b>
05	Testigo 5 - D.Patrón 210	20/02/2022	06/03/2022	14	39928	450	150	150	0	5.32	<b>54.29</b>
06	Testigo 6 - D.Patrón 210	20/02/2022	06/03/2022	14	37394	450	150	150	0	4.99	<b>50.84</b>
07	Testigo 7 - D.Patrón 210	20/02/2022	20/03/2022	28	40250	450	150	150	0	5.37	<b>54.72</b>
08	Testigo 8 - D.Patrón 210	20/02/2022	20/03/2022	28	43372	450	150	150	0	5.78	<b>58.97</b>
09	Testigo 9 - D.Patrón 210	20/02/2022	20/03/2022	28	46522	450	150	150	0	6.20	<b>63.25</b>

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - M.P 5% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	36862	450	150	150	0	4.91	<b>50.12</b>
02	Testigo 2 - M.P 5% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	40222	450	150	150	0	5.36	<b>54.69</b>
03	Testigo 3 - M.P 5% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	37268	450	150	150	0	4.97	<b>50.67</b>
04	Testigo 4 - M.P 5% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	41524	450	150	150	0	5.54	<b>56.46</b>
05	Testigo 5 - M.P 5% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	43596	450	150	150	0	5.81	<b>59.27</b>
06	Testigo 6 - M.P 5% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	43162	450	150	150	0	5.75	<b>58.68</b>
07	Testigo 7 - M.P 5% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	50890	450	150	150	0	6.79	<b>69.19</b>
08	Testigo 8 - M.P 5% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	47404	450	150	150	0	6.32	<b>64.45</b>
09	Testigo 9 - M.P 5% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	53158	450	150	150	0	7.09	<b>72.28</b>

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - M.P 10% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	40950	450	150	150	0	5.46	<b>55.68</b>
02	Testigo 2 - M.P 10% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	43890	450	150	150	0	5.85	<b>59.67</b>
03	Testigo 3 - M.P 10% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	40614	450	150	150	0	5.42	<b>55.22</b>
04	Testigo 4 - M.P 10% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	45052	450	150	150	0	6.01	<b>61.25</b>
05	Testigo 5 - M.P 10% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	31486	450	150	150	0	4.20	<b>42.81</b>
06	Testigo 6 - M.P 10% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	36386	450	150	150	0	4.85	<b>49.47</b>
07	Testigo 7 - M.P 10% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	43232	450	150	150	0	5.76	<b>58.78</b>
08	Testigo 8 - M.P 10% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	40712	450	150	150	0	5.43	<b>55.35</b>
09	Testigo 9 - M.P 10% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	39172	450	150	150	0	5.22	<b>53.26</b>

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)	M <sub>r</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Testigo 1 - M.P 15% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	36134	450	150	150	0	4.82	<b>49.13</b>
02	Testigo 2 - M.P 15% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	40110	450	150	150	0	5.35	<b>54.53</b>
03	Testigo 3 - M.P 15% PET	20/02/2022	27/02/2022	7	35574	450	150	150	0	4.74	<b>48.37</b>
04	Testigo 4 - M.P 15% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	33026	450	150	150	0	4.40	<b>44.90</b>
05	Testigo 5 - M.P 15% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	31948	450	150	150	0	4.26	<b>43.44</b>
06	Testigo 6 - M.P 15% PET	20/02/2022	06/03/2022	14	28504	450	150	150	0	3.80	<b>38.75</b>
07	Testigo 7 - M.P 15% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	33964	450	150	150	0	4.53	<b>46.18</b>
08	Testigo 8 - M.P 15% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	39718	450	150	150	0	5.30	<b>54.00</b>
09	Testigo 9 - M.P 15% PET	20/02/2022	20/03/2022	28	31948	450	150	150	0	4.26	<b>43.44</b>

D.P 210 = Diseño Patrón 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 24 de abril del 2022.  
 Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.  
 Norma : UNE-EN12390-8  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2- reemplazo de 5% de Arena por PET  
 Edad : 32 días  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	CONCRETO PORCENTAJE 5% PET	32	24/03/2022	27/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	21.80	21.70
								B	21.70	
M-02	CONCRETO PORCENTAJE 5% PET	32	24/03/2022	27/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	19.73	
								B	19.70	
M-03	CONCRETO PORCENTAJE 5% PET	32	24/03/2022	27/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	23.66	
								B	23.60	

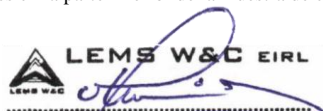
NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

\* No se presentaron filtraciones en la parte inferior de la muestra de concreto.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Domingo, 27 de marzo del 2022.  
 Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.  
 Norma : UNE-EN12390-8  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2- reemplazo de 10% de Arena por PET  
 Edad : 35 días  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	CONCRETO PORCENTAJE 10% PET	35	27/03/2022	30/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	39.07	38.59
								B	39.05	
M-02	CONCRETO PORCENTAJE 10% PET	35	27/03/2022	30/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	36.75	
								B	36.72	
M-03	CONCRETO PORCENTAJE 10% PET	35	27/03/2022	30/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	39.97	
								B	39.95	

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

\* No se presentaron filtraciones en la parte inferior de la muestra de concreto.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 30 de marzo del 2022.  
 Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.  
 Norma : UNE-EN12390-8  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2- reemplazo de 5% de Arena por PET  
 Edad : 38 días  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	CONCRETO PORCENTAJE 15% PET	38	30/03/2022	02/04/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	40.07	41.97
								B	40.00	
M-02	CONCRETO PORCENTAJE 15% PET	38	30/03/2022	02/04/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	40.70	
								B	40.60	
M-03	CONCRETO PORCENTAJE 15% PET	38	30/03/2022	02/04/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	45.27	
								B	45.20	

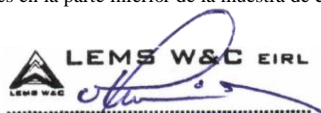
NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

\* No se presentaron filtraciones en la parte inferior de la muestra de concreto.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Lunes, 21 de marzo del 2022.  
 Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.  
 Norma : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio
M-01	CONCRETO PATRÓN 210	29	21/03/2022	24/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	30.48	21.33
								B	30.45	
M-02	CONCRETO PATRÓN 210	29	21/03/2022	24/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	19.95	
								B	19.90	
M-03	CONCRETO PATRÓN 210	29	21/03/2022	24/03/2022	09:00 a.m.	09:00 a.m.	72	A	13.72	
								B	13.50	


NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

\* No se presentaron filtraciones en la parte inferior de la muestra de concreto.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

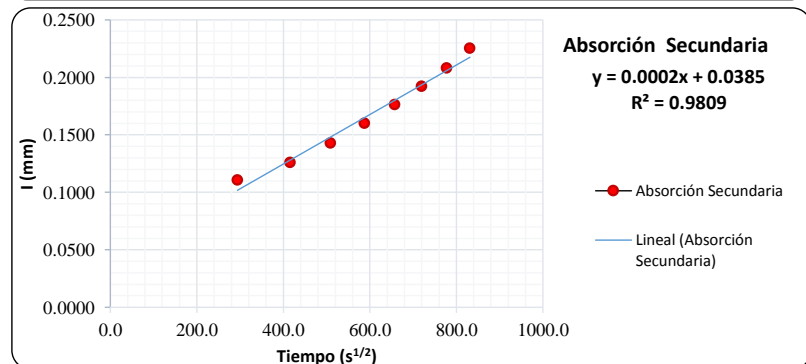
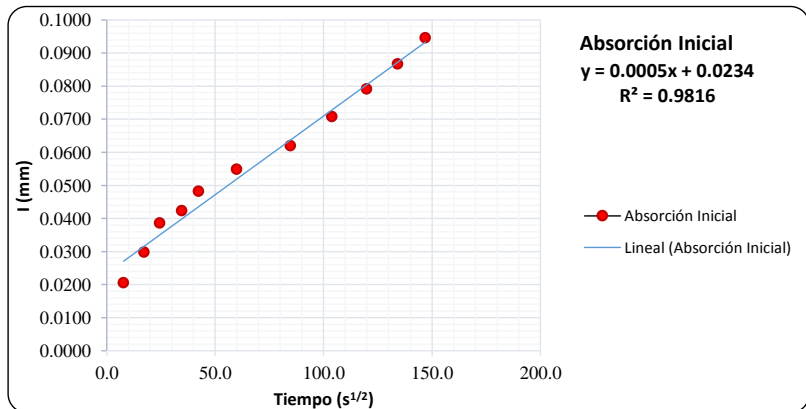
Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF RATE OF ABSORPTION OF WATER BY HYDRAULIC-CEMENT CONCRETES. (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO).  
 Referencia : ASTM C-1585  
 Fecha de inicio ensayo : Jueves, 21 de abril del 2022  
 Fecha de término ensayo : Viernes, 29 de abril del 2022  
 Mezcla de concreto : Convencional,  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$   
 Edad : 30 días  
 Temperatura :  $23 \pm 2^\circ\text{C}$   
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales y cara no expuesta  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

1.- DATOS DE LA MUESTRA

Muestra	Masa (g)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
M - 1	940.48	100.69	51.47	7962.74	2.29
M - 2	951.92	100.73	51.51	7968.67	2.32
M - 3	920.11	100.75	50.98	7971.84	2.26

2.- RESULTADOS DEL ENSAYO

Ritmo de Absorción	TIEMPO	ABSORCIÓN	
	$s^{1/2}$	(mm)	I
Absorción Inicial (Si)	0.0	0.0000	<b>0.0000</b>
	7.7	0.0205	<b>0.0205</b>
	17.3	0.0092	<b>0.0297</b>
	24.5	0.0088	<b>0.0385</b>
	34.6	0.0038	<b>0.0423</b>
	42.4	0.0059	<b>0.0481</b>
	60.0	0.0067	<b>0.0548</b>
	84.9	0.0071	<b>0.0619</b>
	103.9	0.0088	<b>0.0707</b>
	120.0	0.0084	<b>0.0791</b>
Absorción Secundaria (Ss)	134.2	0.0075	<b>0.0866</b>
	147.0	0.0079	<b>0.0945</b>
	293.9	0.0159	<b>0.1104</b>
	415.7	0.0155	<b>0.1259</b>
	509.1	0.0167	<b>0.1427</b>
	587.9	0.0172	<b>0.1598</b>
	657.3	0.0163	<b>0.1761</b>
	720.0	0.0159	<b>0.1920</b>
	777.4	0.0159	<b>0.2079</b>
	831.4	0.0172	<b>0.2251</b>



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

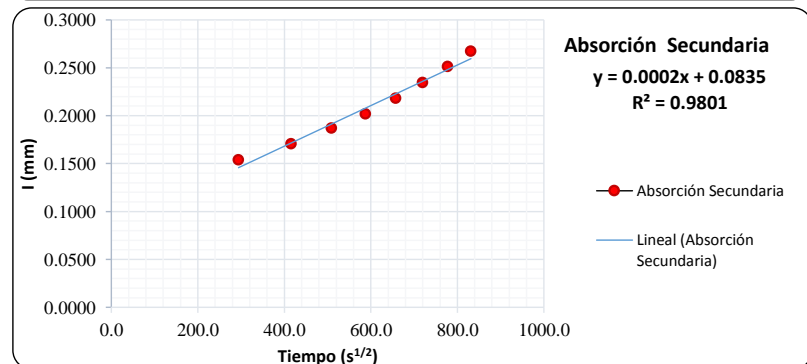
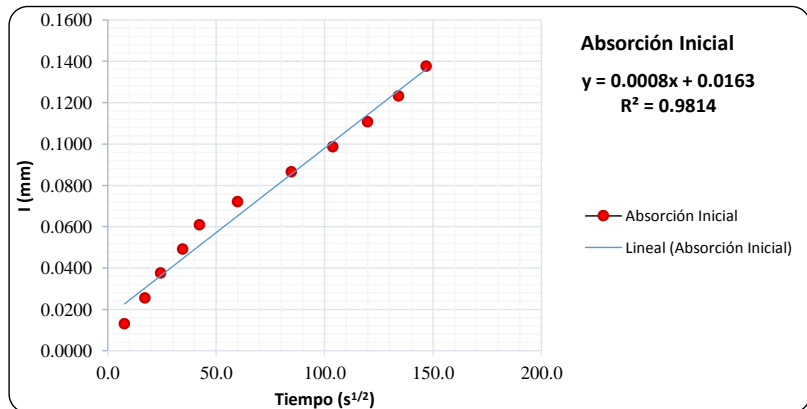
Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF RATE OF ABSORPTION OF WATER BY HYDRAULIC-CEMENT CONCRETES. (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO).  
 Referencia : ASTM C-1585  
 Fecha de inicio ensayo : Jueves, 21 de abril del 2022  
 Fecha de término ensayo : Viernes, 29 de abril del 2022  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2 - reemplazo de 5% de Arena por Pet  
 Edad : 30 días  
 Temperatura : 23 ± 2°C  
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales y cara no expuesta  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

1.- DATOS DE LA MUESTRA

Muestra	Masa (g)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
M - 1	942.39	100.80	51.11	7979.36	2.31
M - 2	953.45	101.01	51.42	8012.64	2.31
M - 3	991.36	101.29	51.70	8057.92	2.38

2.- RESULTADOS DEL ENSAYO

Ritmo de Absorción	TIEMPO	ABSORCIÓN	
	s <sup>1/2</sup>	(mm)	I
	0.0	0.0000	0.0000
Absorción Inicial (Si)	7.7	0.0129	0.0129
	17.3	0.0125	0.0254
	24.5	0.0121	0.0374
	34.6	0.0116	0.0491
	42.4	0.0116	0.0607
	60.0	0.0112	0.0719
	84.9	0.0145	0.0865
	103.9	0.0121	0.0985
	120.0	0.0121	0.1106
	134.2	0.0125	0.1231
Absorción Secundaria (Ss)	147.0	0.0146	0.1376
	293.9	0.0162	0.1538
	415.7	0.0166	0.1705
	509.1	0.0162	0.1867
	587.9	0.0150	0.2016
	657.3	0.0162	0.2179
	720.0	0.0166	0.2345
	777.4	0.0166	0.2511
831.4	0.0158	0.2669	



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

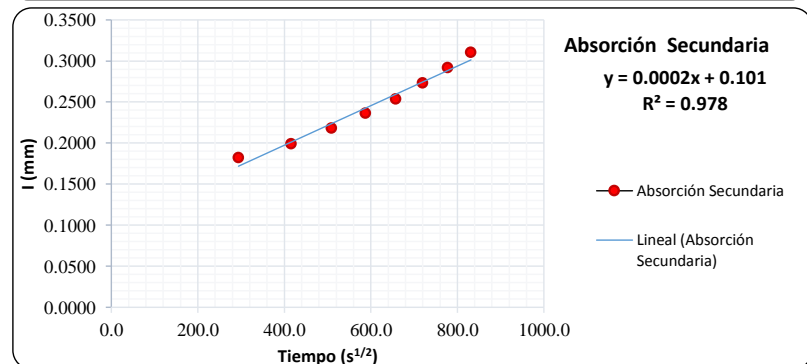
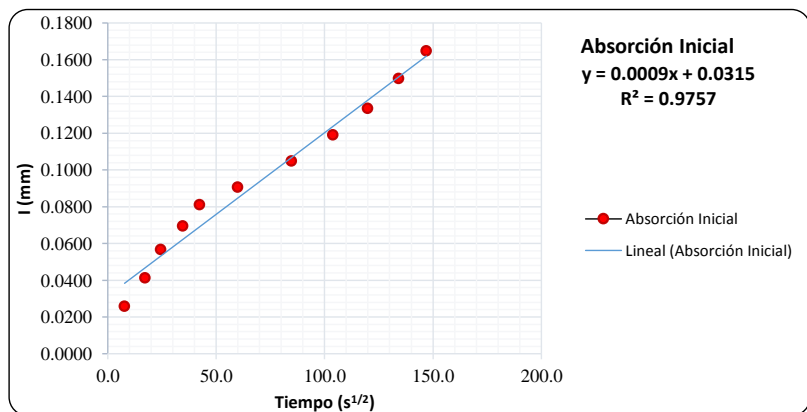
Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF RATE OF ABSORPTION OF WATER BY HYDRAULIC-CEMENT CONCRETES. (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO).  
 Referencia : ASTM C-1585  
 Fecha de inicio ensayo : Jueves, 21 de abril del 2022  
 Fecha de término ensayo : Viernes, 29 de abril del 2022  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2 - reemplazo de 10% de Arena por Pet  
 Edad : 30 días  
 Temperatura : 23 ± 2°C  
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales y cara no expuesta  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

1.- DATOS DE LA MUESTRA

Muestra	Masa (g)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
M - 1	959.81	100.79	51.57	7978.96	2.33
M - 2	931.42	101.19	51.66	8041.62	2.24
M - 3	960.44	101.06	51.08	8020.57	2.34

2.- RESULTADOS DEL ENSAYO

Ritmo de Absorción	TIEMPO	ABSORCIÓN	
	s <sup>1/2</sup>	(mm)	I
	0.0	0.0000	<b>0.0000</b>
Absorción Inicial (Si)	7.7	0.0258	<b>0.0258</b>
	17.3	0.0154	<b>0.0411</b>
	24.5	0.0154	<b>0.0565</b>
	34.6	0.0129	<b>0.0694</b>
	42.4	0.0116	<b>0.0810</b>
	60.0	0.0096	<b>0.0906</b>
	84.9	0.0141	<b>0.1047</b>
	103.9	0.0141	<b>0.1189</b>
	120.0	0.0146	<b>0.1334</b>
	134.2	0.0162	<b>0.1496</b>
Absorción Secundaria (Ss)	147.0	0.0150	<b>0.1646</b>
	293.9	0.0175	<b>0.1821</b>
	415.7	0.0166	<b>0.1987</b>
	509.1	0.0191	<b>0.2178</b>
	587.9	0.0183	<b>0.2361</b>
	657.3	0.0175	<b>0.2536</b>
	720.0	0.0191	<b>0.2727</b>
	777.4	0.0187	<b>0.2915</b>
831.4	0.0187	<b>0.3102</b>	



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

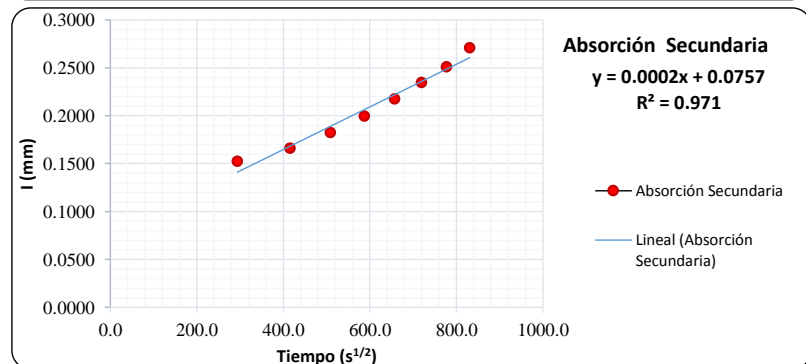
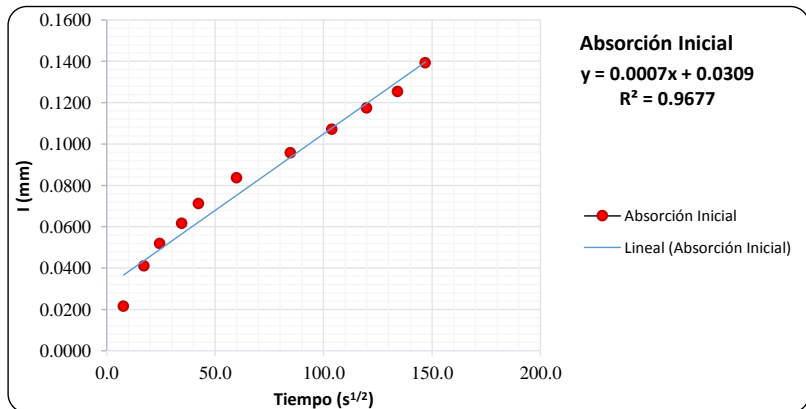
Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF RATE OF ABSORPTION OF WATER BY HYDRAULIC-CEMENT CONCRETES. (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO).  
 Referencia : ASTM C-1585  
 Fecha de inicio ensayo : Jueves, 21 de abril del 2022  
 Fecha de término ensayo : Viernes, 29 de abril del 2022  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2 - reemplazo de 15% de Arena por Pet  
 Edad : 30 días  
 Temperatura : 23 ± 2°C  
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales y cara no expuesta  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

1.- DATOS DE LA MUESTRA

Muestra	Masa (g)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
M - 1	915.70	100.81	51.24	7981.34	2.24
M - 2	906.61	100.72	51.19	7967.09	2.22
M - 3	930.13	100.88	51.43	7993.22	2.26

2.- RESULTADOS DEL ENSAYO

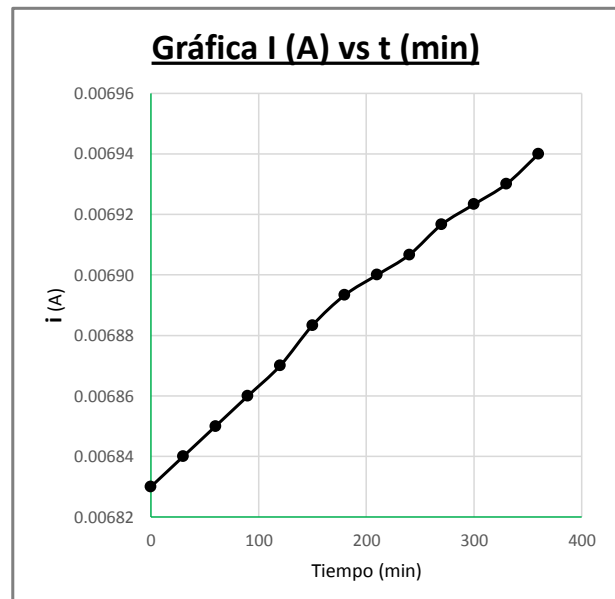
Ritmo de Absorción	TIEMPO	ABSORCIÓN	
	s <sup>1/2</sup>	(mm)	I
	0.0	0.0000	0.0000
Absorción Inicial (Si)	7.7	0.0213	0.0213
	17.3	0.0196	0.0409
	24.5	0.0109	0.0518
	34.6	0.0096	0.0614
	42.4	0.0096	0.0710
	60.0	0.0125	0.0836
	84.9	0.0121	0.0957
	103.9	0.0113	0.1069
	120.0	0.0104	0.1174
	134.2	0.0079	0.1253
Absorción Secundaria (Ss)	147.0	0.0138	0.1391
	293.9	0.0129	0.1520
	415.7	0.0138	0.1658
	509.1	0.0163	0.1821
	587.9	0.0171	0.1993
	657.3	0.0180	0.2172
	720.0	0.0171	0.2343
	777.4	0.0163	0.2506
831.4	0.0200	0.2707	



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : STANDARD SPECIFICATION TEST METHOD FOR ELECTRICAL INDICATION OF CONCRETE'S ABILITY TO RESIST CHLORIDE ION PENETRATION (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA PENETRACIÓN DEL IÓN CLORURO).  
 Referencia : ASTM C-1202  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2- reemplazo de 5% de Arena por PET  
 Edad : 30 días  
 Temperatura : 23 ± 2°C  
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

DATOS DE LAS MUESTRAS		
Muestra	DIÁMETRO	ESPESOR
DP-1	99.46	50.8
DP-2	99.58	51.2
DP-3	99.67	51.5
DATOS PROMEDIO DEL ENSAYO		
Dato N°	t (30min)	in (A)
1	0	0.00683
2	30	0.00684
3	60	0.00685
4	90	0.00686
5	120	0.00687
6	150	0.00688
7	180	0.00689
8	210	0.00690
9	240	0.00691
10	270	0.00692
11	300	0.00692
12	330	0.00693
13	360	0.00694



$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + 2I_{90} + 2I_{120} + \dots)$$

**Donde:**

**Q =** Carga pasada Carga pasada (coulombs)  
**I<sub>0</sub> =** Corriente (amperios), inmediatamente despues de aplicar la tensión  
**I<sub>t</sub> =** Corriente (amperios), t minutos despues de aplicar la tensión.

**Q (coulombs) = 148.79**

$$Q_s = Q \times \left(\frac{95}{D_{prom}}\right)^2$$

**Donde:**

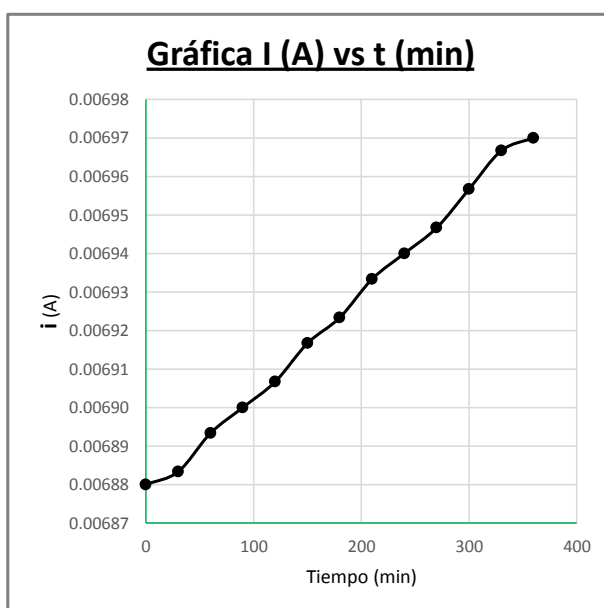
**Q<sub>s</sub> =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de 95 mm de diámetro  
**Q =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de D<sub>prom</sub> de diámetro

**Q<sub>s</sub> = 135.45**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : STANDARD SPECIFICATION TEST METHOD FOR ELECTRICAL INDICATION OF CONCRETE'S ABILITY TO RESIST CHLORIDE ION PENETRATION (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA PENETRACIÓN DEL IÓN CLORURO).  
 Referencia : ASTM C-1202  
 Mezcla de concreto : Convencional,  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ - reemplazo de 10% de Arena por PET  
 Edad : 30 días  
 Temperatura :  $23 \pm 2^\circ\text{C}$   
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

DATOS DE LAS MUESTRAS		
Muestra	DIÁMETRO	ESPESOR
DP-1	99.82	50.6
DP-2	99.71	50.4
DP-3	99.69	50.5
DATOS PROMEDIO DEL ENSAYO		
Dato N°	t (30min)	in (A)
1	0	0.00688
2	30	0.00688
3	60	0.00689
4	90	0.00690
5	120	0.00691
6	150	0.00692
7	180	0.00692
8	210	0.00693
9	240	0.00694
10	270	0.00695
11	300	0.00696
12	330	0.00697
13	360	0.00697



$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + 2I_{90} + 2I_{120} + \dots)$$

**Donde:**

**Q =** Carga pasada Carga pasada (coulombs)  
**I<sub>0</sub> =** Corriente (amperios), inmediatamente despues de aplicar la tensión  
**I<sub>t</sub> =** Corriente (amperios), t minutos despues de aplicar la tensión.

**Q (coulombs) = 149.57**

$$Q_s = Q \times \left(\frac{95}{D_{prom}}\right)^2$$

**Donde:**

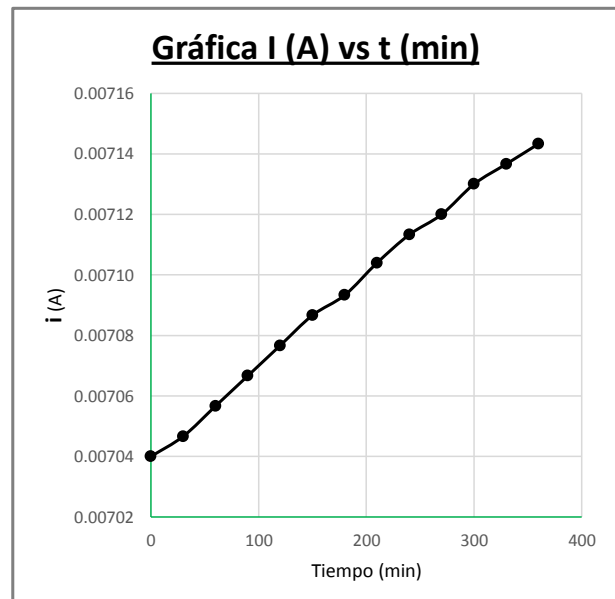
**Q<sub>s</sub> =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de 95 mm de diámetro  
**Q =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de D<sub>prom</sub> de diámetro

**Q<sub>s</sub> = 135.68**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : STANDARD SPECIFICATION TEST METHOD FOR ELECTRICAL INDICATION OF CONCRETE'S ABILITY TO RESIST CHLORIDE ION PENETRATION (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA PENETRACIÓN DEL IÓN CLORURO).  
 Referencia : ASTM C-1202  
 Mezcla de concreto : Convencional, f'c = 210kg/cm2- reemplazo de 15% de Arena por PET  
 Edad : 30 días  
 Temperatura : 23 ± 2°C  
 Muestras : Probetas estandarizadas D=4"  
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

DATOS DE LAS MUESTRAS		
Muestra	DIÁMETRO	ESPESOR
DP-1	99.89	51.2
DP-2	99.76	51.2
DP-3	99.94	51.5
DATOS PROMEDIO DEL ENSAYO		
Dato N°	t (30min)	in (A)
1	0	0.00704
2	30	0.00705
3	60	0.00706
4	90	0.00707
5	120	0.00708
6	150	0.00709
7	180	0.00709
8	210	0.00710
9	240	0.00711
10	270	0.00712
11	300	0.00713
12	330	0.00714
13	360	0.00714



$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + 2I_{90} + 2I_{120} + \dots)$$

**Donde:**

**Q =** Carga pasada Carga pasada (coulombs)  
**I<sub>0</sub> =** Corriente (amperios), inmediatamente despues de aplicar la tensión  
**I<sub>t</sub> =** Corriente (amperios), t minutos despues de aplicar la tensión.

**Q (coulombs) = 153.22**

$$Q_s = Q \times \left(\frac{95}{D_{prom}}\right)^2$$

**Donde:**

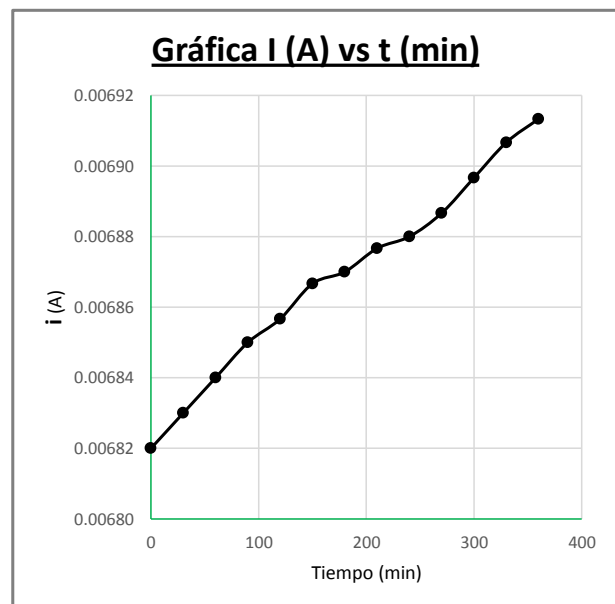
**Q<sub>s</sub> =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de 95 mm de diámetro  
**Q =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de D<sub>prom</sub> de diámetro

**Q<sub>s</sub> = 138.66**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : HIDALGO SANCHEZ, NARCIS  
 Proyecto / Obra : TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON PLÁSTICO PET TRITURADO COMO REEMPLAZO PORCENTUAL DE LA ARENA, CHICLAYO -2021"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : Domingo, 20 de febrero del 2022.  
 Ensayo : STANDARD SPECIFICATION TEST METHOD FOR ELECTRICAL INDICATION OF CONCRETE'S ABILITY TO RESIST CHLORIDE ION PENETRATION (MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA PENETRACIÓN DEL IÓN CLORURO).  
 Referencia : ASTM C-1202  
 Mezcla de concreto : Convencional,  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$   
 Edad : 30 días  
 Temperatura :  $23 \pm 2^\circ\text{C}$   
 Muestras : Probetas estandarizadas  $D=4"$   
 Tipo de Sellador : Silicona líquida en las caras laterales  
 Tipo de curado : Curado normalizado en pozas de agua del laboratorio

DATOS DE LAS MUESTRAS		
Muestra	DIÁMETRO	ESPESOR
DP-1	99.81	51.7
DP-2	99.63	51.5
DP-3	99.82	51.6
DATOS PROMEDIO DEL ENSAYO		
Dato N°	t (30min)	in (A)
1	0	0.00682
2	30	0.00683
3	60	0.00684
4	90	0.00685
5	120	0.00686
6	150	0.00687
7	180	0.00687
8	210	0.00688
9	240	0.00688
10	270	0.00689
11	300	0.00690
12	330	0.00691
13	360	0.00691



$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + 2I_{90} + 2I_{120} + \dots)$$

**Donde:**

- Q =** Carga pasada Carga pasada (coulombs)
- I<sub>0</sub> =** Corriente (amperios), inmediatamente despues de aplicar la tensión
- I<sub>t</sub> =** Corriente (amperios), t minutos despues de aplicar la tensión.

**Q (coulombs) = 148.37**

$$Q_s = Q \times \left(\frac{95}{D_{prom}}\right)^2$$

**Donde:**

- Q<sub>s</sub> =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de 95 mm de diámetro
- Q =** Carga pasada (coulombs) a través de una muestra de D<sub>prom</sub> de diámetro

**Q<sub>s</sub> = 134.57**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.