

NOMBRE DEL TRABAJO

**Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto con adición de polietileno expandido y plástico**

AUTOR

**Jorge Fernando Bautista Guerrero**

RECUENTO DE PALABRAS

**11660 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**58558 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**56 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 7, 2023 10:43 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 7, 2023 10:44 PM GMT-5**

### ● 18% de similitud general

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

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto  
con adición de polietileno expandido y plástico  
reciclado**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Bach. Bautista Guerrero Jorge Fernando

<https://orcid.org/0000-0003-1437-7944>

Bach. Huamanchumo Echeandia Ricardo

<https://orcid.org/0000-0002-8905-654X>

**Asesor:**

**Dr. López Carranza Atilio Rubén**

<https://orcid.org/0000-0002-3631-2001>

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel - Perú**

**2023**

## Resumen

Hoy en día los materiales desechables no se usan de manera beneficiosa, debido a que no se han buscado novedosas medidas de su aplicación en la adición y/o reemplazo en productos de construcción como por ejemplo la producción de concreto. Es por ello por lo que, la presente investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de polietileno expandido (PE) y plástico reciclado (PR) y las propiedades mecánicas del concreto. La metodología de investigación utilizada fue del tipo aplicada y de diseño experimental, realizando ensayos al concreto convencional para posteriormente adicionar PE y PR en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20%. Para lograr tal fin, se aplicaron los requisitos de la norma técnica peruana y complementarias a fin de evaluar las propiedades del concreto con adición de PR y PE. Según los resultados la incorporación de 10% de PE es el adecuado para la resistencia a la compresión y 5% de PE para la resistencia a la flexión, tracción y módulo de elasticidad; mientras que la añadidura de 5% de PR es el óptimo para todas las resistencias, incluyendo el módulo de elasticidad; en todos los casos mencionados las resistencias alcanzadas con las adiciones respectivas fueron iguales y en otros casos ligeramente mayores que la resistencia patrón de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup>. Se concluye en la presente investigación que las adiciones de PE y PR en los porcentajes indicados igualan y mejoran significativamente las características mecánicas del concreto.

**Palabras clave:** Concreto, compresión, flexión, resistencia.

## Abstract

Nowadays, disposable materials are not used beneficially, because novel measures for their application in addition and/or replacement in construction products such as concrete production have not been sought. That is why the present research aimed to evaluate the effect of the addition of expanded polyethylene (PE) and recycled plastic (RP) and the mechanical properties of concrete. The research methodology was of the applied type and experimental design, so tests were carried out on conventional concrete to later add PE and PR in proportions of 5%, 10%, 15% and 20%. To achieve this goal, the requirements of the Peruvian and complementary technical standards were applied in order to evaluate the properties of concrete with the addition of PR and PE. According to the results, the incorporation of 10% PE is adequate for compression resistance and 5% PE for flexural strength, traction and elasticity modulus; while the addition of 5% PR is optimal for all resistances, including the elastic modulus; In all the mentioned cases the resistances achieved with the respective additions were equal and in other cases slightly higher than the standard resistance of 210 Kg/cm<sup>2</sup> and 280 Kg/cm<sup>2</sup>. It is concluded that the present investigation demonstrates that the additions of PE and PR in the indicated percentages equalize and significantly improve the mechanical characteristics of the concrete.

**Keywords:** Concrete, compression, flexion, resistance.

## 6. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el mundo y a través del paso de los años se han buscado alternativas de desarrollo tecnológico basadas en investigaciones y aportes científicos que de una manera u otra logren solucionar la gran cantidad de desperdicios producidos por el polietileno y el plástico [1]; ya que estos materiales son un problema a corto y mediano plazo para el medio ambiente debido a que son compuestos artificiales difíciles de degradar por sí mismos [2]; en tanto, científicos e ingenieros han encontrado en sus hallazgos que tanto el polietileno como el plástico pueden usarse en la producción de concreto, en mezclas asfálticas y en la estabilización de suelos [3], lo que ha permitido que ambos elementos de manera individual o combinados puedan reemplazar materiales de origen natural como los agregados en diferentes proporciones [4].

En ese sentido se ha logrado un avance muy importante en cuanto al uso de esta combinación llegando a establecer hasta un 50% de sustitución, no obstante se sugieren mayores evaluaciones en cuanto al desempeño de estos materiales al incorporarse a las distintas mezclas que se utilizan en el sector construcción [5]; a pesar de ello, miles de toneladas de plásticos posconsumo que se generan en el planeta no se pueden fusionar ni disolver fácilmente durante las diferentes etapas del reciclaje, lo que ha conllevado que estos desechos a menudo se incineren o se depositen en vertederos con consecuencias adversas para el medio ambiente [6]; es por ello que surge la importancia de incorporarlos como por ejemplo en mezclas de concreto, pues debido a su origen artificial y compuesto principalmente por polímeros puede mejorar la unión entre los agregados y el cemento durante la etapa de mezclado, lo que conlleva a un menor impacto ambiental y un producto final sostenible [7].

Esto es alimentado por el deseo de conservar la energía y reducir los pronunciamientos de gases de efecto invernadero, aunque se han realizado pocos estudios para desarrollar y mejorar la capacidad aislante y térmica del concreto [8]; sin embargo, estas mezclas experimentales pueden ser viables y sustentables para su implementación en proyectos y

normativas de ingeniería [9]; en tanto, en los últimos años publicaciones internacionales de artículos de investigación apuntan a que tanto el polietileno expandido como el plástico reciclado pueden elevar significativamente la resistencia del concreto mejorando [10]; de esa manera su comportamiento a la compresión y variación de temperatura [11]; por otro lado el manejo del plástico reciclado en la producción del concreto resuelve en gran medida su disposición final y acumulación progresiva en las ciudades [12].

Entonces una de estas novedosas mejoras ha permitido en cierta forma la conservación de los agregados naturales que se disponen en las canteras debido a que se puede reemplazar por el polietileno y el plástico [13]; además otra de las soluciones que brinda el uso del polietileno expandido y el plástico es que puede mejorar considerablemente la durabilidad del concreto, sin embargo va a depender del tipo de polietileno que se emplee, sobre todo su textura y composición molecular y en lo que respecta al plástico va a influir su composición química, el proceso de reciclado y como se adiciona a la mezcla de concreto [14].

Otro aspecto relevante en cuanto al uso de estos materiales es la cantidad que se debe adicionar o reemplazar, es por ello que ingenieros e investigadores de todo el mundo sugieren como una mejor opción la adición de hasta 10% por separado en la mezcla del concreto [15]; cuyas proporciones deben cumplir con los requisitos de compresión y flexión [16]; pero aún existe un vacío en la demostración de un incremento significativo de la resistencia para porcentajes mayores tanto de polietileno como de plástico [17]; a pesar de ello se han mejorado algunas propiedades como la fluidez, densidad, absorción de agua, porosidad, contracción, resistencia a la congelación y descongelación [18].

En ese sentido publicaciones científicas señalan que en casos de concretos no estructurales si se puede aplicar la incorporación de polietileno y plástico en reemplazo de los agregados que van en la mezcla del concreto [19]; dicha afirmación debe ser contrastada con el estudio del tiempo de vida del concreto considerando diferentes clases de resistencias pero

a largo plazo [20]; por lo tanto, reciclar residuos de plástico y utilizarlos como un agregado sostenible en el concreto sería una mejor estrategia que se debería emplear en todo el mundo [21]; en ese contexto, el potencial que poseen el polietileno y plástico ha servido para que otros materiales como el vidrio [22] y las cenizas volantes logren en conjunto mejoras muy importantes en la respuesta mecánica del concreto [23].

En el Perú esta problemática está acrecentándose de manera rápida y sin alguna solución al corto plazo, es decir a pesar de que se recicla el polietileno y el plástico, no hay políticas gubernamentales que exijan su reutilización para la producción y/o adición en productos de construcción tales como concreto y mezclas asfálticas [24]; empero hay aportes de tesis de investigación que han incluido al polietileno y plástico que pueden mezclarse con el concreto para diferentes usos, pero con mayor ámbito de aplicación en viviendas [25]; ya que la adición combinada de estos materiales prevé una significativa reducción del peso del concreto y puede lograr grandes al ser elementos reciclables el producto final obtenido minimiza el impacto al medio ambiente [26].

El caso más resaltante estudiado por Flores [27], indica por ejemplo que el plástico reciclado permite elaborar concreto prefabricado hasta con un 30% de plástico, ya que la sustitución de los agregados por este material genera una importante disminución del peso del concreto en su estado final y sin perder la resistencia óptima a la compresión; así mismo [28], sostiene que este aspecto es muy importante ya que una de las principales problemáticas que se debería analizar es el desempeño del plástico en el concreto sometido a esfuerzos externos; en esa misma tendencia [29] estudió el mismo caso, pues sus resultados indicaron un resultado favorable en las diferentes edades que fueron evaluados, lo cual además de reducir la incertidumbre sobre su incorporación en la mezcla, produce un nuevo concreto sostenible y sustentable en el tiempo.

En la tesis de investigación realizada por [30], también estableció óptimas resistencias, pero recomienda introducir algunos límites del porcentaje de plástico y polietileno en el

concreto; y finalmente en la evaluación de [31] recomienda que se analice el concreto en climas de bajas temperaturas, pues podría afectar<sup>32</sup> la resistencia a la compresión a largo plazo y algunas propiedades importantes del concreto endurecido como la contracción, absorción y deformación.

En las demarcaciones y jurisdicciones de la Región se tienen actualmente muchos problemas por el ordenamiento de los residuos sólidos y el poco recojo de los mismos, haciendo complicado el reciclaje de algunos materiales como vidrio, plástico, polietileno, papel y otros, que se pueden incorporar en los diferentes productos que necesita el sector construcción, a pesar de ello tesis de investigación como la desarrollada por [32], logró reciclar estos tipos de materiales con la finalidad de agregarlos al concreto, su diseño de mezclas estableció los contenidos óptimos que determinaron un concreto de buena resistencia para que pueda usarse en pavimentos urbanos.

En el caso de [33], logró alcanzar un  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , pero sus resultados afirman que se debe añadir un máximo de 5% en reemplazo del agregado; por otro lado [34] abordó el mismo caso del estudio del comportamiento del concreto pero añadiendo su evaluación a altas temperaturas, obteniendo buenos resultados hasta un 30% en reemplazo del agregado fino; no obstante [35] recomienda considerar una comparación de los asentamientos en los diferentes diseños respecto al modelo patrón en estado fresco, pues a largo plazo podría verse afectado el concreto.

Del mismo modo se continuó con la redacción de los antecedentes de estudio donde, los autores Lee, J.; Kang, S.; Ha, Y.; Hong, S. [36], en su estudio el cual se titula "Comportamiento estructural de paneles sándwich compuestos duraderos con hormigón de poliestireno expandido de alto rendimiento", tuvo por objetivo determinar la resistencia incorporando polietileno expandido.<sup>5</sup> La metodología que utilizó fue tipo aplicada y el diseño experimental. Los resultados permitieron comparar el concreto convencional respecto al concreto añadido con polietileno para una evaluación más rigurosa y significativa

determinando que el comportamiento mecánico del concreto es variable en todos los casos, por lo que concluyen en que la adición de polietileno va a depender de la cantidad que se vaya a incorporar y la resistencia que se desea lograr.

La investigación de [37], titulada “Residuos plásticos a productos de construcción: estado, limitaciones y perspectiva de futuro”, tuvo por objetivo hacer una revisión general de los métodos existentes en cuanto al reciclaje del plástico y su reutilización en la construcción con énfasis en la adición al concreto. La metodología es aplicada y de diseño experimental. Los resultados de la revisión manifiestan que se debe planificar y gestionar el uso adecuado del plástico para productos esenciales, sin embargo, debido a que el problema es latente se requieren políticas y normativas que permitan su uso masivo en materiales de construcción, en ese sentido concluyen que estas nuevas aplicaciones mejorarán significativamente la sostenibilidad del medio ambiente a largo plazo.

Milling, A.; Mwash, A. & Martin, H. [38], en su investigación titulada “Explorando el reemplazo completo del cemento con residuos de poliestireno expandido (EPS) en morteros utilizados para la construcción de mampostería”, tuvo por objetivo analizar el reemplazo del polietileno expandido en un mortero para ser usado en albañilería. La metodología fue del tipo aplicada y de diseño experimental. Posteriormente los resultados obtenidos muestran que la unión entre el polietileno y el concreto es casi el doble respecto a un mortero convencional lo cual quedó demostrado por medio de resistencias mecánicas, concluyendo en que este novedoso mortero añadido con polietileno expandido tiene el potencial de reemplazar a los morteros típicos que actualmente se utilizan para todos los diseños empíricos de albañilería, generando un producto amigable con el medio ambiente.

El artículo científico publicado por [39], titulado “Durabilidad del hormigón fluido ligero modificado con polímeros hecho con poliestireno expandido”, tuvo por objetivo establecer los efectos del polietileno expandido y el látex de caucho sobre las propiedades relacionadas con la durabilidad de un concreto ligero. La metodología utilizada fue del tipo aplicada y el diseño

experimental. El artículo muestra en los resultados que las propiedades de Absorción, la corrosión y la penetración de iones de cloruro, eran bastante similares a las del control de peso normal de la mezcla convencional a pesar de disminuir la densidad del concreto y la variabilidad de las relaciones agua-cemento. Finalmente concluyen en proponer diferentes modelos de regresión para predecir la durabilidad del concreto en función de las óptimas proporciones de polietileno, látex de caucho para diferentes resistencias del concreto.

Los autores, Ullah-Khan, S. & Ayub, T. [40], en su investigación titulada “Comportamiento de flexión y cizallamiento de vigas autocompactantes con fibras y tiras de tereftalato de polietileno”, tuvo por objetivo usar el polietileno tereftalato (PET) proveniente de plástico reciclado para incorporarlos como tiras y fibras a la mezcla del concreto para diferentes resistencias. La metodología fue aplicada y el diseño experimental, en tanto las resultas a los que llegaron sostienen que el PET en forma de tiras y/o fibras puede usarse como refuerzo para las solicitaciones a flexión, pues observaron que esta combinación logra aumentar la ductilidad, la capacidad de carga y el cambio del modo de falla del agrietamiento, concluyendo en que a pesar que hubo cambios a nivel químico con la incorporación del PET en el concreto, esto no afecto directamente las propiedades del material.

La investigación de [41], titulada “Evaluación de parámetros de fractura de hormigón ligero que contiene residuos de tereftalato de polietileno mediante métodos SEM y BEM”, el cual su objetivo es analizar el efecto de polietileno tereftalato (PET) en reemplazo del agregado para producir concreto de peso ligero empleando el método de efecto de tamaño (SEM) y método de efecto de frontera (BEM). La metodología usada fue aplicada y el diseño experimental. Las resultas a los que llegaron indican que para los dos métodos aumentado el porcentaje de PET se llegó hasta un 15% y se puede lograr un menor patrón de fracturas en el concreto endurecido, empero la resistencia en algunas muestras fue variable pues la fragilidad bajo en un 35% respecto a la mezcla convencional, por lo que concluyen en que de los dos métodos evaluados el que mostró mejor desempeño fue el modelo BEM sobre todo para las óptimas resistencias requeridas.

El artículo científico de [42] titulado “Rendimiento del hormigón sostenible que sujeta diferentes tipos de plástico reciclado”, tuvo por objetivo investigar y comparar el impacto de suplir el agregado fino por polietileno (PE) y (PET) en el concreto. La metodología usada fue aplicada y el diseño experimental. Los resultados de la investigación sostienen que si hubo significativa influencia de esas sustancias en las propiedades del concreto en estado endurecido, ya que se variaron los porcentajes de dosificación de PE y PET por agregado fino de 0%, 10%, 20%, 30% y 40%, por lo que concluyen en que tanto el PE y PET muestran menor densidad, mientras que la sustitución de la arena por el plástico en PET muestra un mejor comportamiento en el concreto, por ende el reciclado del plástico se puede aplicar eficazmente en el uso industrial de concreto.

Los autores Dębska, B. &Silva, G. [43], en su artículo “Propiedades microestructurales de morteros epoxi fabricados con residuos de polietileno y polietileno (tereftalato de etileno)”, el cual se propuso analizar el efecto simultáneo de los residuos de polietileno de tereftalato (PET) y polietileno expandido (PE) sobre las características de resistencia y densidad aparente de morteros. La metodología fue aplicada y de diseño experimental. Así mismo, resultados logrados sostienen que el PET mostró mejor desempeño con la sustitución de 9% en peso y 5% en volumen de arena, concerniente a la resistencia a la flexión y a la resistencia a la compresión, concluyendo finalmente en que la modificación de la composición del mortero tiene un aspecto ambiental y económico importante, ya que permite proteger las fuentes naturales de los áridos, a la vez reduce la cantidad de residuos PET y PE y los problemas derivados de la necesidad de almacenarlo.

Así mismo, Azimi, S.; Allahverdi, A. & Alibabaie, M. [44], en su investigación titulada “Propiedades del hormigón en polvo reactivo verde, ligero y de alta resistencia que incorpora perlas de poliestireno expandido modificado”, tuvo por objetivo analizar las propiedades del plástico (PET) en polvo incorporado a un concreto del tipo ligero, para lo cual fue necesario variar los porcentajes de adición de 0% hasta un 45% de PET en diferentes condiciones de curado tanto con agua estándar como condiciones de curado con calor. La metodología es

aplicada y de diseño experimental, obteniendo como resultados que, de las adiciones agregadas a la mezcla del concreto, el nivel de 30% mostró mejor comportamiento hasta una temperatura de 200°C respecto al concreto convencional, por lo que los autores concluyen en que esta innovadora propuesta es viable para concretos de resistencias no estructurales, pues la unión PET-cemento-agua no indicó buenos resultados para resistencias mayores a 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

La investigación publicada por [45], titulada “Efecto del ciclo de congelación-descongelación acerca de las propiedades mecánicas de la fibra de polietileno y el hormigón reforzado con fibra de acero”, tuvo por justo estudiar la influencia de congelar y descongelar el concreto por ciclos, pero preparado previamente con adiciones de fibras de polietileno (PET) y con fibras de acero reforzado (FRC). La metodología usada fue aplicada y de diseño experimental. Las resultados de la investigación registran que los parámetros de la resistencia fueron variables en paralelo al concreto convencional, sin embargo y como era de esperarse el concreto con PET mostró mejores resultados que el FRC, pero en todos los casos el cambio brusco de temperatura afectó significativamente las propiedades del concreto y las uniones de PET y FRC, por lo que concluyen en que no es recomendable estos tipos de concretos para cambios repentinos de temperatura.

El artículo científico publicado por [46], titulado “Propiedades de ingeniería del hormigón autocurado normal y de alta resistencia producido con polietilenglicol y residuos cerámicos porosos como agregado grueso”, tuvo por objetivo investigar el efecto del comportamiento de cinco tipos de curado para concretos autocurables (SC) con adición de polietileno-glicol (PEG) y desechos cerámicos (PCWA) en las propiedades de fuerza normal del concreto en estado endurecido (NSC) y de alta resistencia (HSC), este estudio también examina el efecto de exponer el SC a temperaturas de hasta 800 °C. La metodología usada fue del tipo aplicada y de diseño experimental. Los resultados del citado artículo permitieron cuantificar las variaciones de la absorción de agua, sorción de agua, permeabilidad al agua, penetración de iones de cloruro, profundidad de carbonatación y contracción por secado,

pérdida de peso, compresión residual y flexión por lo que recomiendan que, de todas las evaluaciones realizadas en comparación al concreto sin ninguna adición, emplear un 2% de PEG y 10% de PCWA para lograr la compresión máxima y un buen performance de la resistencia a la flexión.

Así mismo, se realizaron antecedentes nacionales como la tesis de investigación de Zevallos [30], titulada “Efecto del Polietileno expandido (PE) en unidades de albañilería” tuvo por objetivo evaluar un concreto del tipo liviano con adiciones de poliestireno expandido en porciones de 20%, 35%, 50%, 65% que permita desarrollar unidades de mampostería en el Perú. La metodología empleada fue del tipo aplicada y de diseño experimental. Los resultados a los que llegó fueron que sólo el 20% y 35% cumplen con las exigencias de la resistencia a la compresión detallada en las normas peruanas, mientras que las demás quedaron fuera del rango, por lo que concluye en que, a pesar de no establecer medidas precisas de esta nueva unidad para albañilería, se prevé un peso máximo de 13 kilos y puede usarse en muros no portantes.

Los autores Andía, J. & Erazo, R. [47], en su artículo científico titulado “Influencia del Polietileno expandido y PR en la capacidad de compresión mecánica del concreto”, tuvo por objetivo conocer la resistencia a la compresión en un concreto de alta resistencia empleando agregados y los adicionados con materiales reciclados como poliestireno extruido (XPS) y poliestireno expandido (EPS). La metodología empleada fue del tipo aplicada y de diseño experimental, obteniendo como resultados óptimas un concreto nuevo de 30% de XPS en reemplazo de piedra gruesa y 20% de XPS en sustitución del pétreo fino, por lo que concluyen en que, a pesar de lograr la resistencia requerida a los 28 días, no se logró superar la resistencia a la compresión del concreto patrón sin adición de XPS y/o EPS, sin embargo su uso es una buena opción para producir concretos de resistencias menores.

Del mismo modo, Huampa, José & Del Águila, Jerry [48], en su tesis titulada “Análisis del diseño de concreto convencional con dosificación de polietileno reciclable en la ciudad de

Pucallpa, 2021”, tuvo por objetivo analizar el diseño de un concreto típico versus un concreto nuevo incorporado con polietileno reciclable (PET) en cuanto a la resistencia a la compresión. La metodología empleada fue del tipo aplicada y de diseño experimental, cuyos resultados obtenidos manifiestan que a los 7 días, 14 días y 28 días las resistencias a la compresión no llegaron a superar el concreto patrón sin PET, empero la resistencia del concreto con PET para la duración de 28 días fue la más cercana, pues llegó cerca del 95% de la resistencia máxima del concreto sin PET, por lo que concluyen en que una reducción de porcentaje de plástico en peso podría mejorar la resistencia a la compresión en las distintas edades de curado.

Por último, se recolectaron estudios en la localidad como la tesis desarrollada por Parra [35], titulada “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”, tuvo por objetivo determinar el porcentaje óptimo del plástico conseguido del reciclaje y que pueda usarse en el concreto convencional basado en la resistencia a la compresión. La metodología empleada fue del tipo aplicada y de diseño experimental. Los resultados a los que llegó indican que de las tres dosificaciones propuestas de PET incorporado en el concreto la que mejor desempeño mostró fue la de 6% de PET, pues en el ensayo a compresión logrado llegó al 93% de la resistencia del concreto convencional sin PET a los 28 días, por lo que concluye en que porcentajes de PET ligeramente menores respecto al óptimo podrían lograr la resistencia requerida a la compresión para las diferentes edades.

Mondragón [33], en su tesis titulada “Influencia de la fibra de poliestireno en el concreto para una resistencia de 210 y 280  $\text{kg/cm}^2$ ”, tuvo por objetivo estudiar la influencia del poliestireno en forma de fibra adicionada al concreto que logre reemplazar al agregado. La metodología empleada fue aplicada y el diseño experimental. Los resultados de las tesis se basaron en el análisis de incorporaciones de poliestireno donde se destacó la consistencia, el porcentaje de aire, la temperatura y las propiedades mecánicas para los porcentajes de poliestireno 5%, 10% y 15% mostrándose muy significativas en comparación al concreto

convencional, en ese sentido concluye que la adición óptima de poliestireno que reemplaza al agregado es del 5%, pues el porcentaje de similitud<sup>1</sup> de la resistencia a la compresión fue del 97% relación a la resistencia del concreto patrón sin poliestireno.

Finalmente, como justificación e importancia basándonos en la parte económica social, podemos decir que este trabajo garantiza la mejora el servicio de calidad de vida para todos los involucrados, siendo esta investigación un aporte que como profesionales brindamos para una mejor reutilización de estos materiales reciclados, reduciendo el costo sin perjudicar la economía de los consumidores. A su vez, tenemos una justificación técnica dando un producto renovable con el fin de reemplazar a los agregados en diferentes porcentajes como es en el caso de los residuos plásticos, como el PE y PR, los cuales como se aprecian en los antecedentes de estudio presentan características que favorecen la producción de concretos sostenibles y de calidad hasta en un 95%. Por último, tenemos la justificación ambiental, el cual es el eje de estudio, debido a la alta falta de conciencia ambiental por parte de la población como de los profesionales, los cuales debemos estar en constante investigación para reducir este efecto colateral que se originan en la construcción de proyectos, este estudio brinda una alternativa de utilización con las variables Polietileno expandido y plástico reciclado, los cuales nos ayudarán a reutilizar estos materiales reduciendo con ello la contaminación ambiental.

## <sup>2</sup> 1.2. Formulación del problema

¿Cómo evaluar el efecto de una adición del polietileno expandido y plástico reciclado en la microestructura y propiedades mecánicas del concreto?<sup>2</sup>

## 1.3. Hipótesis

Con la evaluación del efecto de la adición del polietileno expandido y plástico reciclado en la microestructura y propiedades mecánicas del concreto se mejorará significativamente la resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad del concreto en su estado endurecido.<sup>6</sup>

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición del polietileno expandido y plástico reciclado en las propiedades mecánicas del concreto.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar diseños de mezclas de concreto patrón de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Establecer mezclas de concreto de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ , con porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de polietileno expandido.
- Establecer mezclas de concreto de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ , con porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de plástico reciclado.
- Elaborar los ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad de probetas de concreto con los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20 % de adición de polietileno expandido.
- Elaborar los ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad de probetas de concreto con los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20 % de adición de plástico reciclado.
- Determinar porcentajes óptimos de adición de polietileno expandido y concreto con adición de plástico reciclado.

## 1.5. Teorías relacionadas al tema

**Variable dependiente:** Propiedades mecánicas del concreto

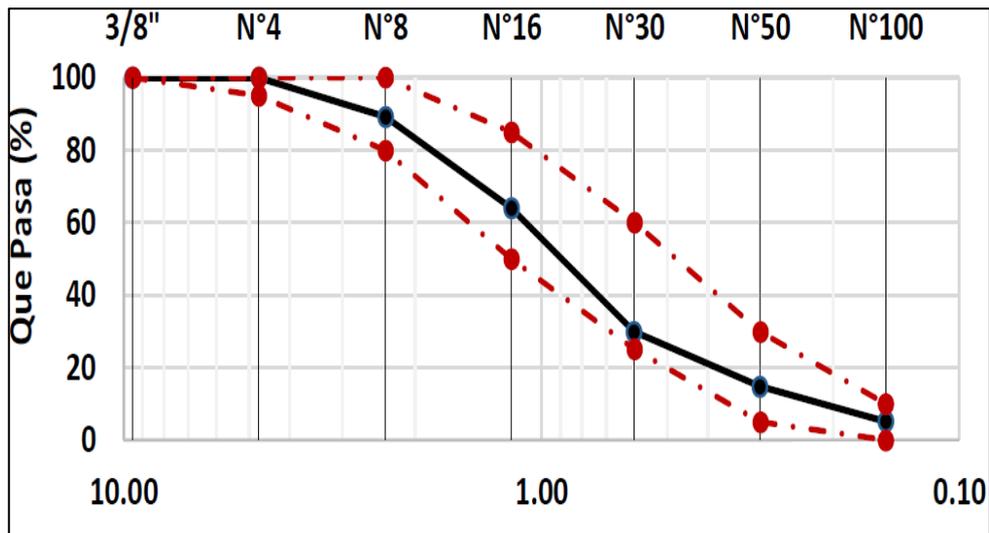
**Cemento:** Material importante en todo el mundo, este es el producto del Clinker, el cual para la fabricación del cemento este se encuentra a temperaturas elevadas los cuales alcanzan valores de  $1400^\circ \text{ C}$ , en su proceso de fabricación se le incorporan otros materiales como la caliza y/o yeso, entre otros [49].

**Concreto:** Es el producto de varios constituyentes como los agregados pétreos, cemento y agua, en algunos casos para mejorar las características de este se suelen incorporar aditivos [50], o algún otro tipo de material dependiendo a la necesidad a la que esté expuesto, como en el presente trabajo de investigación donde se le incorporaran ciertos porcentajes de PR y PE, con el fin de mejorar sus propiedades [49].

**Agua:** Este elemento caracterizado por ser uno de los más importantes del planeta, cumple un rol importante dentro de la construcción, siendo este indispensable para la fabricación de concretos, ya que activa a las propiedades químicas que se encuentran en el cemento y en las características de los agregados, haciendo en estos un confinamiento que con el tiempo se convierten en elementos sólidos, como el concreto y/o mezcla [49].

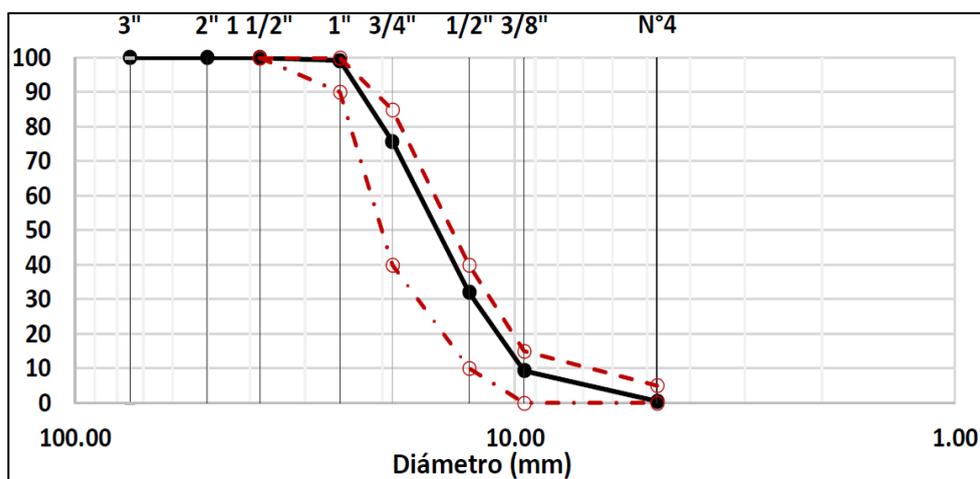
**Agregados (fino y grueso):** Estos materiales provenientes de las rocas después de un largo proceso natural, los cuales han pasado de ser rocas ha diminutas piedras y materiales finos que ayudan en la construcción, debido a gran durabilidad y adherencia, estos para ser utilizados deben cumplir ciertos parámetros los cuales están establecidos en las normas técnicas [49].

En la siguiente Fig. 1. Se aprecia el huso granulométrico que debe presentar el agregado fino para desempeñar con los parámetros determinados en la norma técnica de agregados, donde se tamiza desde la malla 3/8" hasta la malla N° 100, siendo esta última los materiales más finos.



**Fig. 1.** Curva granulométrica típica de un agregado fino [33].

En el tema del agregado grueso, es de manera similar, pues se puede representar la composición granulométrica numérica y gráficamente (Fig. 2.)



**Fig. 2.** Curva granulométrica típica de un agregado grueso [33].

Además, orienta la elección de dicho material obtenido previamente de una cantera, mediante los usos granulométricos exigidos por las especificaciones técnicas peruanas.

Coronel, R.; Muñoz, S. & Rodríguez, E. [49], en la (tabla 1) indican las características de los agregados tanto para fino y grueso, los cuales han sido utilizados en la fabricación de sus concretos de investigación.

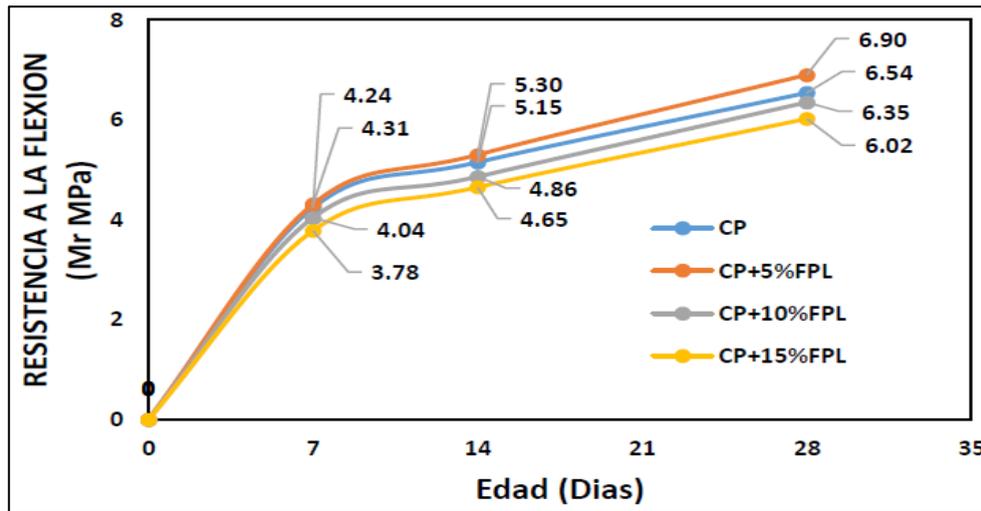
**Tabla I:**  
*Propiedades de los agregados pétreos.*

Propiedad	Unidad	Agregado	
		Fino	Grueso
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	2540	2310
Masa unitaria suelta o densidad aparente	Kg/m <sup>3</sup>	1410	1670
Masa unitaria compactada	gr/m <sup>3</sup>	1.49	1.84
Absorción	%	4.43	12.79
Granulometría (d <sub>80</sub> )	mm	2.36	-
Módulo de finura	%	3	-
Tamaño máximo	cm	-	2.54

Nota: Principales propiedades físicas que se encuentran en los agregados pétreos [49].

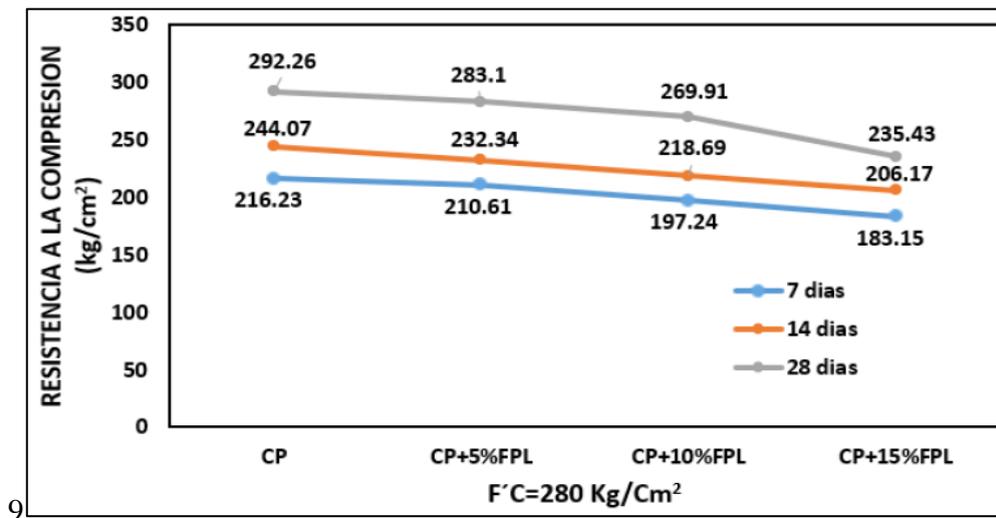
### ***Propiedades de resistencia en el concreto***

Es una de las características esenciales en la fabricación de concretos, los cuales deben garantizar resistencia y durabilidad, para conocer si satisfacen estas propiedades, se deben realizar ensayos para conocer la calidad de estos, como son los ensayos de compresión, tracción, módulos elásticos y flexión, los cuales serán evaluados en el presente trabajo, garantizando así la calidad de estudio, se aplican fuerzas verticales en las sección de las probetas de concreto, en el ensayo a compresión se aplica una fuerza en el radio de la probeta con el fin de ver la compresión de esta, de igual manera en el ensayo a tracción donde se aplica la fuerza a lo largo de su sección transversal, en la flexión se aplica la fuerza en la parte central de la viga con el fin de ver la deformación elástica que está sufre en su centro de gravedad [49]; una de las mejores formas de analizar este parámetro es por medio de curvas que representen los cambios de la resistencia y la edad, tal y como se muestra en la Fig. 3.



**Fig. 3.** Curva de resistencia a la compresión del concreto [33].

Así mismo, otra de las formas de saber este tipo de resistencia es por medio de curvas comparativas, sobre todo si se adicionan otros materiales en el concreto patrón Fig. 4.



**Fig. 4.** Curvas comparativas de resistencia a la compresión del concreto [33].

En la Fig. 5. Se grafica la curva que sufren los elementos que han sido sometidos al ensayo de flexión, el cual fallan por los momentos que se originan en las vigas al ser estas sometidas a diferentes fuerzas [49].

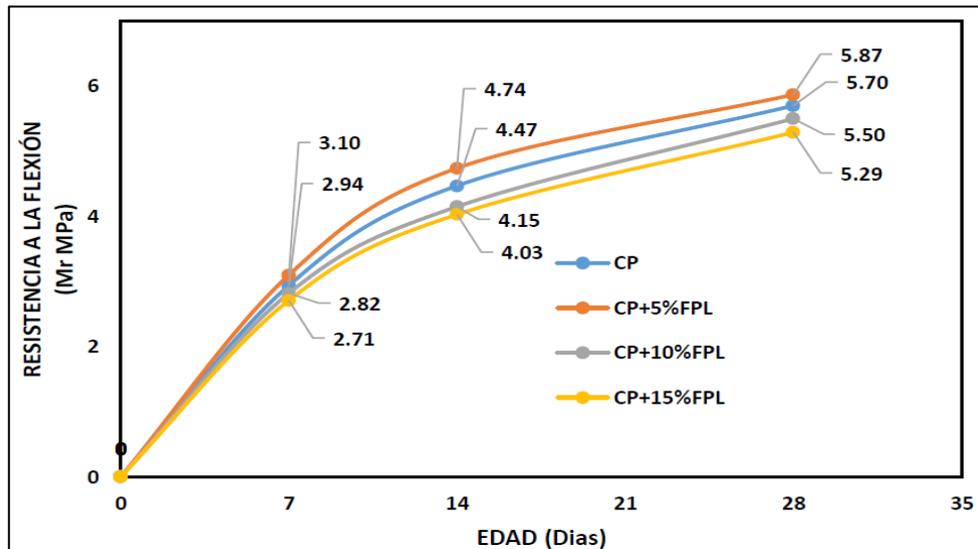


Fig. 5. Curvas de resistencia a la flexión del concreto [33].

No obstante, si además se adicionaran otros materiales a la mezcla típica del concreto, se puede formar curvas con fines comparativos de la resistencia a la flexión versus la edad de endurecimiento, tal y como se indica en la Fig. 6.

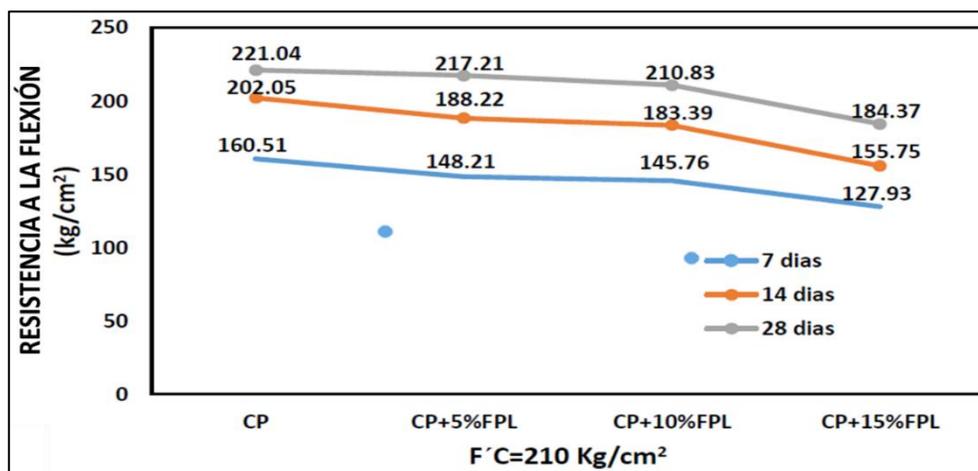
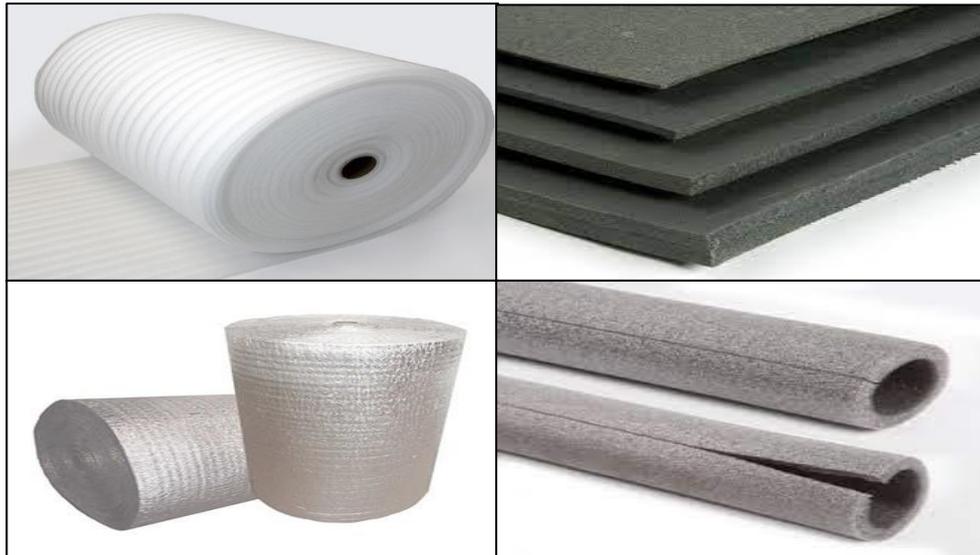


Fig. 6. Curvas comparativas de resistencia a la flexión del concreto [33].

### Variable independiente 1: Polietileno expandido

El polietileno expandido, conocido también como espuma de polietileno es un material artificial compuesto a base de poliolefina y puede presentar distintos espesores, texturas y colores (Fig. 7).



**Fig. 7.** Diferentes presentaciones del polietileno expandido [51].

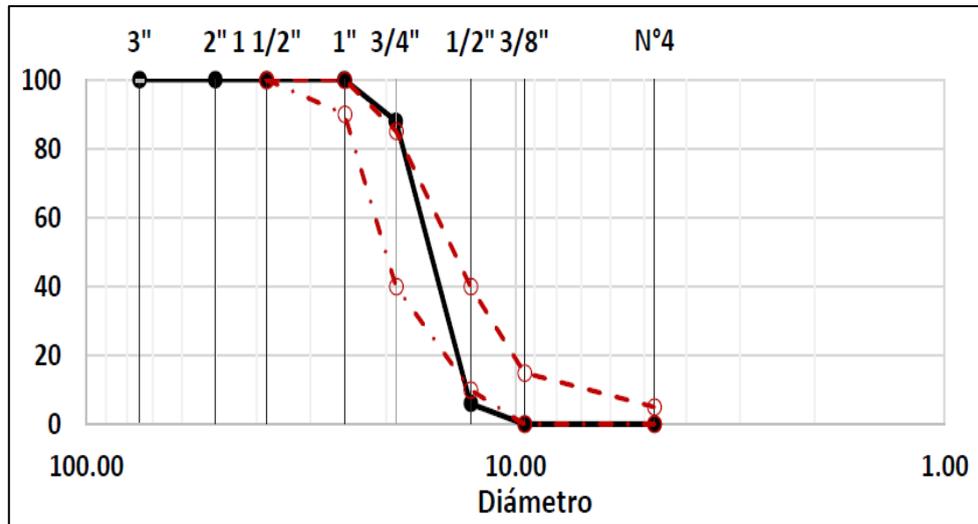
La obtención primaria de este material se basa en el isobutano, pero sin modificar los enlaces originales y estructura química de la misma poliolefina, lo que facilita de esta manera su rehúso y reciclaje; a pesar de su origen tipo químico, en la actualidad se están logran grandes avances en cuanto a la mejora de su composición, pues compuestos como el bio-polietileno están disminuyendo considerablemente su impacto en el medio ambiente [52].

Otra de las aplicaciones que ha ido cobrando mayor relevancia es en su uso como complemento a otros materiales adicionados o para reforzamiento en el sector construcción, un claro ejemplo es en el concreto, pues ha demostrado grandes aportes a nivel estructural, con mayor resistencia térmica, aislante y puede brindar mejorar la durabilidad, sin embargo, se requiere siempre su evaluación a largo plazo, pues no es suficiente con los ensayos de laboratorio [53].

### **Granulometría**

La granulometría de este material va a depender de la composición original del polietileno expandido, sin embargo, como sugiere [33], es recomendable una retención del 90% en el tamiz de 3/4" con un diámetro equivalente de las partículas de 2.00 centímetros,

por otro lado, el citado autor recomienda una distribución granulométrica como la mostrada en la fig.8 y sus propiedades según la proporción de tamaño nominal en la tabla 2.



**Fig. 8.** Curva granulométrica recomendada para el polietileno [33].

**Tabla II:**

*Propiedades del polietileno según su composición granulométrica.*

Ensayos	Valores	Unidad
Tamaño máximo nominal	3/4"	pulgadas
Peso unitario suelto seco	14	Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	16	Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	15.68	Kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción	0.44	%

Nota: Características del polietileno según Mondragón [33].

### **Dosificación**

La dosificación dependerá inicialmente del porcentaje a sustituir por el agregado fino y/o grueso. El caso estudiado por [33], señala que valores de 5%, 10% y 15% son adecuados, sin embargo, dichas incorporaciones pueden ser variables ya que la variación de cada porcentaje de polietileno influirá directamente en las propiedades del concreto, tal y como se ejemplifica en la figura 9 para el asentamiento, en la figura 10 para la temperatura, en la figura 11 para el peso unitario y la fig.9 para el módulo de elasticidad con resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

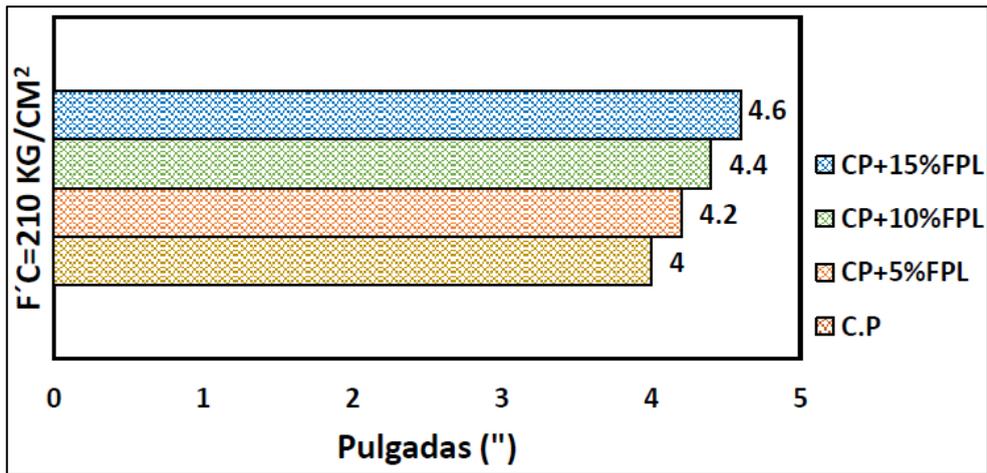


Fig. 9. Variación del asentamiento con incorporación del polietileno [33].

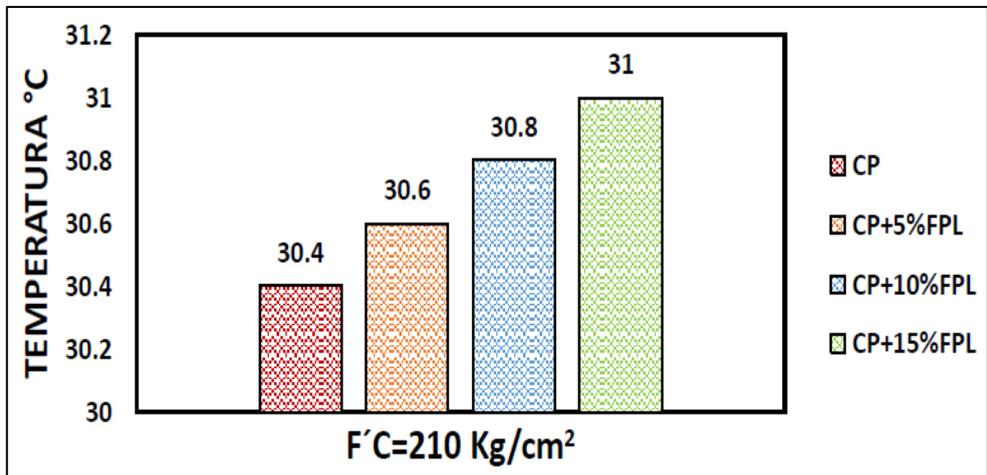


Fig. 10. Variación de la temperatura con incorporación del polietileno [33].

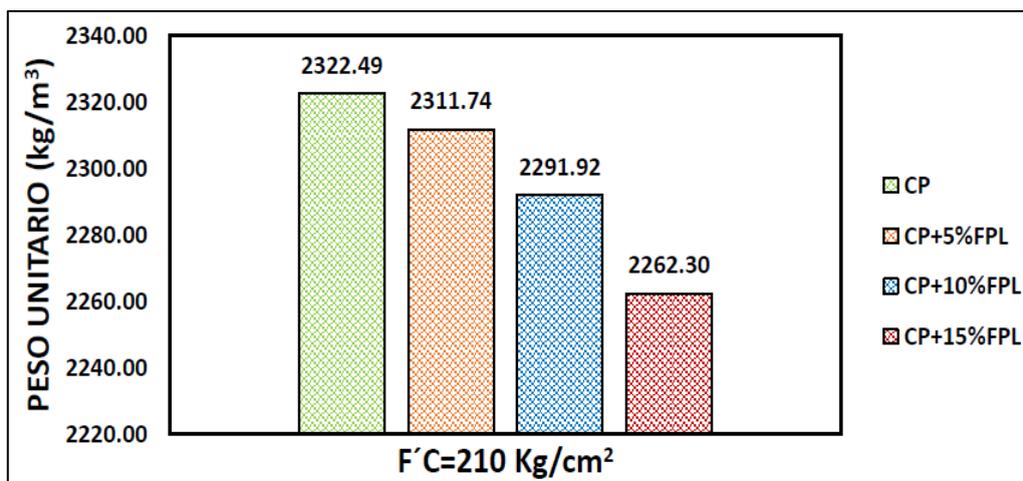
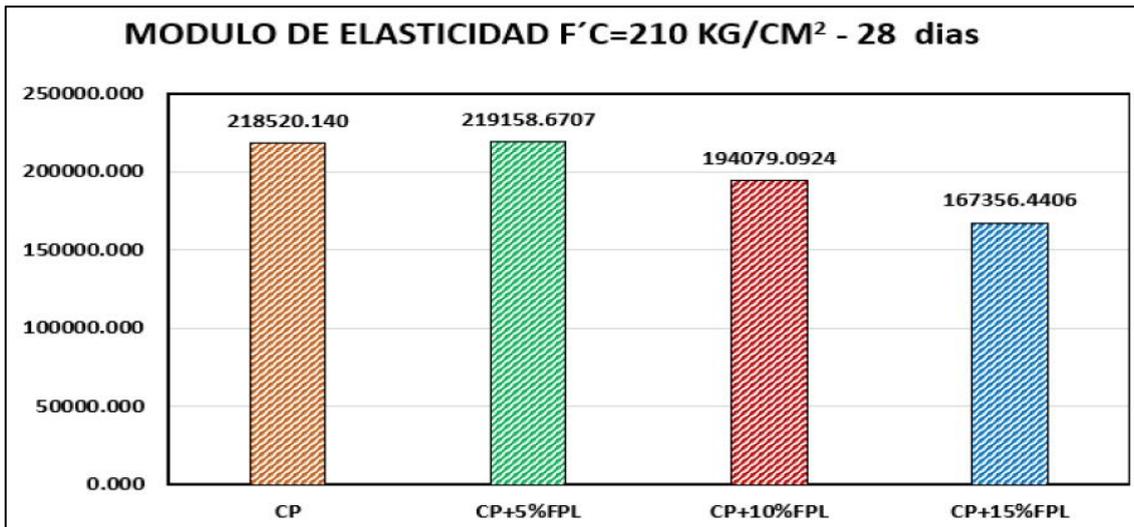


Fig. 11. Variación del peso unitario con incorporación del polietileno [33].



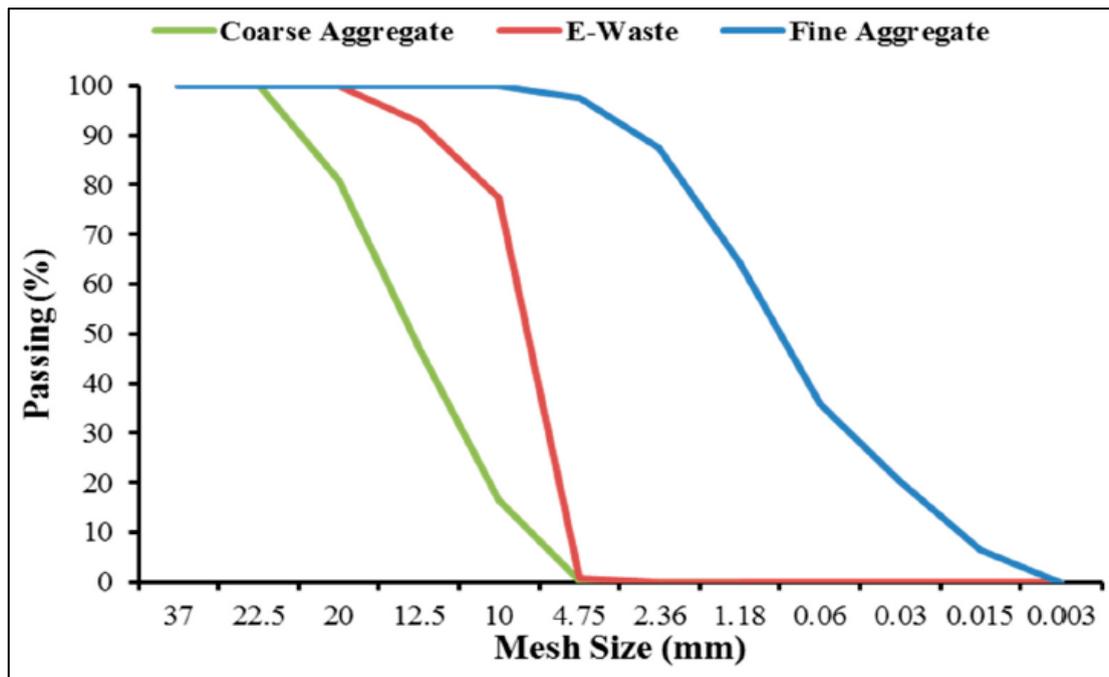
**Fig. 12.** Variación del módulo de elasticidad con incorporación del polietileno [33].

### Variable independiente 2: Plástico reciclado

El plástico, al igual que el polietileno es un polímero el cual está compuesto por moléculas, en donde el puente de adherencia está constituido por Hidrógeno, Carbono, entre otros, donde luego son polimerizados juntos. [35].

El reciclaje del plástico puede obtenerse de manera física, térmica y en último caso de una disposición final de los rellenos sanitarios, no obstante, no se recomienda que reciclaje químico debido a sus implicancias ambientales y económicas [35]. En la figura 13 se detalla la forma del plástico reciclado.





**Fig. 13.** Vista de partículas de plástico reciclado [54].

El uso de plásticos posconsumo <sup>19</sup> en la producción de concreto es una alternativa ideal para disponer de dichos desechos y reducir los impactos ambientales, empero se debe analizar parámetros como la reducción de la relación a/c y la posibilidad de incorporación de fibras de acero que ayuden a compensar el efecto perjudicial de los residuos plásticos en la caída de las propiedades del concreto [54]; además al incorporarse en la mezcla del concreto ya en el estado endurecido, puede prevenir eficazmente la aparición de grietas y desconchados inducidos por el calor [55].

### **Granulometría**

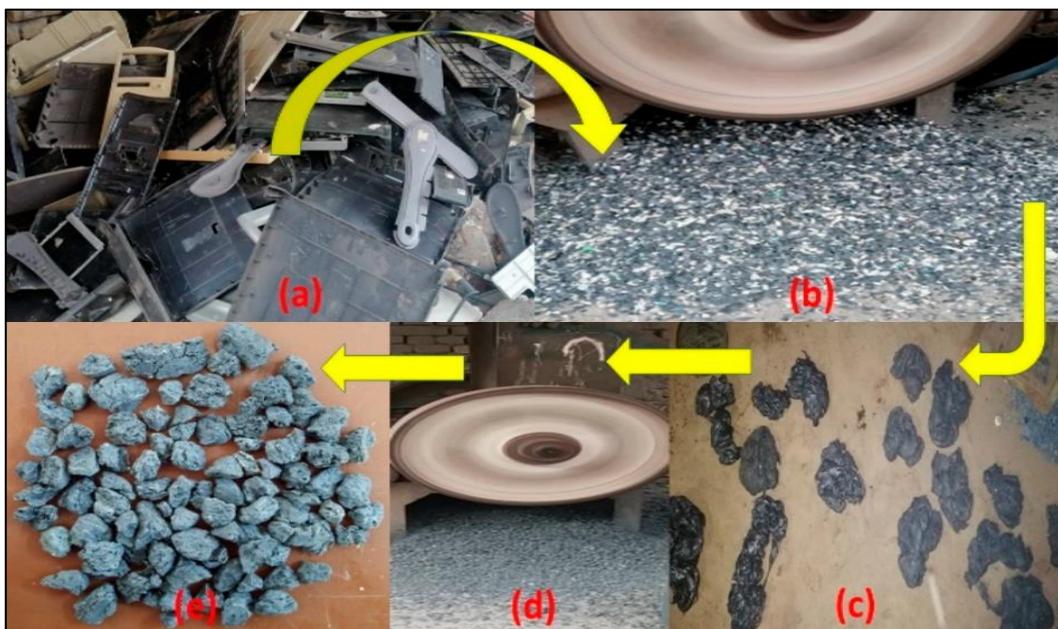
La composición granulométrica del plástico reciclado presenta un diámetro representativo de 0.682 milímetros [56]; mientras que en otro caso el diámetro mínimo nominal fue de 4.75 milímetros y un máximo de 20 milímetros, según sostiene en su investigación [57]; esta última distribución de la granulometría <sup>17</sup> se muestra en la fig. 14, destacando en este caso la línea de color rojo como la granulometría del plástico reciclado.

**Fig. 14.** Curva granulométrica recomendada para el plástico reciclado [57].

## Dosificación

La dosificación del plástico reciclado como reemplazo parcial del agregado es muy variable, hay porcentajes que van desde 1% [58], y con algunas variantes de cada 0.50% conforme se requiere una mayor resistencia y cantidad de cemento [59]; además, estas proporciones pueden ser distintas cuando se necesite evaluar otras características como la variación de temperatura, asentamiento y desempeño mecánico a largo plazo [60]; no obstante, estas dosificaciones pueden llegar hasta un 20% [35]; por otro lado investigaciones recientes han logrado demostrar un buen rendimiento de la resistencia del concreto hasta 50% [57].

La dosificación recomendada según [57] en reemplazo parcial y/o total de plástico por agregados en la mezcla del concreto es de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de sustitución por volumen; dicho proceso debe realizarse por vía seca y mezclarse en forma homogénea, cumpliendo con los requisitos normativos y especificaciones técnicas, tal y como se detalla en la fig. 15.



**Fig. 15.** Proceso de mezclado del plástico reciclado con agregados [57].

Al igual que el polietileno expandido, el plástico reciclado también produce cierta variabilidad en las diversas propiedades del concreto, tal y como se detalla en la figura 16 para

el asentamiento, en la figura 17 para la temperatura, en la figura 18 para el peso unitario y la figura 19 para el módulo de elasticidad para diferentes resistencias a la compresión.

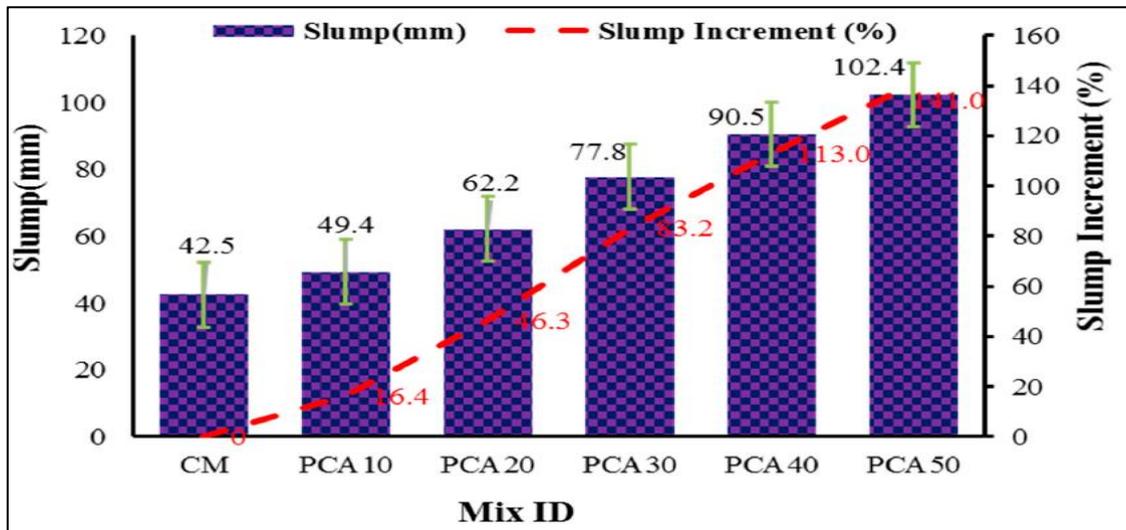


Fig. 16. Variación del asentamiento con incorporación de plástico reciclado [57].

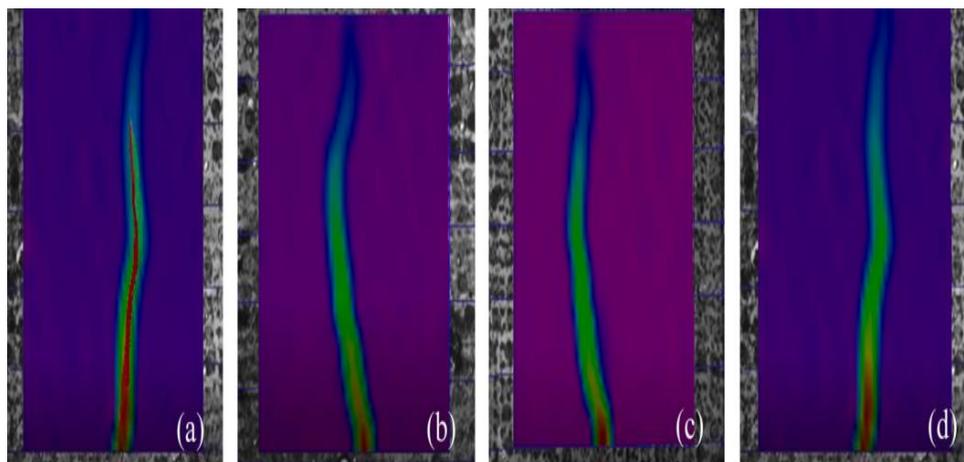
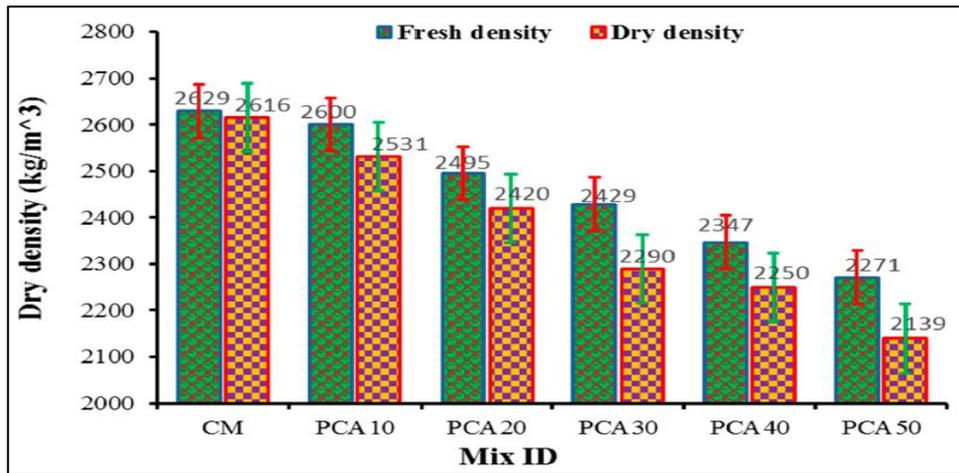
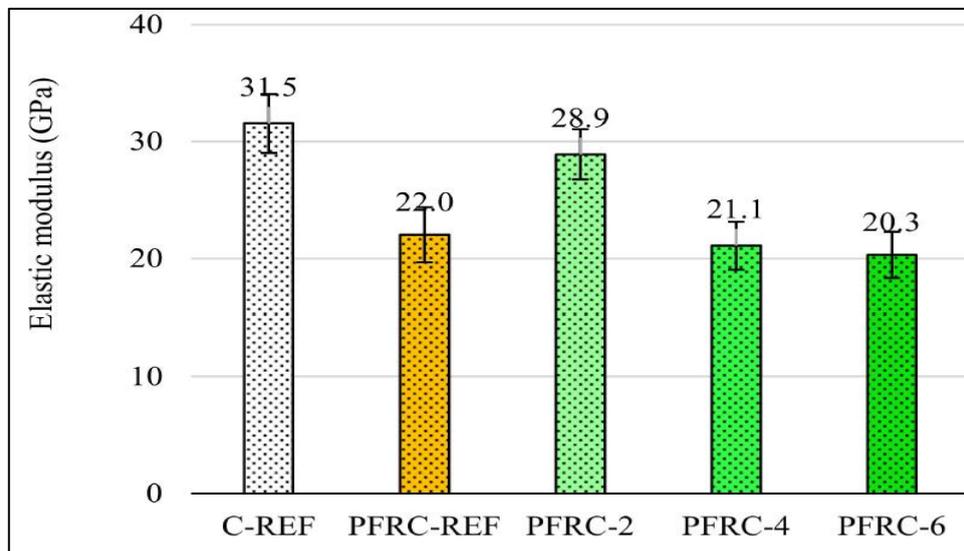


Fig. 17. Variación de la temperatura con incorporación de plástico reciclado [61].



**Fig. 18.** Variación del peso unitario con incorporación de plástico reciclado [57].



**Fig. 19.** Variación del módulo de elasticidad con plástico reciclado [56].

A pesar de los buenos resultados obtenidos se deben realizar más investigaciones de laboratorio a diferentes escalas para desarrollar diseños de mezcla utilizando materiales plásticos reciclados de diferentes tamaños, colores y composiciones químicas que ayuden a caracterizar mucho mejor las propiedades del concreto [62].

## 1. II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Tipo y diseño de Investigación

El **tipo es aplicado**, indicando así que en el estudio no se generaron nuevos conocimientos [63], sin embargo, se ha analizado el contexto nacional y local sobre la adición del polietileno expandido y el plástico reciclado para elaborar concreto, con el desarrollo de este proyecto cuya función es otorgar un aporte científico de acuerdo con las propiedades de este material.

El **diseño es experimental** [63], se realizarán los trabajos de laboratorio, donde se manipularán las dosificaciones de la cantidad de material a utilizar de las variables PE y PR, y así poder ver la influencia de estos en el desempeño mecánico del concreto.

### 2.2 Variables, Operacionalización

**Variable dependiente:** Propiedades mecánicas del concreto.

**Variable independiente 1:** Polietileno expandido.

**Variable independiente 2:** Plástico reciclado.

**Operacionalización de variables**

<sup>17</sup> En la tabla 7, tabla 8 y tabla 9, se detalla la operacionalización de cada variable.

**Tabla III**  
<sup>2</sup> Variable dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Propiedades físico mecánicas del concreto</b>	Concreto es el resultado de la adherencia de diferentes materiales pétreos, cemento y agua y en algunos casos se emplean aditivos para mejorar sus características mecánicas [49].	Se medirán las características físico-mecánicas del concreto.	Propiedades físicas del concreto	Asentamiento	pulg (")				
				<sup>2</sup> Temperatura	° C				
				Peso Unitario	Kg/m <sup>3</sup>				
			Dosificación	Contenido de aire	%	Observación directa y revisión documental			
				Dosificación en volumen	m <sup>3</sup>		%	Variable numérica	De razón
				R. a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	Fichas de observación y equipos de laboratorio.			
				R. a la tracción	Kg/cm <sup>2</sup>				
Propiedades mecánicas del concreto	R. a la flexión	Kg/cm <sup>2</sup>							
	Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>							

**Tabla IV**  
*Variable independiente 1*

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Polietileno expandido</b>	Se obtiene del isobutano, ha pesar de ser de su origen químico, en la actualidad se están logrando grandes avances para mejorar su composición pues con la finalidad de reducir considerablemente su impacto ambiental [51].	Presenta una alta resistencia térmica, aislante y mejora la durabilidad del concreto.	Propiedades mecánicas	R. Compresión	10 Kg/cm <sup>2</sup>	Observación directa y revisión documentaria.	%	Variable numérica	De razón
				R. Flexión	Kg/cm <sup>2</sup>				
				R. Tracción	Kg/cm <sup>2</sup>				
				Módulo de Elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>				
			Propiedades físicas	Contenido de humedad	%	Fichas de observación y equipos de laboratorio.			
				Densidad	gr/cm <sup>3</sup>				
				Peso unitario	Kg/cm <sup>3</sup>				
Porcentajes de sustitución	5	%							
	10	%							
	15	%							

**Tabla V**  
*Variable independiente 2*

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Plástico reciclado</b>	El plástico al igual que el polímero está compuesto por moléculas de adherencia por hidrogeno, carbono, para luego ser polimerizados [35].	Se utiliza en los rellenos sanitarios, no obstante, no se recomienda que el reciclaje químico debido a sus implicancia ambientales y económicas.	Propiedades mecánicas	R. Compresión	10 Kg/cm <sup>2</sup>	Observación directa y revisión documentaria.  Fichas de observación y equipos de laboratorio.	%	Variable numérica	De razón
				R. Flexión	Kg/cm <sup>2</sup>				
				R. Tracción	Kg/cm <sup>2</sup>				
			Propiedades físicas	Módulo de Elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>				
				Contenido de humedad	%				
				Densidad	gr/cm <sup>3</sup>				
				Peso Unitario	Kg/cm <sup>3</sup>				
Porcentajes de sustitución	5	%							
	10	%							
	15	%							

## 2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

### Población

Está desarrollada por probetas las que están diseñadas para esfuerzos a compresión equivalentes a 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto patrón (sin adición polietileno expandido y sin adición de plástico reciclado), como del concreto incorporado con polietileno expandido y con plástico reciclado, ambos en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20%.

### Muestra

Comprendió un total de 756 muestras, los cuales se detallan en las siguientes tablas, compresión (tabla 6), flexión (tabla 7), tracción (tabla 8) y módulo de elasticidad (tabla 9), tal y como lo recomiendan en su investigación [64] el cual recomienda para un mejor conocimiento de estas propiedades.

**Tabla VI**  
*Muestras - Resistencia a la compresión.*

Diseño	Denominación	Resistencia a la compresión (f'c)		
		210	280	Subtotal
		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
Concreto patrón sin polietileno expandido y sin plástico reciclado	CP+0%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 5%	CP+5%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 10%	CP+10%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 15%	CP+15%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 20%	CP+20%PE	15	15	30
Concreto patrón con plástico reciclado al 5%	CP+5%PR	15	15	30

Concreto patrón con plástico reciclado al 10%	CP+10%PR	15	15	30
Concreto patrón con plástico reciclado al 15%	CP+15%PR	15	15	30
Concreto patrón con plástico reciclado al 20%	CP+20%PR	15	15	30
Total, de muestras				270

Nota: Se evidencia el número de probetas o modelos <sup>7</sup> de concreto para las resistencias a compresión  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla VII**  
Muestras - Resistencia a la flexión.

Diseño	Denominación	Resistencia a la flexión (Mr)		Subtotal
		210 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	
Concreto patrón sin polietileno expandido y sin plástico reciclado	CP+0%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 5%	<sup>12</sup> CP+5%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 10%	CP+10%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 15%	CP+15%PE	15	15	30
Concreto patrón con polietileno expandido al 20%	CP+20%PE	15	15	30
Concreto patrón con plástico reciclado al 5%	CP+5%PR	15	15	30
Concreto patrón con plástico reciclado al 10%	CP+10%PR	15	15	30
Concreto patrón con plástico reciclado al 15%	CP+15%PR	15	15	30

Concreto patrón con plástico reciclado al 20%	CP+20%PR	15	15	30
Total de muestras			270	

Nota: Se evidencia el número de probetas o modelos de concreto para las resistencias a flexión  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla VIII**  
Muestras - Resistencia a la tracción.

Diseño	Denominación	Resistencia a la tracción (T)		
		210 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	Subtotal
Concreto patrón sin polietileno expandido y sin plástico reciclado	CP+0%PE	9	9	18
Concreto patrón con polietileno expandido al 5%	CP+5%PE	9	9	18
Concreto patrón con polietileno expandido al 10%	CP+10%PE	9	9	18
Concreto patrón con polietileno expandido al 15%	CP+15%PE	9	9	18
Concreto patrón con polietileno expandido al 20%	CP+20%PE	9	9	18
Concreto patrón con plástico reciclado al 5%	CP+5%PR	9	9	18
Concreto patrón con plástico reciclado al 10%	CP+10%PR	9	9	18
Concreto patrón con plástico reciclado al 15%	CP+15%PR	9	9	18

Concreto patrón con plástico reciclado al 20%	CP+20%PR	9	9	18
Total de muestras				162

Nota: Se evidencia el número de probetas o modelos de concreto para las resistencias a la tracción  $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla IX**  
Muestras – Módulo de elasticidad.

Diseño	Denominación	Módulo de elasticidad (Ec)		
		210 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	Subtotal
Concreto patrón sin polietileno expandido y sin plástico reciclado	CP+0%PE	3	3	6
Concreto patrón con polietileno expandido al 5%	CP+5%PE	3	3	6
Concreto patrón con polietileno expandido al 10%	CP+10%PE	3	3	6
Concreto patrón con polietileno expandido al 15%	CP+15%PE	3	3	6
Concreto patrón con polietileno expandido al 20%	CP+20%PE	3	3	6
Concreto patrón con plástico reciclado al 5%	CP+5%PR	3	3	6
Concreto patrón con plástico reciclado al 10%	CP+10%PR	3	3	6
Concreto patrón con plástico reciclado al 15%	CP+15%PR	3	3	6

Concreto patrón con plástico reciclado al 20%	CP+20%PR	3	3	6
Total de muestras				54

Nota: Se evidencia el número de probetas o modelos de concreto para las determinar el módulo de elasticidad.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnicas de recolección de datos

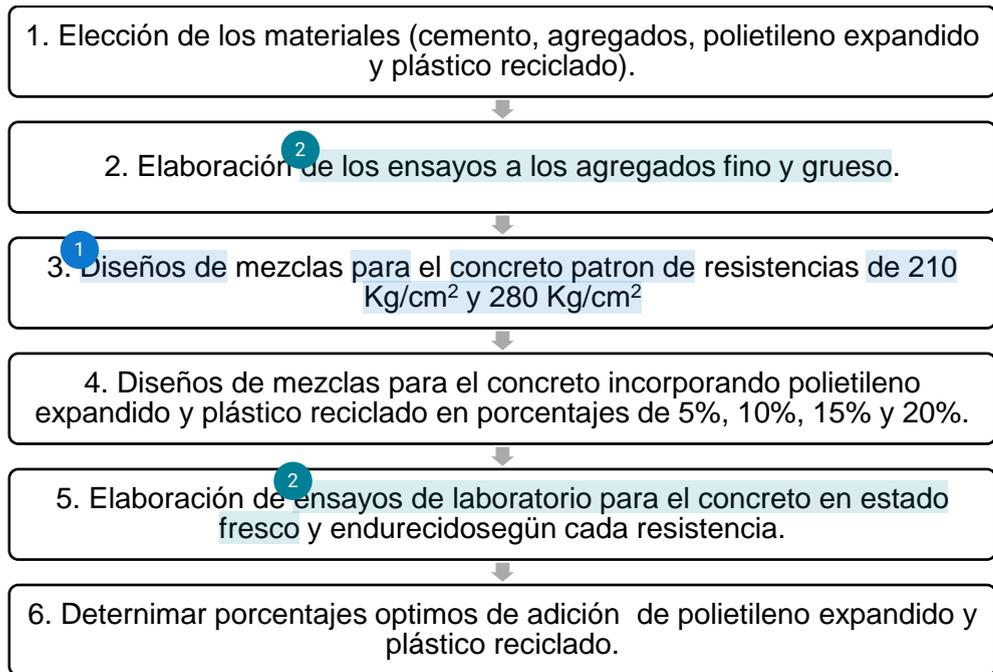
Se emplearon los métodos de recolección, la observación directa fue una de ellas donde se analizaron los ensayos de laboratorio, además de revisar documentos referentes al tema de investigación, tales como tesis, artículos o normativas.

### Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se emplearon, para este fin, el juicio de 5 ingenieros colegiados, los mismos que están detallados en el Anexo N° LXXXVIII y la calibración de equipos detallada en el Anexo N° LXXXIX, para una mayor confiabilidad de resultados.

## 2.5 Procedimiento de análisis de datos

En la fig. 20. Se detalla el procedimiento utilizado para la recolección, desarrollo e interpretación de los resultados.



**Fig. 20.** Diagrama de flujo utilizado en el proceso del proyecto de investigación

Adaptada de [49] y [65].

## 2.6 Criterios éticos

Establecidos de acuerdo con lo establecido en los Artículos 5 y 6 del Código de Ética en Investigación de la USS S.A.C., considerando la competencia profesional y científica, en la que el investigador tiene la capacidad intelectual para la elaboración del presente trabajo científico aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional,

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

A partir del **primer objetivo específico**, se tuvo como resultado el concreto patrón con un enfoque  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  (Tabla 10) y  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$  (Tabla 11).

**Tabla X**  
Diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Parámetro	Cemento (Bls)	Arena ( $\text{m}^3$ )	Piedra ( $\text{m}^3$ )	Agua (Lts)	Unidad
En peso para $1 \text{ pie}^3$	1	1.73	2.11	21.95	Lts/ $\text{pie}^3$
En volumen para $1 \text{ pie}^3$	1	1.82	2.33	21.95	Lts/ $\text{pie}^3$

En la Tabla X. Se manifiestan los resultados obtenidos luego de realizar el diseño de mezcla mostrando las proporciones de arena, piedra y agua en peso y en volumen por bolsa de cemento para una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla XI**  
Diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Parámetro	Cemento (Bls)	Arena ( $\text{m}^3$ )	Piedra ( $\text{m}^3$ )	Agua (Lts)	Unidad
En peso para $1 \text{ pie}^3$	1	1.36	1.66	17.93	Lts/ $\text{pie}^3$
En volumen para $1 \text{ pie}^3$	1	1.43	1.83	17.93	Lts/ $\text{pie}^3$

En la Tabla XI. Se manifiestan los resultados obtenidos luego de realizar el diseño de mezcla mostrando las proporciones de arena, piedra y agua en peso y en volumen por bolsa de cemento para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

Según el **segundo objetivo específico**, se obtuvo el diseño de mezcla con la adición de polietileno expandido (PE).

**Tabla XII**  
Diseño  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  con PE.

Material	Condición	Proporciones para $210 \text{ Kg/cm}^2$
----------	-----------	---

		AI 5%	AI 10%	AI 15%	AI 20%
Cemento	Peso	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
	Volumen	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
Arena	Peso	1.46 Kg	1.42 Kg	1.41 Kg	1.23 Kg
	Volumen	1.53 m <sup>3</sup>	1.49 m <sup>3</sup>	1.49 m <sup>3</sup>	1.30 m <sup>3</sup>
Piedra	Peso	1.78 Kg	1.73 Kg	1.73 Kg	1.51 Kg
	Volumen	1.96 m <sup>3</sup>	1.91 m <sup>3</sup>	1.91 m <sup>3</sup>	1.66 m <sup>3</sup>
Agua (Lts/pie <sup>3</sup> )	Peso	21.33 Lts	21.30 Lts	21.29 Lts	21.10 Lts
	Volumen	21.33 Lts	21.30 Lts	21.29 Lts	21.10 Lts

1 En la Tabla XII. Se manifiestan los resultados obtenidos luego de realizar el diseño de mezcla al incorporar porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de polietileno expandido, mostrándose las proporciones de arena, piedra y agua en peso y en volumen por bolsa de cemento para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y para cada porcentaje adicionado.

15 **Tabla XIII**  
Diseño  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$  con PE.

Material	Condición	Proporciones para 280 Kg/cm <sup>2</sup>			
		AI 5%	AI 10%	AI 15%	AI 20%
Cemento	Peso	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
	Volumen	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
Arena	Peso	1.13 Kg	1.10 Kg	1.10 Kg	0.95 Kg
	Volumen	1.19 m <sup>3</sup>	1.16 m <sup>3</sup>	1.16 m <sup>3</sup>	1.00 m <sup>3</sup>
Piedra	Peso	1.38 Kg	1.35 Kg	1.34 Kg	1.16 Kg
	Volumen	1.53 m <sup>3</sup>	1.49 m <sup>3</sup>	1.48 m <sup>3</sup>	1.28 m <sup>3</sup>

Agua (Lts/pie <sup>3</sup> )	Peso	17.46 Lts	17.43 Lts	17.43 Lts	17.27 Lts
	Volumen	17.46 Lts	17.43 Lts	17.43 Lts	17.27 Lts

1 En la Tabla XIII. Se manifiestan los resultados obtenidos luego de realizar el diseño de mezcla al incorporar porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de polietileno expandido, mostrándose las proporciones de arena, piedra y agua en peso y en volumen por 5 bolsa de cemento, para una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> y para cada porcentaje adicionado.

De acuerdo con el **tercer objetivo específico**, se obtuvo el diseño con la incorporación de plástico reciclado (PR).

21 **Tabla XIV**  
Diseño  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  con PR.

Material	Condición	Proporciones para 210 Kg/cm <sup>2</sup>			
		Al 5%	Al 10%	Al 15%	Al 20%
Cemento	Peso	4 1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
	Volumen	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
Arena	Peso	1.51 Kg	1.48 Kg	1.47 Kg	1.29 Kg
	Volumen	1.59 m <sup>3</sup>	1.56 m <sup>3</sup>	1.55 m <sup>3</sup>	1.36 m <sup>3</sup>
Piedra	Peso	47 1.85 Kg	1.81 Kg	1.80 Kg	1.58 Kg
	Volumen	2.03 m <sup>3</sup>	1.99 m <sup>3</sup>	1.98 m <sup>3</sup>	1.73 m <sup>3</sup>
Agua (Lts/pie <sup>3</sup> )	Peso	21.45 Lts	21.42 Lts	21.40 Lts	21.19 Lts
	Volumen	21.45 Lts	21.42 Lts	21.40 Lts	21.19 Lts

2 En la Tabla XIV. Se manifiestan los resultados obtenidos luego de realizar el 43 diseño de mezcla al incorporar porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de plástico reciclado, mostrándose las proporciones de arena, piedra y agua en peso y en

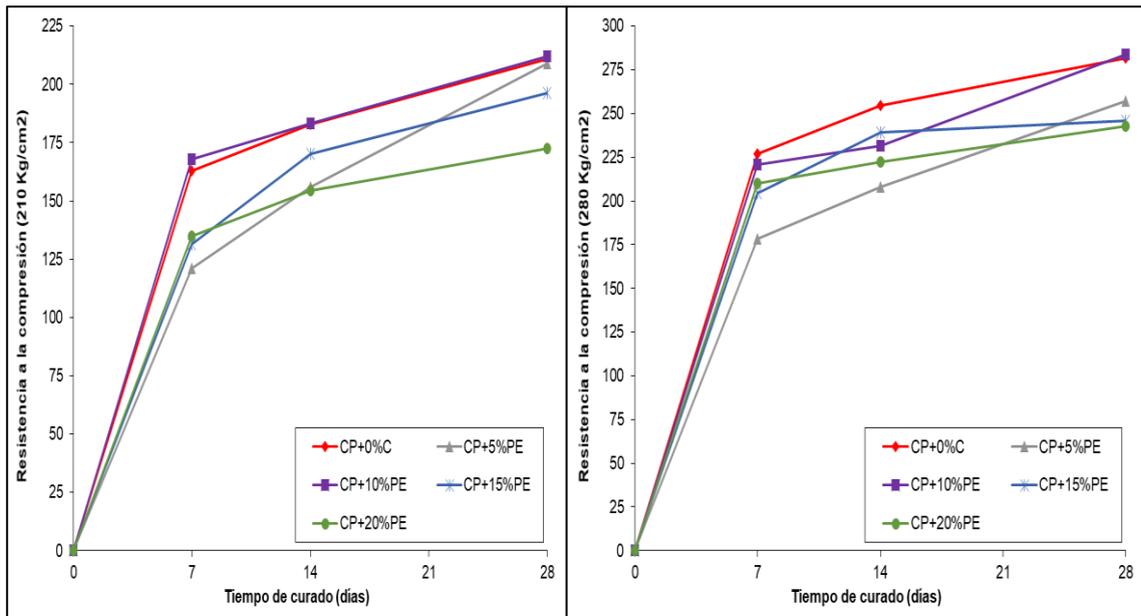
volumen por bolsa de cemento para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y para cada porcentaje adicionado.

**Tabla XV**  
Diseño  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$  con PR.

Material	Condición	Proporciones para 210 Kg/cm <sup>2</sup>			
		AI 5%	AI 10%	AI 15%	AI 20%
Cemento	Peso	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
	Volumen	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls	1.00 bls
Arena	Peso	1.18 Kg	1.15 Kg	1.15 Kg	1.00 Kg
	Volumen	1.24 m <sup>3</sup>	1.21 m <sup>3</sup>	1.21 m <sup>3</sup>	1.05 m <sup>3</sup>
Piedra	Peso	1.44 Kg	1.41 Kg	1.40 Kg	1.22 Kg
	Volumen	1.59 m <sup>3</sup>	1.55 m <sup>3</sup>	1.54 m <sup>3</sup>	1.35 m <sup>3</sup>
Agua (Lts/pie <sup>3</sup> )	Peso	17.55 Lts	17.51 Lts	17.51 Lts	17.33 Lts
	Volumen	17.55 Lts	17.51 Lts	17.51 Lts	17.33 Lts

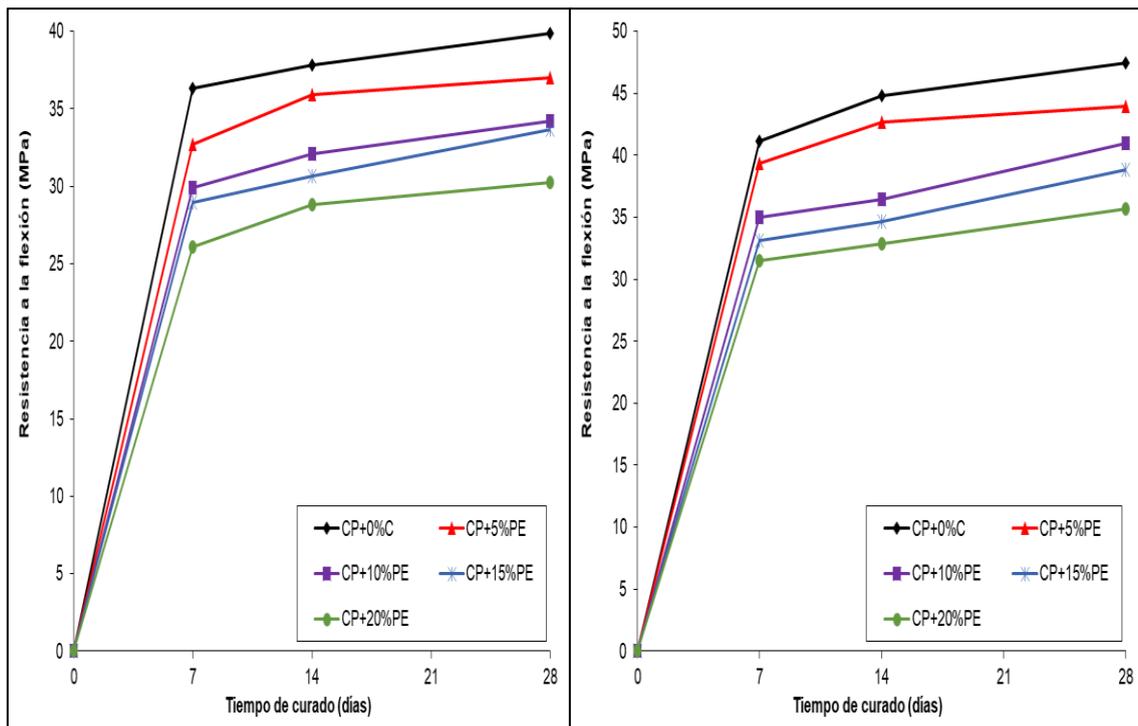
En la Tabla XV. Se manifiestan los resultados obtenidos luego de realizar el diseño de mezcla al incorporar porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de plástico reciclado, mostrándose las proporciones de arena, piedra y agua en peso y en volumen por bolsa de cemento para una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> y para cada porcentaje adicionado.

En concordancia al **cuarto objetivo específico**, se muestra la resistencia a la compresión (fig. 21), flexión (fig. 22), tracción (fig. 23) y módulo de elasticidad (fig. 24) con los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20 % de adición de polietileno expandido.



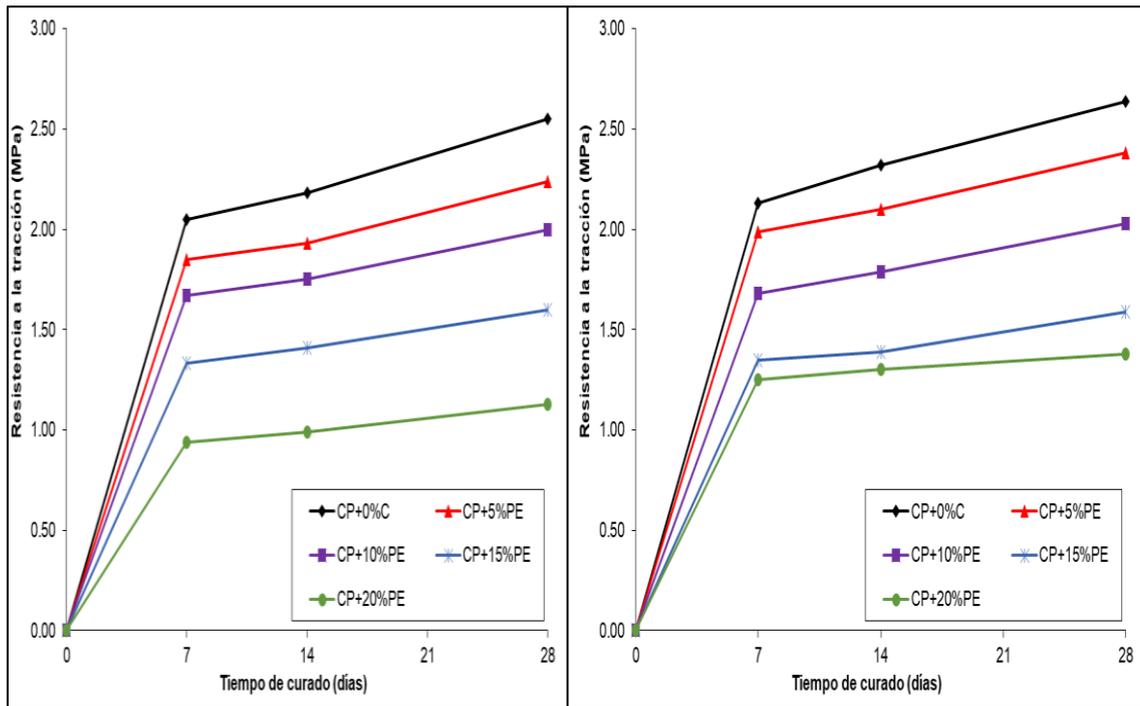
**Fig. 21.** Resistencia a la compresión para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> – PE

En la Fig. 21. Se aprecia los resultados obtenidos luego de ensayar los concretos para a esfuerzos de compresión, evidenciándose un concreto con tendencia favorable al incorporar el 10% de PE para ambos diseños alcanzando valores de 212.13 kg/cm<sup>2</sup> y 285.51 kg/cm<sup>2</sup>, superando así a los concretos de diseño, se adjunta el detalle de los resultados en la sección de anexos.



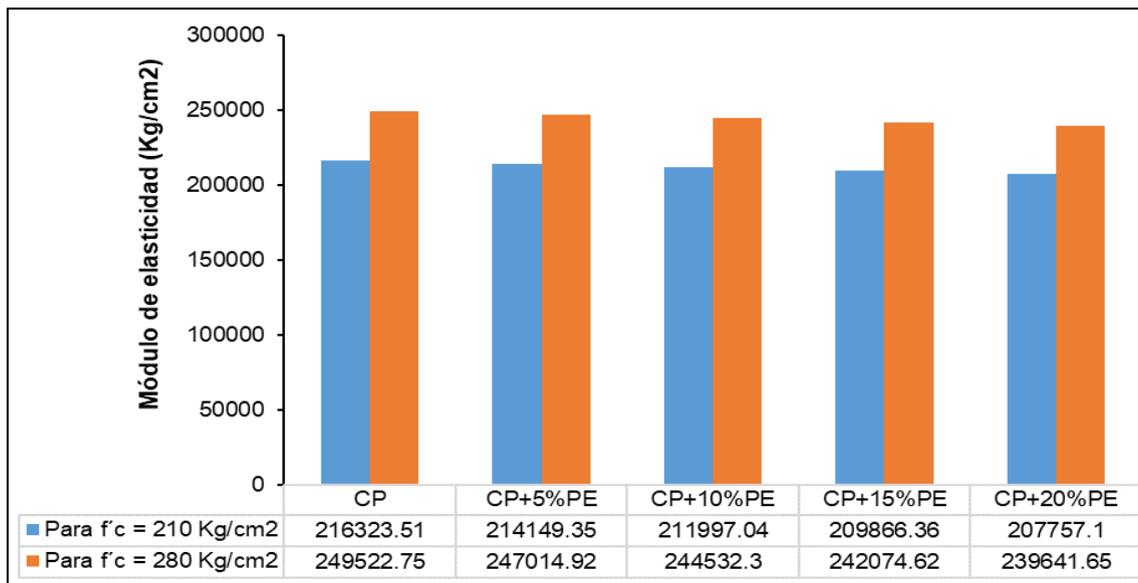
**Fig. 22.** Resistencia a la flexión para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> - PE

En la Fig. 22. Se aprecia los resultados obtenidos luego de ensayar los concretos de diseño  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para una resistencia a la flexión evidenciándose un concreto con tendencia favorable al incorporar el 10% de PE para ambos diseños alcanzando valores de 289.29 kg/cm<sup>2</sup> y 448.17 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, sin embargo, no logran superar a los concretos de diseño, se adjunta el detalle de los resultados en la sección de anexos.



**Fig. 23.** Resistencia a la tracción para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> - PE

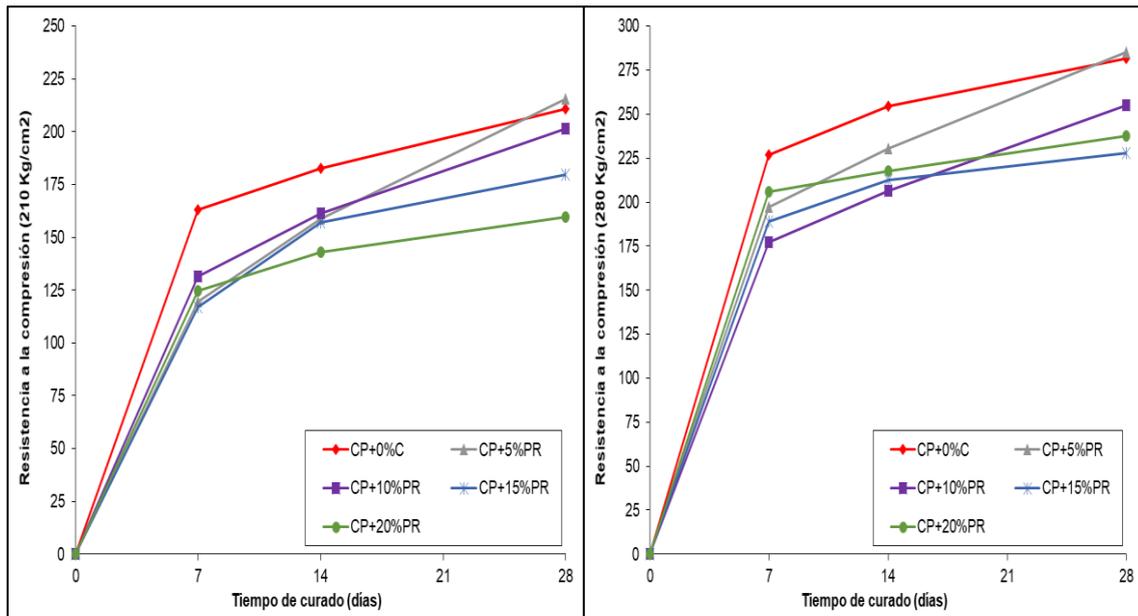
En la Fig. 23. Se aprecia los resultados obtenidos luego de ensayar los concretos de diseño  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para una resistencia a la tracción manteniendo la tendencia que al incorporar el 10% de PE para ambos diseños se logra alcanza valores de  $26 \text{ kg/cm}^2$  y  $26.81 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, sin embargo, no logran superar a los concretos de diseño, se adjunta el detalle de los resultados en la sección de anexos.



**Fig. 24.** Módulo de elasticidad - PE

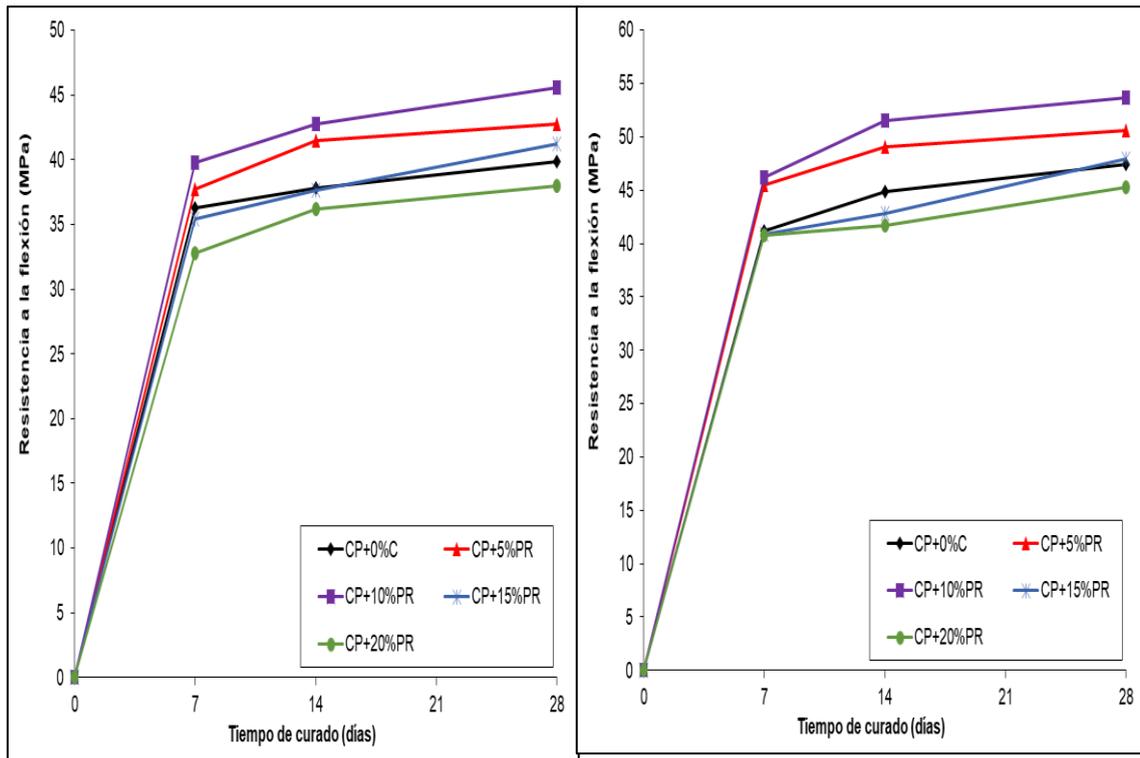
En la Fig. 24. Se aprecia los resultados obtenidos del módulo de elasticidad luego de ensayar los concretos de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , manteniendo la tendencia que al incorporar el 10% de PE para ambos diseños se logra alcanza valores de  $214149.35 \text{ kg/cm}^2$  y  $244532.30 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, sin embargo, no logran superar a los concretos de diseño, se adjunta el detalle de los resultados en la sección de anexos.

En cuanto al **quinto objetivo específico**, se muestra los esfuerzos a compresión (fig. 25), flexión (fig. 26), tracción (fig. 27) y módulo de elasticidad (fig. 28) con las dosificaciones de 5%, 10%, 15% y 20 % de adición de plástico reciclado.



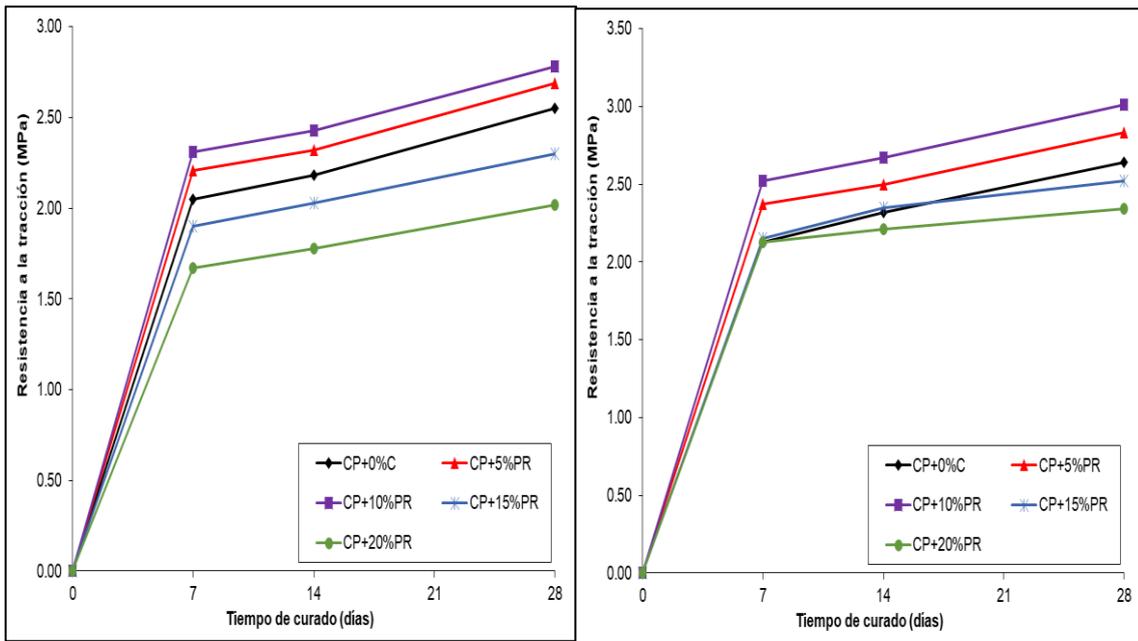
**Fig. 25.** Resistencia a la compresión para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> – PR.

En la Fig. 25. Se aprecia los resultados obtenidos luego de ensayar los concretos de diseño, para los ensayos de esfuerzos a la compresión evidenciándose un concreto con tendencia favorable al incorporar el 5% de PR para ambos diseños con 215.35 kg/cm<sup>2</sup> y 285.19 kg/cm<sup>2</sup>, logrando así superar a los concretos de diseño, se adjunta el detalle de los resultados en la sección de anexos.



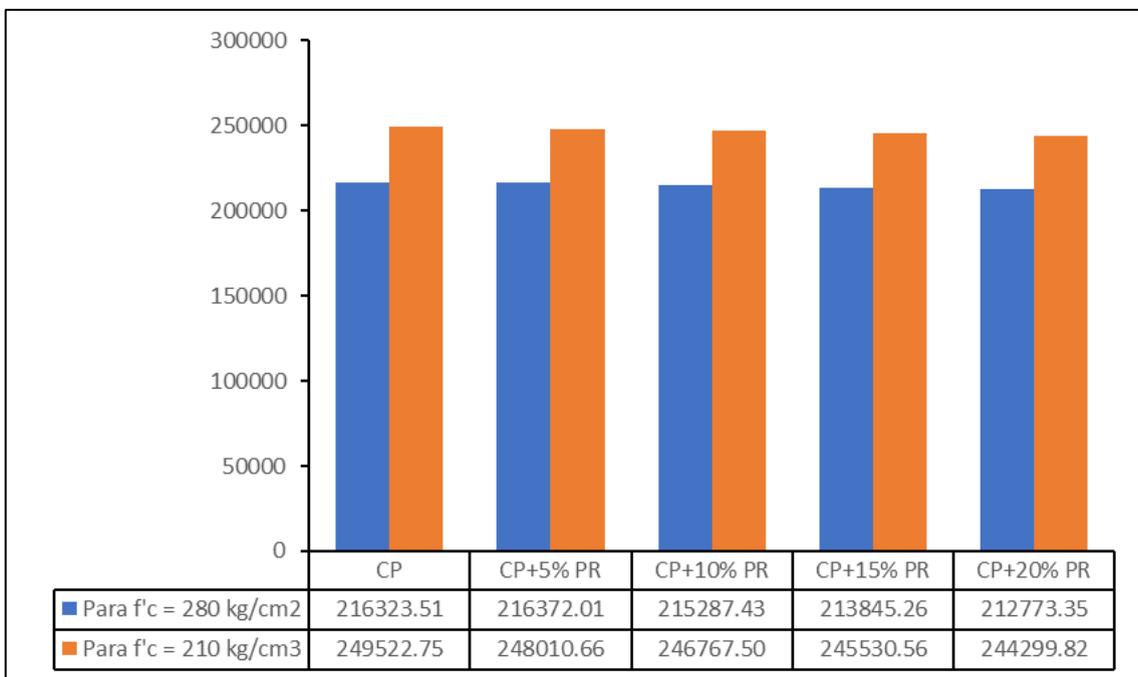
**Fig. 26.** Resistencia a la flexión para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> - PR

En la Fig. 26. Se aprecia los resultados obtenidos luego de ensayar los concretos de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para los esfuerzos a flexión evidenciándose un concreto con tendencia favorable al incorporar el 10% de PR para ambos diseños alcanzando valores de 45.56 MPa y 53.63 MPa.



**Fig. 27.** Resistencia a la tracción para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> - PR

En la Fig. 27. Se aprecia los resultados obtenidos luego de ensayar los concretos de diseño  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para el ensayo a tracción donde se obtuvo 2.78 MPa y 3.01 MPa, siendo el porcentaje optimo el 10% de PR.



**Fig. 28.** Módulo de elasticidad - PR

### 3.2. Discusión

**Objetivo General,** la investigación presentó un aumento de las propiedades mecánicas en el concreto, cuando se incorporó PE en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% así como en la adición de PET, presentado un incremento cuando se iba añadiendo porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, es así como se mejora el concreto con la incorporación de los residuos antes mencionados, [33] en su investigación usa PE en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% identificando así el mismo comportamiento, debido a que evidencio un incremento en sus propiedades mecánicas al incorporar este residuo, con ello presenta excelentes resultados mejorando las propiedades mecánicas del concreto. Así mismo la investigación de [49] experimento con 5%, 10%, 15%, 20% de PET donde presento incrementos similares para las propiedades mecánicas del concreto, al disminuir la incorporación de PET para finalmente obtener mejoras en sus propiedades mecánicas.

**Primer objetivo específico,** para la preparación de los diseños de mezcla para el concreto patrón con resistencias  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y un de  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizó la recomendación del ACI, donde se indican los parámetros a seguir para obtener la resistencia que requiere, obteniendo los valores de Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 1.73 – 2.11 – 21.95 y 1 – 1.36 – 1.66 – 17.93; a su vez se pudo comparar con el autor [33] que obtuvo resultados de Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 2.30 – 2.36 – 28.9 y 1 – 1.81 – 1.99 – 24.5, variación producida por las discrepancias en las propiedades de agregados utilizados.

**Segundo objetivo específico,** se procedió con la ejecución de los diseños de mezcla con 04 dosificaciones para la variable polietileno expandido con los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, obteniéndose como resultado Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 1.46 – 1.78 – 21.33, 1 – 1.42 – 1.73 – 21.30, 1 – 1.41 – 1.73 – 21.29, 1 – 1.23 – 1.51 – 21.10,

1 y Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 1.13 – 1.38 – 17.46, 1 – 1.10 – 1.35 – 17.43, 1 – 1.10 – 1.34 – 17.43, 1 – 0.95 – 1.16 – 17.27, para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, dichos resultados difieren con los obtenidos por el autor [33], que utilizo porcentajes similares de 5%, 10%, 15% y 20%, que obtuvo 1 Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 2.30 – 2.36 – 28.9, 1 – 2.30 – 2.35 – 28.9, 1 – 2.30 – 2.35 – 28.9, para 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 1 – 1.81 – 1.99 – 24.5, 1 – 1.81 – 1.99 – 24.5, 1 – 1.81 – 1.99 – 24.5, para 280 kg/cm<sup>2</sup> variación producida debido a que solamente hizo sustitución del agregado grueso e hizo uso de polietileno en fibras.

**Tercer objetivo específico**, se procedió con la ejecución de los diseños de mezcla con 04 dosificaciones para la variable plástico reciclado con los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, obteniéndose como resultado 1 Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 1.51 – 1.85 – 21.45, 1 – 1.48 – 1.81 – 21.42, 1 – 1.47 – 1.80 – 21.40, 1 – 1.29 – 1.58 – 21.19 y 1 Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso: 1 – 1.18 – 1.44 – 17.55, 1 – 1.15 – 1.41 – 17.51, 1 – 1.15 – 1.40 – 17.51, 1 – 1.00 – 1.22 – 17.33, para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados difieren con los obtenidos por el autor [35], quien obtuvo Cemento–Arena–Piedra–Agua en peso para una probeta: 2.52 – 1.45 – 4.78 – 5.06, 2.52 – 1.45 – 4.78 – 4.95, 2.52 – 1.45 – 4.78 – 4.84 evaluando solo para 210 kg/cm<sup>2</sup> y debido a que utilizo porcentajes de 6%, 12% y 18% de plásticos reciclados de alta densidad.

**Cuarto objetivo específico**, respecto a los ensayos realizaron al polietileno expandido, para el tema de la resistencia a la compresión, se consiguieron resultado favorables hasta alcanzar un valor de 212 kg/cm<sup>2</sup> y 285 kg/cm<sup>2</sup> al incorporar el 10% de PE, similares a lo obtenido por [33] quien tuvo valores promedios de 217 kg/cm<sup>2</sup> y 283 Kg/cm<sup>2</sup> con el 5% de PE, debido a que solo realizo sustitución parcial en el agregado grueso. Para la resistencia flexión se alcanzaron valores de 289 kg/cm<sup>2</sup> y 448 Kg/cm<sup>2</sup> observando una reducción similar a la obtenida por [55] que fueron de 290 kg/cm<sup>2</sup> y 449 kg/cm<sup>2</sup> de similar manera para la resistencia a la tracción los valores obtenidos de 26 kg/cm<sup>2</sup> y 26.81 kg/cm<sup>2</sup>

presenta una reducción en comparación al concreto patrón evidenciando este mismo hecho en los obtenidos por [58]; debido a la falta de adherencia entre el PE y el concreto resultando en una débil resistencia. Para el módulo de elasticidad, lo obtenido fue de 214 149.35 kg/cm<sup>2</sup> y 244 532.30 kg/cm<sup>2</sup> muestran una reducción a comparación del concreto patrón, una mengua similar en sus resultados obtuvo los autores [33] y [61] mencionando que el tamaño de la fibra de polietileno tiene una influencia directa en la diferenciación de las propiedades mecánicas del concreto.

**Quinto objetivo específico**, respecto a los ensayos realizados al plástico reciclado, para la resistencia a la compresión se consiguieron resultados favorables hasta alcanzar un valor de 215 Kg/cm<sup>2</sup> y 285 kg/cm<sup>2</sup> al incorporar el 5% de PR, por su parte, [37] obtuvo valores similares de 215 kg/cm<sup>2</sup> y 287 Kg/cm<sup>2</sup> al emplear 5% de PR. Para la resistencia flexión y tracción se consiguieron valores de 464 kg/cm<sup>2</sup> y 546 Kg/cm<sup>2</sup> y 28.3 kg/cm<sup>2</sup> y 30.69 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, utilizando 10% de PR, mostrando una gran mejora en relación con el concreto patrón, estos resultados poseen relación análoga con los trabajos de investigación de [35, 37] quienes indicaron que el 10% de PR aumentaba significativamente la resistencia a la flexión y tracción. Por otro lado, para el módulo de elasticidad los valores obtenidos para el 5%, 10%, 15% y 20% de PR muestran una reducción similar a los obtenidos por los autores [36] y [40] quienes mencionan que el porcentaje de adición de PR debe ser menor a 6% para un mejor desempeño en las propiedades mecánicas.

**Sexto objetivo específico**, luego de comparar e interpretar los resultados; el porcentaje óptimo de PE sucedió al incorporar el 10%, a su vez los autores [38], indican que la incorporación de este material se encuentra en un porcentaje óptimo que varía entre el 5% y el 10% de PE, concluyen en que la adición de polietileno expandido va a depender de la cantidad que se vaya a incorporar, el tamaño de las fibras a utilizar y la resistencia que se desea lograr. A su vez, para el caso del plástico reciclado el porcentaje óptimo se encontró al incorporar el 5% de PR, confirmando lo referido por los autores [42] y [43], los cuales obtuvieron resultados favorables al utilizar del 5% hasta el 10% de PR.

## 2 IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se concluye luego de estudiar e interpretar los resultados conseguidos en el presente trabajo que la adición de la variable Polietileno Expandido en un 5%, 10%, 15% y 20% mejoran parcialmente las propiedades mecánicas del concreto y la adición de Plástico reciclado e 5%, 10%, 15% y 20% mejoran significativamente las propiedades mecánicas del concreto.

- Se realizó el diseño de mezcla con un diseño patrón, satisfaciendo lo recomendado por las normas técnicas, comité del ACI 211, obteniéndose la dosificación de 1 – 1.73 – 2.11 – 21.95 y 1 – 1.36 – 1.66 – 17.93 (Cemento – Arena – Piedra – Agua, en peso) para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 1 – 2.30 – 2.36 – 28.9 y 1 – 1.81 – 1.99 – 24.5 (Cemento – Arena – Piedra – Agua, en peso) para 280 kg/cm<sup>2</sup>.

- Se establecieron en total 08 mezclas de concreto para las resistencias requeridas, con porcentajes de polietileno expandido de 5%, 10%, 15% y 20%, obteniendo las dosificaciones de 1 – 1.46 – 1.78 – 21.33, 1 – 1.42 – 1.73 – 21.30, 1 – 1.41 – 1.73 – 21.29, 1 – 1.23 – 1.51 – 21.10 (Cemento – Arena – Piedra – Agua, en peso) para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 1 – 1.13 – 1.38 – 17.46, 1 – 1.10 – 1.35 – 17.43, 1 – 1.10 – 1.34 – 17.43, 1 – 0.95 – 1.16 – 17.27 (Cemento – Arena – Piedra – Agua, en peso) para 280 kg/cm<sup>2</sup>.

- Se establecieron en total 08 mezclas de concreto para las resistencias que han sido estudiadas con dosificaciones de plástico reciclado de 5%, 10%, 15% y 20%, 1 – 1.51 – 1.85 – 21.45, 1 – 1.48 – 1.81 – 21.42, 1 – 1.47 – 1.80 – 21.40, 1 – 1.29 – 1.58 – 21.19 (Cemento – Arena – Piedra – Agua, en peso) para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 1 – 1.18 – 1.44 – 17.55, 1 – 1.15 – 1.41 – 17.51, 1 – 1.15 – 1.40 – 17.51, 1 – 1.00 – 1.22 – 17.33 (Cemento – Arena – Piedra – Agua, en peso) para 280 kg/cm<sup>2</sup>.

- Se realizó los ensayos del polietileno expandido con porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, consiguiendo la conclusión que mejoran ligeramente las

propiedades mecánicas del concreto consiguiendo una mejora de la resistencia a la compresión alcanzado valores de 212.13 y 285.51 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, estando por encima del CP y una mengua significativa en la flexión, tracción y compresión.

- Se realizó los ensayos del plástico reciclado con porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% para 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, llegando a la conclusión que mejoran considerablemente las propiedades mecánicas del concreto obteniendo una mejora en la resistencia a la compresión, flexión y tracción alcanzado valores de 215.35 y 285.19 kg/cm<sup>2</sup>, 464 y 546 kg/cm<sup>2</sup> y 28.3 y 30.69 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, estando por encima del CP y una ligera baja en el módulo de elasticidad.

- Los valores obtenidos en la presente investigación, concluyen que la incorporación de 10% de PE mejora las propiedades mecánicas del concreto, y para el PR se obtuvo que al adicionar 5% se obtiene una mejora sustancial en las propiedades mecánicas del concreto.

## 4.2. Recomendaciones

- Es recomendable la utilización de la variable Polietileno Expandido y Plástico Reciclado ya que como se evidenció en este estudio con el tipo de materiales usados influyen de manera efectiva en las propiedades mecánicas del concreto al ser utilizado en bajas dosificaciones.

- Es recomendable utilizar diferentes diseños de mezcla para comprobar la aplicación de esta variable en otras resistencias, con el fin de tener un conocimiento más amplio a lo establecido en la presente investigación.

- Se recomienda incorporar proporciones entre 5% y 10% de polietileno expandido debido a que este material voluminoso al ser incorporado en grandes cantidades puede ocasionar una desviación en las dosificaciones para el diseño de mezcla, provocando un diseño deficiente.

- Es recomendable incorporar menores proporciones a 5% de plástico reciclado debido a que en esta cantidad se encontró el porcentaje óptimo en el presente estudio, sin embargo, se

puede deducir que al disminuir el porcentaje de plástico reciclado podemos obtener diseños de mezcla mucho más favorables.

- Lo recomendable es utilizar bajas dosificaciones de polietileno expandido, para garantizar un buen manejo <sup>3</sup> de las propiedades físicas del concreto en estado fresco, con esto podemos tener la certeza que el concreto en sus características mecánicas tendrá un mejor comportamiento.

- Se recomienda que al utilizar la variable plástico reciclado, este tenga una dosificación baja como se realizó en el presente estudio al evidenciarse que bajas presencias de PR de en los ensayos mecánicos superan al concreto patrón.

- Con el presente estudio se recomienda el uso de 10% de PE y 5% de PR para lograr <sup>1</sup> la mejora de las propiedades mecánicas del concreto.

## REFERENCIAS

## ● 18% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>hdl.handle.net</b> Internet	5%
2	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Internet	4%
3	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Internet	<1%
4	<b>Universidad Tecnologica del Peru on 2022-11-28</b> Submitted works	<1%
5	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Internet	<1%
6	<b>docplayer.es</b> Internet	<1%
7	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Internet	<1%
8	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-11-28</b> Submitted works	<1%

9	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-02</b> Submitted works	<1%
10	<b>scribd.com</b> Internet	<1%
11	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-11-16</b> Submitted works	<1%
12	<b>University of Maryland, University College on 2018-10-04</b> Submitted works	<1%
13	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-12</b> Submitted works	<1%
14	<b>vitis.lt</b> Internet	<1%
15	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-06</b> Submitted works	<1%
16	<b>Universidad Señor de Sipan on 2023-07-23</b> Submitted works	<1%
17	<b>patents.google.com</b> Internet	<1%
18	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-11-23</b> Submitted works	<1%
19	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-10-18</b> Submitted works	<1%
20	<b>Universidad San Ignacio de Loyola on 2022-02-22</b> Submitted works	<1%

21	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-11-29</b>	<1%
	Submitted works	
22	<b>tesis.usat.edu.pe</b>	<1%
	Internet	
23	<b>uncedu on 2023-11-23</b>	<1%
	Submitted works	
24	<b>researchgate.net</b>	<1%
	Internet	
25	<b>Indiana University on 2023-07-17</b>	<1%
	Submitted works	
26	<b>colposdigital.colpos.mx:8080</b>	<1%
	Internet	
27	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-06</b>	<1%
	Submitted works	
28	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-03-19</b>	<1%
	Submitted works	
29	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-12-01</b>	<1%
	Submitted works	
30	<b>pt.scribd.com</b>	<1%
	Internet	
31	<b>repositorio.ufla.br</b>	<1%
	Internet	
32	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-08-01</b>	<1%
	Submitted works	

33	<b>Universidad Continental on 2018-11-12</b>	<1%
	Submitted works	
34	<b>Universidad Ricardo Palma on 2018-11-02</b>	<1%
	Submitted works	
35	<b>Universidad Ricardo Palma on 2020-12-17</b>	<1%
	Submitted works	
36	<b>repositorio.unamba.edu.pe</b>	<1%
	Internet	
37	<b>Corporación Universitaria Remington on 2023-11-15</b>	<1%
	Submitted works	
38	<b>Thomas Robin, Michel Bierlaire, Javier Cruz. "Dynamic facial expressio...</b>	<1%
	Crossref	
39	<b>Universidad Andina del Cusco on 2017-05-12</b>	<1%
	Submitted works	
40	<b>Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo on 2023-07-14</b>	<1%
	Submitted works	
41	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-01</b>	<1%
	Submitted works	
42	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-08-14</b>	<1%
	Submitted works	
43	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-09-23</b>	<1%
	Submitted works	
44	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-07-14</b>	<1%
	Submitted works	

45	<b>Universidad Santo Tomas on 2021-11-19</b>	<1%
	Submitted works	
46	<b>Universidad Tecnologica de los Andes on 2023-08-21</b>	<1%
	Submitted works	
47	<b>University of Witwatersrand on 2013-04-28</b>	<1%
	Submitted works	
48	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b>	<1%
	Internet	
49	<b>nagglerhof.com</b>	<1%
	Internet	
50	<b>Escuela Politecnica Nacional on 2015-09-11</b>	<1%
	Submitted works	
51	<b>Submitted on 1689259418675</b>	<1%
	Submitted works	
52	<b>Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2021-10-18</b>	<1%
	Submitted works	
53	<b>Universidad Andina del Cusco on 2017-09-06</b>	<1%
	Submitted works	
54	<b>Universidad Andina del Cusco on 2018-06-21</b>	<1%
	Submitted works	
55	<b>Universidad Católica de Santa María on 2015-09-15</b>	<1%
	Submitted works	
56	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2016-06-25</b>	<1%
	Submitted works	

- 57 **Universidad Cesar Vallejo on 2017-04-03** <1%  
Submitted works

---
- 58 **Universidad Cesar Vallejo on 2018-07-27** <1%  
Submitted works

---
- 59 **Universidad Continental on 2022-03-15** <1%  
Submitted works

---
- 60 **Yacila Alvarado, Luciano Jhair|Salsavilca Pomarcahua, Jhoselyn Junny...** <1%  
Publication

---
- 61 **recercat.cat** <1%  
Internet