



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO
CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO
DE POLIETILENO”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
GONZÁLEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

TUTOR:

Ing. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PhD.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2024



UPSE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO
CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO
DE POLIETILENO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO

GONZÁLEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

TUTOR:

Ing. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PhD.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

f. 
Ing. Dennis Rodríguez Suárez, MSc.
DIRECTOR ENCARGADO

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Daniel Campoverde Mg.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Richard Ramírez Palma Mg.
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

*Este proyecto se lo dedico a mis amados padres, por
su apoyo incondicional durante la carrera*

ERICK OSWALDO ALTAMIRANO ESPINOZA

*Este proyecto se lo dedico a mis padres y hermana,
quienes siempre estuvieron apoyándome hasta el final*

PAOLA CAROLINA GONZÁLEZ LINDAO

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO”, elaborado por ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO y GONZALES LINDAO PAOLA CAROLINA estudiantes egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente Tesis, se encuentra con un 10% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto, reporte de similitud.

Atentamente:

f.



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD

C.I. 0911164127

DOCENTE TUTOR



TESIS ALTAMIRANO - GONZALEZ

10%
Textos
sospechosos



10% Similitudes
1% similitudes entre comillas
3% entre las fuentes
mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS ALTAMIRANO - GONZALEZ.docx
ID del documento: e1a23e0e5191f662809a9e4f675390cd045c48
Tamaño del documento original: 792,96 kB

Depositante: LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR
Fecha de depósito: 18/6/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/6/2024

Número de palabras: 17.848
Número de caracteres: 120.423

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4335/1/TESIS%20ALBERTO%20RENAN%20ORTEGA%20CASTR... 38 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (411 palabras)
2	dspace.ups.edu.ec https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17044/1/UPS-51004014.pdf 40 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (263 palabras)
3	dspace.uazuay.edu.ec https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10409/3/1/6036.pdf.txt 41 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (245 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/460005305/1/UPSE-TIC-2020-0006.pdf 37 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (272 palabras)
5	idoc.pub Nte inen 856 2010 Determinación De La Densidad Y Absorción Del Árido... https://idoc.pub/document/5/nte-inen-856-2010-determinacion-de-la-densidad-y-absorcion-del-arido-7... 42 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (237 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #548e5 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	www.redalyc.org Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón... https://www.redalyc.org/journal/5703/570371887003/movul/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
3	repositorio.unicartagena.edu.co https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/11227/16693/1/ENTREGA_FINAL_MONOGRAFIA_TR... 37 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	repositorio.ucsg.edu.ec https://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/18405/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-438.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
5	doi.org Comparison of physical and mechanical properties of traditional concret... https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.3	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.050
2	https://doi.org/10.1520/CD172_C0172M-17
3	https://dspace.uca.edu.ec/items/93f1fb1-bea3-48e9-9afc-d35584de5318
4	https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2769&tipo=doc
5	https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105745

CERTIFICADO DE GRAMATÓLOGÍA

Lda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **"EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO"**, de los estudiantes: **ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO** y **GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 14 de Junio del 2024



Lda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529


LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

DECLARACIÓN DE AUTORÍA


Nosotros, **ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO** y **GONZALES LINDAO PAOLA CAROLINA** declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente a nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f. 

Altamirano Espinoza Erick Oswaldo
C.I. 2400272072
AUTOR DE TESIS

f. 

González Lindao Paola Carolina
C.I. 2450284597
AUTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO”**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, elaborado por los Srs. **ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO** y **GONZALES LINDAO PAOLA CAROLINA**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado la presente Tesis de Grado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD
C.I. 0911164127
DOCENTE TUTOR

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fortaleza y la sabiduría para completar este trabajo de investigación. Su guía y bendiciones han sido fundamentales en cada etapa de este proceso académico.

A mis queridos padres Oswaldo Altamirano López y Leonor Espinoza Álvarez, les agradezco de todo corazón por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios para brindarme la oportunidad de educarme. Su aliento y confianza en mí han sido el motor que me impulsó a alcanzar este logro. Este trabajo es también un testimonio de su dedicación y valores que me han inculcado.

Agradezco a mi hermana Fanny Altamirano que ha sido un pilar fundamental con sus palabras de aliento y su constante ánimo ha sido una fuente de fortaleza para mí en los momentos más desafiantes de esta investigación.

Quiero agradecer a mi enamorada María Roca por creer en mí, tu confianza en mis capacidades ha sido un impulso invaluable en la culminación de este sueño académico. Este logro no habría sido posible sin tu amor, apoyo y comprensión. Estoy profundamente agradecido por tener a alguien tan especial como tú a mi lado.

Agradezco sinceramente a mis respetados profesores y a mi tutora la Ing. Lucrecia Moreno, por su orientación experta, paciencia y enseñanzas profundas que han enriquecido mi conocimiento y han moldeado mi desarrollo académico. Sus consejos y retroalimentación han sido invaluable para mejorar este trabajo.

ERICK OSWALDO ALTAMIRANO ESPINOZA

A la carrera de ingeniería civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por darme todos los conocimientos adquiridos, a mis profesores por la paciencia y aprendizaje. Agradezco a los laboratoristas de la carrera que también nos ayudaron y explicaron los procesos de ensayos para poder realizar bien nuestro desarrollo de tesis.

A la Ingeniera Lucrecia Moreno PhD, por ser mi tutora y darme la confianza para avanzar y poder culminar con éxitos este trabajo, además de sus enseñanzas de cada día, ya que sin ellas no hubiera podido continuar.

Agradezco también a Ismael Zambrano que ha sido un apoyo incondicional en todo el proceso de este arduo trabajo, por estar siempre a mi lado y presto a ayudarme en todo el esfuerzo físico que se necesitó para culminar mi trabajo de tesis.

PAOLA CAROLINA GONZÁLEZ LINDAO

CONTENIDO

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	17
1.1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.2.	ANTECEDENTES.....	20
1.3.	HIPÓTESIS.....	24
1.3.1.	Hipótesis General.....	24
1.3.2.	Hipótesis específicas.....	24
1.4.	OBJETIVOS.....	25
1.4.1.	Objetivo General.....	25
1.4.2.	Objetivos específicos.....	25
1.5.	ALCANCE.....	25
1.6.	VARIABLES.....	26
1.6.1.	Variables independientes.....	26
1.6.2.	Variables Dependientes.....	26
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
2.1.	HORMIGÓN.....	27
2.2.	HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA.....	27
2.3.	COMPONENTES DEL CONCRETO.....	28
2.3.1.	Cemento.....	28
2.3.2.	Cemento Portland.....	29
2.4.	Tipos de Cemento Portland.....	30
2.4.1.	Cemento Hidráulico.....	30
2.5.	Agua.....	32
2.6.	Agregados o Áridos.....	32
2.6.1.	Características de los Agregados.....	33

2.6.2.	Clasificación de los Agregados para hormigón.	34
2.7.	ADITIVOS	38
2.7.1.	ADITIVOS PLASTIFICANTES.	39
2.8.	POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET).	40
2.9.	PROCESO DE ELABORACION DEL CONCRETO CON POLIETILENO DE TEREFTALATO RECICLADO.	41
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.	43
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.1.1.	Tipo de investigación.	43
3.1.2.	Nivel de investigación.....	43
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.2.1.	Método.	44
3.2.2.	Enfoque.	45
3.2.3.	Diseño de la investigación.	45
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	45
3.3.1.	Población.....	45
3.3.2.	Muestra.....	46
3.3.3.	Muestreo.....	46
3.4.	METODOLOGÍA DEL O.E.1.: DISEÑAR DOSIFICACIONES DE HORMIGÓN UTILIZANDO DISTINTOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL ÁRIDO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA REQUERIDA PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS.....	48
3.4.1.	Caracterización de los materiales: Agregados finos y gruesos.	49
3.4.2.	Caracterización de los materiales: Cemento.	56
3.4.3.	Caracterización de materiales: Agua.....	57

3.4.4.	Diseño de mezcla de hormigón - Código ACI 211.....	58
3.5.	METODOLOGÍA DEL O.E.2.: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA.	62
3.5.1.	Dosificación	62
3.6.	METODOLOGÍA DEL O.E.3.: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYOS DE A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.	64
3.6.1.	Preparación de Muestras:	64
3.7.	METODOLOGÍA DEL O.E.4.: REALIZAR EL PRESUPUESTO DEL COSTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN ECOLÓGICO.....	65
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	67
4.1.	RESULTADOS DEL O.E.1.: DISEÑAR DOSIFICACIONES DE HORMIGÓN UTILIZANDO DISTINTOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL ÁRIDO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA REQUERIDA PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS.	67
4.1.1.	Características de los materiales.	67
4.1.2.	Diseños de mezcla.....	72
4.2.	RESULTADOS DEL OE.2: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYO DE RESISTENCIA	

A LA COMPRESIÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA.....	74
4.3. RESULTADOS DEL O.E.4.: REALIZAR EL PRESUPUESTO DEL COSTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN ECOLÓGICO.....	81
4.4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	84
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.....	86
5.1. CONCLUSIONES.....	86
5.2. RECOMENDACIONES:.....	87

“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREF TALATO DE POLIETILENO”

Autores: Erick Oswaldo Altamirano Espinoza
Paola Carolina Gonzaaález Lindao

Tutor: PhD. Lucrecia Moreno Alcívar

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento mecánico del concreto ecológico utilizando fibras de PET recicladas como reemplazo parcial del árido fino. El estudio se estructuró en cuatro objetivos específicos: diseñar dosificaciones de hormigón con distintos porcentajes de fibras de PET (2%, 3%, y 4%), analizar la resistencia a la compresión y a la flexión de las mezclas obtenidas, y realizar un análisis de costos de producción.

En la primera fase, se diseñaron y prepararon diversas mezclas de hormigón con diferentes proporciones de PET, verificando que cumplieran con una resistencia de diseño de 280 kg/cm². Las pruebas de resistencia a la compresión y flexión demostraron que todas las mezclas cumplían con los parámetros de diseño establecidos. Específicamente, la mezcla con 2% de PET presentó la mayor resistencia a la compresión, mientras que la mezcla con 4% mejoró la densidad del hormigón, haciéndolo más ligero. El análisis de costos reveló un incremento del 8% en el precio del hormigón con adición de PET, debido al procesamiento adicional de las fibras recicladas. No obstante, el uso de PET reciclado como agregado ofrece significativos beneficios ambientales al reutilizar desechos plásticos. En conclusión, la incorporación de fibras de PET en el hormigón ecológico no solo es viable desde el punto de vista técnico, sino también beneficiosa en términos de sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: *Concreto ecológico, fibras recicladas de PET, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, sostenibilidad, análisis de costos.*

“EVALUATION AND ANALYSIS OF ECOLOGICAL CONCRETE WITH RECYCLED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE FIBERS ADDITION”

Autors: Erick Oswaldo Altamirano Espinoza
Paola Carolina González Lindao

Faculty Advisor: PhD. Lucrecia Moreno Alcívar

ABSTRACT

The present research, titled "Evaluation and Analysis of Eco-friendly Concrete with the Addition of Recycled Polyethylene Terephthalate Fibers," aims to evaluate the mechanical behavior of eco-friendly concrete using recycled PET fibers as a partial replacement for fine aggregate. The study is structured into four specific objectives: designing concrete mixes with different PET fiber percentages (2%, 3%, and 4%), analyzing the compressive and flexural strength of the resulting mixes, and performing a cost analysis of production.

In the first phase, various concrete mixes with different PET proportions were designed and prepared, ensuring they met a design strength of 280 kg/cm². Compression and flexural strength tests demonstrated that all mixes met the established design parameters. Specifically, the mix with 2% PET exhibited the highest compressive strength, while the mix with 4% improved the concrete's density, making it lighter. The cost analysis revealed an 8% increase in the price of concrete with the addition of PET due to the additional processing of the recycled fibers. However, using recycled PET as aggregate offers significant environmental benefits by reusing plastic waste. In conclusion, incorporating PET fibers in eco-friendly concrete is not only technically feasible but also beneficial in terms of environmental sustainability.

Keywords: *Eco-friendly concrete, recycled PET fibers, compressive strength, flexural strength, sustainability, cost analysis.*

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El concreto representa el material con mayor utilización en proyectos relacionados con infraestructuras, desde la perspectiva de los recursos naturales, la ecología y la economía resulta prácticamente inconcebible sustituir el concreto por cualquier otro material (Flatt et al., 2012). Siendo la industria de la construcción el tercer sector más contaminante (Habert et al., 2010), el requerimiento energético del uso del concreto abarca un 85% de las emisiones de CO₂ producidas por esta industria (Imtiaz et al., 2020). El politereftalato de etileno conocido como PET, constituye la materia prima empleada en la fabricación de botellas o envases plásticos de uso cotidiano, aunque es evidente que este material es de uso generalizado, plantea un significativo desafío ambiental (Saucedo Rodriguez et al., 2021) que presenta oportunidades de reciclaje en el ámbito constructivo.

Esta conciencia ambiental motiva a la ingeniería a desarrollar tecnologías y procesos eficientes que permitan edificar un imperativo ético acorde a las necesidades actuales sin comprometer el equilibrio ecológico del planeta, promoviendo así un desarrollo sostenible que garantice la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras (Mansilla-Pérez & Ruiz-Ruiz, 2009). Además la utilización de materiales sostenibles en adición al hormigón se pueden utilizar para reducir la huella ambiental promoviendo la ecología en la ocupación de edificios (Ramadan et al., 2023).

La presente investigación pretende el desarrollo de un diseño de concreto ecológico con adición de PET, una alternativa sostenible al concreto convencional utilizando recursos reciclados, en este caso la materia prima es proveniente comúnmente de botellas de plástico recicladas a manera de fibra, en investigaciones posteriores se ha demostrado un excelente comportamiento, mejorando los parámetros de resistencia y durabilidad (Jahami et al., 2022). La presentación de soluciones sostenibles en la construcción y el aprovechamiento de recursos catalogados como desechos destacan la relevancia de utilizar materiales reciclados en favor de mejorar las características de los elementos estructurales en un recurso tan versátil como lo es el hormigón (He et al., 2024).

El objetivo general de la investigación es evaluar el comportamiento mecánico del concreto ecológico al sustituir el agregado grueso con tereftalato de polietileno o incorporar fibras recicladas de este material para la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón. Para lograr este propósito, se plantean objetivos específicos. En primer lugar, se busca diseñar mezclas de hormigón que utilicen diferentes proporciones de fibras de tereftalato de polietileno y/o como sustituto parcial del árido, con el fin de alcanzar la resistencia requerida. Seguidamente, se llevará a cabo un análisis de la resistencia del concreto a través de ensayos de flexión en vigas construidas con las distintas dosificaciones de tereftalato de polietileno, con el objetivo de validar la dosificación óptima. Finalmente, se realizará un presupuesto detallado para la fabricación de una viga de concreto con adición de tereftalato de polietileno, empleando el análisis de precios unitarios para determinar los costos productivos asociados al desarrollo del hormigón ecológico.

La metodología aplicada implica la preparación de muestras de hormigón, donde se llevarán a cabo comparaciones entre una mezcla convencional y otra con la adición de diferentes porcentajes (2%, 3%, 4%) de trozos de tereftalato de polietileno reciclado. El objetivo es analizar y demostrar el comportamiento y los beneficios de esta nueva técnica constructiva. Los hallazgos del estudio indicaron que a medida que se reduce el porcentaje de arena reemplazada, aumenta la resistencia a la compresión del elemento. Se observó que el reemplazo del 2% del agregado de PET con respecto al agregado fino resulta en un mejor rendimiento en términos de resistencia a la compresión, mientras que, a mayor adición, aunque sigue cumpliendo con los parámetros requeridos de diseño muestran diferencias significativas al parámetro de diseño.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La gestión de desechos y la promoción del reciclaje son temas cruciales en la actualidad, especialmente en la industria de la construcción por compromiso con el cuidado del planeta (Małek et al., 2020), las corrientes contemporáneas que priorizan la sostenibilidad pretenden conciliar la reutilización de residuos como medida preventiva ante posibles impactos ambientales, así como una forma de conservar los recursos naturales, sin que ellos afecten la calidad del hormigón (Olofinnade et al., 2018; Seddik Meddah, 2019).

Los plásticos son componentes significativos de los residuos sólidos urbanos, se distinguen por su versatilidad funcional, estabilidad química, durabilidad y comodidad, características que están alineadas con las corrientes económicas actuales (Thompson et al., 2009). La utilización del PET como base para la fabricación de botellas o recipientes es ampliamente extendida, siendo uno de los plásticos más utilizados en la industria del embalaje debido a su peso ligero y la facilidad de su manipulación sumado a la versatilidad de almacenamiento (Rahmani et al., 2013), tras su utilización, plantea un desafío para la preservación del entorno ambiental, debido a que la acumulación de los desechos contribuye a la contaminación y afecta a la biodiversidad (Kanari et al., 2022; Sadrinejad et al., 2018).

La adopción de tendencias como sostenibilidad en la industria de la construcción está experimentando un notable incremento, principalmente debido a las limitaciones inherentes del hormigón convencional y a los diversos beneficios que ofrece el concreto con adición de elementos reciclados (Tamanna et al., 2020). Esta tendencia se atribuye a varios factores, entre ellos, la búsqueda de productos de hormigón de alta calidad, los esfuerzos de las naciones por mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, la imperante necesidad de preservar los recursos naturales y el espacio reducido en los vertederos debido a una mala gestión de residuos (Arulrajah et al., 2017).

A medida que la urbanización y la demanda de infraestructura aumentan, el uso extensivo de recursos no renovables, como el árido en la fabricación de concreto convencional, genera preocupaciones ambientales significativas (Morales Jasso, 2016). Además, la gestión inadecuada de residuos plásticos, especialmente el tereftalato de polietileno (PET), agrava la contaminación ambiental. La presente investigación se centra en la evaluación del uso de áridos reciclados como componente clave en la fabricación de hormigones de uso estructural para una viga, investigadores como Valdés Vidal et al. (2013) y Bolaños González (2022), muestran en estudios posteriores una similitud prometedora en términos de resistencia y densidad entre el hormigón reciclado y el hormigón convencional, se pretende proporcionar una visión crítica del potencial de los áridos reciclados en la producción de elementos estructurales, proponiendo recomendaciones para mejorar

su aceptación y rendimiento en la industria de la construcción sostenible (Sadeghi et al., 2021). Se espera que este enfoque contribuya a la mitigación del impacto ambiental de la construcción, al mismo tiempo que promueve prácticas más sostenibles en la industria (Ali et al., 2020).

La investigación se desarrolla acorde al decimoprimer objetivo de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles” donde Naciones Unidas (2018), lista como metas impulsar la urbanización de manera inclusiva y sostenible, así como fortalecer la capacidad para la planificación y gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países, buscar la reducción del impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades es esencial, focalizándose especialmente en la calidad del aire y la gestión eficiente de los desechos municipales y otros tipos de residuos. Además, es imperativo brindar respaldo a los países menos adelantados, ya sea a través de asistencia financiera o técnica, para que puedan erigir edificaciones sostenibles y resilientes utilizando materiales locales. Este enfoque integral se alinea con la aspiración de promover un desarrollo urbano equitativo y respetuoso con el medio ambiente a nivel global (Zhuo et al., 2023).

El problema de investigación puede enmarcarse en la siguiente pregunta: **P.G.** ¿Cuál es el comportamiento mecánico del hormigón con adición de tereftalato de polietileno y áridos reciclados? de la cual se derivan tres preguntas específicas: **P.E.1:** ¿Qué porcentaje de adición de tereftalato de polietileno brinda una resistencia mayor o igual a un concreto de uso estructural? **P.E.2:** ¿Qué parámetros de resistencia a la compresión y flexión se obtiene de las pruebas a flexión de vigas con adición de tereftalato de polietileno en distintos porcentajes? y **P.E.3:** ¿Qué diferencia de costos tiene el uso de concreto ecológico con adición de tereftalato de polietileno en comparación al hormigón estructural convencional?

1.2. ANTECEDENTES

Los antecedentes describen investigaciones y estudios realizados previamente, en el estudio del estado del arte, se recopila información de carácter internacional, nacional y local (García Ramírez, 2019, 2021).

En el ámbito internacional, del artículo de Zerig et al., (2023), con el título “Mortero ecológico combinado reforzado con tereftalato de polietileno: Comportamiento y optimización utilizando el método RSM” tiene como objetivo principal explorar y optimizar las proporciones de materiales como la arena de dunas, arena reciclada y fibra de tereftalato de polietileno (PET-F) para diseñar un material cementoso en convivencia con el medio ambiente, junto con la introducción gradual de fibras PET-F, busca que el hormigón cumpla con normativas ecológicas con una relación correcta de costo beneficio, su estrategia metodológica adoptada implica la sustitución progresiva de la arena dunar por arena reciclada en distintos porcentajes (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) y la adición gradual de fibras PET-F en diferentes longitudes y porcentajes (de 0% a 2% con un paso del 0,5%), aplicando ensayos físicomecánicos, como capacidad de extensión, densidad en fresco, porosidad, absorción capilar y de inmersión, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión se utiliza la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para predecir parámetros que influyen en las propiedades de los compuestos.

En el artículo científico de los autores Meng et al. (2024) titulado “Comportamiento de compresión y tracción de compuestos activados por álcalis de alta ductilidad con polvo de tereftalato de polietileno” Los investigadores se han enfocado en el estudio del hormigón de alta ductilidad o High Ductility Concrete (HDC) por su destacada ductilidad y su capacidad para controlar las fisuras. El estudio pretende combinar los conceptos de HDC y compuestos activados por álcalis (AAC) para desarrollar compuestos activados por álcalis de alta ductilidad (HDAAC) utilizando polvo de tereftalato de polietileno (PET). Su metodología comprende investigaciones experimentales para evaluar las propiedades de compresión y tracción de HDAAC, centrándose en el impacto de la variación del contenido de polvo de PET (0%, 15%, 30% y 45%) y las proporciones de cenizas volantes/escoria (FA/GGBS, 6: 4, 7:3 y 8:2). Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión de HDAAC osciló entre aproximadamente 30 MPa y 100 MPa, manteniendo una buena integridad después de la falla por compresión axial debido a las fibras de PET. La sustitución del polvo de cuarzo (QP) por polvo de PET ligeramente disminuyó la resistencia a la compresión y el módulo elástico del HDAAC, pero mitigó su fragilidad bajo compresión. Un aumento en el contenido de GGBS mejoró la resistencia a la compresión y el módulo elástico de HDAAC debido a la mayor formación de

productos de reacción CASH, lo que llevó a una reducción de porosidad y una microestructura más densa. Bajo tensión axial, HDAAC mostró un comportamiento de agrietamiento múltiple con un endurecimiento por pseudodeformación significativo. Los aumentos en el contenido de PET y la relación FA/GGBS resultaron en grietas más finas, indicando un control excelente de las grietas y capacidades de deformación. Las propiedades de tracción, como la resistencia al agrietamiento inicial, la resistencia a la tracción y la deformación última, variaron en un rango de 3,0 MPa a 4,6 MPa, de 4,2 MPa a 8,2 MPa y del 4,1% al 7,2%, respectivamente.

Los resultados de la investigación indican que las proporciones óptimas para obtener un ecomortero con características físico-mecánicas mejoradas son aquellas que contienen un 50% de arena de dunas, 50% de arena reciclada y una adición de fibra PET-F del 0,5% con una longitud de 30 mm, el modelo de superficie de respuesta se correlaciona bien con los datos experimentales, demostrando que esta combinación específica de materiales y proporciones resulta en un beneficio significativo, sumado a, la alta pertinencia del modelo propuesto, con un coeficiente de deseabilidad de 0,917, respalda la mejora en las características del eco-mortero estudiado, subrayando su viabilidad y eficacia en términos de sostenibilidad y rendimiento físico-mecánico.

En el ámbito nacional, de acuerdo la tesis de grado de Bolaños González, (2022), con el título “Análisis del comportamiento del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno reciclado”, el propósito de la investigación es proponer una solución que involucre el uso del tereftalato de polietileno, un material comúnmente utilizado en la fabricación de botellas, como sustituto parcial del agregado fino en la mezcla de hormigón. La metodología empleada implica la elaboración de muestras de hormigón para realizar comparaciones entre una mezcla convencional y otra que contenga diferentes porcentajes (0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8%) de trozos de tereftalato de polietileno reciclado. Se analizan y demuestran las propiedades y ventajas de esta nueva aproximación constructiva. Los resultados revelaron que a medida que se reduce el porcentaje de arena reemplazada, aumenta la resistencia a la compresión del elemento. Se observó que el reemplazo del 0.5% al 1% del agregado de PET con respecto al agregado fino resulta en un mejor

rendimiento en términos de resistencia a la compresión, mientras que a partir del 2% en adelante, los resultados no cumplen con las expectativas.

La tesis de grado de Cabrera Rodríguez (2018), titulada “Elaboración de morteros con adición de polímeros (PET)” presenta un estudio que se centra en la utilización de plástico reciclado en la elaboración de morteros destinados a ser utilizados en la construcción de paredes no portantes en viviendas unifamiliares. Los autores investigan la generación de residuos en la ciudad de Cuenca, donde el relleno sanitario de Pichancay recoge diariamente 380 toneladas de basura, de las cuales el 22,7% corresponde a plástico no reciclado, convirtiéndose así en una valiosa materia prima para esta investigación. Además, se examina la materia prima que se utilizará en el proceso para identificar posibles elementos nocivos que puedan afectar la producción de los morteros de pega, principalmente en relación con el aglomerante o cemento. La metodología continua con la prueba de probetas cúbicas de 5 cm, incorporando PET triturado en porcentajes del 10%, 15%, 20% y 30% como reemplazo de la arena. Los resultados de una serie de ensayos en laboratorio incluyen pruebas de compresión, flexión, permeabilidad y absorción, con el fin de evaluar su comportamiento y su idoneidad como mortero de pega, de acuerdo con las normativas de construcción ecuatorianas.

A nivel local, no se han realizado investigaciones con agregados plásticos en hormigón, sin embargo con otros materiales reciclados resalta la investigación titulada “Utilización de neumáticos usados como agregado en el hormigón: caso provincia de Santa Elena, Ecuador” de (Saltos et al., 2017) plantea el objetivo principal como desarrollar un diseño de hormigón que incorpore partículas provenientes de neumáticos usados, específicamente utilizando hasta un 10% de caucho triturado como sustituto parcial de agregados gruesos y también explorando su aplicación como sustituto parcial del agregado fino, el propósito, es obtener un hormigón que cumpla con los parámetros establecidos por normas internacionales, como las del Instituto Americano del Concreto (ACI) y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), y que cumpla con todas las normativas ecuatorianas de construcción.

La metodología consistió en un proceso que involucra la selección y trituración controlada de neumáticos usados seguido de la dosificación de las partículas de

caucho triturado en el diseño de hormigón de acuerdo con las normas internacionales mencionadas, se realizaron ensayos separados para las mezclas con sustitución de agregados gruesos y agregados finos, llevando a cabo pruebas de vigas con incorporación en distintos porcentajes, los resultados obtenidos indican que el diseño de hormigón con hasta un 10% de caucho triturado como sustituto parcial de agregados gruesos cumple con las normativas internacionales y ecuatorianas, demostrando una buena resistencia, sumado a que la incorporación de caucho triturado como sustituto parcial del agregado fino resulta aún más adecuada para fines constructivos y la elaboración de hormigón, aunque se realizaron pruebas de vigas con una incorporación de hasta un 15% de caucho triturado en agregados gruesos, la falta de ejecución de una serie completa de estas pruebas sugiere la necesidad de investigaciones adicionales para evaluar completamente el comportamiento estructural y las propiedades del hormigón en condiciones más diversas.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

La evaluación del comportamiento mecánico de concreto ecológico con adición de fibras recicladas de tereftalato de polietileno podrá ser brindar la dosificación óptima de un hormigón ecológico de uso estructural.

1.3.2. Hipótesis específicas.

H.E.1.: El diseño de dosificaciones de hormigón utilizando distintos porcentajes de adición de fibras de tereftalato de polietileno.

H.E.2.: El análisis de la resistencia del concreto mediante ensayos a flexión de vigas de hormigón con las dosificaciones de tereftalato de polietileno permitirá obtener la dosificación óptima para incrementar su módulo de rotura.

H.E.3.: La realización de un presupuesto de la fabricación de una viga de concreto con adición de tereftalato de polietileno determinarán los costos de producción del hormigón ecológico y comparar los costos con el hormigón convencional.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar el comportamiento mecánico de concreto ecológico con adición de fibras recicladas de tereftalato de polietileno aplicado a elementos estructurales.

1.4.2. Objetivos específicos.

O.E.1.: Diseñar dosificaciones de hormigón utilizando distintos porcentajes de adición de fibras de tereftalato de polietileno como reemplazo parcial del árido para obtener una resistencia requerida para mejorar sus propiedades mecánicas.

O.E.2.: Realizar el análisis de la resistencia del concreto mediante ensayo de resistencia a la compresión con las dosificaciones de tereftalato de polietileno para comprobar la dosificación óptima.

O.E.3.: Realizar el análisis de la resistencia del concreto mediante ensayos de a flexión de vigas de hormigón con las dosificaciones de tereftalato de polietileno para comprobar la dosificación óptima con obtención de parámetros de resistencia, a la compresión y flexión.

O.E.4.: Realizar el presupuesto del costo del concreto con adición de tereftalato de polietileno mediante el análisis de precios unitarios para determinar los costos de producción del hormigón ecológico.

1.5. ALCANCE

El alcance de esta investigación abarca la evaluación exhaustiva del comportamiento mecánico del concreto ecológico con la incorporación de fibras recicladas de tereftalato de polietileno (PET) aplicado a elementos estructurales, este estudio abordará integralmente aspectos técnicos, mecánicos y económicos relacionados con la implementación de concreto ecológico en elementos estructurales, proporcionando así una perspectiva completa sobre la viabilidad y eficacia de esta alternativa sostenible en el ámbito de la construcción.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables independientes.

Porcentaje de adición de fibras PET.

1.6.2. Variables Dependientes

Resistencia a la flexión en hormigones estructurales

Análisis Presupuestario.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. HORMIGÓN.

El hormigón, un componente clave en la construcción moderna, desempeña roles que superan las funciones estructurales básicas, como la formación de vigas lineales o paneles planos. Este material destaca por su capacidad para adoptar formas variadas y complejas, pudiendo curvarse para crear arcos o extenderse en múltiples dimensiones para encapsular espacios según las necesidades del diseño arquitectónico. Esta versatilidad no solo facilita soluciones innovadoras en la arquitectura, sino que también permite la integración de la técnica constructiva con expresiones artísticas, definiendo así estilos constructivos distintivos. La relevancia del hormigón no se encuentra en su estética gris y uniforme, sino en su habilidad para transformar y realizar las visiones arquitectónicas de manera efectiva (Nistal Cordero et al., 2012).

Adicionalmente, el hormigón es indispensable en una variedad de proyectos de construcción, desde edificaciones personales hasta infraestructuras comerciales y estatales, como las instalaciones de redes de alcantarillado. Compuesto tradicionalmente por cemento, agua y áridos, la mezcla de hormigón puede ser optimizada con la inclusión de aditivos, fibras, pigmentos y otros componentes para mejorar sus propiedades y funcionalidad. Estas modificaciones no solo mejoran sus características estructurales, sino que también amplían las posibilidades estéticas del material, permitiendo que el hormigón satisfaga un rango más amplio de criterios técnicos y estéticos en proyectos contemporáneos (Huamán Changa et al., 2022).

2.2. HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA.

El hormigón de alta resistencia (HAR) se categoriza como una variante especializada del hormigón de altas prestaciones (HAP), destacando no solo por su robustez sino también por su durabilidad excepcional. Este tipo de hormigón es fundamental en la construcción de estructuras para edificios altos debido a que su mayor resistencia permite reducir significativamente las dimensiones de los elementos estructurales, en particular aquellos sujetos a compresión como las

columnas. Esta característica contribuye a un menor uso de agregados naturales—arenas, cantos rodados, rocas trituradas—que son los principales componentes en la producción del hormigón (Gómez Hermoso, 1998).

La fabricación del HAR requiere de una selección meticulosa de sus componentes y del cumplimiento de propiedades específicas. Estos componentes incluyen cemento, agregado fino y grueso, agua, y aditivos especiales. Las propiedades clave del hormigón de alta resistencia son su resistencia, durabilidad, trabajabilidad y la relación óptima agua/cemento que asegura su eficacia (Chirinos & Ochoa, 2022).

A nivel internacional, el hormigón de alta resistencia ha sido utilizado exitosamente en diversos países para abordar problemas específicos que requieren de materiales de especial rendimiento (García-Troncoso et al., 2023). Según la ACI (1998), el HAR se define como un concreto que logra una combinación de desempeño especial y requisitos de uniformidad que no pueden ser alcanzados solamente con los componentes tradicionales y prácticas habituales de mezcla, colocación y curado. En países desarrollados, como Estados Unidos y Japón, es común encontrar hormigones con resistencias cercanas a los 800 kg/cm² (Guevara Fallas et al., 2012).

Es importante considerar que, durante su fraguado y endurecimiento, el hormigón experimenta una retracción de volumen, la cual se manifiesta de diferente manera dependiendo del medio en el que ocurra. Este fenómeno de retracción plástica, aunque complejo, se debe principalmente a la pérdida gradual de agua, que puede estar presente en el hormigón en cinco estados distintos: agua combinada químicamente o de cristalización, agua de gel, agua zeolítica o intercrystalina, agua adsorbida y agua capilar o libre (Guevara Fallas et al., 2012).

2.3. COMPONENTES DEL CONCRETO

2.3.1. Cemento.

El cemento, fundamentalmente un aglomerante, desempeña un papel esencial en la industria de la construcción. Al mezclarse con agua, este material inicia un proceso de hidratación que resulta en reacciones químicas complejas, transformando la mezcla en una pasta moldeable con propiedades adherentes destacadas. Este proceso permite que el cemento fragüe rápidamente y endurezca

progresivamente, adoptando una consistencia pétreo. Este comportamiento es clave para su popularidad, convirtiéndolo en el conglomerante más económico y versátil en la construcción moderna (Vidaud, 2013).

Además, los cementos son polvos finamente molidos que, al mezclarse con agua, no solo fraguan formando una masa dura, sino que también endurecen debido a la hidratación. Este proceso involucra una combinación química de los compuestos del cemento con agua, generando cristales submicroscópicos o un material gelatinoso con una extensa área superficial. Esta característica hidratante es tan eficiente que algunos cementos, conocidos como cementos hidráulicos, pueden incluso fraguar y endurecer bajo agua, siendo el cemento Portland el más destacado entre ellos (Lea, 2024).

Finalmente, se define al cemento como una mezcla de arcilla molida y otros materiales calcificados que, tras un proceso adecuado, adquiere propiedades adherentes notables, consolidándose como la materia prima indispensable para el sector de la construcción (Cañon, 2008).

2.3.2. Cemento Portland.

El cemento Portland, un conglomerante hidráulico esencial en la construcción, se crea cuando el cemento genera una pasta con agua que fragua y endurece, integrando arena y roca (Sierra Fernandez & Ccorahua Mina, 2020). Este proceso se basa en la hidrólisis e hidratación de sus componentes como los silicatos y aluminatos cálcicos, que son cruciales para su consolidación mecánica. Se fabrica a través de un método seco que implica la trituración y cocción de materiales como piedra caliza y arcilla a altas temperaturas en hornos rotatorios, culminando en la formación de Clinker. Este Clinker se enfría y se mezcla con pequeñas cantidades de yeso y piedra caliza para obtener el cemento (NTE INEN 152, 2010)

Históricamente, la composición y las reacciones químicas del cemento han sido objeto de estudio y debate. Inicialmente, se creía que el silicato tricálcico era el componente fundamental del fraguado del cemento, pero estudios posteriores revelaron que es más complejo, incluyendo una mezcla de diferentes silicatos y aluminatos cálcicos que contribuyen a su estabilidad y propiedades hidráulicas. La investigación ha mostrado que la estabilidad de estos compuestos varía y que su

transformación durante la fabricación afecta directamente la calidad y durabilidad del cemento (Sanjuán & Chinchón, 2014).

2.4. Tipos de Cemento Portland.

El cemento Portland es el cemento más comúnmente empleado en la construcción, gracias a su accesibilidad, resistencia y facilidad de uso. No obstante, hay diversas variedades de cemento Portland, diseñadas para satisfacer las necesidades específicas de cada proyecto y las condiciones ambientales. Cada uno de estos tipos, detallados en la Tabla 1, posee características y propiedades particulares que deben ser consideradas al seleccionar el más adecuado para un proyecto de construcción.

Tabla 1.

Tipo de cemento Portland

	TIPO	DESCRIPCIÓN	NORMA	
			INEN	ASTM
PUROS	I	Uso común	152	C 150
	II	Moderada resistencia a sulfatos Moderado calor a hidratación	152	C 150
	III	Elevada resistencia inicial	152	C 150
	IV	Bajo calor de hidratación	152	C 150
	V	Alta resistencia a la acción de los sulfatos	152	C 150
Los tipos IA, IIA y IIIA incluyen incorporador de aire				
COMPUESTOS	IS	Portland con escoria de altos hornos	490	C 595
	IP	Portland puzolánico	490	C 595
	P	Portland puzolánico (cuando no se requieren resistencias iniciales altas)	490	C 595
	I (PM)	Portland puzolánico modificado	490	C 595
	I (SM)	Portland con escoria modificado	490	C 595
	S	Cemento de escoria	490	C 595
POR DESEMPEÑO	GU	Uso de construcción en general	2.380	C 1157
	HE	Elevada resistencia en general	2.380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a los sulfatos	2.380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos	2.380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2.380	C 1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2.380	C 1157
Si condicionalmente tiene R, indica baja reactividad con áridos álcali-reactivos				

Nota: Texto adaptado de “Tipos de hormigón”, por (Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Concreto, 2024)

2.4.1. Cemento Hidráulico.

El cemento hidráulico es un tipo de cemento que se endurece y adquiere resistencia al mezclarse con agua, debido a reacciones químicas entre los

componentes del cemento y el agua. Estas reacciones permiten que el cemento hidráulico fragüe y endurezca incluso bajo el agua o en ambientes húmedos.

Este tipo de cemento incluye varios subtipos, siendo el más común el cemento Portland. Se utiliza ampliamente en la construcción de estructuras debido a su durabilidad, resistencia y capacidad de endurecer en condiciones adversas, como bajo el agua. Otros ejemplos de cementos hidráulicos incluyen el cemento de albañilería y el cemento de escoria de alto horno. El cemento hidráulico puede ser clasificado acorde lo que establece el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), (2012) en la Norma NTE INEN 2380:

Tabla 2.

Tipos de cemento.

TIPOS DE CEMENTO	
Tipo	Características
<i>Tipo GU</i>	Construcción General
<i>Tipo HE</i>	Alta resistencia inicial
<i>Tipo MS</i>	Moderada resistencia a los sulfatos
<i>Tipo HS</i>	Alta resistencia a los sulfatos
<i>Tipo MH</i>	Moderado calor de hidratación
<i>Tipo LH</i>	Bajo calor de hidratación

Nota: Adaptado de “*NTE INEN 2380: Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos*” por: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2011b).

Los componentes mayoritarios son esencialmente óxidos de calcio, silicio, hierro y aluminio, que representan más del 5% en la composición del cemento. Específicamente, el calcio, el silicio y el aluminio son críticos para la formación de las fases C3S, C2S, C3A y C4AF que determinan las propiedades físicas y mecánicas del cemento, tales como la resistencia y durabilidad (Venegas Padilla et al., 2017).

Por otro lado, el cemento hidráulico se basa en una mezcla de Clinker y yeso. El Clinker es un compuesto formado por varios minerales que se unen al ser calentados hasta el punto de fusión, resultando en un compuesto homogéneo. En particular, el cemento utilizado en este proyecto se ajusta al "Reglamento Técnico RTCR 479:2015 Materiales de Construcción, Cementos Hidráulicos", identificado como

cemento hidráulico modificado mixto tipo MM / C (CP) 21. Este presenta un porcentaje de Clinker entre el 45% y 64%, e incluye caliza y materiales puzolánicos entre sus principales componentes. Además, se caracteriza por ofrecer una resistencia de 21 MPa a los 28 días y es comercializado bajo la marca “MultiBase” de Holcim, diseñado especialmente para la estabilización o mejoramiento de suelos y materiales granulares, lo cual contribuye a reducir el riesgo de bombeo de finos, agrietamiento por contracción, y los espesores de las capas de bases de los pavimentos, además de aumentar la durabilidad y resistencia a agentes atmosféricos (Golfín, 2019).

2.5. Agua.

El agua juega un papel crucial en todas las etapas de vida del hormigón, desde su colocación hasta su utilización. En el estado fresco, la trabajabilidad del hormigón es esencial para su manejo durante la colocación. Un aumento en el contenido de agua en la mezcla de hormigón produce una mayor fluidez, facilitando su colocación. Sin embargo, este aumento también puede conducir a la segregación de los componentes sólidos, lo que afecta negativamente la resistencia y la durabilidad del hormigón. Además, el agua influye en la hidratación del cemento Portland, un fenómeno químico que contribuye significativamente a la resistencia del hormigón endurecido. La cantidad de agua disponible para la hidratación del cemento afecta directamente la resistencia del hormigón. Por último, en términos de durabilidad, el contenido de agua en la mezcla influye en la porosidad y permeabilidad del hormigón endurecido. Una mayor cantidad de agua puede resultar en una mayor porosidad, lo que aumenta la susceptibilidad del hormigón a la penetración de agentes agresivos y, por lo tanto, reduce su durabilidad. En resumen, el control preciso del contenido de agua en la mezcla de hormigón es crucial para garantizar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad óptimas del hormigón en todas las etapas de su vida útil (Soares Klein, 2012).

2.6. Agregados o Áridos.

Los agregados, también conocidos como áridos, son materiales granulares, inertes, naturales o artificiales, que se combinan con el cemento Portland y agua para formar un compuesto homogéneo conocido como mortero o concreto. Estos materiales

desempeñan un papel crucial en la mezcla, proporcionando resistencia y estabilidad estructural al concreto una vez que se ha endurecido. Los agregados deben poseer una resistencia intrínseca adecuada y no deben interferir negativamente en las propiedades del concreto o del mortero (Neville & de Padilla, 1988).

En su mayoría, los agregados son componentes inertes que no reaccionan químicamente con el cemento. Sin embargo, algunos tipos de agregados contienen fracciones finas que pueden mostrar actividad debido a sus propiedades hidráulicas, contribuyendo así al desarrollo de la resistencia mecánica del concreto. Ejemplos de estos materiales activos incluyen las escorias de las siderúrgicas y los materiales volcánicos que contienen sílice activa.

No obstante, algunos agregados pueden contener elementos potencialmente perjudiciales que afectan la estructura interna y la durabilidad del concreto, como los compuestos sulfurados, las partículas muy finas o desintegradas, y ciertos tipos de pizarra en descomposición. Estos elementos deben identificarse y evaluarse adecuadamente para asegurar que no comprometan la calidad y durabilidad de las estructuras de concreto.

2.6.1. Características de los Agregados.

2.6.1.1. *Tamaño máximo del agregado:*

Esta característica se define como el tamaño más pequeño de malla por el cual se espera que el 100% del material pase. Este tamaño indica las dimensiones de las partículas más grandes presentes en una muestra de agregados usada para concreto.

2.6.1.2. *Tamaño máximo nominal:*

Corresponde a la apertura de malla más pequeña que la mayoría del agregado debe superar. Según esta definición, entre el 5% y el 15% del agregado puede quedar retenido en esta malla, dependiendo del tamaño especificado (INECYC, 2007).

2.6.1.3. *Módulo de finura:*

Este índice mide el tamaño promedio de las partículas de un agregado. Se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en tamices de diversos tamaños, que incluyen aperturas desde 150 μm hasta 150 mm. Un valor alto en el módulo de finura indica que el agregado es más grueso, mientras que un valor bajo sugiere un agregado más fino (NTE INEN 152, 2010)

2.6.2. Clasificación de los Agregados para hormigón.

En la construcción, la selección adecuada de los agregados es crucial para el desarrollo de hormigón con propiedades óptimas de resistencia, durabilidad y trabajabilidad. Los agregados para hormigón se clasifican según distintos criterios como la procedencia, densidad, tamaño, forma y textura. Cada uno de estos aspectos influye de manera significativa en el comportamiento del hormigón en estado fresco y endurecido.

2.6.2.1. Procedencia:

Los agregados pueden ser naturales, provenientes de la desintegración y abrasión de rocas, o artificiales, obtenidos por procesos industriales como la trituración de roca o el tratamiento de escorias de alto horno. Estos últimos incluyen materiales como la grava triturada y la arena manufacturada, productos que ofrecen características específicas de resistencia y durabilidad (Rivera Lopez, 2015).

2.6.2.2. Densidad:

Según su densidad, los agregados se clasifican en ligeros, normales y pesados. Esta característica es determinante para el peso y las propiedades estructurales del hormigón. Los agregados ligeros, por ejemplo, son utilizados para reducir la carga estructural o mejorar el aislamiento térmico, mientras que los pesados se emplean en construcciones que requieren mayor masa, como barreras de radiación (Rivera Lopez, 2015).

2.6.2.3. *Tamaño:*

La granulometría o tamaño de los agregados es fundamental, ya que afecta la compacidad, la manejabilidad y la resistencia del hormigón. Se dividen en agregados finos (arena) y gruesos (grava y gravilla), dependiendo si pasan o retienen en un tamiz específico. La normativa de construcción a menudo especifica la proporción adecuada de agregados finos y gruesos para optimizar la mezcla de hormigón (Rivera L, 2006)

a) **Agregado fino:**

El agregado fino en el hormigón se refiere a partículas pequeñas de material, como arena o piedra triturada, que pasan a través de un tamiz de malla fina, usualmente de 4.75 mm (Das, 2012). Estas partículas son esenciales para llenar los vacíos entre los agregados gruesos y mejorar la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla de hormigón. Además, el agregado fino influye en la resistencia, la durabilidad y la textura final del hormigón. Su calidad y características deben cumplir con especificaciones técnicas para garantizar un rendimiento óptimo en las construcciones. La tabla #, detalla los requisitos granulométricos de que debe cumplir el agregado fino acorde a lo especificado en la norma; Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2011a), representados gráficamente en la ilustración 1:

Tabla 3.

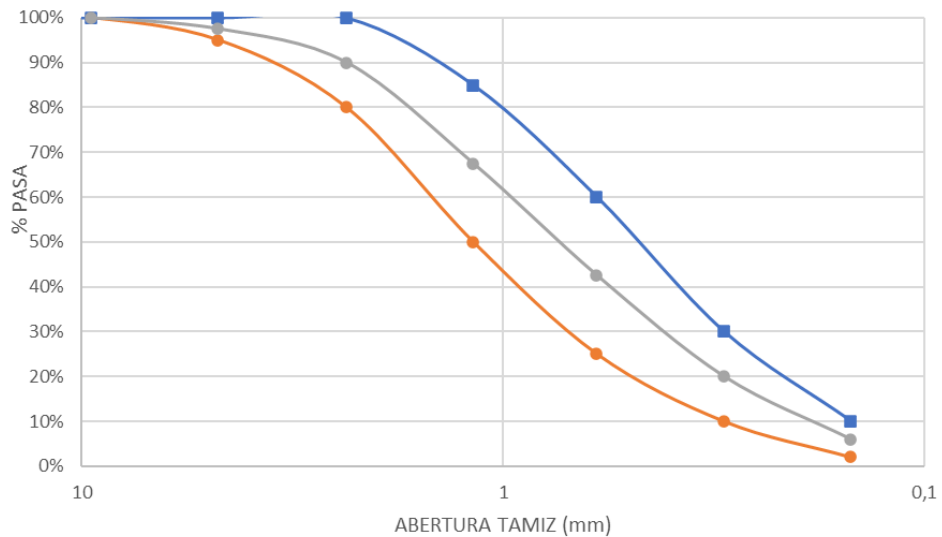
Árido fino: Requisitos de granulometría

Tamiz	% que pasa
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 μ m	25 a 60
300 μ m	5 a 30
150 μ m	0 a 10

Nota: No más del 45% debe ser retenido entre dos tamices consecutivos.
Adaptado de “NTE INEN 872 Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso” por: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2011b).

Ilustración 1.

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota: Representación gráfica de agregado fino. Con los límites, superior e inferior.

b) Agregado grueso:

El agregado grueso en el hormigón se refiere a materiales como grava o piedra triturada, con tamaños que generalmente varían entre 4.75 mm y 38 mm de diámetro. Estos agregados son esenciales para proporcionar masa y resistencia a la mezcla de hormigón, reduciendo su contracción y mejorando su durabilidad. La calidad del agregado grueso influye significativamente en las propiedades mecánicas y la estabilidad del hormigón, por lo que debe cumplir con normas específicas de granulometría y limpieza para asegurar un buen rendimiento en las estructuras construidas. La tabla #, detalla los requisitos granulométricos de que debe cumplir el agregado fino acorde a lo especificado en la norma; Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2011a) y representado gráficamente en la figura 2.:

Tabla 4.*Requisitos de granulometría para Agregados Gruesos*

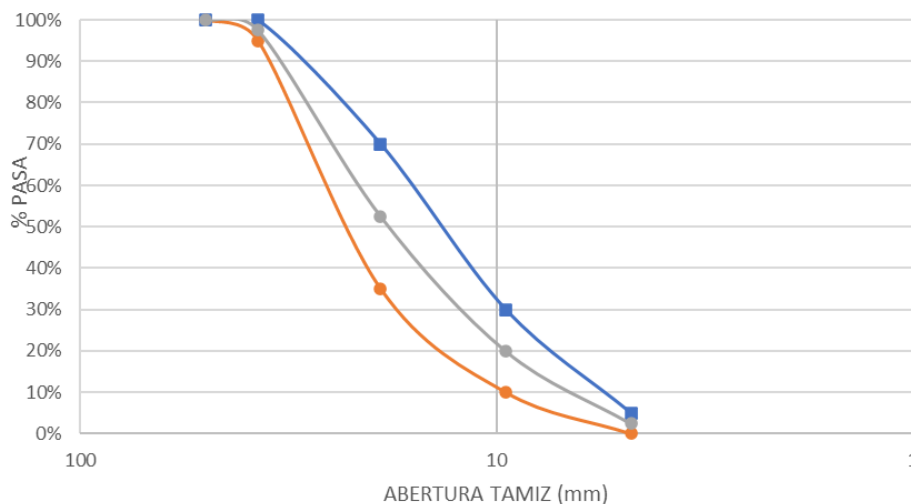
Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 µm
1	de 90 a 37.5	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	
2	de 63 a 37.5	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	
3	de 50 a 25	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	
357	de 50 a 4.75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	
4	de 37.5 a 19	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	
467	de 37.5 a 4.75	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	
5	de 25 a 12.5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	
56	de 25 a 9.5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	
57	de 25 a 4.75	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	
6	de 19 a 9.5	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	
67	de 19 a 4.75	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	
7	de 12.5 a 4.75	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	
8	de 9.5 a 2.36	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	de 9.5 a 1.18	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	de 4.75 a 1.18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

^A Al árido con número de tamaño 9, se lo define en la NTE INEN 694 como árido fino. Se lo incluye como árido grueso cuando está combinado con número de tamaño 8 para crear el número de tamaño 89, que es árido grueso según se define en la NTE INEN 694.

Nota: Adaptado de “NTE INEN 872 Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso” por: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2011b)

Ilustración 2.

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: Representación gráfica de agregado grueso. Con los límites, superior e inferior.

2.6.2.4. Forma y Textura:

La forma de los agregados puede ser alargada, aplanada o equidimensional. Las partículas alargadas y aplanadas tienden a orientarse en un plano, lo que puede reducir la trabajabilidad y crear zonas de debilidad en el hormigón endurecido. Normas como la NTC 174 limitan la cantidad de estas partículas en los agregados. Por otro lado, la textura superficial de las partículas (suave o áspera) afecta directamente la adherencia entre el agregado y el cemento, influyendo en la resistencia a la flexión del hormigón. Agregados con superficies ásperas y porosas mejoran la unión con el cemento, aumentando la resistencia estructural del material (Rivera Lopez, 2015).

2.7. ADITIVOS

El concreto es ampliamente reconocido como uno de los materiales fundamentales en la construcción. Su fabricación requiere un control riguroso tanto en planta como en la obra para asegurar la calidad y la adecuación a los requisitos específicos de cada proyecto. En este contexto, los aditivos químicos desempeñan un papel

esencial al ser incorporados durante la etapa de mezclado, permitiendo modificar propiedades particulares de la mezcla. Sin embargo, es crucial destacar que estos aditivos no deben ser vistos como reemplazos de un diseño de mezcla adecuado, el uso de materiales de calidad o una mano de obra competente (Saltos et al., 2017).

En Perú, la preparación y aplicación del concreto se rigen por las normativas y recomendaciones del Instituto Americano del Concreto (ACI). Estas directrices facilitan el diseño de concretos con características específicas, como concretos normales de cierta resistencia, concretos pesados, o concretos con propiedades especiales. El uso de aditivos es crucial para alcanzar estas características, pero su selección debe considerar varios factores críticos como las condiciones de diseño de la obra, la ubicación de la construcción, el proceso constructivo y las condiciones económicas (Flores, 2019).

2.7.1. ADITIVOS PLASTIFICANTES.

Los aditivos plastificantes son sustancias que, al ser añadidas al hormigón antes o durante la mezcla, modifican sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, haciéndolo más adecuado para ciertos trabajos. Se clasifican según las propiedades que modifican, entre ellas, la inclusión de aire, la plasticidad, la fluidez, la velocidad de fraguado y el retardo. Específicamente, los aditivos plastificantes, también conocidos como fluidificantes o reductores de agua, aumentan la fluidez de las pastas de cemento, morteros y concretos, permitiendo obtener mezclas más dóciles y trabajables con la misma cantidad de agua.

Este efecto, que suele permitir una reducción de agua del 8 al 10% respecto al concreto base, se logra al adicionar los aditivos junto agua de mezcla, asegurando un mezclado homogéneo y un efecto dispersante que aumenta la trabajabilidad del concreto o mortero. Sin embargo, este efecto es temporal y se mantiene solo hasta que las partículas de cemento comienzan a aglomerarse. Esto hace viable la incorporación de hasta un 10% de caucho reciclado en el concreto modificado con aditivo plastificante, lo cual mejora significativamente la resistencia a compresión y flexión, según análisis de varianza con significancia del 5% (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2006; Polesello & Dreher, 2022).

En la construcción moderna, la manipulación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto es fundamental para lograr estructuras eficientes y duraderas. Los aditivos plastificantes, conocidos también como reductores de agua, son esenciales para este propósito, ya que modifican la consistencia del concreto, mejorando su trabajabilidad sin alterar el contenido de agua o, alternativamente, permitiendo la reducción de este último sin comprometer la fluidez de la mezcla. Estos aditivos se definen como aquellos que "sin modificar la consistencia, permiten reducir el contenido de agua de un determinado hormigón, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta el asiento, el escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez"

El uso de aditivos plastificantes es ampliamente aceptado y regulado por normativas internacionales, como la norma técnica peruana NTP 334.088 y la norma americana ASTM C494, que establecen los estándares para su aplicación en mezclas de concreto. La inclusión de estos aditivos no solo mejora la fluidez de la mezcla, haciéndola más manejable durante el proceso de vertido y compactación, sino que también contribuye significativamente a la optimización de las propiedades mecánicas y físicas del concreto final (Guo et al., 2014).

2.8. POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET).

El Polietileno de Tereftalato (PET) es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en diversas industrias debido a sus propiedades destacadas, como resistencia mecánica, transparencia, barrera a gases y líquidos, y facilidad de reciclaje (Ferdous et al., 2021). En el ámbito de la construcción, el PET reciclado ha despertado un considerable interés como material para la fabricación de bloques y otros elementos estructurales. La inclusión de PET reciclado en la producción de bloques ofrece beneficios significativos, como la reducción del impacto ambiental al reutilizar residuos plásticos, así como mejoras en las propiedades térmicas y mecánicas de los bloques resultantes (Ramadan et al., 2023).

La investigación ha demostrado que la adición de PET reciclado a diferentes porcentajes en la mezcla de materiales para la fabricación de bloques puede influir en diversas propiedades clave, como la resistencia a la compresión, la conductividad térmica y la inflamabilidad (Ramadan et al., 2023). Sin embargo, es

crucial encontrar un equilibrio adecuado en la composición de los bloques para garantizar que cumplan con los estándares de calidad y resistencia requeridos en la construcción.

El PET reciclado, especialmente en forma de fibra, ofrece ventajas adicionales debido a su origen reciclado, lo que implica un bajo costo y beneficios ambientales al dar un segundo uso a los materiales de desecho. Además, el PET reciclado se ha destacado por su alto rendimiento al ser incorporado en el concreto, ofreciendo propiedades mecánicas mejoradas y estabilidad dimensional incluso después del procesamiento (Cobos Sáenz de Viteri & Valle Benítez, 2021).

2.9. PROCESO DE ELABORACION DEL CONCRETO CON POLIETILENO DE TEREFALATO RECICLADO.

El proceso de elaboración del concreto con polietileno de tereftalato (PET) reciclado implica una serie de pasos fundamentales que garantizan tanto la calidad del material resultante como su contribución a la sostenibilidad ambiental.

Inicialmente, se establecen las dimensiones del ladrillo, las cuales se ajustan a las medidas estándar del mercado y se elige una resistencia mínima adecuada para proporcionar durabilidad al producto final (Echeverría, 2017). Luego, se determinan las dosificaciones de los materiales para lograr una combinación óptima que garantice buena trabajabilidad y resistencia. Esta selección se basa en estudios previos que evalúan diferentes proporciones de cemento, arena gruesa y confitillo (Nuñez et al., 2023)

Una vez establecidas las dosificaciones, se procede a la preparación de la mezcla, que incluye la incorporación del polietileno de tereftalato reciclado en su forma de hojuelas. Este PET reciclado se mezcla con los demás componentes de manera uniforme, asegurando una distribución homogénea en toda la mezcla de concreto (Luis et al., 2008)

Después de la mezcla, se moldea el concreto vibrado utilizando moldes metálicos sobre una mesa vibradora para eliminar burbujas de aire y asegurar una compactación adecuada. Una vez moldeados, los ladrillos se llevan a un proceso de curado, donde se mantienen húmedos durante un período específico para permitir

que el cemento adquiriera la resistencia deseada (Infante-Alcalde & Valderrama-Ulloa, 2019).

Finalmente, los ladrillos curados se desmoldan con cuidado y se someten a pruebas de calidad para verificar su cumplimiento con las especificaciones requeridas. Este proceso no solo permite reutilizar material de desecho, reduciendo así la cantidad de residuos plásticos, sino que también puede mejorar ciertas propiedades del concreto, como su resistencia y durabilidad (Echeverria, 2017).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.

En este capítulo, se presenta la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación sobre la evaluación y análisis del concreto ecológico con la adición de fibras recicladas de tereftalato de polietileno (PET) aplicado a elementos estructurales. La metodología se ha diseñado para abordar de manera integral los objetivos de la investigación, proporcionando un enfoque sistemático y riguroso para la recopilación de datos y el análisis de resultados.

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El investigador debe inicialmente definir el tipo y nivel de investigación, estas consideraciones son lo que guiará el diseño metodológico para el estudio y análisis de las variables de interés. Por consiguiente, una investigación de índole aplicada demandará un enfoque experimental para obtener resultados, a diferencia de una investigación pura o básica que empleará diseños no experimentales y metodologías cualitativas o mixtas (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.1.1. Tipo de investigación.

Dado que el objetivo de la investigación es evaluar y analizar el comportamiento mecánico del concreto ecológico con la adición de fibras recicladas de tereftalato de polietileno (PET) aplicado a elementos estructurales, es probable que se clasifique como una investigación de tipo aplicada (Nieto, 2018). Este tipo de investigación se enfoca en generar conocimientos concretos que puedan aplicarse directamente en la práctica o solucionar problemas específicos del mundo real. En este caso, se busca obtener resultados que puedan ser utilizados en la industria de la construcción para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de los materiales utilizados en elementos estructurales (Ñaupas Paitán, 2014).

3.1.2. Nivel de investigación.

El nivel de la investigación puede variar dependiendo de diversos factores como la profundidad del análisis, el grado de generalización de los resultados y la complejidad de los métodos utilizados. Según lo indicado por Sanchez Carlessi &

Reyes Meza (2015) este estudio se inscribe en un nivel explicativo o de comprobación de hipótesis causales. Se orienta a alcanzar un nivel de explicación científica que habilite la predicción mediante la ejecución de investigaciones experimentales y tecnológicas. Este tipo de investigación demanda la aplicación de métodos y diseños de investigación rigurosos y válidos.

Se caracteriza por buscar una comprensión profunda de las relaciones causa-efecto entre las variables estudiadas y, en muchos casos, implica la realización de experimentos para probar hipótesis específicas. En este contexto, la investigación podría involucrar la formulación de hipótesis sobre cómo la adición de fibras de PET afecta las propiedades mecánicas del concreto y la realización de pruebas experimentales para validar estas hipótesis. Sin embargo, el nivel exacto de la investigación dependerá de la profundidad del análisis y la complejidad de los métodos utilizados. Donde los resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de la investigación.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Las decisiones sobre el método, enfoque y diseño de investigación dirigen al investigador hacia la consecución de sus objetivos, guiándolo en la selección de métodos de análisis que se adecuen al diseño de investigación planteado. El enfoque, por su parte, ofrece la pauta para establecer los parámetros de medición de las variables de estudio, presentando tres alternativas distintas: cualitativo, cuantitativo y mixto (García Ramírez, 2019).

3.2.1. Método.

El método utilizado es el método hipotético deductivo y el método experimental dado que la investigación busca evaluar y analizar el comportamiento mecánico del concreto ecológico con la adición de fibras recicladas de PET. Esto implica, la manipulación de variables y la observación de sus efectos bajo condiciones controladas (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017)

3.2.2. Enfoque.

El estudio es de enfoque cuantitativo, donde se pueden medir y cuantificar las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la flexión, mediante pruebas de laboratorio estandarizadas (Rodríguez Castellanos et al., 2013).

3.2.3. Diseño de la investigación.

Esta investigación adopta un enfoque de diseño experimental, ya que se planea analizar las variables a través de la aplicación de procesos experimentales donde se manipulan las dosificaciones de la adición de fibra PET empleadas en el estudio. Este tipo de estudio experimental implica una intervención específica cuyos efectos se buscan comprobar. En este contexto, el investigador desempeña un papel activo durante todo el desarrollo de la investigación (Rodríguez Castellanos et al., 2013).

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

La identificación y delimitación precisa de la población de estudio son pasos fundamentales en la investigación, ya que permiten al investigador comprender el comportamiento del fenómeno en cuestión y formular hipótesis pertinentes. Estas hipótesis son luego sometidas a prueba mediante la recolección de datos de una muestra representativa que refleje las características esenciales observadas en la población. Para lograr esto, se emplean técnicas de muestreo diseñadas para seleccionar muestras que sean estadísticamente significativas y que proporcionen resultados confiables y generalizables.

3.3.1. Población.

Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), refiere a población de estudio se define como un grupo específico de casos que está claramente delimitado, limitado y accesible. Este conjunto de casos actúa como base para la selección de la muestra y cumple con una serie de criterios previamente establecidos. La población serían las muestras de concreto con diferentes dosificaciones de fibras de PET que se utilizan en el estudio

3.3.2. Muestra.

Casal & Mateu (2003), proponen que las intenciones de la selección de una muestra es que el investigador extrapole y generalice los resultados debido a los limitantes que presenta el estudio completo de una población total. La muestra estaría compuesta por un número representativo de especímenes de concreto con diferentes proporciones de fibras de PET, seleccionados de acuerdo con criterios específicos de inclusión y exclusión.

3.3.3. Muestreo.

Se utiliza una técnica de muestreo por conveniencia o intencional. Esta metodología se elige debido a que las muestras de concreto se preparan y prueban en un laboratorio, donde las condiciones y recursos disponibles determinan la selección de estas (Medina et al., 2023). Se prepararán múltiples especímenes de concreto, cada uno con diferentes porcentajes de adición de fibras de PET reciclado (2%, 3% y 4%). Estas muestras serán sometidas a pruebas de compresión y flexión. Los resultados obtenidos de las mezclas con PET se compararán con los de una mezcla de concreto tradicional, permitiendo una evaluación exhaustiva del impacto del PET en las propiedades del concreto ecológico. Esta técnica asegura que el estudio cubra una variedad de condiciones experimentales, facilitando una comprensión completa de cómo diferentes niveles de sustitución de PET afectan las propiedades mecánicas del concreto.

Tabla 5.

Cuadro de operacionalización de variable dependiente e independiente.

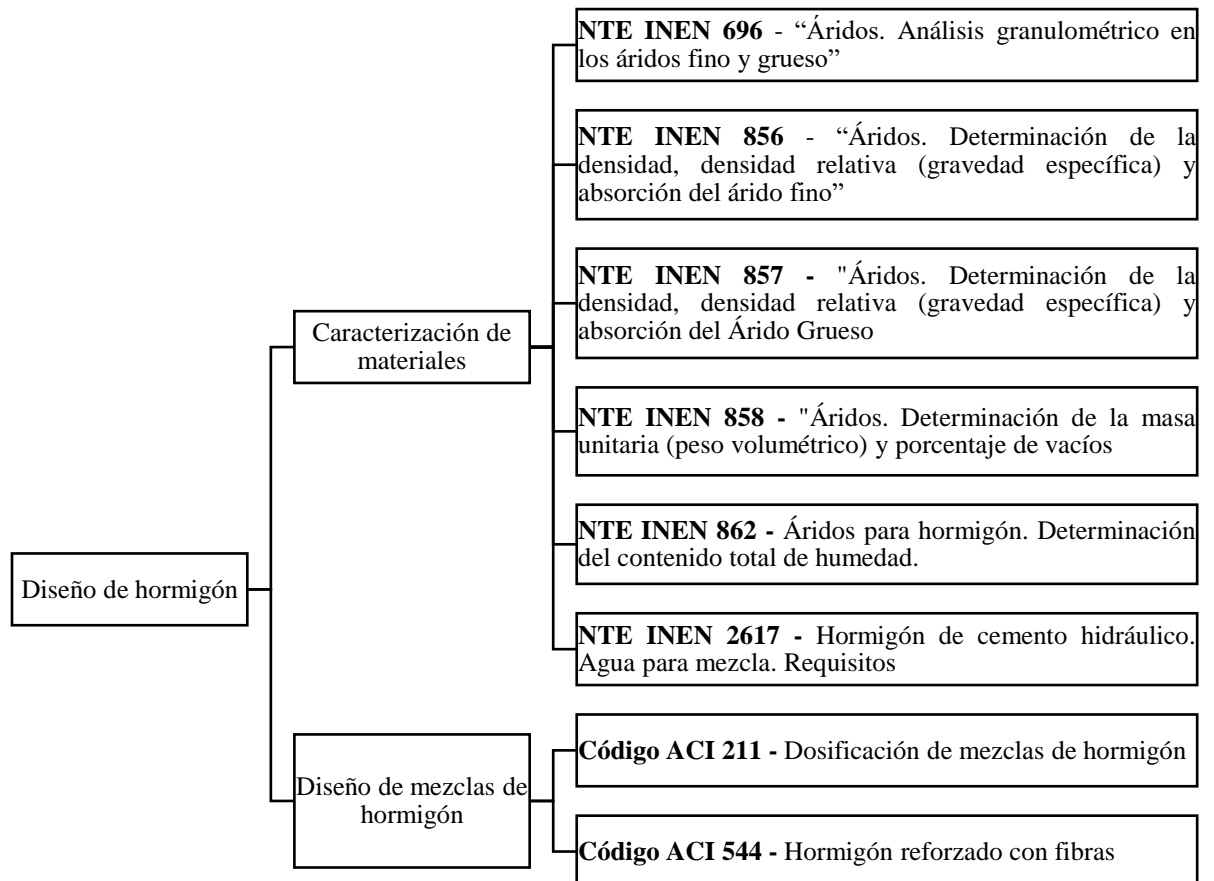
Variab	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	
<i>Variable Independiente</i>	Adición de fibras	Esta variable representa la cantidad de fibras recicladas de tereftalato de polietileno que se incorporan a la mezcla de concreto.	Los porcentajes de adición serán determinados acorde al Código ACI PRC -544	Adición de fibras PET	Porcentaje de adición de fibras PET	%
<i>Variable Dependiente</i>	Resistencia a la compresión.	Medida de la capacidad del concreto para soportar cargas antes de fallar	El ensayo se desarrolla acorde a la normativa NTE INEN 1573	Carga Máxima Aplicada	Fuerza	kN
				Resistencia a la compresión	Presión	Kg/cm^2
	Resistencia a la flexión	Medida de la capacidad del concreto para resistir fuerzas de tracción en su superficie	El ensayo se desarrolla acorde a la normativa NTE INEN 1573	Carga Máxima Aplicada	Fuerza	kN
				Resistencia a la flexión	Presión	Kg/cm^2
	Costo de producción	Esta variable representa el valor en USD por la producción de un metro cuadrado de hormigón	Se obtiene mediante análisis de precios unitarios con precios actualizados de CAMICON (2024)	Costo	Dolares por metro cubico	\$/M3

3.4. METODOLOGÍA DEL O.E.1.: DISEÑAR DOSIFICACIONES DE HORMIGÓN UTILIZANDO DISTINTOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL ÁRIDO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA REQUERIDA PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS.

La metodología del objetivo comprende dos etapas: la caracterización de los materiales, los cuales garantizan un diseño adecuado con la determinación de sus propiedades de acuerdo con la Normas Técnicas Ecuatorianas (NET INEN) que posteriormente serán utilizados en el diseño de mezclas de hormigón que responde a los códigos del American Concrete Institute (ACI) acorde a la **Ilustración 1**.

Ilustración 3.

Diagrama de diseño metodológico del Objetivo Específico 1.



3.4.1. Caracterización de los materiales: Agregados finos y gruesos.

Para la caracterización y determinación de propiedades de los agregados se procede con los ensayos:

3.4.1.1. *Análisis granulométrico.*

El análisis granulométrico se realizará acorde a la normativa “Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso” (NTE INEN 696:2011) su propósito es establecer el método estándar para realizar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos, determinando la distribución de tamaños de las partículas que los componen. Este análisis es fundamental para evaluar las características físicas de los áridos, las cuales son esenciales para asegurar la calidad y el desempeño del material en diversas aplicaciones de construcción, como la fabricación de concreto, morteros y otros productos relacionados. La norma proporciona los procedimientos técnicos específicos para llevar a cabo el tamizado, el cálculo y la interpretación de los resultados, garantizando la uniformidad y reproducibilidad del análisis. Los materiales se listan en la **Tabla 2**, el proceso de fabricación de muestras y los procedimientos se detallan a continuación:

Tabla 6.

Materiales utilizados para ensayo acorde a NTE INEN 696.

Material	Especificaciones.
Balanzas:	Para árido fino debe tener una legibilidad de hasta 0,1 g y una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo y para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, el equipo debe tener una legibilidad y precisión de 0,5 g o del 0,1% de la carga de ensayo.
Tamices:	Los tamices deberán cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154.
Agitador de tamices mecánico:	Debe producir que las partículas reboten y caigan
Horno:	Capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nota: Texto adaptado de “Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso”, por Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2011).

El proceso de preparación de la muestra comienza muestreando el árido de acuerdo con las especificaciones de la norma NTE INEN 695. La cantidad de muestra de campo debe ser la establecida en la norma mencionada o cuatro veces la requerida en ciertos puntos específicos, eligiendo la mayor cantidad. Luego, se mezcla completamente la muestra y se reduce a una cantidad adecuada para el ensayo, siguiendo los procedimientos descritos en la norma ASTM C 702. La muestra final para el ensayo debe ser aproximadamente la cantidad deseada en seco y obtenida como resultado final de la reducción, sin permitir una reducción a una cantidad exacta predeterminada.

Para el árido fino, el tamaño de la muestra después del secado debe ser de al menos 300 gramos, mientras que para el árido grueso, el tamaño de la muestra para el ensayo debe cumplir con las especificaciones establecidas en la norma. El procedimiento inicia con el secado de la muestra hasta alcanzar una masa constante a una temperatura específica. Luego, se eligen los tamices necesarios y adecuados que abarquen los tamaños de partículas del material a ensayar, buscando obtener la información requerida en las especificaciones. Estos tamices se ordenan de forma decreciente según el tamaño de su abertura, colocando la muestra en el tamiz superior y agitando los manual o mecánicamente durante un tiempo establecido para cumplir con los criterios de conformidad o tamizado. Se limita la cantidad de material sobre cada tamiz para permitir que todas las partículas pasen por las aberturas durante el tamizado, evitando deformaciones permanentes en la tela del tamiz. Los tamices con aberturas menores a 4,75 mm deben retener una cantidad de material específica al finalizar el tamizado, mientras que para aberturas mayores, se calcula la cantidad retenida en función del área de tamizado y la abertura del tamiz.

3.4.1.2. Densidad, gravedad específica y absorción del agregado fino.

La obtención de la densidad y la capacidad de absorción del agregado fino se realiza acorde a la normativa “Áridos. Determinación de la densidad,

densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino” (NTE INEN 856:2010). El propósito de la norma es establecer un método estandarizado para la determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. Estos parámetros son esenciales para evaluar las características físicas del árido fino, que influyen en la calidad y desempeño del concreto y otros materiales de construcción.

Conocer la densidad y la absorción del árido fino permite diseñar mezclas de concreto más precisas y eficientes, asegurando que las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto cumplan con las especificaciones requeridas para diversas aplicaciones estructurales. Los materiales se listan en la tabla #, el proceso de fabricación de muestras y los procedimientos se detallan a continuación:

Tabla 7.

Materiales utilizados para ensayo acorde a NTE INEN 856.

Material	Especificaciones.
Muestra de árido fino:	Tomar la muestra del árido acorde a NTE INEN 695 para reducirla a un kilo acorde al procedimiento de la NTE INEN 2566.
Balanza:	Con capacidad de 1 Kg o más y una precisión de 0,1%.
Picnómetro:	Matraz o contenedor apropiado.
Matraz:	Para uso con el procedimiento volumétrico.
Molde y compactador para ensayo de humedad superficial:	Con forma de cono truncado con dimensiones especificadas en la norma, el compactador metálico debe tener una masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ y una superficie de compactación circular y plana con un diámetro de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$.
Horno:	Capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Nota: Texto adaptado de “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino”, por Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2010a).

Las consideraciones preliminares implican el procedimiento de preparación de la mezcla; que implica secar la muestra a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta que alcance una masa constante, luego enfriarla y cubrirla con agua para lograr al menos un 6% de humedad en el árido fino durante $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Después, se decanta el exceso de agua y se seca la muestra sobre una superficie plana y no absorbente con aire caliente, utilizando un agitador mecánico si es

necesario. Se realiza un ensayo para determinar la humedad superficial del árido fino mediante compactación en un molde y evaluación de su comportamiento. En casos especiales, se considera la condición de saturación superficialmente seca cuando el árido apenas se derrumba después de remover el molde

El procedimiento implica ensayar, ya sea mediante el procedimiento gravimétrico o el volumétrico. Todas las determinaciones de masa se realizan con una aproximación al 0,1 g. En el procedimiento gravimétrico (usando un picnómetro), se llena parcialmente el picnómetro con agua y se introduce una cantidad específica de árido fino saturado superficialmente seco. Se agita manual o mecánicamente para eliminar las burbujas de aire, y luego se ajusta la temperatura y se completa con agua hasta la marca de calibración. Se determina la masa total del picnómetro, la muestra y el agua, luego se retira el árido fino para secarlo y determinar su masa seca. En el procedimiento volumétrico (usando un frasco de Le Chatelier), se llena el frasco con agua hasta un punto específico y se agrega una cantidad definida de árido fino. Se elimina el aire atrapado y se registran las lecturas inicial y final para calcular la absorción. Para la determinación de la absorción, se utiliza una porción separada de árido fino en condición saturada superficialmente seca, que se seca hasta alcanzar una masa constante y se determina su masa seca.

3.4.1.3. *Densidad, gravedad específica y absorción del agregado grueso.*

Los datos serán obtenidos acorde a la normativa “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del Árido Grueso” (NTE INEN 857:2010) su propósito es establecer los procedimientos y criterios para determinar la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso utilizado en la construcción. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la calidad y las características físicas de los áridos gruesos, que son materiales esenciales en la elaboración de hormigones y mezclas asfálticas. La normativa proporciona directrices específicas para realizar estas determinaciones de manera precisa y estandarizada, lo que garantiza la consistencia y fiabilidad de los resultados

obtenidos en los ensayos. Los materiales se listan en la **Tabla 4**, el proceso de fabricación de muestras y los procedimientos se detallan a continuación:

Tabla 8.

Materiales utilizados para ensayo acorde a NTE INEN 857.

Material	Especificaciones.
Muestra de árido fino:	Tomar la muestra del árido acorde a los procedimientos especificados.
Balanza:	Debe tener una aproximación de 0,05% de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o 0,5 g. Además de estar equipada para suspender el recipiente de la muestra de agua.
Recipiente para la muestra:	Canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm (No. 6) o una malla más fina,
Tanque de agua:	Hermético.
Tamices:	Tamiz de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños según sean necesarios.
Horno:	Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

Nota: Texto adaptado de “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del Árido Grueso”, por: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2010b).

El proceso comienza con la recolección de muestras de árido, siguiendo las pautas establecidas en la normativa NTE INEN 695. Luego, se mezcla la muestra de árido de manera completa y se reduce a una cantidad aproximada requerida utilizando el método descrito en la norma NTE INEN 2 566. Se descarta cualquier material que pase a través del tamiz de 4,75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco, y se elimina el polvo o recubrimiento de la superficie mediante lavado. Si el árido grueso contiene una cantidad significativa de material más fino que 4,75 mm, se utiliza el tamiz de 2,36 mm (No. 8) en lugar del de 4,75 mm, o se separa y ensaya el material más fino de acuerdo con la NTE INEN 856. La masa mínima de la muestra de ensayo se determina según la normativa, en caso de que más del 15% de la muestra se retenga en el tamiz de 37,5 mm, se ensaya el material más grande en fracciones separadas, ajustando la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción. Si se ensayan dos o más fracciones de tamaño, se determina la granulometría de la muestra según la NTE INEN 696, ignorando el material más fino que 4,75 mm

El procedimiento del ensayo inicia con el secado de la muestra en un horno a una temperatura específica, seguido por un periodo de enfriamiento para muestras de diferentes tamaños. Luego, se sumerge la muestra en agua durante un tiempo determinado. Dependiendo del uso posterior de los valores de absorción y densidad relativa en mezclas de hormigón, el paso de secado inicial puede ser opcional. Posteriormente, se retira la muestra del agua y se seca hasta alcanzar una condición específica, evitando la evaporación excesiva de agua durante este proceso. Finalmente, se determina la masa de la muestra en diferentes condiciones para su posterior análisis.

3.4.1.4. *Peso volumétrico y porcentaje de vacíos.*

Se determinan acorde a la normativa “Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos” (NTE INEN 858:2010). El propósito es establecer los procedimientos y criterios para determinar la masa unitaria y el porcentaje de vacíos en áridos gruesos y finos, con el fin de garantizar la calidad y la uniformidad en su uso en la construcción y otras aplicaciones. Los materiales se listan en la tabla #, el proceso de fabricación de muestras y los procedimientos se detallan a continuación:

Se procede con la toma de muestra del árido según la normativa NTE INEN 695, reduciéndola posteriormente para obtener la muestra de ensayo, siguiendo las pautas establecidas en la NTE INEN 2 566. Para la preparación de la muestra de ensayo, se debe asegurar un tamaño adecuado, entre el 125% y el 200% de la cantidad necesaria para llenar el molde, evitando la segregación. La muestra se seca hasta alcanzar una masa constante, preferiblemente en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La elección del procedimiento adecuado es crucial. Se emplea el procedimiento por paladas únicamente cuando se especifique, de lo contrario, se determina la masa unitaria compactada mediante el procedimiento por varillado para áridos de tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menos, o mediante el procedimiento por sacudidas para tamaños superiores a 37,5 mm pero no mayores a 125 mm.

Tabla 9.*Materiales utilizados para ensayo acorde a NTE INEN 858.*

Material	Especificaciones.
Balanza:	Debe tener una aproximación de 0,1% de la carga de ensayo.
Varilla de compactación:	Varilla recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud.
Molde:	De material metálico, impermeable con forma cilíndrica.
Pala o cucharón:	De tamaño adecuado.
Equipo de calibración.	Aparte de la balanza.
Placa de Vidrio	Con un espesor mínimo de 6 mm y 25 mm más que el diámetro del molde.
Grasa	Liviana automotriz o similar
Termómetro	Rango entre 10 y 32°C

Nota: Texto adaptado de “Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos”, por: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2010c).

El procedimiento por varillado implica llenar el molde en tres etapas, compactando cada capa con golpes de varilla distribuidos uniformemente. Se registra la masa del molde y la masa del molde con su contenido, con una precisión de 0,05 kg.

3.4.1.5. Humedad

El procedimiento para obtener la humedad natural del material responde a lo establecido en la normativa “Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad” (NTE INEN 862:2010) y tiene como propósito establecer los procedimientos y métodos precisos para determinar la cantidad total de humedad presente en los áridos utilizados en la mezcla de hormigón. Esta determinación es crucial para ajustar correctamente las proporciones de la mezcla de hormigón, garantizando así la calidad y consistencia del producto final. Los materiales se listan en la **Tabla 6**, el proceso de fabricación de muestras y los procedimientos se detallan a continuación:

Tabla 10.*Materiales utilizados para ensayo acorde a NTE INEN 862.*

Material	Especificaciones.
Balanza:	Debe tener una sensibilidad de 0,1% de la carga de ensayo.
Fuente de calor:	Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.
Recipiente de la muestra:	Recipiente que soporte el calor.
Agitador:	Cuchara o espátula de metal tamaño conveniente

Nota: Texto adaptado de “Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad”, por: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2010d).

Realizar el muestreo conforme a la NTE INEN 695, excepto por el tamaño de la muestra, asegurando una cantidad no menor a la indicada en la tabla 1 para obtener una representación adecuada del contenido de humedad del suministro. Proteger la muestra de la pérdida de humedad antes de determinar su masa. Para el procedimiento, determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1%. Secar completamente la muestra en el recipiente utilizando una fuente de calor seleccionada, evitando la pérdida de partículas y posibles explosiones debido a un calentamiento rápido. Se recomienda el uso de un horno de temperatura controlada para evitar alteraciones en las propiedades del árido y garantizar mediciones precisas. En caso de utilizar una fuente de calor diferente, agitar la muestra durante el secado para evitar sobrecalentamientos.

Se pueden acelerar los tiempos de secado con métodos específicos, como el uso de una plancha caliente con alcohol anhidro desnaturalizado. Sin embargo, se debe tener precaución para controlar el proceso de encendido y evitar lesiones o daños. La muestra se considera completamente seca cuando un tiempo adicional de calor no provoca una pérdida de masa mayor al 0,1%. Finalmente, determinar la masa de la muestra seca con una precisión del 0,1%, una vez que se haya enfriado lo suficiente para no afectar la balanza.

3.4.2. Caracterización de los materiales: Cemento.

El cemento utilizado para las muestras es el Holcim Tipo HE (High Early Strength) es un tipo de cemento hidráulico diseñado para desarrollar altas resistencias iniciales, lo que es especialmente útil en proyectos donde se requiere

una rápida desmoldación o puesta en servicio. Acorde con su ficha técnica cumple con las normas NTE INEN 2380 y ASTM 1157 aplicables para cementos de alta resistencia inicial y es regularmente testado para asegurar que cumple con los estándares de calidad y rendimiento establecidos.

Tabla 11.

Datos técnicos de cemento.

Parámetro	Especificaciones
Tipo de cemento:	Holcim Tipo HE
Peso específico:	$\delta = 2900 \text{ Kg}/\text{m}^3$
Resistencia a la compresión a los 28 días:	42 MPa

Nota: Obtenido de "Ficha Técnica Cemento Holcim Premium Tipo HE", por: Holcim Ecuador (2024).

3.4.3. Caracterización de materiales: Agua.

El propósito del agua en la mezcla de hormigón es vital para la reacción química de hidratación, permita al hormigón adquirir sus propiedades de resistencia y durabilidad. El agua también facilita la trabajabilidad de la mezcla, ayudando a que los componentes del hormigón se mezclen de manera uniforme y se coloquen adecuadamente. La norma NTE INEN 2617 establece que el agua utilizada en la mezcla de hormigón debe cumplir con ciertos requisitos para asegurar que no afecte negativamente las propiedades del hormigón. Sin embargo el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2012) considera que:

"Se permite el uso del agua potable como agua de mezcla del hormigón sin la realización de ensayos para verificar su cumplimiento de los requisitos de esta norma." (p.2)

Esto implica que el agua potable, al ser generalmente tratada y controlada para el consumo humano, es considerada adecuada para el uso en mezclas de hormigón sin necesidad de pruebas adicionales. Esta disposición facilita el proceso de construcción, ya que reduce la necesidad de ensayos específicos sobre el agua si esta es potable, agilizando así la preparación de la mezcla de hormigón.

3.4.4. Diseño de mezcla de hormigón - Código ACI 211.

El diseño de mezcla de hormigón es el proceso de seleccionar y proporcionar los materiales (cemento, agua, agregados y aditivos) que se usarán en la mezcla de hormigón para cumplir con las especificaciones requeridas en un proyecto de construcción. El objetivo principal es determinar la combinación óptima que proporcionará las propiedades deseadas, como resistencia, durabilidad, trabajabilidad y economía. Los hormigones se diseñan de acuerdo con la obra civil donde serán utilizados, de esto difieren sus propiedades físicas, mecánicas e incluso química en algunos casos de los agregados.

Realizar cada ensayo de laboratorio para el diseño de hormigón, asegurará que, aplicando el procedimiento acorde a la normativa vigente, se obtendrá resultados exitosos cumpliendo con la resistencia de diseño que requiere, la durabilidad, la trabajabilidad y evitar la exudación por contracción plástica y segregación. Los parámetros que intervienen en la dosificación son: la relación agua/cemento, resistencia a la compresión del hormigón, asentamiento del cono de Abraham, características de los agregados y el tipo de cemento.

3.4.4.1. *Resistencia promedio a la compresión especificada del hormigón.*

La resistencia depende de los requerimientos de la obra según el uso del hormigón y su colocación. El hormigón requerido para la fabricación de vigas es HAR (Hormigón de alta resistencia) para uso estructural, por tanto, el diseño de este hormigón responde a una resistencia de $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

3.4.4.2. *Resistencia promedio a la compresión requerida del hormigón.*

De acuerdo con la normativa obtener la resistencia promedio a la compresión requerida o f'_{cr} se obtienen con los datos de la desviación estándar (s), en caso de que no exista este dato, con el valor de la resistencia a la compresión seleccionamos la expresión matemática para el respectivo cálculo en la **tabla 8**.

Tabla 12.

Relación entre resistencia especificada y resistencia promedio a la compresión requerida del hormigón

Resistencia especificada a la compresión Kg/cm²	Resistencia promedio requerida a la compresión, Kg/cm²
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.1f'c + 50$

Nota: Obtenido de “ACI PRC-211.4-08: Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cmt & Other Cementitious Material”, por ACI (2009).

3.4.4.3. *Relación agua-cemento.*

Entendido como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del hormigón fresco, en el diseño influye de forma directa a la resistencia a la compresión requerida y las condiciones de servicios. La relación agua cemento dependerá de la resistencia, se puede obtener a partir de la interpolación de los valores de resistencia a la compresión, estos valores son detallados en la tabla # y se calculan utilizando valores para hormigón sin aire incorporado.

Tabla 13.

Relación agua cemento acorde a resistencia del hormigón a los 28 días.

f'_c en 28 días	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Nota: Obtenido de “ACI PRC-211.4-08: Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cmt & Other Cementitious Material”, por ACI (2009)

3.4.4.4. *Revenimiento en el Cono de Abrams.*

Con ensayo el hormigón debe contar con una adecuada trabajabilidad, consistencia y plasticidad, se realiza cuando el hormigón se encuentra en un estado fresco.

En el control de obra es muy frecuente que sea medido de acuerdo con la tabla posterior, por ende, influye en: proporciones de los agregados, cantidad de agua, cantidad de cemento y forma de la partícula

Tabla 14.

Asentamiento especificado.

Asentamiento especificado	Tolerancia
Menores a 50 mm	15 mm
Entre 50 mm y 100 mm	25 mm
Mayor a 100 mm	40 mm

Nota: Obtenido de “ACI PRC-211.4-08: Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cmt & Other Cementitious Material”, por ACI (2009)

3.4.4.5. *Revenimiento.*

Basándonos en los requerimientos de la tabla, y ya que diseñamos unas estructuras de pavimentos y losas, 1” a 3”, es importante tomar en cuenta; puede incrementarse cuando se usa aditivo, siempre que no se modifique la relación a/c ni exista segregación o exhudación;

Tabla 15

Revenimiento por estructura de hormigón

Tipos de construcción	Revenimiento	
	Máximo	Mínimo
<i>Muros de cimentación y zapatas, cajones de cimentación y muros de sub- estructura sencillos</i>	3”	1”
<i>Vigas y muros reforzados</i>	4”	1”
<i>Columnas para edificios</i>	4”	2”
<i>Pavimentos y losas</i>	3”	1”
<i>Concreto masivo</i>	2”	1”

Nota: Obtenido de “ACI PRC-211.4-08: Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cmt & Other Cementitious Material”, por ACI (2009)

3.4.4.6. *La relación agua-cemento*

Es un parámetro crucial en la mezcla de concreto, ya que afecta significativamente sus propiedades tanto en el estado fresco como endurecido. Esta relación se define como la proporción entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento en la mezcla, generalmente expresada en peso.

Tabla 16.

Agua en Kg/m³ concreto para los tamaños máximo-nominales de los agregados gruesos y consistencia indicados.

Revenimiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	9.5 mm	12.5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2" (25 a 50 mm)	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4" (75 a 100 mm)	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7" (150 a 175 mm)	243	228	216	202	190	178	160	---

3.4.4.7. *Contenido de agregado grueso:*

El contenido de agregado grueso en una mezcla de concreto se refiere a la cantidad de piedras o grava de gran tamaño que se incorpora en la mezcla. Este componente es crucial para la formación de la estructura del concreto y afecta varias de sus propiedades. De acuerdo con la tabla,

Tabla 17.

Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla, por volumen unitario de hormigón para diferentes módulos de finura de la arena.

Tamaño máximo de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso					
	2.40	2.60	2.80	3.0	3.10	4.00
9.5	0.5	0.48	0.46	0.44	0.39	-
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53	0.48	0.30
19	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.44
25	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.51
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69	0.68	0.59
50	0.78	0.76	0.74	0.72	0.71	0.64
75	0.81	0.79	0.77	0.75	0.76	0.69
150	0.87	0.85	0.83	0.81	0.82	0.76

3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.2.: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA.

3.5.1. Dosificación

El método para realizar el análisis de la resistencia del concreto mediante ensayo de resistencia a la compresión debe ser ejecutado empleando los lineamientos del método ACI PRC 211.1-91, establece las directrices para el diseño de mezclas de concreto basadas en métodos de prueba y análisis científico. Este procedimiento es crucial para garantizar que las mezclas de concreto cumplan con los requisitos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad especificados para diferentes aplicaciones estructurales. Para este estudio, se emplearán tres porcentajes diferentes de tereftalato de polietileno (PET) con relación al material cementicio: 2%, 3% y 4%, como lo explica la tabla #

Tabla 18.

Peso en kilogramos de Adición de fibras PET

Cálculo de adición de fibras PET		
Peso cemento (Kg)	% Adición	Peso fibras PET (Kg)
24,27	2%	0,4854
	3%	0,7281
	4%	0,9708

Nota: La fibra deberá tener el pretratamiento adecuado.

Estos porcentajes se han seleccionado con el objetivo de evaluar el efecto del PET en la resistencia del concreto. Los materiales para emplearse deberán ser ensayados de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, para su utilización en los diseños de mezclas de hormigón empleados en este trabajo de investigación.

La práctica estándar para el muestreo de concreto recién mezclado abarca los procedimientos necesarios para obtener muestras representativas del concreto fresco tal como se entrega en el sitio del proyecto y se realiza conforme a la norma ASTM C172-10 establecida por el ASTM International (2017). Estas muestras se

utilizarán para realizar pruebas que determinarán si el concreto cumple con los requisitos de calidad especificados en las normas bajo las cuales se ha suministrado.

El muestreo debe realizarse de manera rápida y uniforme, y las muestras deben combinarse en un recipiente adecuado y ser mezcladas nuevamente para obtener una muestra homogénea. La norma específica que las muestras deben protegerse de la contaminación y las condiciones ambientales adversas, y que deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio de pruebas para realizar los ensayos necesarios. Además, se establecen las condiciones y el equipo necesario para el muestreo, asegurando la integridad y representatividad de las muestras para la evaluación de la calidad del concreto. En este caso las probetas serán moldeadas en cilindros estándar y curadas en condiciones de laboratorio durante 24 horas. Luego, serán sometidas a un proceso de curado húmedo, sumergiéndolas en agua a 23°C durante 4, 7, 14 y 28 días. Estos tiempos de curado permitirán evaluar la resistencia del concreto a diferentes edades.

Después del periodo de curado correspondiente, se realizarán los ensayos de resistencia a la compresión utilizando una máquina de ensayo adecuada, siguiendo los procedimientos establecidos por la NTE INEN 1573 (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2010a). Se registrarán las cargas máximas aplicadas a las probetas y se calculará la resistencia a la compresión para cada una de las mezclas ensayadas.

Los resultados obtenidos serán analizados para determinar el efecto de los diferentes porcentajes de PET en la resistencia del concreto a diferentes edades. Esto permitirá identificar la dosificación óptima de PET que proporcione la mejor combinación de resistencia y durabilidad del concreto.

3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.3.: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYOS DE A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.

Implica realizar el análisis de la resistencia del concreto mediante ensayos de flexión de vigas de hormigón con diferentes dosificaciones de tereftalato de polietileno (PET), se seguirán los siguientes pasos metodológicos:

3.6.1. Preparación de Muestras:

El método para realizar el análisis de la resistencia del concreto mediante ensayo de resistencia a la compresión debe ser ejecutado empleando los lineamientos del método ACI PRC 211.1-91, establece las directrices para el diseño de mezclas de concreto basadas en métodos de prueba y análisis científico. Para este estudio, se emplearán tres porcentajes diferentes de tereftalato de polietileno (PET) con relación al material cementicio: 2%, 3% y 4%, como lo explica la tabla 18.

Tabla 19.

Peso en kilogramos de Adición de fibras PET

Cálculo de adición de fibras PET		
Peso cemento (Kg)	% Adición	Peso fibras PET (Kg)
	2%	0,4854
24,27	3%	0,7281
	4%	0,9708

Nota: La fibra deberá tener el pretratamiento adecuado.

Elaboración de Vigas de Hormigón:

Se fabricarán vigas de hormigón de dimensiones estándar para ensayos de flexión, siguiendo los procedimientos de mezclado, vertido y curado establecidos por las normas técnicas aplicables.

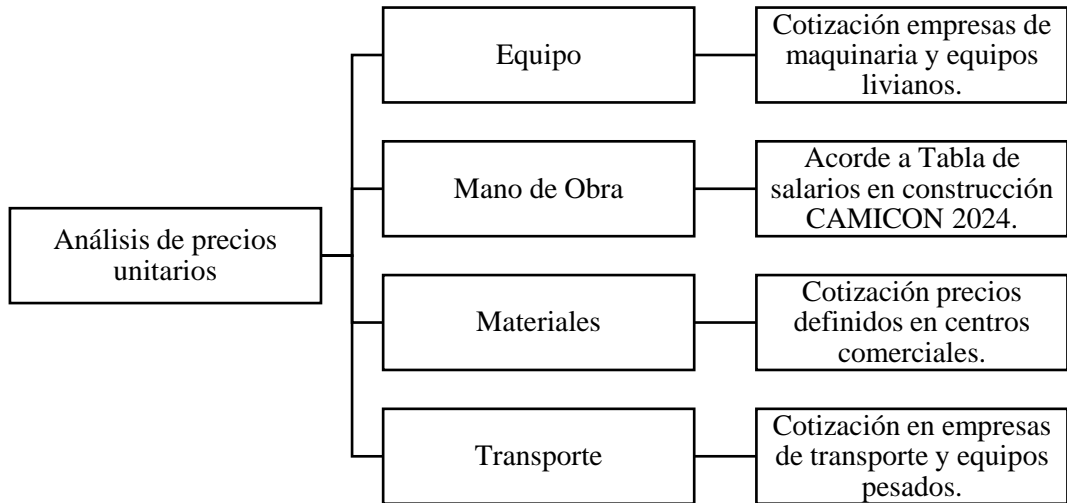
3.6.1.1.1. Ensayos de Flexión:

Los ensayos de flexión se realizarán en una máquina de ensayo de acuerdo con la norma ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). Se aplicará una carga incremental hasta que ocurra la falla de la viga. Se registrarán las cargas y desplazamientos necesarios para calcular los parámetros de resistencia a la flexión.

- a. **Resistencia a la Flexión:** Se calculará la resistencia a la flexión (Módulo de Rotura) de cada mezcla utilizando los datos obtenidos de los ensayos de flexión.

3.7. METODOLOGÍA DEL O.E.4.: REALIZAR EL PRESUPUESTO DEL COSTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN ECOLÓGICO.

El análisis de precio unitario del hormigón se realizará por metro cúbico (m^3), acorde a las unidades que se cuantifican en presupuestos, se debe identificar todos los componentes incluyendo cemento, agregados finos y gruesos, agua y aditivos. A continuación, se debe determinar la cantidad de cada componente requerida para un m^3 de hormigón, basado en la dosificación de la mezcla. Luego, se recopilan los costos actuales de mercado para cada material y se calculan los costos totales por componente. Los costos de la mano de obra son obtenidos de la sección “*Costos construcción: Tablas de salarios mínimos en construcción 2024*” elaborado de manera anual por (CÁMARA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAMICON), 2024). También se incluyen costos adicionales como transporte, mano de obra, equipos y otros indirectos. Finalmente, se suman todos estos costos para obtener el precio unitario del hormigón por m^3 , asegurando que se tenga en cuenta cualquier factor de desperdicio o contingencias.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL O.E.1.: DISEÑAR DOSIFICACIONES DE HORMIGÓN UTILIZANDO DISTINTOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL ÁRIDO PARA OBTENER UNA RESISTENCIA REQUERIDA PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS.

En la sección de resultados correspondiente al objetivo específico 1, se presentan los resultados de caracterización de los agregados y el diseño de dosificaciones de hormigón que incorporan diferentes porcentajes de adición de fibras de tereftalato de polietileno como adición en relación porcentual al material cementicio, se cumple con el propósito de caracterizar los materiales usados en la mezcla y mejorar las propiedades mecánicas del hormigón, específicamente su resistencia, mediante la inclusión de estas fibras recicladas. Se exploraron varios niveles de adición para determinar la combinación óptima que garantice la resistencia requerida

4.1.1. Características de los materiales.

Estos datos se obtienen en base a ensayos realizados en los agregados áridos de tipo grueso y fino, se realizan acorde a las normativas especificadas y las características de los materiales son consultadas en fichas técnicas que se describen con mayor profundidad en el capítulo de metodología.

4.1.1.1. Características del agregado grueso a usar para la elaboración de la mezcla de hormigón.

Los resultados de la medición de las características del agregado gruesos se presentan de manera sistemática, la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) se muestran en la **tabla 20**, el porcentaje de absorción del agregado grueso se muestra en la **tabla 21**, el peso volumétrico suelto en la **tabla 22**, el peso volumétrico varillado en la **tabla 23**. Los resultados de la

granulometría se muestran en la **tabla 24** y el gráfico se presenta en la **ilustración 4**.

Tabla 20.

Medición y cálculo de la Densidad Saturada Superficialmente Seca.

Densidad Saturada Superficialmente Seca (DSSS)		
Parámetro	Resultados	Unidad
D.S.S.S.	2000	gr
$W_{\text{canastilla sumergida}}$	0	gr
$W_{\text{canastilla sumergida + material}}$	1236	gr
$W_{\text{(canastilla sumergida + material)}} - W_{\text{(canastilla sumergida)}}$	1236	gr
Volumen desalojado	764	cm ³
D.S.S.S.	2,62	gr/cm ³
	2617,80	kg/m ³

Tabla 21.

Medición y cálculo del porcentaje de absorción.

% ABSORCIÓN		
Parámetro	Resultados	Unidad
$W_{\text{Grava saturada}} - W_{\text{Recipiente}}$	391	gr
$W_{\text{Grava seca}} - W_{\text{Recipiente}}$	385	gr
$W_{\text{Recipiente}}$	98	gr
$W_{\text{Grava saturada}}$	292	gr
$W_{\text{Grava seca}}$	287	gr
% Absorción	1.90	%

Tabla 22.

Medición y cálculo del peso volumétrico suelto.

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO		
Parámetro	Resultados	Unidad
$P.V.S + W_{\text{Recipiente}}$	24350	gr
W	16924	gr
P.V.S.	1322.19	kg/m³

Tabla 23

Medición y cálculo del peso volumétrico varillado.

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO		
Parámetro	Resultados	Unidad
$P.V.S + W_{\text{Recipiente}}$	26650	gr
W	19224	gr
P.V.V.	1501.88	kg/m³

Acorde a la granulometría se busca la curva de mayor ajuste, que corresponde al número 5 de las normativas NTE INEN 857: Áridos.

Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del Árido Grueso.

Tabla 24.

Datos del ensayo granulométrico.

TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM C-33/INEN 872	
				CUMPLIMIENTO	
1 1/2"	0,0	0,00	100,00	100	Si Cumple
1"	1050.0	11,65	88,35	90-100	No Cumple
3/4"	4940.0	54,83	33,51	20-55	Si Cumple
1/2"	2650.0	29,40	4,10	0-10	Si Cumple
3/8"	350,0	3,89	0,21	0-5	Si Cumple
FONDO	19,0	0,21	0,00		
TOTAL	9009,0	100,00			

Ilustración 4.

Curvas granulométricas del agregado grueso



4.1.1.2. Características del agregado fino a usar para la elaboración de la mezcla de hormigón.

Los resultados de la medición de las características del agregado fino se presentan de manera sistemática, la densidad saturada superficialmente seca (D.S.S.S) se muestran en la **tabla 25**, el porcentaje de absorción del agregado grueso se muestra en la **tabla 26**, el peso volumétrico suelto en la **tabla 27**. Los resultados de la granulometría se muestran en la **tabla 28** y el gráfico se presenta en la **ilustración 5**.

Tabla 25.*Medición y cálculo de la Densidad Saturada Superficialmente Seca.*

Densidad Saturada Superficialmente Seca (DSSS)		
Parámetro	Resultados	Unidad
P.S.S.S.	500	gr
Lectura Inicial ($L_{inicial}$)	200	gr
Lectura final (L_{final})	389	gr
$W_{desalojado}$ ($L_{inicial} - L_{final}$)	189	gr
Volumen desalojado	189	cm ³
D.S.S.S.	2,65	gr/cm ³
	2645,50	kg/m ³

Tabla 26.*Medición y cálculo del porcentaje de absorción.*

% ABSORCIÓN		
Parámetro	Resultados	Unidad
$W_{Arena\ saturada}$	371.07	gr
$W_{Arena\ seca}$	361.11	gr
% Absorción	2.76	%

Tabla 27.*Medición y cálculo del peso volumétrico suelto.*

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO		
Parámetro	Resultados	Unidad
Volumen	0.0027	m ³
P.V.S + $W_{Recipiente}$	5970	gr
$W_{Recipiente}$	1751	gr
W	4219	gr
P.V.S.	1558.55	kg/m³

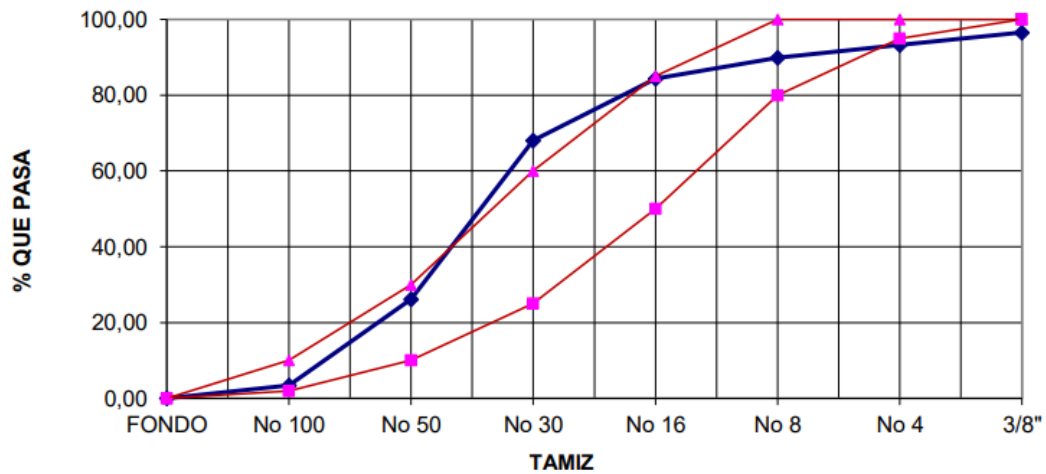
Tabla 28.*Datos del ensayo granulométrico.*

TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO		% QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM C-33/INEN 872	
		PARCIAL	ACUMULADO		CUMPLIMIENTO	
3/8"	55,73	3,44	3,44	96,56	100	No Cumple
No 4	54,16	3,34	6,78	93,22	95 - 100	No Cumple
No 8	54,18	3,34	10,12	89,88	80 - 100	Si Cumple
No 16	89,6	5,53	15,65	84,35	50 - 85	Si Cumple
No 30	263,61	16,27	31,92	68,08	25 - 60	No Cumple
No 50	678,69	41,89	73,81	26,19	10 - 30.	Si Cumple
No 100	368,98	22,78	96,59	3,41	2 - 10.	Si Cumple
FONDO	55,05	3,40	99,99	0,01	0	Si Cumple

TOTAL	1620	100,00
-------	------	--------

Ilustración 5.

Curva granulométrica del agregado fino.



La **tabla 20**, resume los resultados de los materiales utilizados en a la mezcla de hormigón.

Tabla 20.

Datos de los materiales

Material	Normativa	Producto	Especificaciones:
Cemento	NTE INEN - 2380	Holcim	Peso Específico: 2900,00 Kg/m^3
Agua	-	Agua Potable	Peso Específico: 1000,00 Kg/m^3
Agregado Grueso	NTE INEN - 696 NTE INEN - 857 NTE INEN - 862	Grava 1"	Tamaño máximo: 1"
			D.S.S.S: 2617,80 Kg/m^3
			P.V.S: 1322,20 Kg/m^3
			P.V.V: 1501,90 Kg/m^3
			Absorción: 1,90%
Agregado Fino	NTE INEN - 696 NTE INEN - 856 NTE INEN - 862	Arena gruesa	Peso Específico: 2617,80 Kg/m^3
			D.S.S.S: 2645,50 Kg/m^3
			P.V.S: 1558,55 Kg/m^3
			MF: 2,38 %
			Absorción: 1,90 %
			Peso Específico: 2645,50 Kg/m^3

4.1.2. Diseños de mezcla.

4.1.2.1. *Diseño de mezcla de hormigón estructural Método ACI 211.*

Se realiza el diseño del hormigón experimental donde a los 28 días el hormigón tiene que haber cumplido el ensayo a la compresión con una resistencia requerida de $280 \frac{Kg}{cm^2}$.

- b. Resistencia promedio a la compresión requerida del hormigón. La resistencia requerida responde a la expresión:

$$f'_{Cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{Cr} = 280 \frac{Kg}{cm^2} + 85$$

$$f'_{Cr} = 365 \frac{Kg}{cm^2}$$

- c. **Relación agua cemento.** Se obtiene un valor de $a/c = 0.43$ como resultado de la interpolación entre los valores superiores e inferiores de resistencia a la compresión para hormigón sin adición de aire.

- d. **Contenido de agua y cantidad de aire atrapado en el hormigón.** Acorde con la tabla, ya que el revenimiento es de 3" a 4" y su tamaño máximo nominal de 1" intersecando los valores obtenemos que la cantidad de agua en litros corresponde a $193 \text{ lt}/m^3$.

- e. **Contenido de cemento:** La relación agua/cemento es de $a/c = 0.460$ donde obtenemos: $c = \frac{193 \text{ lt}/m^3}{0.46} = 475.27 \text{ Kg}$

- f. **Contenido de agregado grueso:** El contenido del agregado grueso de acuerdo con la tabla normada ocupa un volumen de 0.71 m^3

- g. **Cálculo de material:** El cálculo de materiales por metro cubico de hormigón de acuerdo con las relaciones.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{469.74 \text{ Kg}}{2900 \text{ Kg}/m^3} = 0.162 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agregado grueso}} = \frac{1501.9 \text{ Kg}/m^3 * 0.71 \text{ m}^3}{2617.8 \text{ Kg}/m^3} = 0.407 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{201.99 \text{ Lt}}{1000 \text{ Kg}/\text{m}^3} = 0.202 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = 1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mezcla}} = 0.164 \text{ m}^3 + 0.407 \text{ m}^3 + 0.202 \text{ m}^3 + 0.015 \text{ m}^3 + V_{\text{agregado fino}}$$

$$V_{\text{agregado fino}} = 0.214 \text{ m}^3$$

- h. **Corrección por humedad y absorción del agregado para la humedad especificada.** Los pesos de los agregados serán aumentados o disminuidos en proporción a la humedad que contienen. Y se describen en la **tabla 29**.

Tabla 29.

Corrección de humedad agregado

Corrección de humedad			
	Piedra	Arena	Total
Volumen Calculado	0.407 m ³	0.214 m ³	0.6210
Volumen Corregido	0.373 m ³	0.248 m ³	0.6210

- i. **Dosificación para un metro cúbico de hormigón.**

Se detalla en la **tabla 30**, la dosificación para un metro cúbico de hormigón.

Tabla 30.

Diseño para un metro cúbico.

Material	Cantidad	Unidad
<i>Cemento</i>	469,74	Kg
<i>Agregado fino</i>	0,214	m ³
<i>Agregado Grueso</i>	0,407	m ³
<i>Agua de diseño</i>	0,202	m ³

4.2. RESULTADOS DEL OE.2: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA.

Se presentan los resultados de los ensayos de densidad, donde se describen medidas, volumen y peso de las probetas ensayadas correspondiente a cada modelo. Los cilindros ensayados del 1 al 8 corresponden al diseño más adición de PET en forma de trozos y del 9 al 16 en forma de fibra como se detallan en la metodología.

Tabla 31.

Densidad de cilindros – Diseño patrón 280 kg/cm²

No.	Tipo	Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm ²	Vol m ³	Peso Kg	δ kg/m ³
		D1	D2	Prom.					
1	Hormigón	14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	13,02	2459,22
2		14,98	14,99	14,99	30,01	176,36	0,0053	12,99	2454,37
3		15,01	15,02	15,02	30,00	177,07	0,0053	13,06	2458,56
4		14,98	14,99	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,98	2453,30
5		14,99	15,00	15,00	30,01	176,60	0,0053	13,04	2460,53
6		14,99	14,98	14,99	30,00	176,36	0,0053	13,01	2458,97
7		15,01	15,02	15,02	30,00	177,07	0,0053	13,05	2456,68
8		15,00	15,01	15,01	30,00	176,83	0,0053	13,05	2459,96

Tabla 32.

Densidad de cilindros – Diseño patrón 280 kg/cm² + 2% PET

No.	Tipo	Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm ²	Vol m ³	Peso Kg	δ kg/m ³
		D1	D2	Prom.					
1	Trozos	14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,84	2425,22
2		15,01	15,01	15,01	30,01	176,95	0,0053	12,85	2419,84
3		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,84	2428,46
4		14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,82	2421,44
5		15,00	15,00	15,00	30,01	176,71	0,0053	12,84	2421,18
6		14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,81	2419,55
7		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,86	2432,24
8		15,01	15,01	15,01	30,00	176,95	0,0053	12,84	2418,76
9	Fibra	14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,82	2421,44
10		14,98	14,99	14,99	30,01	176,36	0,0053	12,84	2426,03
11		15,01	15,02	15,02	30,00	177,07	0,0053	12,86	2420,91
12		14,98	14,99	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,84	2426,84
13		14,99	15,00	15,00	30,01	176,60	0,0053	12,83	2420,91
14		14,99	14,98	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,85	2428,73
15		15,01	15,02	15,02	30,00	177,07	0,0053	12,88	2424,68
16		15,00	15,01	15,01	30,00	176,83	0,0053	12,87	2426,03

Tabla 33.Densidad de cilindros – Diseño patrón 280 kg/cm² + 3% PET

No.	Tipo	Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm ²	Vol m ³	Peso Kg	δ kg/m ³
		D1	D2	Prom.					
1	Trozos	15,00	15,00	15,00	30,00	176,71	0,0053	12,70	2395,58
2		14,99	14,99	14,99	30,01	176,48	0,0053	12,66	2390,42
3		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,66	2394,41
4		15,01	15,01	15,01	30,00	176,95	0,0053	12,70	2392,39
5		15,01	15,02	15,02	30,01	177,07	0,0053	12,71	2391,88
6		14,98	14,99	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,69	2398,48
7		14,99	15,00	15,00	30,00	176,60	0,0053	12,67	2391,51
8		14,99	14,98	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,65	2390,92
9	Fibra	14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,65	2389,33
10		15,01	15,01	15,01	30,01	176,95	0,0053	12,66	2384,06
11		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,65	2392,52
12		14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,68	2395,00
13		15,00	15,00	15,00	30,01	176,71	0,0053	12,71	2396,66
14		14,99	14,98	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,67	2394,70
15		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,64	2390,63
16		14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,68	2395,00

Tabla 34Densidad de cilindros – Diseño patrón 280 kg/cm² + 4% PET

No.	Tipo	Diámetro (cm)			Altura cm	Área cm ²	Vol m ³	Peso Kg	δ kg/m ³
		D1	D2	Prom.					
1	Trozos	15,01	15,02	15,02	30,00	177,07	0,0053	12,58	2368,20
2		14,98	14,99	14,99	30,01	176,36	0,0053	12,55	2371,23
3		14,99	15,00	15,00	30,00	176,60	0,0053	12,56	2370,75
4		15,01	15,01	15,01	30,00	176,95	0,0053	12,59	2371,66
5		15,01	15,02	15,02	30,01	177,07	0,0053	12,62	2374,94
6		14,98	14,99	14,99	30,00	176,36	0,0053	12,56	2373,91
7		15,01	15,01	15,01	30,00	176,95	0,0053	12,59	2371,66
8		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,52	2367,93
9	Fibra	14,99	14,99	14,99	30,00	176,48	0,0053	12,54	2368,55
10		15,00	15,00	15,00	30,01	176,71	0,0053	12,55	2366,49
11		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,52	2367,93
12		15,00	15,00	15,00	30,00	176,71	0,0053	12,55	2367,28
13		14,99	14,99	14,99	30,01	176,48	0,0053	12,54	2367,76
14		14,98	14,98	14,98	30,00	176,24	0,0053	12,51	2366,04
15		15,01	15,01	15,01	30,00	176,95	0,0053	12,54	2362,25
16		15,01	15,02	15,02	30,00	177,07	0,0053	12,56	2364,44

4.2.1.1. Resultados de prueba a la compresión.

Los resultados de resistencia a la compresión de las probetas a los 3, 7, 14 y 28 días presenta la medición la carga máxima soportada y la resistencia a la compresión correspondiente de la muestra. Se muestran desde la tabla 34 a la 37 y de la Figura a la 9.

Tabla 35.

Parámetros medidos de ensayo de rotura – Diseño patrón 280 kg/cm²

Edad:	3 días		7 días		14 días		28 días	
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho	14,99	14,99	15,02	14,99	15,00	14,99	15,02	15,01
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	13,02	12,99	13,06	12,98	13,04	13,01	13,05	13,05
Cmax (KN)	326,4	322,1	412,80	421,52	480,38	480,38	530,10	530,10
Resistencia (Kg/cm ²)	188,59	186,23	237,72	243,72	277,38	277,75	305,27	305,68

Ilustración 6

Grafica de Resistencia a la Compresión vs Edad - Diseño patrón.

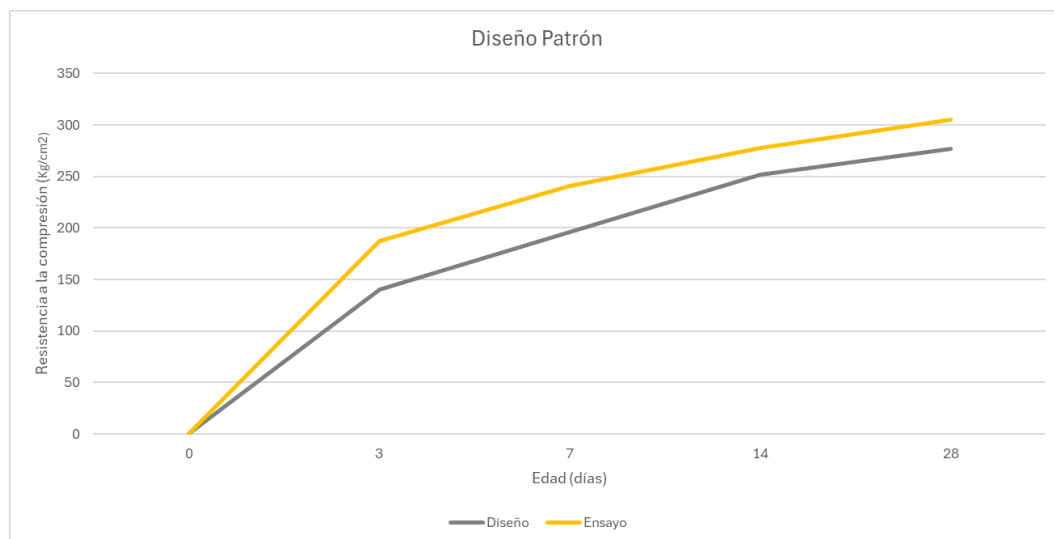


Tabla 36.Parámetros medidos de ensayo de rotura – Diseño patrón 280 kg/cm² + 2% PET

Edad:	3 días		7 días		14 días		28 días	
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho	14,99	15,01	14,98	14,99	15,00	14,99	14,98	15,01
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	12,84	12,85	12,84	12,82	12,84	12,81	12,86	12,84
Cmax (KN)	312,80	310,25	400,12	398,21	420,10	422,10	437,30	451,30
Resistencia (Kg/cm ²)	180,74	178,79	231,50	230,09	242,41	243,89	253,01	260,07
N°	9	10	11	12	13	14	15	16
Ancho	14,99	14,99	15,02	14,99	15,00	14,99	15,02	15,01
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	12,84	12,86	12,84	12,83	12,85	12,88	12,87	12,87
Cmax (KN)	349,50	349,80	400	403,8	505,21	507,80	564,40	564,50
Resistencia (Kg/cm ²)	201,94	202,25	230,35	233,47	291,72	293,60	299,64	300,03

Ilustración 7.

Gráfica de Resistencia a la Compresión vs Edad - Diseño patrón + 2% PET.

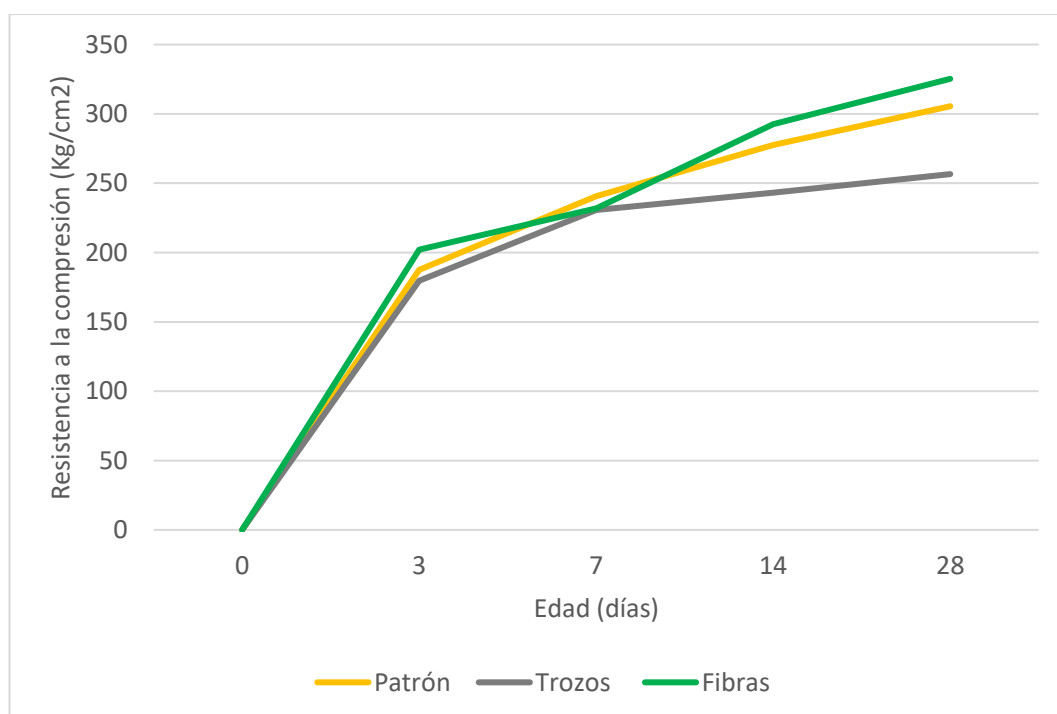


Tabla 37.

Parámetros medidos de ensayo de rotura – Diseño patrón 280 kg/cm² + 3% PET

Edad:	3 días		7 días		14 días		28 días	
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho	15,00	14,99	14,98	15,01	15,02	14,99	15,00	14,99
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	12,70	12,66	12,66	12,70	12,71	12,69	12,67	12,65
Cmax (KN)	244,75	246,21	310,01	312,05	346,02	348,21	375,20	378,21
Resistencia (Kg/cm2)	141,23	142,26	179,36	179,82	199,27	201,33	216,65	218,68
N°	9	10	11	12	13	14	15	16
Ancho	14,99	15,01	14,98	14,99	15,00	14,99	14,98	14,99
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	12,66	12,65	12,68	12,71	12,67	12,64	12,68	12,68
Cmax (KN)	294,60	298,20	327,30	329,60	352,10	353,02	380,21	381,02
Resistencia (Kg/cm2)	170,22	171,84	189,37	190,44	203,17	204,11	219,98	220,15

Ilustración 8.

Gráfica de Resistencia a la Compresión vs Edad - Diseño patrón + 3% PET.

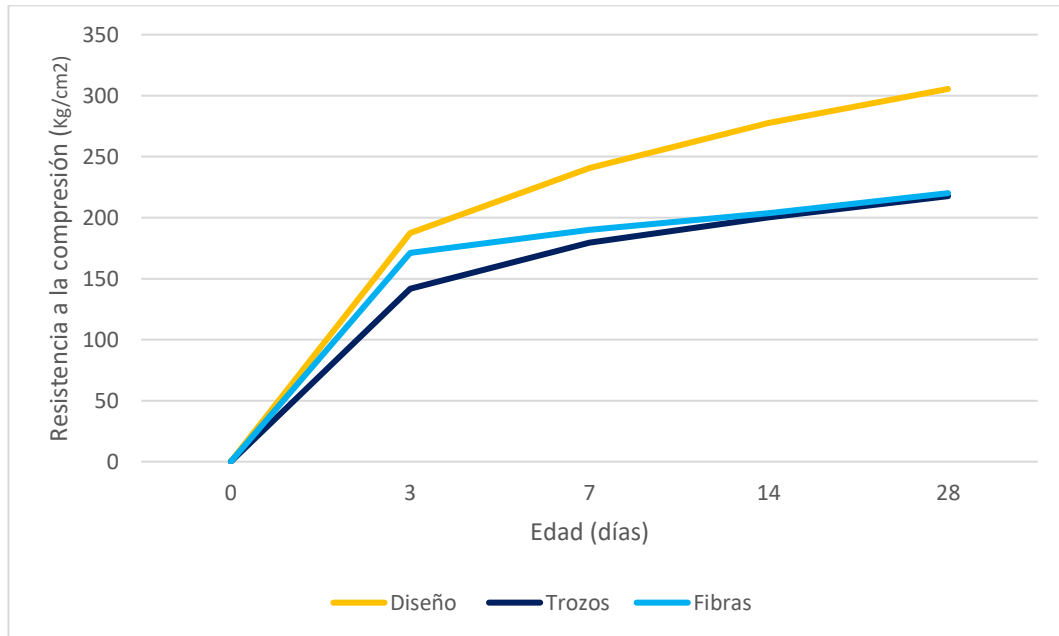


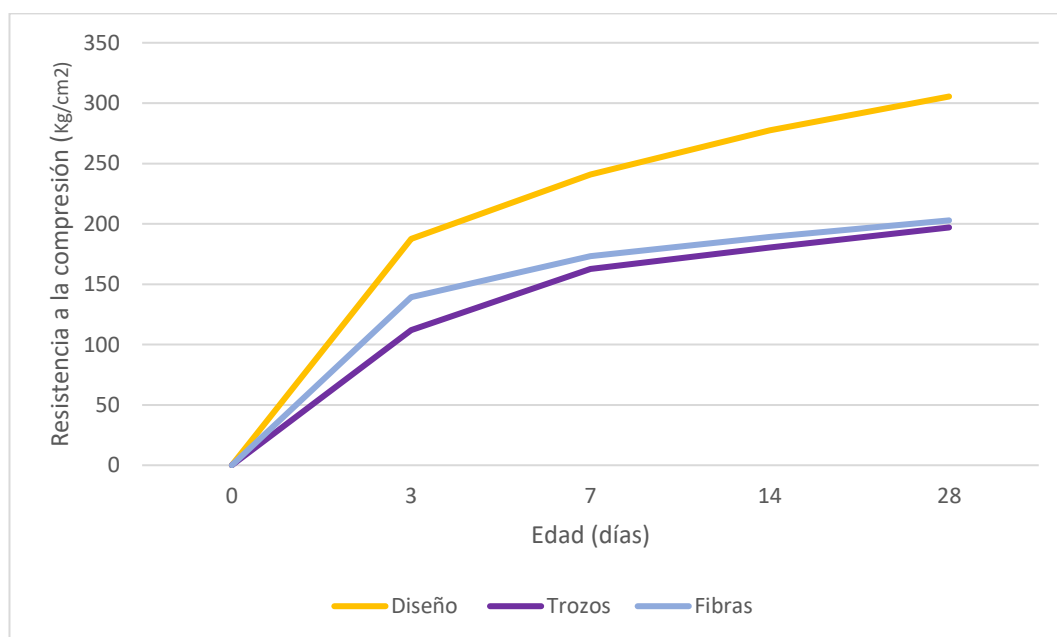
Tabla 38.

Parámetros medidos de ensayo de rotura – Diseño patrón 280 kg/cm² + 4% PET

Edad:	3 días		7 días		14 días		28 días	
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho	15,02	14,99	15,00	15,01	15,02	14,99	15,01	14,98
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	12,58	12,55	12,56	12,59	12,62	12,56	12,59	12,52
Cmax (KN)	195,20	192,60	280,10	283,43	310,20	315,20	340,20	342,10
Resistencia (Kg/cm2)	112,41	111,36	161,73	163,33	178,64	182,24	196,04	197,93
N°	9	10	11	12	13	14	15	16
Ancho	14,99	15,00	14,98	15,00	14,99	14,98	15,01	15,02
Alto	30,00	30,01	30,00	30,00	30,01	30,00	30,00	30,00
Peso (Kg)	12,55	12,52	12,55	12,54	12,51	12,54	12,56	12,56
Cmax (KN)	238,7	243,6	301,20	298,52	325,20	329,10	352,16	352,12
Resistencia (Kg/cm2)	137,92	140,57	174,27	172,26	187,90	190,41	202,94	202,78

Ilustración 9.

Grafica de resistencia a la compresión vs edad - Diseño patrón + 4% PET.



4.3. RESULTADOS DEL O.E.3.: REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE ENSAYOS DE A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN CON LAS DOSIFICACIONES DE TEREFALATO DE POLIETILENO PARA COMPROBAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA CON OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de flexión realizados en vigas de hormigón con diferentes dosificaciones de tereftalato de polietileno (PET). Los ensayos se realizaron para determinar la resistencia a la flexión del hormigón con la adición de diferentes porcentajes de PET en forma de trozos y fibras. A continuación, se presentan los datos obtenidos:

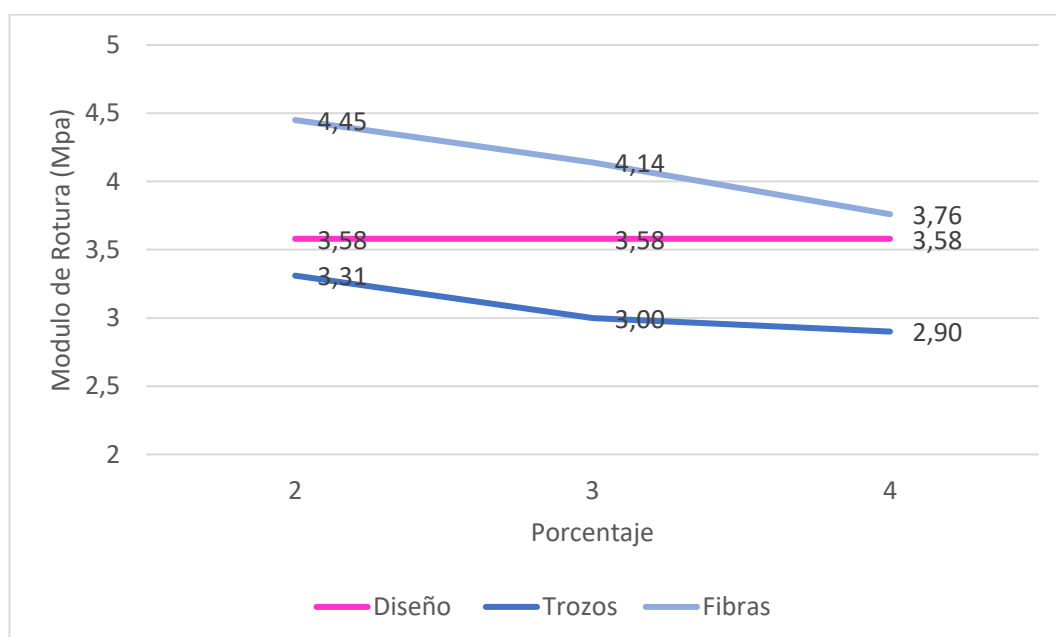
Tabla 39.

Datos obtenidos de Modulo de Rotura (MPa)

PORCENTAJE	Modulo de Rotura (MPa)		
	Diseño	Trozos	Fibras
2	3,58	3,31	4,45
3	3,58	3,00	4,14
4	3,58	2,90	3,76

Ilustración 10.

Gráfica de MR obtenidos de ensayos de rotura de viga.



4.4. RESULTADOS DEL O.E.4.: REALIZAR EL PRESUPUESTO DEL COSTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN ECOLÓGICO.

Los resultados del análisis de precios unitarios incluyen los análisis detallados de las componentes: equipo, mano de obra, materiales y transporte.

La mano de obra se considera una cuadrilla tipo compuesta por:

Tabla 40.

Descripción de la cuadrilla considerada en el análisis de precios unitarios.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD TOTAL
AYUDANTE - (Estructura Ocupacional E2)	
Los ayudantes se dividen en:	
2 – Encargados de Parihuelas de piedra y arena.	5,00
2 – Encargados de movilización de materiales en carretillas.	
1 – Operador de Vibrador.	
 ALBAÑIL - (Estructura Ocupacional D2)	
Los albañiles se dividen en:	
1 – Recibidor.	2,00
1 – Operador de concretera.	
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES - (Estructura Ocupacional C1)	
1 – Maestro de obra.	1,00

Se considera un rendimiento donde la cuadrilla descrita funde 4,00 m³ en una jornada laboral de 8 horas, equivalente a que funden 1m³ en 2 horas. En el análisis de precios unitarios no se considera el encofrado ni armado de acero de refuerzo por que se desea realizar una comparativa del precio del hormigón simple. Las cantidades de los materiales se utilizan acorde al calculo de dosificación obtenidos de los resultados del capítulo 1.

Ilustración 11.

Análisis de precio unitario de hormigón convencional $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	1				UNIDAD:	m3
DETALLE:	HORMIGÓN $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$					
EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A * B	R	D=C*R	
CONCRETERA	1,00	\$ 3,13	\$ 3,13	2,00	\$ 6,25	
SOLDADORA	1,00	\$ 2,85	\$ 2,85	2,00	\$ 5,70	
H MENOR	1,00	\$ 3,37	\$ 3,37	1,00	\$ 3,37	
<i>SUBTOTAL M</i>					\$ 15,32	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A * B	R	D=C*R	
AYUDANTE - (EO E2)	5,00	\$ 4,14	\$ 20,70	2,00	\$ 41,40	
ALBAÑIL - (EO D2)	2,00	\$ 4,19	\$ 8,38	2,00	\$ 16,76	
MAESTRO MAYOR EN EJECUCI	1,00	\$ 4,65	\$ 4,65	2,00	\$ 9,30	
<i>SUBTOTAL N</i>					\$ 67,46	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
		A	B	C=A*B		
CEMENTO TIPO GU	Kg	475,27	\$ 0,15	\$ 73,00		
ARENA CORRIENTE FINA	m3	0,21	\$ 15,00	\$ 3,15		
AGUA	m3	0,20	\$ 0,85	\$ 0,17		
MADERA DE ENCOFRADO - Tabla Semidura 7"x4r	u	8,00	\$ 4,54	\$ 36,32		
MADERA DE ENCOFRADO - Cuartón Semiduro 2")	u	5,00	\$ 2,83	\$ 14,15		
AGREGADO - PIEDRA 3/4"	m3	0,41	\$ 23,00	\$ 9,43		
VARIOS 1: CLAVOS, ALAMBRE DE AMARRE	u	1,00	\$ 1,00	\$ 1,00		
<i>SUBTOTAL O</i>					\$ 137,22	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
		A	B	C=A*B		
				\$ -		
<i>SUBTOTAL P</i>					\$ -	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				\$ 220,00		
INDIRECTOS Y UTILIDADES				15,00 % \$ 33,00		
COSTO TOTAL DE RUBRO				\$ 253,01		
VALOR OFERTADO				\$ 253,01		
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						
Santa Elena, 11 de julio del 2024			TESISTAS			
LUGAR Y FECHA			OFERENTE			

Ilustración 12

Análisis de precio unitario de hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibras PET.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO:	1				UNIDAD:	m3	
DETALLE:	HORMIGÓN $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$						
EQUIPO							
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C = A * B	R	D=C*R		
CONCRETERA	1,00	\$ 3,13	\$ 3,13	2,00	\$ 6,25		
SOLDADORA	1,00	\$ 2,85	\$ 2,85	2,00	\$ 5,70		
H MENOR	1,00	\$ 3,37	\$ 3,37	1,00	\$ 3,37		
					SUBTOTAL M \$ 15,32		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C = A * B	R	D=C*R		
AYUDANTE - (EO E2)	5,00	\$ 4,14	\$ 20,70	2,00	\$ 41,40		
ALBAÑIL - (EO D2)	2,00	\$ 4,19	\$ 8,38	2,00	\$ 16,76		
MAESTRO MAYOR EN EJECUCI	1,00	\$ 4,65	\$ 4,65	2,00	\$ 9,30		
					SUBTOTAL N \$ 67,46		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
		A	B	C=A*B			
CEMENTO TIPO GU	Kg	475,27	\$ 0,15	\$ 73,00			
ARENA CORRIENTE FINA	m3	0,21	\$ 15,00	\$ 3,15			
AGUA	m3	0,20	\$ 0,85	\$ 0,17			
MADERA DE ENCOFRADO - Tabla Semidura 7"x4r	u	8,00	\$ 4,54	\$ 36,32			
MADERA DE ENCOFRADO - Cuartón Semiduro 2's	u	5,00	\$ 2,83	\$ 14,15			
AGREGADO - PIEDRA 3/4"	m3	0,41	\$ 23,00	\$ 9,43			
VARIOS 1: CLAVOS, ALAMBRE DE AMARRE	u	1,00	\$ 1,00	\$ 1,00			
FIBRAS PET	Kg	9,51	\$ 1,85	\$ 17,58			
				SUBTOTAL O \$ 154,81			
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
		A	B	C=A*B			
				\$ -			
				SUBTOTAL P \$ -			
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) \$ 237,59			
				INDIRECTOS Y UTILIDADES 15,00 % \$ 35,64			
				COSTO TOTAL DE RUBRO \$ 273,23			
				VALOR OFERTADO \$ 273,23			
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA							
Santa Elena, 11 de julio del 2024				TESISTAS			
LUGAR Y FECHA				OFERENTE			

4.5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Para cumplir con el objetivo específico 1 (O.E.1), se diseñaron varias dosificaciones de hormigón utilizando diferentes porcentajes de adición de fibras de tereftalato de polietileno (PET) como reemplazo parcial del árido. Las dosificaciones fueron calculadas acorde al peso del cemento, para un hormigón de 280 kg/cm² que cumple con los requisitos establecidos. Estas dosificaciones fueron fundamentales para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón, logrando un diseño base que sirviera para posteriores ensayos y análisis.

En el análisis de la resistencia a la compresión (O.E.2), se realizaron ensayos utilizando dosificaciones de 2%, 3% y 4% de fibras de PET. Las roturas con el PET en forma de trozos presentan problemas de adherencia cuyos resultados se pueden observar en las roturas que fallan justamente en las caras del plástico. Los resultados mostraron que solo las dosificaciones con adición del 2% cumplen con los criterios de resistencia requeridos. Sin embargo, se observó que las dosificaciones en general presentaron una mejora en la densidad, haciendo al hormigón más liviano. Estos resultados indican que la adición de fibras de PET, en proporciones específicas, puede mejorar significativamente la resistencia a la compresión del hormigón, manteniendo su integridad estructural y creando un hormigón más denso.

Para el análisis de la resistencia a la flexión (O.E.3), se realizaron ensayos en vigas de hormigón con las mismas dosificaciones de 2%, 3% y 4% de PET. Los ensayos incluyeron la obtención de parámetros de resistencia a la compresión y flexión. Al igual que en los ensayos de compresión, todas las dosificaciones cumplieron con los parámetros de diseño. Sin embargo, la dosificación del 4% mostró una mejora en la densidad, haciéndolo más liviano, mientras que la mejor resistencia a la flexión se observó en la dosificación del 2% en comparación con el diseño base. Estos hallazgos sugieren que, aunque la mayor cantidad de PET mejora la densidad y reduce el peso del hormigón, la adición óptima para resistencia a la flexión se encuentra en la dosificación del 2%.

El análisis de precios unitarios para determinar los costos de producción del hormigón ecológico (O.E.4) reveló que el hormigón con adición de fibras de PET reciclado tiene un valor agregado del 8%. Aunque las fibras de PET son recicladas, su procesamiento y tratamiento añaden costos adicionales. No obstante,

considerando el beneficio ambiental al reutilizar desechos plásticos, el valor agregado es justificado. El uso de PET reciclado no solo mejora las propiedades mecánicas del hormigón, sino que también contribuye a la sostenibilidad y reducción de residuos plásticos, ofreciendo un doble beneficio tanto económico como ambiental.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.

5.1. CONCLUSIONES

Conclusión sobre el O.E.1: El diseño de dosificaciones de hormigón con distintos porcentajes de adición de fibras de tereftalato de polietileno (PET) permitió obtener un hormigón de 280 kg/cm² que cumple con los requisitos establecidos. La dosificación óptima se calculó acorde al peso del cemento, confirmando que el PET puede ser un reemplazo viable del árido fino para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón.

Conclusión sobre el O.E.2: Las pruebas de resistencia a la compresión indicaron que las dosificaciones de 2% cumplen con los parámetros de diseño y aquellas con adición mayor, 3%, 4% y 5% de PET deterioran la resistencia del hormigón. La dosificación del 2% presentó la mejor resistencia a la compresión comparada con el diseño base y la curva de diseño, demostrando que una menor cantidad de PET puede proporcionar una mayor resistencia estructural.

Conclusión sobre el O.E.3: La incorporación de tereftalato de polietileno (PET) en forma de fibras mejora la resistencia a la flexión del hormigón en comparación con el diseño patrón y la adición de PET en trozos. El porcentaje óptimo de adición de PET en fibras, según los datos obtenidos, es del 2%, logrando una resistencia a la flexión de 4,45 MPa. A medida que se incrementa la dosificación de PET en fibras a 3% y 4%, la resistencia a la flexión disminuye, pero sigue siendo superior a la del diseño patrón. La adición de PET en trozos no es recomendable, ya que disminuye la resistencia a la flexión del hormigón en todas las dosificaciones evaluadas.

Conclusión sobre el O.E.4: El análisis de costos reveló que el hormigón con adición de fibras de PET reciclado tiene un costo adicional del 8%. Este aumento se debe al tratamiento de las fibras recicladas. Sin embargo, el beneficio ambiental derivado del uso de desechos plásticos justifica este costo adicional, proporcionando una ventaja significativa en términos de sostenibilidad.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar estudios adicionales con diferentes porcentajes de PET y en diferentes condiciones ambientales para determinar la durabilidad y comportamiento a largo plazo del hormigón ecológico. Fomentar la implementación de políticas públicas que incentiven el uso de materiales reciclados en la construcción, proporcionando beneficios fiscales y subsidios para proyectos ecológicos.
- En base a los resultados obtenidos en los ensayos de flexión de vigas de hormigón con dosificaciones de tereftalato de polietileno (PET), se ha observado que la adición de PET en forma de fibras mejora significativamente la resistencia a la flexión en comparación con el diseño patrón. Sin embargo, también se ha notado una disminución de la resistencia a la flexión al aumentar la dosificación de las fibras de PET de 2% a 4%. Para abordar este desafío y optimizar aún más las propiedades mecánicas del hormigón, se recomienda considerar la modificación de la geometría de las fibras de PET. Específicamente, se sugiere probar fibras con cortes en zigzag. La geometría en zigzag puede proporcionar una mejor adherencia entre las fibras y la matriz de hormigón, lo que puede resultar en una mayor resistencia a la flexión y una distribución más uniforme de las tensiones.
- Realizar análisis de viabilidad económica en diferentes contextos y escalas de producción para identificar las condiciones más favorables para la implementación del hormigón con PET reciclado. Investigar métodos de tratamiento y procesamiento de fibras PET que puedan reducir los costos de producción sin comprometer la calidad del hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

- Arulrajah, A., Kua, T.-A., Horpibulsuk, S., Mirzababaei, M., & Chinkulkijniwat, A. (2017). Recycled glass as a supplementary filler material in spent coffee grounds geopolymers. *Construction and Building Materials*, *151*, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.050>
- ASTM International. (2017). *Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete*. Subcommittee C09.60. https://doi.org/10.1520/C0172_C0172M-17
- Bolaños González, D. G. (2022). *Análisis del comportamiento del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno reciclado*. [Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/18405>
- Cabrera Rodríguez, J. S. (2018). *Elaboración de morteros con adición de polímeros (PET)* [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/f93f1fb1-bea3-48e9-9afc-d35584de5318>
- CÁMARA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAMICON). (2024). *Tabla de salarios mínimos para el año 2024*. <https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2769&tipo=doc>
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). TIPOS DE MUESTREO. In *Rev. Epidem. Med. Prev* (Vol. 1).
- Chirinos, G. E. V., & Ochoa, W. A. A. (2022). Evaluación de la influencia de cementos portland tipo IP y aditivos superplastificantes en la elaboración de hormigones de alta resistencia en la ciudad de Cochabamba, Bolivia. *Brazilian Journal of Development*, *8*(12). <https://doi.org/10.34117/bjdv8n12-088>
- Cobos Sáenz de Viteri, L. A., & Valle Benítez, A. W. (2021). Estudio comparativo sobre el comportamiento mecánico del concreto con fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclado y concreto con fibra de acero. *Dom. Cien*, *7*(5), 798–818.
- Das, B. (2012). *FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA EN CIMENTACIONES* (SERGIO R. CERVANTES GONZALEZ & OMAR A. RAMIREZ ROSAS (eds.); SEPTIMA).
- Echeverría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. *Universidad Nacional de Cajamarca, I*(Tesis).
- Ferdous, W., Manalo, A., Siddique, R., Mendis, P., Zhuge, Y., Wong, H. S., Lokuge, W., Aravinthan, T., & Schubel, P. (2021). Recycling of landfill

- wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105745>
- Flatt, R. J., Roussel, N., & Cheeseman, C. R. (2012). Concrete: An eco material that needs to be improved. *Journal of the European Ceramic Society*, 32(11), 2787–2798. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2011.11.012>
- García-Troncoso, N., Hidalgo-Astudillo, S., Tello-Ayala, K., Vanegas-Alman, N., & Bompa, D. V. (2023). Preparation and performance of sugarcane bagasse ash pavement repair mortars. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02563. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02563>
- García Ramírez, Y. (2019). *Cómo redactar una tesis en Ingeniería Civil* (Primera Ed).
- García Ramírez, Y. (2021). *Guía para la elaboración de planes de tesis en Ingeniería Civil* (UTPL (ed.); Primera).
- Golfín, K. (2019). Mejoramiento del desempeño en la estabilización de suelos de subrasantes con cemento hidráulico en vías no pavimentadas. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Gómez Hermoso, J. (1998). El hormigón de alta resistencia en la edificación. Tipología estructural. *Informes de La Construcción*, 50(455). <https://doi.org/10.3989/ic.1998.v50.i255.900>
- Guevara Fallas, G., Hidalgo Madrigal, C., Pizarro García, M., Rodríguez Valenciano, I., Rojas Vega, L. D., & Segura Guzmán, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(2). <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.1632>
- Guo, Y., Zhang, J., Chen, G., & Xie, Z. (2014). Compressive behaviour of concrete structures incorporating recycled concrete aggregates, rubber crumb and reinforced with steel fibre, subjected to elevated temperatures. *Journal of Cleaner Production*, 72, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.036>
- Habert, G., Billard, C., Rossi, P., Chen, C., & Roussel, N. (2010). Cement production technology improvement compared to factor 4 objectives. *Cement and Concrete Research*, 40(5), 820–826. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.09.031>

- He, J., Xu, S., Sang, G., Wu, Y., & Liu, S. (2024). Enhancing the Mechanical Properties and Water Permeability of Pervious Planting Concrete: A Study on Additives and Plant Growth. *Materials*, *17*(10), 2301. <https://doi.org/10.3390/ma17102301>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Editorial). http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Holcim Ecuador. (2024). *Ficha Técnica Holcim Premium Tipo HE*. <https://www.holcim.com.ec/cemento-holcim-premium>
- Huamán Changa, M. D. R., Rodríguez Gozar, T. M., & Díaz Garamendi, D. (2022). Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y el hormigón con fibras metálicas recicladas. *Gaceta Técnica*, *23*(2). <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.3>
- Imtiaz, L., Rehman, S. K. U., Ali Memon, S., Khizar Khan, M., & Faisal Javed, M. (2020). A Review of Recent Developments and Advances in Eco-Friendly Geopolymer Concrete. *Applied Sciences*, *10*(21), 7838. <https://doi.org/10.3390/app10217838>
- Infante-Alcalde, J., & Valderrama-Ulloa, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información Tecnológica*, *30*(5). <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500025>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010a). *NTE INEN 1573: Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico*. <https://archive.org/details/ec.nte.1573.2010/page/n1/mode/2up>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010b). *NTE INEN 856: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010c). *NTE INEN 857: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del Árido Grueso*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010d). *NTE INEN 858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de*

- vacíos. <https://archive.org/details/ec.nte.0858.2010>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2010e). *NTE INEN 862: Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011a). *Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011b). *NTE INEN 696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2012). *NTE INEN 2617: Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos.* <https://archive.org/details/ec.nte.2617.2012/page/n2/mode/1up>
- Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Concreto. (2024). *El manual de Pepe Hormigón: Consejos prácticos sobre le hormigón.* INECYC.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2006). Los aditivos para concreto en seis pasos. *Construcción y Tecnología.*
- Jahami, A., Khatib, J., & Raydan, R. (2022). Production of Low-Cost, High-Strength Concrete with Waste Glass as Fine Aggregates Replacement. *Buildings*, 12(12), 2168. <https://doi.org/10.3390/buildings12122168>
- Kanari, N., Shallari, S., & Allain, E. (2022). Processing of End-of-Life Materials and Industrial Wastes. *Materials*, 15(21), 7662. <https://doi.org/10.3390/ma15217662>
- Luis, A., Rendón, N., & Korody, M. E. (2008). Diseños de mezcla de Tereftalato de Polietileno (PET) - Cemento. *Revista de La Facultad de Ingeniería*, 23(1).
- Małek, M., Łasica, W., Jackowski, M., & Kadela, M. (2020). Effect of Waste Glass Addition as a Replacement for Fine Aggregate on Properties of Mortar. *Materials*, 13(14), 3189. <https://doi.org/10.3390/ma13143189>
- Mansilla-Pérez, L., & Ruiz-Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. *Ingeniería Industrial*, 027, 123. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2009.n027.627>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación.* Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Meng, F., Luo, S., Sun, J., Zhang, C., Xu, L., Du, Y., Zeng, J., & Guo, Y. (2024). Compressive and Tensile Behavior of High-Ductility Alkali-Activated

- Composites with Polyethylene Terephthalate Powder. *Buildings*, 14(5), 1399. <https://doi.org/10.3390/buildings14051399>
- Morales Jasso, G. (2016). El concepto “ambiente”, una reflexión epistemológica sobre su uso y su estandarización en las ciencias ambientales. *Nova Scientia*, 8(17). <https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.640>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- Ñaupas Paitán, H. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (Cuarta). <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>
- Neville, A. M., & de Padilla, G. S. (1988). *Tecnología del concreto*. Limusa. <https://books.google.com.ec/books?id=KqyuAAAACAAJ>
- Nieto, N. E. (2018). Tipos de Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*, 1(1), 1–4. <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Nistal Cordero, Á. F., Retana Maqueda, M. J., & Ruiz Abrío, T. (2012). El Hormigón: Historia, Antecedentes En Obras Y Factores Indicativos De Su Resistencia. *Tecnología y Desarrollo*, X.
- NTE INEN 152. (2010). CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*.
- Núñez, P., Palacios, F., Taranto, E., & Armijos, S. (2023). ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO CON POLIETILENO DE TEREFTALATO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES. *Perfiles*, 1(29). <https://doi.org/10.47187/perf.v1i29.206>
- Olofinnade, O. M., Ede, A. N., Ndambuki, J. M., Ngene, B. U., Akinwumi, I. I., & Ofuyatan, O. (2018). Strength and microstructure of eco-concrete produced using waste glass as partial and complete replacement for sand. *Cogent Engineering*, 5(1), 1483860. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1483860>
- Polesello, E., & Dreher, A. L. (2022). COMPORTAMIENTO DE ADITIVOS PLASTIFICANTES DE DIFERENTES FORNECEDORES NA PRODUÇÃO DE CONCRETO. *Revista Internacional de Ciências*, 11(3), 360–378. <https://doi.org/10.12957/ric.2021.56852>
- Rahmani, E., Dehestani, M., Beygi, M. H. A., Allahyari, H., & Nikbin, I. M. (2013). On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. *Construction and Building Materials*, 47, 1302–1308.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.041>

- Ramadan, R., Jahami, A., Khatib, J., El-Hassan, H., & Elkordi, A. (2023). Improving Structural Performance of Reinforced Concrete Beams with Phragmites Australis Fiber and Waste Glass Additives. *Applied Sciences*, 13(7), 4206. <https://doi.org/10.3390/app13074206>
- Rivera L, G. a. (2006). Cap 2. Agregados para el Mortero o Concreto. *Concreto Simple*.
- Rivera Lopez, G. A. (2015). Agregados para Mortero o Concreto. *Concreto Simple*.
- Rodríguez Castellanos, A., Miranda Vázquez, A., Almaguer Delgado, A., & Bombino Matos, E. (2013). La investigación científica educativa en estudiantes de la salud. Problemas y desafíos. *MEDISAN*, 17, 9299–9306. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368445000013>
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 175–195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Sadrinejad, I., Madandoust, R., & Ranjbar, M. M. (2018). The mechanical and durability properties of concrete containing hybrid synthetic fibers. *Construction and Building Materials*, 178, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.145>
- Saltos, A., Garcés, J., Ordoñez, L., Suarez, M., & Guerrero, H. (2017). Utilización de neumáticos usados como agregado en el hormigón: caso provincia de Santa Elena, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 4(1), 16–27. <https://doi.org/10.26423/rctu.v4i1.235>
- Sanchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Biblioteca Nacional del Peru.
- Sanjuán, M., & Chinchón, S. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del Cemento Portland. In *Nucleic Acids Research* (Vol. 34).
- Saucedo Rodriguez, J. A., Atoche Zamora, J. J., & Muñoz Pérez, S. P. (2021). Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: Revisión de la literatura. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6942>
- Seddik Meddah, M. (2019). Use of Waste Window Glass as Substitute of Natural Sand in Concrete Production. *IOP Conference Series: Materials Science and*

Engineering, 603(3), 032011. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/3/032011>

- Sierra Fernandez, A. V., & Ccorahua Mina, K. (2020). *Comparación entre metodología AASHTO y PCA en el diseño de pavimento rígido en la Av. Ejército, Andahuaylas - Apurímac, 2020.*
- Tamanna, N., Tuladhar, R., & Sivakugan, N. (2020). Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 239, 117804. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804>
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- Venegas Padilla, J., Calderón Jiménez, B., Sibaja Brenes, J. P., Salazar Delgado, J., & Rodríguez Castro, E. (2017). Contenido de metales pesados y composición química de los cementos hidráulicos de uso general comercializados en Costa Rica. *Revista Ingeniería*, 27(1). <https://doi.org/10.15517/jte.v27i1.26894>
- Vidaud, E. (2013). De la historia del cemento. *Construcción y Tecnología En Concreto.*
- Zerig, T., Aidoud, A., Belachia, M., Djedid, T., & Abbas, M. (2023). Combined sand eco-mortar reinforced with polyethylene Terephthalate: Behavior and optimization using RSM method. *Construction and Building Materials*, 404, 133160. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133160>
- Zhuo, K.-X., Cai, Y.-J., Lai, H.-M., Chen, Z.-B., Guo, Y.-C., Chen, G., Xiao, S.-H., & Lan, X.-W. (2023). Axial compressive behavior of environmentally friendly high-strength concrete: Effects of recycled tire steel fiber and rubber powder. *Journal of Building Engineering*, 76, 107092. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107092>

ANEXOS



- **ANEXO A. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO**
 - **ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO**
 - **ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO**
 - **DISEÑO DE HORMIGÓN PATRÓN.**

- **ANEXO B. FOTOGRAFÍAS**
 - **ENSAYOS DE LABORATORIO.**
 - **PROCESO DE FUNDICIÓN.**
 - **ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGÓN CILINDRO.**
 - **ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGÓN VIGA.**

- **ANEXO C. ENSAYO DE ROTURA DE VIGAS**
 - **INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

ANEXO A-1


DISEÑO DE HORMIGON - NORMA AQ 211					
PROYECTO:	EVALUACION Y ANALISIS DE CONCRETO ECOLOGICO CON ADICION DE FIBRAS PET				
E. CONTRATANTE:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA				
CONTRATISTA:	TEBISTAS AL TAMIRANO ESPINOZA ERICK, GONZALEZ LINDAO PAOLA				
REALIZADOR:					
UBICACION:					
INQ-LAB100-DIS-H1-01					
INFORME N°:	ISD-D001	FECHA DE DISEÑO:	8 de diciembre del 2023		
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO A USAR PARA LA ELABORACION DEL HORMIGON					
Cantera de donde se extraen los agregados / Lugar de Procedimiento de los agregados : A. Grueso:					
ENSAYOS - AGREGADO GRUESO					
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)					
VOLUMEN DESALOJADO	764,00 cm ³	P. S. S. S. (gr)	2000 gr	ABSORCION	
D.S.S.S.	2000 gr	$W_{(p+s+mat)} + W_{(p+mat.secar.)}$	1236 gr		
P. CANASTILLA SUMERGIDA + MATERIAL	1236 gr	$W_{(p+s+mat)} - W_{(p+mat.secar.)}$	1236 gr	Peso Seco + Recipiente	385 gr
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDO	0 gr	$W_{(p+s+mat)} - W_{(p+mat.secar.)}$	764 gr	Recipiente	96 gr
$W_{(p+s+mat)} - W_{(p+mat.secar.)}$	1236 gr	$V_{(s+mat)}$	764,00 cm ³	PESO GRAVA SATURADA	292 gr
D.S.S.S. =	2,62 gr/cm³			PESO GRAVA SECA	287 gr
				% DE ABSORCION =	1,90%
PESO VOLUMETRIC SUELTO Y VARILLADO					
RECIPIENTE =		VOLUMEN =			
PESO VOLUMETRIC SUELTO:		PESO VOLUMETRIC VARILLADO			
P.V.S + RECIPIENTE =	24350 gr	P.V.V + RECIPIENTE =	26650 gr		
PESO =	16924 gr	PESO =	19224 gr		
P.V.S. =	1322,19 Kg/m ³	P.V.V. =	1501,88 Kg/m ³		
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO					
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	
				ASTM C-39/INEN 872	5
1 1/2"	0,0	0,00	100,00	100	Si Cumple
1"	1050,0	11,65	88,35	90 - 100	No Cumple
3/4"	4940,0	54,83	33,51	20 - 55	Si Cumple
1/2"	2650,0	29,41	4,10	0 - 10	Si Cumple
3/8"	350,0	3,88	0,21	0 - 5	Si Cumple
FONDO	19,0	0,21	0,00		
TOTAL	9009,0	100,00			
TAMAÑO DE AGREGADO N°	5				
	1"				
D.S.S.S.	P.V.S	P.V.V	% ABSORCION		
2618 Kg/m ³	1322 Kg/m ³	1502 Kg/m ³	1,90		
Laboratorista	Elaborado	Revisado	Sello		
Ing. Felix Torres B.	Ing. Mariela Muñoz	Ing. Juan Humanante Cabrera Ph.D.			


DISEÑO DE HORMIGON - NORMA ACI 211										
	PROYECTO: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS PET E. CONTRATANTE: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA CONTRATISTA: TEBISTAS ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK, GONZÁLEZ LINDAO PAOLA FISCALIZADOR: - UBICACIÓN: -									
ING-LAB100-DSH01-01										
INFORME N°: ISD-D001	FECHA DE DISEÑO: 8 de diciembre del 2023									
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL HORMIGON										
Cantera de donde se extraen los agregados / Lugar de Procedimiento de los agregados: A. Grueso:										
ENSAYOS - AGREGADO GRUESO										
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)				ABSORCION						
VOLUMEN DESALOJADO	764,00 cm ³	P.S.S.S. (gr)	2000 gr	Peso Saturado + Recipiente	391 gr					
D.S.S.S.	2000 gr	$W_{(ca+mat)} - W_{(ca+mat,sumerg.)}$		Peso Seco + Recipiente	385 gr					
P. CANASTILLA SUMERGIDA + MATERIAL	1236 gr			1236 gr	Recipiente	98 gr				
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDO	0 gr	$W_{desalajado} (gr)$		PESO GRAVA SATURADA	292 gr					
$W_{(canast.+mat.)} - W_{(canast.+mat.,sumergido)}$	1236 gr			$V_{desalajado} (cm^3)$	764,00 cm ³	PESO GRAVA SECA	287 gr			
D.S.S.S. =	2,62 gr/cm³			% DE ABSORCION =	1,90%					
PESO VOLUMETRIC SUELTO Y VARILLADO										
RECIPIENTE =			VOLUMEN =							
PESO VOLUMETRIC SUELTO			PESO VOLUMETRIC VARILLADO							
P.V.S + RECIPIENTE =	24350 gr	P.V.V + RECIPIENTE =	26650 gr							
PESO =	16924 gr	PESO =	19224 gr							
P.V.S. =	1322,19 Kg/m ³	P.V.V. =	1501,88 Kg/m ³							
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>TAMAÑO DE AGREGADO N°</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td>1"</td></tr> </table>	TAMAÑO DE AGREGADO N°	5		1"	TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM C-33/INEN 872	
	TAMAÑO DE AGREGADO N°	5								
	1"									
					S	CUMPLIMIENTO				
	1 1/2"	0,0	0,00	100,00	100	Si Cumple				
	1"	1750,0	19,42	80,58	90 - 100	No Cumple				
	3/4"	4240,0	47,06	33,51	20 - 55	Si Cumple				
	1/2"	2650,0	29,41	4,10	0 - 10	Si Cumple				
	3/8"	350,0	3,88	0,21	0 - 5	Si Cumple				
	FONDO	19,0	0,21	0,00						
	TOTAL	9009,0	100,00							
										
	D.S.S.S.	P.V.S	P.V.V	% ABSORCION						
	2618 Kg/m ³	1322 Kg/m ³	1502 Kg/m ³	1,90						
Laboratorista	Elaborado	Revisado		Sello						
Ing. Felix Torres B.	Ing. Mariela Muñoz	Ing. Juan Humanante Cabrera PHD.								
Documento Válido solo con firma y sello										

ANEXO A-2

DISEÑO DE HORMIGON - NORMA ACI 211						
<p>ING-LAB100-DSH01-01</p>	PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS PET				
	E. CONTRATANTE:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA				
	CONTRATISTA:	TESISTAS: ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK, GONZÁLEZ LINDAO PAOLA				
	FISCALIZADOR:	-				
	UBICACIÓN:	-				
INFORME N°:	ISD-0001	FECHA DE DISEÑO:	8 de diciembre del 2023			
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL HORMIGON						
Cantera de donde se extraen los agregados / Lugar de Procedimiento de los agregados:		A. Fino:				
ENSAYOS - AGREGADO FINO						
PESO VOLUMETRICO SUELTO		DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA				
VOLUMEN =	0,0027 m ³	D.S.S.S.	500 gr			
P.V.S + RECIPIENTE =	5970 gr	LECTURA INICIAL	200 gr			
RECIPIENTE =	1751 gr	LECTURA FINAL	389 gr			
PESO =	4219 gr	W _{desalajado(L, tref-L, incoia)}	189 gr			
P.V.S. =	1558,55 Kg/m ³	V _{desalajado(cm3)}	189 cm ³			
		D.S.S.S	2,65 gr/cm ³			
			2645,50 Kg/m ³			
PESO ARENA SATURADA		PESO ARENA SECA				
371,07 gr		361,11 gr				
		% DE ABSORCION				
		2,76				
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO						
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO		% QUE PASA	ESPECIFICACION ASTM C-33/INEN 872	
		PARCIAL	ACUMULADO			
3/8"	55,73	3,44	3,44	96,56	100	No Cumple
No 4	54,16	3,34	6,78	93,22	95 - 100	No Cumple
No 8	54,18	3,34	10,13	89,87	80 - 100	Si Cumple
No 16	89,6	5,53	15,66	84,34	50 - 85	Si Cumple
No 30	263,61	16,27	31,93	68,07	25 - 60	No Cumple
No 50	678,69	41,89	73,83	26,17	10 - 30.	Si Cumple
No 100	368,98	22,78	96,60	3,40	2 - 10.	Si Cumple
FONDO	55,05	3,40	100,00	0,00	0	Si Cumple
TOTAL	1620	100,00				
D.S.S.S.		P.V.S		% ABSORCION		MÓDULO DE FINURA (INEN 872 ITEM 5.1.2.2)
2646 Kg/m ³		1559 Kg/m ³		2,76		2,38 SI CUMPLE
Laboratorista		Elaborado		Revisado		Sello
Ing. Felix Torres B.		Ing. Mariela Muñoz		Ing. Juan Humanante Cabrera PhD.		Documento Válido solo con firma y sello

ANEXO A-3

DISEÑO DE HORMIGON - NORMA ACI 211				
 <p style="font-size: small;">ING-LAB100-DSH01-01</p>	PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO EDOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS PET		
	E. CONTRATANTE:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA		
	CONTRATISTA:	TESISTAS: ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK, GONZÁLEZ LINDAO PAOLA		
	FISCALIZADOR:	-		
UBICACIÓN:		-		
INFORME N°:	ISD-D001	FECHA DE DISEÑO:	8 de diciembre del 2023	
DATOS DE DISEÑO				
TIPO DE CEMENTO	RESISTENCIA	REVENIMIENTO	HORMIGON	
HOLCIM TIPO HE	$f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	10 cm	Sin Aire Incorporado	
DATOS DE AGREGADOS				
AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO		PESO ESPECIFICOS DE ELEMENTOS
TAMAÑO	5"	1"		
D.S.S.S.	2617,8 Kg/m ³	D.S.S.S.	2645,50 Kg/m ³	δ CEMENTO 2900 Kg/m ³
P.V.S.	1322,2 Kg/m ³	P.V.S.	1558,55 Kg/m ³	δ AGUA 1000 Kg/m ³
P.V.V.	1501,9 Kg/m ³	M.F.	2,38%	δ ARENA 2646 Kg/m ³
% DE ABSORCIÓN	1,90%	% DE ABSORCIÓN	2,76%	δ PIEDRA 2618 Kg/m ³
DATOS DE TABLAS NORMADAS ACI				
A / C		0,43	(TABLA NORMADA)	
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0,71	(TABLA NORMADA)	
CANTIDAD DE AGUA		193,00 Lts	(TABLA NORMADA)	
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA Y CEMENTO				
VOL. AGUA TABULADO	VOL. AGUA CORREGIDO	A / C	CEMENTO POR m ³	
193,00 Lts	201,99 Lts	0,43	469,74 Lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M ³ DE HORMIGON (V= P/δ)				
CEMENTO	469,74 Lts 2900,0 Kg/m ³	0,162 m ³	162 dm ³	
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$	0,407 m ³	407 dm ³	
AGUA	201,99 Lts 1000,0 Kg/m ³	0,202 m ³	202 dm ³	
AIRE	1,50%	0,015 m ³	15 dm ³	
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{pedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$	0,214 m ³	214 dm ³	
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON				
CEMENTO	2900 Kg/m ³	*	0,162	m ³ = 469,74 Kg
PIEDRA	2618 Kg/m ³	*	0,407	m ³ = 1066,33 Kg
ARENA	2646 Kg/m ³	*	0,214	m ³ = 565,32 Kg
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,202	m ³ = 201,99 Lts
PESO POR M ³ DE HORMIGON				2303,38 Kg
REVISION ACI				
CORRECCION ACI		Sin Correccion		
VOLUMEN CALCULADO	PIEDRA 0,407 m ³	ARENA 0,214 m ³	TOTAL 0,6210 m ³	
VOLUMEN CORREGIDO	0,373 m ³	0,248 m ³	0,6210 m ³	

 <small>Ingeniería, Construcción, Mantenimiento y Operación de Infraestructura</small> <small>INGEOTOP S.A. - RUC: 205202020</small> ING-LAB100-DSH01-01	DISEÑO DE HORMIGON - NORMA ACI 211	
	PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS PET
	E. CONTRATANTE:	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
	CONTRATISTA:	TESISTAS: ALTAMRANO ESPINOZA ERICK, GONZÁLEZ LINDAO PAOLA
	FISCALZADOR:	-
UBICACIÓN:	-	

INFORME N°: ISD-D001

FECHA DE DISEÑO: 8 de diciembre del 2023

PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (VERIFICADO DE ACUERDO A NORMA ACI)

CEMENTO	2900 Kg/m³	*	0,162	m³	=	469,74 Kg
PIEDRA	2618 Kg/m³	*	0,407	m³	=	1066,33 Kg
ARENA	2646 Kg/m³	*	0,214	m³	=	565,32 Kg
AGUA	1000 Kg/m³	*	0,202	m³	=	201,99 Kg

PESO POR M³ DE HORMIGON 2303,38 Kg

CANTIDAD DE MATERIALES POR CEMENTO DE 50Kg

COEFICIENTE	470 / 50 Kg	9,4
No SACOS - CEMENTO	470 / 50 Kg	9,4 Sacos
PIEDRA	1066 / 9,39	113,50 Kg
ARENA	565 / 9,39	60,17 Kg
AGUA	202 / 9,39	21,50 lts

VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO

1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)	0,032 m³
PIEDRA	114 Kg / 1322,19 Kg/m³	0,086 m³
ARENA	60 Kg / 1558,55 Kg/m³	0,039 m³
AGUA	21,50 Lts	21,50 Lts

DOSIFICACION PARA FABRICAR 1 M³

No de SACOS de CEMENTO	AGUA m³	PIEDRA	ARENA
		m³	m³
9,4	0,202	0,806	0,363

CALCULO DE CAJONETAS (0,40 * 0,40) * h

PIEDRA	0,0858 m³ / 0,160 = 0,54	0,54	variacion de altura	0,18	3,0
ARENA	0,0386 m³ / 0,160 = 0,24	0,24	variacion de altura	0,12	2,0

DOSIFICACION EN CAJONETAS

f'c	No de SACOS de CEMENTO	AGUA	PIEDRA		ARENA	
			Nº cajoneta	Altura en cm	Nº cajoneta	Altura en cm
280 Kg/cm²	1,00	21,50 Lts	3	18	2	12

DOSIFICACION DE ADITIVOS

	m³

NOTA: *La cantidad de agua puede variar dependiente de la humedad de los agregados que esta en funcion del ambiente*

Elaborado	Responsable	Documento Válido solo con firma y sello
Ing. Mariela Muñoz	Ing. Juan Humanante Cabrera PHD.	Sello



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGA





UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS





TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

PROCESO DE PESAJE DE CILINDROS





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

PROCESO DE VACIADO DE MEZCLA DE HORMIGON MAS PET EN CILINDROS Y VIGAS





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

DESENCOFRADO DE CILINDROS Y VIGAS





UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

PET AÑADIDO A LA MEZCLA DE HORMIGON





TEMA: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.


TESISTAS:

- ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
- GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

ANEXO FOTOGRÁFICO

CILINDROS COLOCADOS EN AGUA

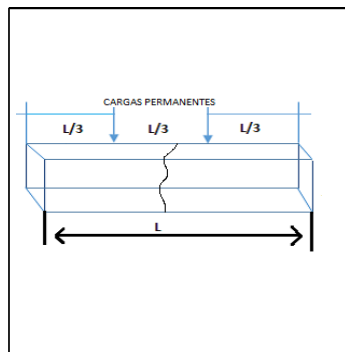


	INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78	
	PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO
	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
	TESISTAS:	ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
		GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA
LCMA-LAB100-FT01-01	UBICACIÓN:	LABORATORIO

N° INFORME: CRH-001

FECHA DE EMISIÓN:

11/7/2024



DESCRIPCION	FECHA DE TOMA (RECEPCION DE LA MUESTRA)	SEPARACION ENTRE APOYOS L (mm)	ROTURA			
			FECHA	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
HORMIGON CON ADICION DE TROZOS DEL 2% PET FIBRA	29/5/2024	450	5/6/2024	7	152	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
31,36	4,13
34,17	4,53
33,02	4,37

OBSERVACION:			
MODULO DE ROTURA ESPERADO A LOS 28 DIAS (MPa)	3,58 MPa	281,40 Kg/cm ²	
MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS ENSAYADO (MPa)	4,45 MPa	389,98 Kg/cm ²	

LABORATORISTA	ELABORADO	VERIFICADO	SELLO
Ing. Felix Torres B.	Srta. Heidy Canales	_____ Ing. Lucrecia Moreno Mg.	



**INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN
(CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78**

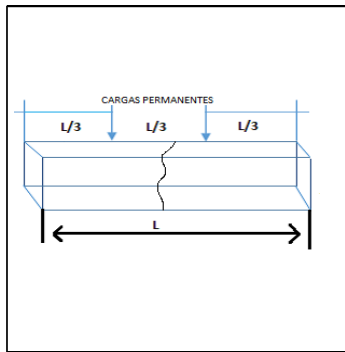
PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
TESISTAS:	ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
	GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA
UBICACIÓN:	LABORATORIO

LCMA-LAB100-FT01-01

N° INFORME: CRH-001

FECHA DE EMISIÓN:

11/7/2024




DESCRIPCION	FECHA DE TOMA (RECEPCION DE LA MUESTRA)	SEPARACION ENTRE APOYOS L (mm)	ROTURA			
			FECHA	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
HORMIGON CON ADICION DE TROZOS DEL 3% PET FIBRA	29/5/2024	450	5/6/2024	7	152	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
30,05	3,95
30,36	4,02
32,18	4,26

OBSERVACION:			
MODULO DE ROTURA ESPERADO A LOS 28 DIAS (MPa)	3,58 MPa	281,40 Kg/cm ²	
MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS ENSAYADO (MPa)	4,14 MPa	350,21 Kg/cm ²	

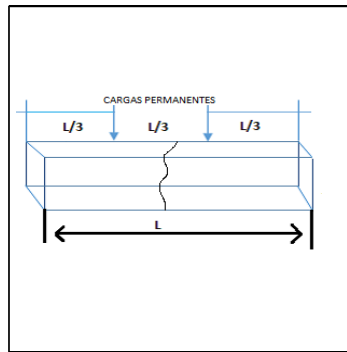
LABORATORISTA Ing. Felix Torres B.	ELABORADO Srta. Heidy Canales	VERIFICADO _____ Ing. Lucrecia Moreno Mg.	SELLO
--	---	--	--------------

	INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78	
	PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO
	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
	TESISTAS:	ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
		GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA
LCMA-LAB100-FT01-01	UBICACIÓN:	LABORATORIO

N° INFORME: CRH-001

FECHA DE EMISIÓN:

11/7/2024



DESCRIPCION	FECHA DE TOMA (RECEPCION DE LA MUESTRA)	SEPARACION ENTRE APOYOS L (mm)	ROTURA			
			FECHA	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
HORMIGON CON ADICION DE TROZOS DEL 4% PET FIBRA	29/5/2024	450	5/6/2024	7	152	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
26,25	3,45
29,50	3,91
28,39	3,76

OBSERVACION:			
MODULO DE ROTURA ESPERADO A LOS 28 DIAS (MPa)	3,58 MPa	281,40 Kg/cm ²	
MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS ENSAYADO (MPa)	3,83 MPa	311,88 Kg/cm ²	

LABORATORISTA	ELABORADO	VERIFICADO	SELLO
Ing. Felix Torres B.	Srta. Heidy Canales	_____ Ing. Lucrecia Moreno Mg.	



**INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN
(CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78**

PROYECTO: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

TESISTAS: ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

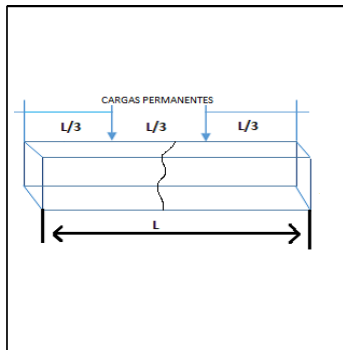
UBICACIÓN: LABORATORIO

LCMA-LAB100-FT01-01

N° INFORME: CRH-001

FECHA DE EMISIÓN:

11/7/2024



DESCRIPCION	FECHA DE TOMA (RECEPCION DE LA MUESTRA)	SEPARACION ENTRE APOYOS L (mm)	ROTURA			
			FECHA	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
HORMIGON CON ADICION DE TROZOS DEL 2% PET TROZOS	29/5/2024	450	5/6/2024	7	152	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
24,64	3,24
23,49	3,11
21,79	2,89

OBSERVACION:			
MODULO DE ROTURA ESPERADO A LOS 28 DIAS (MPa)	3,58 MPa	281,40 Kg/cm2	
MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS ENSAYADO (MPa)	3,00 MPa	215,75 Kg/cm2	

LABORATORISTA	ELABORADO	VERIFICADO	SELLO
Ing. Felix Torres B.	Srta. Heidy Canales	_____ Ing. Lucrecia Moreno Mg.	



**INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN
(CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78**

PROYECTO: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

TESISTAS: ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO
GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA

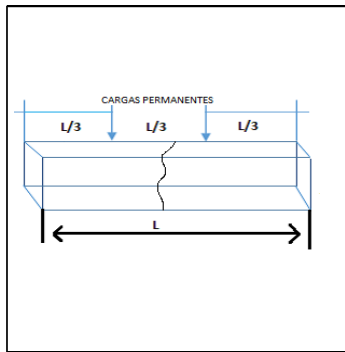
UBICACIÓN: LABORATORIO

LCMA-LAB100-FT01-01

N° INFORME: CRH-001

FECHA DE EMISIÓN:

11/7/2024




DESCRIPCION	FECHA DE TOMA (RECEPCION DE LA MUESTRA)	SEPARACION ENTRE APOYOS L (mm)	ROTURA			
			FECHA	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
HORMIGON CON ADICION DE TROZOS DEL 3% PET TROZOS	29/5/2024	450	5/6/2024	7	152	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
25,75	3,39
26,90	3,56
23,03	3,05

OBSERVACION:			
MODULO DE ROTURA ESPERADO A LOS 28 DIAS (MPa)	3,58 MPa	281,40 Kg/cm ²	
MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS ENSAYADO (MPa)	3,31 MPa	249,82 Kg/cm ²	

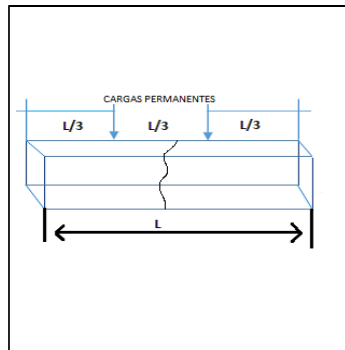
LABORATORISTA	ELABORADO	VERIFICADO	SELLO
Ing. Felix Torres B.	Srta. Heidy Canales	_____ Ing. Lucrecia Moreno Mg.	

	INFORME DE RESULTADOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN (CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS) NORMA ASTM C-78	
	PROYECTO:	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CONCRETO ECOLÓGICO CON ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO
	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
	TESISTAS:	ALTAMIRANO ESPINOZA ERICK OSWALDO GONZALEZ LINDAO PAOLA CAROLINA
LCMA-LAB100-FT01-01	UBICACIÓN:	LABORATORIO

Nº INFORME: CRH-001

FECHA DE EMISION:

11/7/2024



DESCRIPCION	FECHA DE TOMA (RECEPCION DE LA MUESTRA)	SEPARACION ENTRE APOYOS L (mm)	ROTURA			
			FECHA	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
HORMIGON CON ADICION DE TROZOS DEL 4% PET TROZOS	29/5/2024	450	5/6/2024	7	152	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150
	29/5/2024	450	27/6/2024	29	151	150

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
20,75	2,73
20,32	2,69
23,49	3,11

OBSERVACION:			
MODULO DE ROTURA ESPERADO A LOS 28 DIAS (MPa)	3,58 MPa	281,40 Kg/cm ²	
MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS ENSAYADO (MPa)	2,90 MPa	205,33 Kg/cm ²	

LABORATORISTA Ing. Felix Torres B.	ELABORADO Srta. Heidy Canales	VERIFICADO _____ Ing. Lucrecia Moreno Mg.	SELLO
--	---	--	--------------