



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

**TEMA:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE RUPTURA DEL  
HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE  
POLIAMIDAS TIPO NYLON”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**ASENCIO VILLÓN RONNY ANTHONY  
VALENCIA CAÑARTE OCTAVIO VINICIO**

**TUTOR:**

**ING. RAÚL ANDRÉS VILLO VERA, MSc.**

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

**2025**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE  
RUPTURA DEL HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN  
DE FIBRAS DE POLIAMIDAS TIPO NYLON”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**ASENCIO VILLÓN RONNY ANTHONY  
VALENCIA CAÑARTE OCTAVIO VINICIO**

**TUTOR:**

**ING. RAÚL ANDRÉS VILLAO VERA, MSc.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2025**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



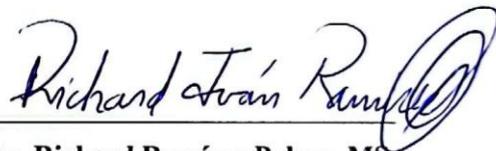
**Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Ph. D.**  
DIRECTOR DE CARRERA



**Ing. Raúl Villao Vera, MSc.**  
DOCENTE TUTOR



**Ing. Luis Pérez Panchez, MSc.**  
DOCENTE ESPECIALISTA



**Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.**  
DOCENTE UIC

# **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, con profundo cariño y gratitud, a mi familia, por ser mi mayor pilar y fuente constante de apoyo.

A mis padres, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia.

A mis seres queridos, por creer en mí incluso en los momentos en que dudé de mí mismo.

También dedico esta tesis a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron a mi formación académica y personal.

Gracias por estar presentes en este camino que hoy culmina con orgullo.

**RONNY ANTHONY ASENCIO VILLÓN**

Con profundo agradecimiento y amor a las personas que han sido mi soporte y fuente de inspiración a lo largo de este proceso.

A Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar los retos que se presentaron en el camino. A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante; sin ellos, este logro no habría sido posible. A mis hermanos, por su compañía y aliento en cada etapa de este viaje. A mis profesores y tutores, por compartir su conocimiento y guiarme con paciencia y dedicación.

Finalmente, a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este trabajo. Este logro es el reflejo de su amor, esfuerzo y confianza en mí.

**OCTAVIO VINICIO VALENCIA CAÑARTE**

## CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE POLIAMIDAS TIPO NYLON”**, previo a la obtención del Título de INGENIERO CIVIL elaborado por, **RONNY ANTHONY ASENCIO VILLÓN** y **OCTAVIO VINICIO VALENCIA CAÑARTE**, con C.I.: 240027649-5 y C.I.: 080434267-3 respectivamente, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, de la facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 8% de la valoración permitida, por consiguiente se produce a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

f.  \_\_\_\_\_

Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

**DOCENTE TUTOR**



# Tesis Asencio y Valencia

8%  
Textos sospechosos



1% Similitudes  
< 1% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos  
6% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis Asencio y Valencia.docx  
ID del documento: 5c35af3b3fe141f6ed0c09ac95e39192f0c0a57  
Tamaño del documento original: 214,36 kB

Depositante: RAUL ANDRES VILLOA VERA  
Fecha de depósito: 14/6/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 14/6/2025

Número de palabras: 10.377  
Número de caracteres: 66.060

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec">repositorio.upse.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8434/1/UPSE-TIC-2022-0026.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8434/1/UPSE-TIC-2022-0026.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (58 palabras)
2	Documento de otro usuario #255819 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

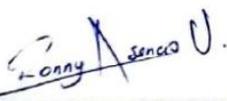
Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9f667ebf-4844-4c51-b620-a9ab35ff...">https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9f667ebf-4844-4c51-b620-a9ab35ff...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
2	TESIS ALTAMIRANO - GONZALEZ.docx   TESIS ALTAMIRANO - GONZALEZ #e1a23e El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
3	<a href="http://scielo.senescyt.gob.ec">scielo.senescyt.gob.ec</a> <a href="http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rms/v7n2/2631-2654-rrs-7-02-00151.pdf">http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rms/v7n2/2631-2654-rrs-7-02-00151.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, RONNY ANTHONY ASECIO VILLÓN y OCTAVIO VINICIO VALENCIA CAÑARTE, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE POLIAMIDAS TIPO NYLON”**, 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 de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondiente 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.   
\_\_\_\_\_  
Ronny Anthony Asencio Villón

CI: 240027649-5

AUTOR DE TESIS

f.   
\_\_\_\_\_  
Octavio Vinicio Valencia Cañarte

CI: 080434267-3

AUTOR DE TESIS

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

## **TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo denominado **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE POLIAMIDAS TIPO NYLON”**, previo a la obtención del Título de **INGENIERO CIVIL** elaborado por, **RONNY ANTHONY ASENCIO VILLÓN** y **OCTAVIO VINICIO VALENCIA CAÑARTE**, con C.I.: 240027649-5 y C.I.: 080434267-3 respectivamente, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, de la facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes,

Atentamente,

f.   
\_\_\_\_\_

Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MS.c

**DOCENTE TUTOR**

# CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

*Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.*

*Celular: 0962183538*

*Correo: [bettyruthgomez@educacion.gob.ec](mailto: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 en Civil, denominado **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE POLIAMIDAS TIPO NYLON"**, de los estudiantes: **VALENCIA CAÑARTE OCTAVIO VINICIO** y **ASENCIO VILLÓN RONNY ANTHONY**.

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 estimen conveniente.

Santa Elena, 11 de Junio del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS  
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, salud y sabiduría necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Santiago Asencio Mateo y Rosa Villón Gonzabay, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por ser el ejemplo que ha guiado cada uno de mis pasos. Gracias por creer siempre en mí y por enseñarme que los sueños se alcanzan con trabajo, dedicación y fe.

A toda mi familia, por su apoyo constante y por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles. Cada logro que alcanzo es también de ustedes.

A mis docentes, por compartir generosamente su conocimiento, por su orientación académica y por exigirme dar siempre lo mejor de mí. Expreso un especial agradecimiento a mi tutor, el Ingeniero Raúl Andrés Villao Vera, por su valiosa guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros y amigos, quienes hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora, llena de aprendizajes, desafíos superados y recuerdos imborrables.

Finalmente, agradezco sinceramente a todas las personas que de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis. Su colaboración ha sido clave para alcanzar este objetivo.

**RONNY ANTHONY ASENCIO VILLÓN**

La culminación de este trabajo de titulación representa el cierre de una etapa significativa en mi formación académica y personal. Este logro no habría sido posible sin el apoyo incondicional de diversas personas e instituciones que han sido fundamentales en este proceso.

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor Ingeniero Raúl Andrés Villao Vera por su orientación, paciencia y dedicación durante todo el desarrollo de este proyecto. Sus valiosos consejos y críticas constructivas han sido esenciales para la realización de este trabajo.

Agradezco profundamente a mis padres, Valencia Angulo Octavio y Cañarte Chalar Carmen, por su amor incondicional, apoyo constante y por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas académicas. Su confianza en mí ha sido una fuente de motivación continua.

A mis amigos y compañeros de carrera, gracias por su apoyo emocional, por compartir este camino y por los momentos de aprendizaje y camaradería que hemos vivido juntos.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

**OCTAVIO VINICIO VALENCIA CAÑARTE**

# TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	viii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	ix
AGRADECIMIENTOS .....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xviii
LISTA DE TABLAS .....	xix
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.2. ANTEDECENTES .....	3
1.3. HIPÓTESIS .....	5
1.3.1. Hipótesis General .....	5
1.3.2. Hipótesis Específicas .....	5
1.4. OBJETIVOS.....	5

1.4.1.	<b>Objetivo General</b> .....	5
1.4.2.	<b>Objetivos Específicos</b> .....	5
1.5.	<b>ALCANCE</b> .....	6
1.6.	<b>VARIABLES</b> .....	7
1.6.1.	<b>Variables Dependientes</b> .....	7
1.6.2.	<b>Variables Independientes</b> .....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....		8
2.1.	<b>HORMIGÓN CONVENCIONAL</b> .....	8
2.1.1.	<b>DEFINICIÓN</b> .....	8
2.1.1.1.	<b>Cemento.</b> .....	8
2.1.1.2.	<b>Áridos.</b> .....	9
2.1.1.3.	<b>Agua.</b> .....	10
2.1.1.4.	<b>Aditivos.</b> .....	10
2.1.1.5.	<b>Proporciones típicas para hormigón estructural.</b> .....	10
2.2.	<b>HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS</b> .....	11
2.2.1.	<b>FUNCIÓN DE LAS FIBRAS</b> .....	11
2.2.2.	<b>TIPOS DE FIBRAS SEGÚN MATERIAL</b> .....	12
2.2.3.	<b>PARÁMETROS CRÍTICOS EN HORMIGONES REFORZADOS     CON FIBRA</b> .....	13
2.3.	<b>FIBRAS DE POLIAMIDA TIPO NYLON EN HRF</b> .....	14
2.3.1.	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NYLON</b> .....	14
2.3.2.	<b>COMPORTAMIENTO QUÍMICO EN MEDIO ALCALINO</b> ....	14

2.3.3. COMPARATIVA CON OTRAS FIBRAS SINTÉTICAS .....	15
2.4. PRUEBAS DE LABORATORIO .....	15
2.4.1. Granulometría .....	15
2.4.2. Contenido de humedad .....	18
2.4.3. Absorción del agregado .....	18
2.4.4. Densidad y peso específico .....	19
2.4.5. Prueba del cono de abrams .....	19
2.4.6. Resistencia a la flexión del concreto .....	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	21
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	21
3.1.1. Tipo .....	21
3.1.1. Nivel .....	21
3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
3.2.1. Método .....	21
3.2.2. Enfoque .....	22
3.2.3. Diseño .....	22
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	22
3.3.1. Población .....	22
3.3.2. Muestra .....	23
3.3.3. Muestreo .....	23
3.4. UBICACIÓN Y MATERIALES DE ESTUDIO .....	23
3.4.1. Fuentes de agregados .....	23

3.4.2. Fuentes de fibra .....	24
<b>3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1: CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DEL CAMPAMENTO EL TREN, PERTENECIENTE A LA CÍA. CONSTRUCTORA VERDÚ.....</b>	<b>24</b>
<b>3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.2: DETERMINAR EL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN DE 21 MPA CON FIBRAS DE NYLON A 0.022%, 0.05% Y 0.1%, MEDIANTE ENSAYOS DE FLEXIÓN EN VIGAS.....</b>	<b>25</b>
<b>3.7. METODOLOGÍA DEL O.E.3: EVALUAR EL VÍNCULO ENTRE EL COSTO-BENEFICIO DE LA FABRICACIÓN CON REFUERZO DE FIBRAS DE NYLON.....</b>	<b>26</b>
<b>3.8. OPERACIONES DE VARIABLES .....</b>	<b>27</b>
<b>3.9. METODOLOGÍA DE DISEÑO .....</b>	<b>28</b>
3.9.1. Ubicación y características de los agregados.....	28
3.9.2. Determinación de propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	29
3.9.3. Propiedades mecánicas del hormigón en su fase endurecida.....	41
3.9.4. Características físicas y químicas del cemento .....	42
3.9.5. Fibra de poliamida tipo nylon.....	43
<b>3.10. DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN.....</b>	<b>45</b>
3.10.1. Revenimiento .....	45
3.10.2. Evaluación de la proporción de agua en la mezcla de hormigón	45
3.10.3. Evaluación de la Relación Agua–Cemento (a/c).....	46
3.10.4. Evaluación de la Resistencia Mecánica del Hormigón .....	47

3.10.5. Cálculo de la Dosificación del Cemento Portland .....	48
3.10.6. Cálculo de la dosificación de agregados finos y gruesos .....	49
3.10.7. Cálculo del volumen de agregado grueso.....	49
3.10.8. Cálculo del volumen de agregado fino .....	50
3.10.9. Cálculo de la dosificación de fibras de poliamida tipo nylon .....	51
3.11. DOSIFICACIÓN PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN .....	51
3.11.1. Dosificación para hormigón patrón de 21 MPa .....	52
3.11.2. Diseño de mezcla de hormigón con porcentaje de 0,022% 0,05% y 0,1% de fibra de nylon en resistencia de 21 MPa.....	52
3.11.3. Proceso de llenado, compactado y curado .....	55
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS A FLEXIÓN - DISEÑO 21 MPa .....</b>	<b>57</b>
4.1.1. Diseño 21 MPa .....	57
4.1.2. Análisis del comportamiento a flexión del diseño MR = 21 MPa por porcentaje de Fibra de nylon .....	60
<b>4.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....</b>	<b>60</b>
4.2.1. Análisis de precios unitarios del hormigón patrón de 21 MPa .....	61
4.2.2. Análisis de precios unitarios del hormigón de 21 MPa con 0,022% de fibra de nylon.....	62
4.2.3. Análisis de precios unitarios del hormigón de 21 MPa con 0,05% de fibra de nylon.....	63
4.2.4. Análisis de precios unitarios del hormigón de 21 MPa con 0,1% de fibra de nylon.....	64
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>

<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	65
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	72

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación del Campamento El Tren, perteneciente a la Cía. Constructora Verdú.....	28
<b>Figura 2</b> Curva Granulométrica para Agregado Fino .....	30
<b>Figura 3</b> Curva Granulométrica para Agregado Grueso .....	31
<b>Figura 4</b> Ensayo de Granulometría .....	31
<b>Figura 5</b> Ensayos de densidades.....	35
<b>Figura 6</b> Ensayo de humedad.....	37
<b>Figura 7</b> Ensayos de pesos volumétricos .....	41
<b>Figura 8</b> Roturas a flexión de vigas .....	42
<b>Figura 9</b> Adifiber N fibra de nylon .....	44
<b>Figura 10</b> Incorporación de fibra de nylon al diseño de mezcla .....	54
<b>Figura 11</b> Proceso de elaboración de probetas de hormigón y curado.....	56
<b>Figura 12</b> Comportamiento de la resistencia a la flexión en función de la curvatura para un diseño de hormigón de 21 MPa.....	59
<b>Figura 13</b> Precios unitarios del hormigón patrón.....	61
<b>Figura 14</b> Precios unitarios del hormigón con fibra de nylon 0,022% .....	62
<b>Figura 15</b> Precios unitarios del hormigón con fibra de nylon 0,05% .....	63
<b>Figura 16</b> Precios unitarios del hormigón con fibra de nylon 0,1% .....	64

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Análisis de tamizado del Agregado Fino .....	16
<b>Tabla 2</b>	Requerimientos de tamizado en Agregados Gruesos.....	17
<b>Tabla 3</b>	Resistencia mínima a la rotura de probetas de hormigón .....	20
<b>Tabla 4</b>	Operacionalización de las variables.....	27
<b>Tabla 5</b>	Análisis Granulométrico para áridos finos.....	30
<b>Tabla 6</b>	Masa mínima de la muestra de ensayo.....	33
<b>Tabla 7</b>	Tamaño de la muestra de árido .....	36
<b>Tabla 8</b>	Capacidad de los moldes para ensayo de áridos .....	38
<b>Tabla 9</b>	Requisitos para los moldes.....	39
<b>Tabla 10</b>	Densidad del agua .....	39
<b>Tabla 11</b>	Requisitos físicos normalizados del cemento .....	43
<b>Tabla 12</b>	Datos técnicos de Adifiber N .....	44
<b>Tabla 13</b>	Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción ....	45
<b>Tabla 14</b>	Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado .....	46
<b>Tabla 15</b>	Relación Agua/cemento .....	47
<b>Tabla 16</b>	Relación agua/cemento para el diseño .....	47
<b>Tabla 17</b>	Desviación estándar en caso de que no existan datos .....	48
<b>Tabla 18</b>	Ecuación para determinar cantidad de cemento.....	48
<b>Tabla 19</b>	Cantidad de cemento para el diseño.....	48
<b>Tabla 20</b>	Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto .....	50

<b>Tabla 21</b>	Volumen de agregado fino .....	51
<b>Tabla 22</b>	Datos técnicos de Adifiber N .....	51
<b>Tabla 23</b>	Mezcla patrón de 21 MPa para 1m <sup>3</sup> de hormigón .....	52
<b>Tabla 24</b>	Dosificación para 21 MPa con 0,022% de fibra de nylon para un 1m <sup>3</sup> de hormigón. ....	53
<b>Tabla 25</b>	Dosificación para 21 MPa con 0,05% de fibra de nylon para un 1m <sup>3</sup> de hormigón .....	53
<b>Tabla 26</b>	Dosificación para 21 MPa con 0,1% de fibra de nylon para un 1m <sup>3</sup> de hormigón. ....	54
<b>Tabla 27</b>	Requisitos para el diámetro de la varilla de compactación.....	55
<b>Tabla 28</b>	Requisitos para determinar el método de compactación.....	55
<b>Tabla 29</b>	Registro de los ensayos de flexión realizados en vigas de concreto con característica de 21 MPa, utilizando diversas dosificaciones de fibra de nylon. ..	58

# “ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE POLIAMIDAS TIPO NYLON”

**Autores:** Ronny Anthony Asencio Villón y Octavio Vinicio Valencia Cañarte

**Tutor:** Ing. Raúl Andrés Vera Villao MSc.

## RESUMEN

La presente investigación analiza el efecto de la incorporación de fibras de poliamida tipo nylon en el módulo de ruptura del hormigón, con el fin de determinar si su uso mejora el comportamiento mecánico del material. Para ello, se elaboraron mezclas de hormigón con tres porcentajes de fibra a 0,022%, 0,05% y 0,1%; y una mezcla patrón sin fibras, todas diseñadas para una resistencia de 21 MPa. Se realizaron ensayos de flexión a 7, 14 y 28 días conforme a la norma NTE INEN 2554, utilizando agregados que cumplieron con los estándares ACI 211 y NTE INEN. Además, se llevó a cabo un análisis económico de cada dosificación. Los resultados demostraron que la incorporación del 0,022% de fibras mejoró significativamente el módulo de ruptura, alcanzando un 128% de la resistencia especificada, con un incremento moderado en el costo. En contraste, las dosificaciones mayores redujeron la resistencia y elevaron los costos. Se concluye que un bajo porcentaje de fibras puede mejorar la tenacidad del hormigón, siempre que se optimice el diseño de mezcla, mientras que un exceso de fibras afecta negativamente la trabajabilidad, homogeneidad y viabilidad económica del material.

**Palabras Clave:** Hormigón reforzado con fibra, trabajabilidad, fibras de nylon, análisis económico, resistencia a flexión.

# **“COMPARATIVE STUDY OF THE BREAKUP MODULE OF CONCRETE WITH THE INCORPORATION OF NYLON TYPE POLYAMIDE FIBERS”**

**Authors:** Ronny Anthony Asencio Villón y Octavio Vinicio Valencia Cañarte

**Tutor:** Ing. Raúl Andrés Vera Villao MSc.

## **ABSTRACT**

This study analyzes the effect of incorporating nylon-type polyamide fibers on the modulus of rupture of concrete to determine whether their use improves the material's mechanical behavior. Concrete mixtures were prepared with three fiber percentages: 0.022%, 0.05%, and 0.1%, along with a standard mixture without fibers, all designed for a strength of 21 MPa. Flexural tests were performed on 7, 14, and 28 days according to NTE INEN 2554, using aggregates that met ACI 211 and NTE INEN standards. An economic analysis of each dosage was also performed. The results showed that the addition of 0.022% fiber significantly improved the modulus of rupture, reaching 128% of the specified strength, with a moderate increase in cost. In contrast, higher dosages reduced strength and increased costs. It is concluded that a low percentage of fibers can improve concrete toughness, provided the mix design is optimized, while an excess of fibers negatively affects the workability, homogeneity, and economic viability of the material.

**KEYWORDS:** Fiber-reinforced concrete, workability, nylon fibers, economic analysis, flexural strength.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El concreto reforzado, que es el más utilizado actualmente, a lo largo del tiempo tiende a presentar fallas. Estos problemas en la construcción se ven presentes cuando se implementan materiales de muy mala calidad o también cuando el ambiente suele ser salino. Como mencionan Donini y Orler (2021), entender las causas de cómo ocurren estos problemas nos lleva a plantear nuevos métodos para mejorar el desempeño del hormigón desde su fabricación. En este contexto, la incorporación de materiales innovadores como las fibras sintéticas se muestra como una alternativa para reforzar el concreto, disminuir las fisuras y prolongar la vida útil de los edificios.

La poliamida es un polímero sintético altamente utilizado en la industria por su resistencia mecánica, durabilidad y capacidad de resistir diversos cambios de temperatura. Su estructura química se compone de enlaces de amida, lo que genera propiedades únicas, como flexibilidad, baja fricción y resistencia a la abrasión, teniendo como su tipo más utilizado el nylon (SINTAC, 2025).

Ramos Valer (2020) en la ciudad de Arequipa comparó la efectividad del Ichu y del nylon como refuerzo en mezclas de concreto. Los resultados mostraron que la fibra de nylon, especialmente en una longitud de 6 cm y una proporción del 1% respecto al agregado fino, logró incrementar significativamente la resistencia a la flexión, alcanzando mejoras de hasta un 50% respecto al concreto sin fibras. Además, se observó una mayor ductilidad y capacidad de deformación en los elementos estructurales, lo que evidencia el potencial del nylon como una opción eficiente para reforzar el hormigón.

Chimbo Guaquipana, A. A. (2024) menciona que el uso de fibras sintéticas como es el nylon ha demostrado ser útil en la prevención de pequeñas grietas, ya que suelen aparecer en el hormigón durante el proceso de curado. Estas fibras, al incorporarse en la mezcla del concreto, pueden aportar estabilidad y ayudar a prolongar la vida útil de elementos como losas, pavimentos y estructuras prefabricadas, sin modificar significativamente los métodos tradicionales de la construcción.

Olarte Buriticá (2022), quien evaluó el comportamiento mecánico del concreto hidráulico al incorporar fibras de nylon y micropartículas provenientes de botellas plásticas PET, obtuvo resultados que evidenciaron un incremento notable en la resistencia a la flexión, alcanzando hasta un 95% de mejora respecto a la mezcla convencional, lo que demuestra que el nylon no solo cumple una función estructural al mejorar la cohesión interna del material, sino que también representa una alternativa sostenible al reutilizar residuos plásticos. Este tipo de avances refuerza la importancia de continuar investigando la incorporación de fibras sintéticas como el nylon en el hormigón, no solo por su contribución a la resistencia mecánica, sino también por su aporte al desarrollo de soluciones constructivas más responsables con el medio ambiente.

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La evaluación de la resistencia a la flexión es un indicador determinante de la calidad y durabilidad del hormigón. El hormigón es un material en la construcción de Ecuador, ya que es barato, está disponible y tiene propiedades mecánicas óptimas. No obstante, el hormigón convencional tiene una serie de deficiencias en la resistencia a la fisuración y flexión, por lo que se han desarrollado métodos alternativos de refuerzo de sustitución mediante la adición de fibras en forma de poliamida de nylon.

El hormigón con una resistencia de 21 MPa se utiliza muy a menudo en las construcciones residenciales y edificios de mediana altura en el Ecuador. La incorporación de fibra de nylon en el hormigón puede tener varias ventajas, como es el aumento de la resistencia a la flexión, menor fisuramiento por retracción y una mayor durabilidad. Aunque, al incorporar estas fibras, también el hormigón se verá afectado en cuanto a sus propiedades si la dosificación no es la adecuada, sí que no se toma en cuenta la relación agua y cemento a la incorporación de esta.

Si bien el hormigón ha venido demostrando numerosos beneficios importantes, entre ellos una gran reducción de la fisuración y una mejor durabilidad, su uso en la construcción a nivel del país es escaso. Según Silvia Cabascango (2016), esta aplicación se asocia con una serie de factores, como la falta de normas que se tiene a la implementación estructural; la poca información que existe sobre si es

económica a nivel nacional genera incertidumbre a los constructores, ya que no cuentan con experiencias ni referencias de lo aplicado. A esto se suma un claro desconocimiento del material, ya que el 78% de los encuestados indicó no estar familiarizado con sus propiedades. Todo esto crea un círculo difícil de romper: la baja demanda impide que se produzca y ofrezca el material de forma regular, lo que, a su vez, refuerza la desconfianza e impide el avance hacia nuevas alternativas constructivas en el país.

Un método de mejorar las propiedades del hormigón es el uso de fibras sintéticas, como las de poliamidas tipo nylon. Estas fibras pueden mejorar significativamente su resistencia a flexión, así como reducir las fisuraciones del hormigón, lo que conlleva estructuras con más durabilidad y vida útil más prolongada.

El propósito de este estudio es llevar a cabo un análisis para comparar la resistencia a flexión del hormigón con una resistencia nominal de diseño de 21 MPa, evaluando la inclusión de fibras de nylon como sin ellas. Se pretende establecer si la incorporación de las fibras influye de manera significativa en la resistencia a la flexión del hormigón y, así, medir y comparar esta mejora en relación con el hormigón convencional.

## **1.2. ANTEDECENTES**

Los antecedentes de la investigación constituyen el sustento teórico y empírico que demuestra la viabilidad del estudio, debiendo estar directamente vinculados con las variables de investigación. En este marco, el presente trabajo se fundamenta en investigaciones previas desarrolladas en los ámbitos internacional, nacional y local; para ello se consideraron lo siguiente:

En el ámbito internacional, Barturen Irene & Veliz Preciado (2024) investigaron “análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de nylon y fibra de tallo de plátano”, demostrando que ambos materiales mejoran significativamente la resistencia a la flexión y reducen la fisuración. Su metodología incluyó la preparación de probetas con dosificaciones variables de fibras y ensayos normalizados de compresión y flexión. Los resultados mostraron que, aunque la fibra de nylon ofreció un mayor rendimiento en términos de resistencia, la fibra de tallo de plátano presentó un desempeño notable como

alternativa sostenible, destacando su potencial para aplicaciones en construcción ecoamigable. Este estudio concluyó que la incorporación de fibras, tanto naturales como sintéticas, puede optimizar las propiedades mecánicas del concreto, abriendo nuevas posibilidades para materiales de construcción más eficientes y sostenibles.

A nivel nacional, el estudio de Núñez Meneses, J. L. (2016), acerca de “Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón común con el hormigón adicionado con fibras de nylon, utilizando agregados existentes en la provincia de Pastaza”, investigó el efecto de las fibras de nylon en la resistencia del hormigón empleando materiales locales. La investigación se basó en la preparación de muestras de hormigón convencional y hormigón reforzado con fibras de nylon, sometidas a ensayos de resistencia a compresión. Los hallazgos indicaron que el concreto con las fibras de nylon tuvo un impulso significativo en la resistencia sobre el concreto estándar, lo que subraya el éxito de esta mejora. El estudio encontró que agregar hilos de nylon mejora la resistencia del concreto, ofreciendo una opción práctica para la construcción en la región, utilizando recursos cercanos y con gastos mínimos.

Del mismo modo, Chimbo Guaquipana, A. A. (2024) se llevó a cabo una investigación bajo el encabezado "Análisis comparativo de resistencia a flexión de hormigón convencional y hormigón fabricado adicionando la fibra de nylon utilizando agregados naturales", centrándose en los hallazgos mostró un aumento promedio de 22% en resistencia de flexión en las muestras que incorporaron 0.5% de volumen de fibra de nylon, que alcanzan 5.8 MPa resistencia en comparación con 4.7 MPa de flexión en las muestras que incorporaron 0.5% de fibra de nylon de volumen, alcanzando 5.8 MPa resistencia en comparación con 4.7 MPa de flexión de la fibra de nilón de 0.5%, alcanzando 5.8 MPa resistencia en comparación con 4.7 MPa de flexión de la fibra tradicional de concreto.

De manera local, no hay constancia de registros relacionados con el empleo de fibras de nylon para refuerzo en el hormigón, lo cual difiere de estudios hechos en diversas zonas del Ecuador, lo que reafirma la necesidad de ensayos para constatar el rendimiento del concreto reforzado con fibras de nylon. En Santa Elena, los sedimentos pueden afectar significativamente la adherencia entre las fibras y el hormigón, lo que afecta el rendimiento general.

## **1.3. HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis General**

La adición de porcentajes de fibras de poliamidas tipo nylon en diseños de hormigón tendrá la capacidad de aumentar significativamente las propiedades mecánicas como el módulo de ruptura.

### **1.3.2. Hipótesis Específicas**

**H.E1.:** La inclusión de 0,022% de fibras de nylon presentará el mayor aumento en el módulo de ruptura, gracias a una óptima distribución y adherencia de fibras en esa cantidad.

**H.E2.:** La resistencia a la flexión del concreto con fibras de poliamidas tipo nylon exhibirá un comportamiento directamente proporcional al porcentaje de fibras, resultando viable económicamente.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar y comparar el efecto de la incorporación de fibras de poliamida tipo nylon en proporciones de 0,022%, 0,05% y 0,1% sobre el módulo de ruptura de un hormigón de 21 MPa, mediante ensayos normalizados.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

**O.E.1.:** Caracterizar las propiedades de los agregados pétreos provenientes del campamento El Tren, perteneciente a la Cía. Constructora Verdú, para garantizar su conformidad con las normas técnicas.

**O.E.2.:** Determinar el módulo de ruptura del hormigón de 21 MPa con fibras de nylon a 0,022%, 0,05% y 0,1%, mediante ensayos de flexión en vigas.

**O.E.3.:** Evaluar el costo-beneficio de la fabricación de hormigón con refuerzo de fibras de nylon, comparando el costo extra de los materiales.

## **1.5. ALCANCE**

El presente estudio se enfoca en realizar un análisis comparativo del módulo de ruptura en hormigones de 21 MPa con incorporación de fibras de poliamida tipo nylon en diferentes porcentajes de 0,022%, 0,05% y 0,1%, frente a un hormigón convencional sin refuerzo fibroso. La investigación abarcará desde la caracterización de materiales hasta la evaluación de propiedades mecánicas, considerando tanto aspectos técnicos como prácticos de aplicación.

El alcance incluye la preparación de mezclas de hormigón, diseño experimental, fabricación de probetas y realización de ensayos normalizados para determinar el módulo de ruptura y otras propiedades relevantes. Se analizarán comparativamente los resultados obtenidos para las diferentes dosificaciones de fibras, con el fin de establecer correlaciones entre el porcentaje de refuerzo y el comportamiento mecánico del material.

El estudio contempla la evaluación de propiedades en estado fresco del hormigón con base en su trabajabilidad, consistencia y la flexión, así como un análisis básico de relación costo-beneficio de la incorporación de las fibras. La investigación no contempla la elaboración de ensayos de contenido de aire, durabilidad, impermeabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la tracción.

Los resultados de este estudio aportarán datos útiles para profesionales en el área de la construcción, brindando información técnica y fiable acerca del rendimiento del hormigón reforzado con fibras de nylon.

## **1.6. VARIABLES**

### **1.6.1. Variables Dependientes**

Módulo de ruptura del hormigón según la norma NTE INEN 2554 de la mezcla patrón.

### **1.6.2. Variables Independientes**

Porcentaje de fibras de poliamida tipo nylon en el hormigón al 0,022%, 0,05% y 0,1%.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1. HORMIGÓN CONVENCIONAL

### 2.1.1. DEFINICIÓN

El hormigón es uno de los materiales más empleados en la edificación; se compone de áridos como la arena y grava, combinados con el cemento y agua, generando una masa resistente a la compresión, pero con la cualidad frágil a la tracción. En su elaboración, permite ser moldeado en encofrados antes de que este fragüe y se endurezca (Ortiz, 1998).

Según Orozco et al. (2018), el hormigón se establece como el material para la edificación más empleado a escala mundial, necesitando la participación de un gran número de expertos especializados en diversas fases, tales como la fabricación, el transporte y el uso de este. La garantía de la calidad se basa directamente en la intervención del profesional que la administra, ya que está en relación con su experiencia laboral o en su educación académica, lo que puede causar fluctuaciones en el rendimiento y las características finales del material.

#### 2.1.1.1. Cemento.

La norma (ASTM C150, 2007) establece 10 tipos del cemento Portland, cada uno diseñado para requerimientos concretos en la edificación, en función a su resistencia, composición y desempeño en diversos entornos, siendo:

- Tipo I: El cemento común es empleado en la mayoría de las construcciones donde no se requieren características particulares.
- Tipo IA: Como el Tipo I, pero con la incorporación de un aditivo que captura burbujas de aire, es perfecto para climas fríos donde el hielo y el deshielo pueden perjudicar el hormigón.
- Tipo II: Esa una versión optimizada para resistir de manera más efectiva la corrosión provocada por sulfatos, es ideal para las edificaciones que se encuentran en climas salinos.

- Tipo IIA: Al igual que el Tipo II, pero con el aditivo que produce burbujas de aire para prolongar una mayor resistencia en condiciones extremas.
- Tipo II(MH): Diseñado para obras grandes (como presas) porque genera menos calor al fraguar y además resiste sulfatos.
- Tipo II(MH)A: similar a la versión anterior, pero incluye bolsillos de aire para una mayor durabilidad del hielo.
- Tipo III: forja más rápida y ganancia de resistencia más rápida, adecuada para soluciones inmediatas o componentes preparados.
- Tipo IIIA: la variante con bolsas de aire del tipo III, manteniendo su ritmo de solidificación rápido.
- Tipo IV: cemento de calor gradual y leve, empleado en grandes construcciones para evitar grietas debido a las altas temperaturas.
- Tipo V: El más resistente a sulfatos, recomendado para construcciones en suelos salinos o agua de mar.

#### **2.1.1.2. Áridos.**

Los áridos representan actualmente un componente esencial en el ámbito de la construcción, siendo empleados en prácticamente todas las obras de infraestructura, entre ellas pavimentos urbanos, carreteras, cimentaciones, estructuras de hormigón e instalaciones portuarias.

Según (Toro Oyarzo, 2013), la utilización de áridos se ha llevado a cabo a través del tiempo; en realidad, su aplicación se origina a comienzos de la civilización, cuando los primitivos ya empleaban piedras y rocas en construcciones de naturaleza básica. El estudio de los áridos no se basa en sus propiedades, sino en la mejora de los procedimientos de mezcla con materiales aglomerantes y en la creación de técnicas que facilitaron la diversificación de sus granulometrías y la ampliación de sus usos en diversas clases de construcciones civiles.

### **2.1.1.3. Agua.**

En el ámbito de la construcción, se puede mencionar el uso del agua implica necesariamente señalar a su utilización de manera eficaz. Esta idea se fundamenta en la importancia de reducir al mínimo el uso de agua potable en las construcciones, siendo así que se recurre por opciones como el agua reciclada o el agua de lluvia. Según Castañeda Landinez (2020), este rendimiento es esencial debido a la escasez de agua a escala mundial. Una correcta gestión del agua no solo satisface con los estándares del medio ambiente, sino que también simboliza una conducta responsable que ayuda a maximizar los recursos que están a disposición y asegura la factibilidad de proyectos de construcción diseñados a largo plazo.

### **2.1.1.4. Aditivos.**

Los aditivos son elementos que se añaden en cantidades muy bajas a las mezclas de hormigón, siendo durante el proceso o previo a este con el objetivo de alterar sus características y ajustarlas a las demandas particulares de la construcción (Popovics, 1992). La variabilidad de compuestos químicos de los aditivos comprende surfactantes, sales solubles, polímeros orgánicos y minerales insolubles, ya que desempeñan roles específicos en el hormigón.

La implementación se basa en la necesidad de potenciar como la capacidad de trabajo, acelerar o postergar los periodos de fraguado y tener un control en el desarrollo de la resistencia mecánica ante entornos no actos para su construcción. En este contexto, la correcta utilización de aditivos no solo mejora los procesos de construcción, sino que también asegura que el rendimiento sea óptimo para las estructuras.

### ***2.1.1.5. Proporciones típicas para hormigón estructural.***

El método ACI 211.1 (2010), creado por el Instituto Americano de Concreto representa un proceso estandarizado para a la elaboración de mezclas de concreto, su principal objetivo es lograr una resistencia específica ( $f_c$ ) y

características que aseguren el rendimiento apropiado en usos estructurales. Este procedimiento incluye una serie de etapas esenciales: primero, se elige la resistencia necesaria ( $f_c$ ), que debe ser establecida conforme a los criterios de diseño estructural definidos en ACI 318 y las condiciones ambientales que estará sometido el hormigón. Luego de establecer el tamaño máximo del árido, que usualmente oscila entre 19 mm y 25 mm de la grava, se calcula la cantidad de agua para mezclar teniendo en cuenta el asentamiento requerido con el tamaño del árido, ya que se estará empleando las tablas presentadas por el ACI 211.1. Basándose en la relación apropiada agua-cemento establecida por las necesidades de durabilidad y resistencia, se determina el contenido de cemento requerido.

## **2.2. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS**

Existen ciertas reglas para usar concreto reforzado con fibra que son definitivamente importantes, porque le dan al diseñador la confianza para elegirlo una opción de construcción. Hoy en día, existen diversas normas y estándares que describen los métodos para determinar la cantidad de fibra, lo que conlleva a tener más oportunidades de usos en variedad a sistemas constructivos basándose en su aplicación (Blanco Álvarez et al, 2010).

### **2.2.1. FUNCIÓN DE LAS FIBRAS**

Las fibras en el Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) actúan como refuerzo secundario, mejorando significativamente el comportamiento mecánico del material. Según Naaman (2003), su función principal es controlar la fisuración mediante la redistribución de tensiones internas, lo que incrementa la tenacidad y resistencia post-fisuración del hormigón. Este mecanismo se debe a que las fibras puentean las microfisuras, retardando su propagación (Zerbino, 2020).

Como lo indica Blanco Álvarez et al., (2010), las fibras en el hormigón reforzado cumplen funciones críticas como el control de fisuración post - elástica al mantener hasta el 30% de la resistencia tras la fisura inicial, y aumentan significativamente la tenacidad mediante el efecto "puente de tensiones" que

multiplica hasta 10 veces la energía de fractura comparada con hormigón convencional. Su investigación comparativa de modelos constitutivos destaca que las fibras metálicas (especialmente hooked-end de 30-60 mm) ofrecen mayor resistencia residual, aunque las sintéticas son más efectivas en ambientes agresivos, además de señalar que normativas como la UNE 83507 subestiman sistemáticamente el desempeño real del HRF en flexión, especialmente en la etapa posterior a la fisuración.

### **2.2.2. TIPOS DE FIBRAS SEGÚN MATERIAL**

La investigación de Olivera Pérez et al. (2022), lleva a cabo una clasificación de las fibras para el concreto porque analiza sus ventajas, beneficios, restricciones y usos particulares:

#### **1. Fibras artificiales**

- Las fibras metálicas, por lo general aceradas, pueden manifestarse en forma de cortes rectos, ganchos, ondulaciones o microfilamentos. Su integración con el concreto posibilita incrementar hasta un 500% la resistencia del material, en particular en la relación entre carga y el movimiento tras la fisuración. Estas fibras son particularmente apropiadas para pavimentos y construcciones industriales que enfrentarán tensión o desgaste continuo. No obstante, su uso tiene algunas limitaciones: en entornos oceánicos, la oxidación es un problema, por lo que el uso de capas de protección es necesario, como los epóxidos. Además, si constituyen más del 2% por volumen, pueden obstaculizar en gran medida la capacidad de la mezcla para trabajar.
- Las fibras sintéticas, fabricadas con polímeros, se dividen principalmente en tres categorías: las de polipropileno, utilizadas para regular el agrietamiento de plástico en el concreto, generalmente con una dosis de 01% a 03% en volumen; los de PVA (alcohol polivinílico), que destacan su alta adhesión a la matriz cementicia y optimizan la transición en la zona interfacial; y los de polietileno de gran peso molecular (polímero ultra alto). Una de las mayores ventajas de las fibras artificiales es su alta resistencia

química a sustancias agresivas como cloruros y sulfatos, además de su peso reducido, lo que evita su dispersión en la mezcla de concreto.

## **2. Fibras naturales**

- Se utilizan fibras de plantas (vegetales), incluidos el coco, el bambú y el bastón, principalmente para aplicaciones no estructurales como bloques y recubrimientos, a menudo como refuerzos en el concreto. Para mejorar su función, estos hilos requieren métodos como la eliminación básica de agua, que reduce su alta ingesta de agua, y el tratamiento de sal, que aumenta el enlace entre el hilo y la matriz de cemento. Las fibras vegetales no son solo una opción práctica para ciertas piezas de construcción, sino que también se destacan en la promoción de la ecológica, ya que tienen un impacto de carbono que es aproximadamente un 70% menos que el de las fibras de acero.
- Las fibras de origen animal, como la lana y la seda, se emplean en un área muy concreta del hormigón, principalmente en la creación de concretos autocurativos. Estas fibras poseen la habilidad de liberar sustancias adhesivas al ocurrir una fisura en la matriz, contribuyendo así a sellar las grietas de manera automática y prolongar la vida útil del material.

### **2.2.3. PARÁMETROS CRÍTICOS EN HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA**

De acuerdo con Hidalgo Yáñez, Y. K. (2017), los factores clave que definen el rendimiento después del agrietamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno comprenden en: la longitud y relación de aspecto de las fibras (ideal 12-24 mm con  $L/\phi=100-150$ ), en los que fibras más largas influyen en la capacidad de trabajo y las más cortas disminuyen su eficacia; la dosificación (0.3-0.6% vol.), dado que valores inferiores no mejoran la resistencia residual y superiores causan segregación. Estos elementos resultaron ser cruciales en el rendimiento mecánico del material, especialmente en aplicaciones de hormigón proyectado.

El diseño a corte en concreto reforzado con fibras de acero exige tener en cuenta factores esenciales como la relación de aspecto de las fibras ( $L/df$  entre 50-80) para asegurar una transferencia eficaz de tensiones, la dosificación ideal (0,5-

1,5% vol.) que balancea resistencia y capacidad de trabajo, y la resistencia residual específica ( $f_{R1}$ ,  $f_{R3}$ ,  $f_{R4}$ ) establecida a través de pruebas normalizadas (Díaz Fondevila & Almenar, s/f). La efectividad del HRF depende además del control del ancho de fisura (0,3-0,5 mm según aplicación) y considera el efecto tamaño en elementos estructurales, permitiendo reducir hasta 50% la armadura transversal convencional en losas, muros y elementos prefabricados cuando se evalúa adecuadamente la contribución combinada fibras-armadura y el efecto arco en fragmentos esbeltos.

## **2.3. FIBRAS DE POLIAMIDA TIPO NYLON EN HRF**

### **2.3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NYLON**

Como menciona López Cruz (2014), el uso de fibras de nylon para reforzar el concreto no solo incrementa su resistencia, sino que también introduce características técnicas clave que mejoran su rendimiento estructural. Estas fibras son realmente impresionantes, ya que pueden soportar fuerzas de tracción que van de 500 a 900 MPa, superando a muchos materiales sintéticos comunes. Además, son bastante flexibles, con un alargamiento que puede oscilar entre el 15% y el 25% en estado relajado, lo que las hace mucho más adaptables que el concreto tradicional.

Su elasticidad, que se sitúa entre 2 y 5 GPa, las coloca en un punto intermedio entre las fibras plásticas y las metálicas, ofreciendo un equilibrio interesante entre resistencia y maleabilidad. Otro aspecto importante es su durabilidad: son muy resistentes en entornos altamente alcalinos (con pH superiores a 12), manteniendo su integridad incluso después de 28 días en esas condiciones.

### **2.3.2. COMPORTAMIENTO QUÍMICO EN MEDIO ALCALINO**

Montiel, E. L. (2022) confirma que las fibras de nylon estándar sufren una degradación significativa en entornos muy alcalinos (pH superior a 13), perdiendo hasta el 40% de su resistencia mecánica en 90 días a causa de la hidrólisis de los grupos amida. Sin embargo, el mismo autor encontró que al modificar estas fibras incorporando un 1.5% en peso de nanotubos de carbono funcionalizados mediante

un tratamiento ultrasónico de 45 a 60 minutos a 20 kHz, la degradación se logra minimizar en un 12%. Esta reducción es posible debido a la producción de un bloque físico que repelen los iones de hidróxido y la aparición de enlaces combinados de nitrógeno-carbono, cubriendo la estructura del polímero. Las respuestas en los exámenes FTIR (Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier) y SEM (Microscopía Electrónica de Barrido, por sus siglas en inglés: Scanning Electron Microscopy) respaldan estos hallazgos, expresando una reducción del 78% en los puntos más altos de degradación y además una reducción de los microporos.

### **2.3.3. COMPARATIVA CON OTRAS FIBRAS SINTÉTICAS**

Con respecto a la vida útil, las dos fibras mostraron una gran estabilidad química contra los efectos de las sustancias alcalinas del cemento. A pesar de esto, los hilos de nylon mejoraron su resistencia duradera, mostrando una mera caída del 12% frente a la caída del 18% vista en el polipropileno después de 180 días. López Cruz (2014) afirma que el nylon es mejor para las tareas que necesitan una fuerte resistencia al inicio y firmeza, como losas o vigas, mientras que el polipropileno es mejor para las partes que necesitan absorber energía, la dosis ideal fue entre el 0.1% y el 0.3% en los términos de volumen. Aunque en algunos de los casos, era necesario aplicar tratamientos adicionales para mejorar la adherencia entre la fibra y el hormigón.

## **2.4. PRUEBAS DE LABORATORIO**

### **2.4.1. Granulometría**

La norma NTE INEN 696, la granulometría de los agregados finos y gruesos se determina mediante el análisis de tamizado, lo que permite clasificar el material en función de su tamaño de partícula y evaluar su adecuación para su uso en mezclas de hormigón estructural.

La granulometría es una característica fundamental del suelo, se ven reflejadas en la tabla 1 y 2, estrechamente vinculada a su comportamiento físico.

Esta propiedad influye de manera significativa en aspectos como la aireación, la capacidad de retención y el movimiento del agua, la disponibilidad de nutrientes, la facilidad de manejo siendo la trabajabilidad y la susceptibilidad a la erosión.

**Tabla 1**  
*Análisis de tamizado del Agregado Fino*

<b>Tamiz (Especificación E 11)</b>	<b>Porcentaje Pasado (%)</b>
9.5 mm (3/8 in)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (No. 150)	0 a 10

Los concretos con agregado fino de granulometría cercana a los mínimos del porcentaje pasando mostrado anteriormente para el tamiz 300 µm (No. 50) y 150 µm (No. 100) pueden algunas veces tener dificultades con la trabajabilidad o excesivo sangrado. La adición de un inclusor de aire, cemento adicional, o la adición mineral aprobada para suministrar la deficiencia de finos, son métodos usados para aliviar tales dificultades.

*Nota:* Muestra de análisis por tamizado de agregados finos. (ASTM C 33, 2003, p. 8)

Por otro lado, la densidad aparente del suelo se utiliza comúnmente como un indicador de la condición estructural del mismo y como medida del grado de compactación.

En el presente estudio, se presentan distintos métodos empleados para la evaluación de la granulometría del suelo, considerando los objetivos específicos de cada análisis. Así mismo, se describen diversas técnicas para la determinación de la densidad aparente, en función del tamaño de la muestra, el tipo de suelo y la disponibilidad de equipos (Gabriels y Deyanira, 2006).

**Tabla 2**  
*Requerimientos de tamizado en Agregados Gruesos*

Número de tamaño	Tamaño Nominal (Tamices con abertura cuadrada)	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (Abertura Cuadrada), Porcentaje Masa												
		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.
		(4 pulg.)	(3 ½ pulg.)	(3 pulg.)	(2 ½ pulg.)	(2 pulg.)	(1 ½ pulg.)	(1 pulg.)	(¾ pulg.)	(½ pulg.)	(⅜ pulg.)	(No. 4)	(No. 8)	(No. 16)
1	90 a 37.5 mm.	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm.	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm.	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 4.75 mm.	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19 mm.	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 a 4.75 mm.	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	15 a 12.5 mm.	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 40	0 a 5	...	...	...
56	25 a 4.75 mm.	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 a 4.75 mm.	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 a 9.5 mm.	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 15	...	...
67	19 a 4.75 mm.	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 15	...
7	12 a 4.745 mm.	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 15	...
8	9.5 a 2.36 mm.	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 15	0 a 15

*Nota:* Muestra los requerimientos para el tamizado de los agregados grueso. (ASTM C 33, 2003, p. 7) .

### **2.4.2. Contenido de humedad**

La norma NTE INEN 862 define el método para medir la cantidad total de humedad en los agregados, tanto finos como gruesos.

La presencia de agua en un material sólido se refleja como humedad, y su medición puede variar dependiendo del método utilizado. El primer método relaciona la masa del agua con el peso del material seco total, mientras que el segundo la asocia al peso del material seco y también al peso del material que incluye el agua. Aunque ambos enfoques evalúan la misma característica, los resultados que se obtienen son diferentes en términos numéricos. Por ello, es esencial indicar con precisión qué criterio se está utilizando al presentar este dato, ya que omitirlo puede llevar a confusiones en la interpretación de los resultados (Martines y Lira, 2010).

### **2.4.3. Absorción del agregado**

La norma NTE INEN 856 se emplea para la determinación de la gravedad específica y absorción de agregados gruesos. El procedimiento consiste en el secado del agregado hasta masa constante, su inmersión en agua durante 24 horas, secado superficial hasta alcanzar el estado saturado superficialmente seco (SSD), y posterior pesaje en condiciones seca, saturada y sumergida para el cálculo de las propiedades solicitadas.

El agregado grueso es un componente crucial en la producción de hormigón, y se utiliza frecuentemente en proyectos de infraestructura civil. El establecimiento exacto de su capacidad de absorción es un elemento indispensable para garantizar las características mecánicas y la longevidad de la mezcla. Sin embargo, este atributo puede experimentar variaciones considerables durante un mismo día debido a variaciones en las condiciones atmosféricas y ambientales. Los métodos convencionales para evaluar esta propiedad requieren considerable tiempo de ejecución, lo que al repetirse frecuentemente se traduce en interrupciones del flujo de trabajo y disminución de la productividad en obra (Moreno y Sandoval, 2016).

#### **2.4.4. Densidad y peso específico**

La norma NNTE INEN 856-7-8 sirve como procedimiento para determinar la masa, la gravedad específica y el espacio de vacíos en el agregado, la técnica incluye verter un recipiente estándar con la mezcla (suelta o bien empaquetada), midiendo su peso y descubrir la densidad y la gravedad específica de acuerdo con el tamaño del contenedor, considerando la proporción de espacios vacíos en el material.

Esta investigación corrobora que el cálculo de la densidad SSS está dado como la proporción del peso del compuesto cuando sus vacíos están llenos de agua, sin la presencia de humedad extra; esta táctica es indispensable para adquirir mediciones precisas en la elaboración de una mezcla de concreto (Guzmán Meza, 2008).

#### **2.4.5. Prueba del cono de abrams**

El cono de Abrams, también denominado prueba de revenimiento, es un instrumento esencial para evaluar la consistencia del hormigón recién mezclado. Este método nos muestra el comportamiento de la mezcla al soportar su propio peso, lo cual a su vez nos asiste en determinar su adecuación para diferentes usos en el ámbito de la construcción (Figueroa y Ricardo, 2023).

#### **2.4.6. Resistencia a la flexión del concreto**

La norma NTE INEN 2554 establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión del concreto. El ensayo se realiza aplicando una carga distribuida en dos puntos ubicados a un tercio de la luz del claro de una viga prismática de concreto apoyada en sus extremos. Esta configuración, conocida como carga a tercio medio, permite medir la carga máxima que soporta la viga antes de fallar, con el fin de calcular la resistencia a la flexión o módulo de ruptura del concreto. En la tabla 3 se tiene referencia las cargas en relación con los días de curado en cuestión a los ensayos a flexión.

La resistencia a la flexión, considerada un indicador indirecto de la resistencia a tracción del concreto según Masías (2018), evalúa la capacidad de vigas o losas de concreto no reforzado para soportar cargas por momento flector hasta su falla. Este parámetro es especialmente relevante en el diseño de pavimentos, donde resulta determinante para garantizar su durabilidad ante cargas vehiculares repetidas y gradientes térmicos diferenciales que generan esfuerzos internos, constituyéndose así en un criterio fundamental de calidad para estructuras sometidas a flexión.

**Tabla 3**

*Resistencia mínima a la rotura de probetas de hormigón*

<b>Resistencia a la rotura de probetas de hormigón</b>							
<b>Edad</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>14 MPa</b>	<b>18 MPa</b>	<b>21 MPa</b>	<b>24 MPa</b>	<b>28 MPa</b>	<b>35 MPa</b>
7	69%	1.93	2.19	2.36	2.52	2.73	3.05
14	85%	2.14	2.43	2.62	2.80	3.02	3.38
21	92%	2.23	2.52	2.73	2.91	3.15	3.52
28	99%	2.32	2.63	2.84	3.04	3.28	3.67

Nota: resistencia que debe cumplir a la rotura de hormigón, (INEN 1573, 2010)

<b>Resistencia a la rotura de vigas de hormigón a flexión</b>			
<b>Edad</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>21 MPa</b>	
7	70%	2.36	MPa
14	85%	2.62	MPa
28	100%	2.84	MPa

Nota: Resistencia que deben cumplir las vigas prismáticas de hormigón.

# **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

## **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1.1. Tipo**

El estudio es experimental, dado que los porcentajes de fibras de nylon a 0.022 %, 0.05 % y 0.1 % están establecidos y controlados, con el objetivo de medir su impacto en el módulo de ruptura de concreto. Esta técnica nos permite identificar un enlace entre agregar fibras y cómo se comporta estratégicamente el material.

### **3.1.1. Nivel**

La investigación se realiza de manera comparativa y descriptiva, con la meta de comprobar de qué manera la adición de fibras de nylon en diversas proporciones afecta la resistencia a la ruptura del concreto. Este estudio examina cómo las fibras artificiales afectan la resistencia a la flexión del concreto.

## **3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Método**

El estudio emplea un enfoque experimental, direccionado en la recolección de información cuantitativa, la comparación de variables, tales como el módulo de ruptura del hormigón, los porcentajes de incorporación de fibras en cantidades de 0.022%, 0.05% y 0.1%. Además, del comportamiento y los costos de producción del compuesto.

Este método se basa en una prueba común, definida por la NTE INEN 2554 y ACI 211, para ayudar a obtener resultados claros, comparables y repetibles. El estudio se realiza en configuraciones de laboratorio controladas, garantizando la precisión de los datos y ayudando a una evaluación precisa de cómo el refuerzo con fibra afecta las propiedades físicas del concreto de 21 MPa.

### **3.2.2. Enfoque**

El enfoque utilizado en este estudio es cuantitativo, ya que se basa en recopilar y analizar cifras de experimentos de ensayos. Esta técnica permite establecer conexiones entre los factores examinados, como la proporción de fibras de nylon inherentes y la medida de rotura del concreto, utilizando métodos claros y medibles.

El uso de técnicas estadísticas hace que sea más fácil comprender los resultados y detectar diferencias clave entre las diversas mezclas probadas, lo que ayuda a obtener una comprensión precisa de las propiedades físicas del concreto reforzado.

### **3.2.3. Diseño**

El método elegido en base a la investigación es experimental, ya que implicó cambiar directamente la variable independiente, como ajustar la cantidad de fibras de poliamida de tipo nylon incluidas. El objetivo es descubrir cómo estos cambios afectan las acciones del concreto, particularmente en su resistencia a la ruptura y su trabajabilidad, siguiendo métodos establecidos y directrices técnicas.

El enfoque de prueba implica crear diferentes mezclas con relaciones de fibra conocidas y luego evaluarlas utilizando exámenes regulares. Al comparar y usar herramientas estadísticas, el objetivo es encontrar variaciones importantes en el rendimiento del material, ayudando a las bases técnicas para la efectividad de las fibras artificiales en concreto.

## **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### **3.3.1. Población**

Esta investigación considera la población de estudio a las probetas de hormigón elaboradas en condiciones controladas, diseñadas con una resistencia a la flexión de 21 MPa. Se incluyen tanto mezclas convencionales como aquellas reforzadas con fibras de poliamida tipo nylon en diferentes proporciones.

### **3.3.2. Muestra**

En total, 28 vigas de concreto, fabricadas con medidas de 50 cm de longitud, 15 cm de alto y 15 cm de ancho, siguiendo las directrices definidas para los ensayos de flexión. Se produjeron 7 vigas de mezcla patrón y 21 vigas que incorporaron fibras de poliamida de tipo nylon en proporciones de 0,022%, 0,05% y 0,1%, repartidas en 4 unidades para cada dosificación.

### **3.3.3. Muestreo**

En este estudio, el muestreo se lleva a cabo programando los ensayos de ruptura de las vigas de hormigón a los 7, 14 y 28 días de curado según la norma NTE INEN 2554. Se tomaron en cuenta tanto las vigas de modelo como las reforzadas con fibras de poliamida de tipo nylon en porcentajes de 0,022%, 0,05% y 0,1% respectivamente. Cada conjunto experimental se reparte de forma justa, destinando dos vigas por dosificación a cada edad de rotura, lo que permite una distribución equilibrada y representativa para el análisis comparativo.

## **3.4. UBICACIÓN Y MATERIALES DE ESTUDIO**

### **3.4.1. Fuentes de agregados**

Los agregados pétreos empleados en el desarrollo de las mezclas de concreto para este estudio se obtuvieron de la región de Buenos Aires, situada en la provincia de Santa Elena, a lo largo del trayecto vial Guayaquil–Salinas, específicamente del campamento El Tren, perteneciente a la Cía. Constructora Verdú.

Sus coordenadas geográficas son 2°21'21.8"S y 80°30'23.8"W, a una altitud aproximada de 69 metros sobre el nivel del mar. Este yacimiento ha sido seleccionado por su disponibilidad, accesibilidad y cumplimiento de los requerimientos físicos y mecánicos exigidos por las normas técnicas para agregados en hormigón estructural.

Los materiales extraídos fueron debidamente caracterizados mediante ensayos de laboratorio para verificar propiedades como la granulometría, absorción, contenido de humedad, densidad, entre otros, garantizando así su idoneidad para su uso en mezclas de hormigón de 21 MPa de resistencia a flexión.

### **3.4.2. Fuentes de fibra**

En este estudio se optó por el uso de fibra sintética Adifiber N, elaborada para maximizar las propiedades del hormigón y mortero (Aditec Ecuador, 2022). Esta fibra satisface las normas ASTM C 1116 para hormigón con propiedades mecánicas mejoradas, permitiendo su aplicación en ámbitos constructivos.

Entre sus principales beneficios están:

- Control de fisuras por contracción plástica
- Mejora de la tenacidad y la trabajabilidad.
- Reducción de permeabilidad
- Aumento de la resistencia a flexión

La elección de Adifiber N para este estudio está respaldada por su efectividad comprobada en los estándares globales, su uso amplio en varios campos y su capacidad para mejorar las características mecánicas secundarias de los elementos de concreto, cruciales para esta investigación.

### **3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1: CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DEL CAMPAMENTO EL TREN, PERTENECIENTE A LA CÍA. CONSTRUCTORA VERDÚ.**

Para caracterizar las propiedades de los agregados pétreos tanto, finos como gruesos empleados en la elaboración del hormigón, se realizarán ensayos de laboratorio conforme a las siguientes normas técnicas ecuatorianas e internacionales, con el fin de asegurar su idoneidad para el diseño de mezclas de concreto con y sin incorporación de fibras de poliamida tipo nylon:

- NTE INEN 696: Se emplea para ejecutar un análisis granulométrico de los tamaños de partículas en agregados finos y gruesos.
- NTE INEN 856: Permite valorar la densidad y la capacidad de absorción de agua en el agregado fino.
- NTE INEN 857: Se emplea en la determinación de la densidad y la absorción de agua del agregado grueso.
- NTE INEN 858: Permite calcular el peso por volumen y la proporción de vacíos en los agregados.
- NTE INEN 862: Sirve para calcular la cantidad total de humedad presente en los agregados.
- ACI 211.1 y ACI 211.4R: Proporcionan las pautas para el diseño de mezclas de concreto con una resistencia base de 21 MPa, utilizadas como referencia en comparaciones.
- NTE INEN 1578: Establece el método para evaluar la facilidad de manejo y consistencia del concreto fresco mediante el ensayo de asentamiento o conocido como cono de Abrams.

Estas evaluaciones permitirán establecer las características físicas esenciales de los agregados pétreos disponibles localmente, y garantizarán su conformidad con las especificaciones requeridas para elaborar un hormigón estructural con adecuada resistencia y trabajabilidad.

### **3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.2: DETERMINAR EL MÓDULO DE RUPTURA DEL HORMIGÓN DE 21 MPA CON FIBRAS DE NYLON A 0.022%, 0.05% Y 0.1%, MEDIANTE ENSAYOS DE FLEXIÓN EN VIGAS.**

Para examinar el módulo de rotura de concreto con fibras de poliamida basadas en nylon, se implementará un enfoque de prueba utilizando mezclas variadas para evaluar una resistencia característica de 21 MPa. Las evaluaciones que se van a verificar serán 0.022%, 0.05% y 0.1% con respecto al volumen de concreto. El proceso considerará las etapas posteriores:

- Diseño de la mezcla patrón, esto es en base a las sugerencias de las normas ACI 211.1 y ACI 211.4R, empleando los agregados que se han caracterizados previamente.

- Elaboración de mezclas utilizando fibras de nylon, conservando la misma proporción de agua/cemento y métodos de mezcla, incluyendo las fibras en los tres porcentajes mencionados.
- Utilización de moldes de vigas con dimensiones de 15 cm × 15 cm × 50 cm, conforme a la norma NTE INEN 2554.
- Proceso de curado y rotura de las muestras que se llevará a cabo durante 7, 14 y 28, conforme a la normativa vigente.
- Determinación de la resistencia a flexión de vigas a través de la norma NTE INEN 2554, que determina el método de carga en el tercio medio de la luz, con el objetivo de calcular la resistencia o módulo de ruptura del hormigón:

$$MR = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- *P*: Carga máxima aplicada (N)
- *L*: Luz entre apoyos (mm)
- *b*: Ancho de la viga (mm)
- *d*<sup>2</sup>: Altura de la viga (mm)

La información obtenida facilitará la comparación del rendimiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de nylon frente a la mezcla patrón; por ende, se observa el incremento en la resistencia a la flexión según el porcentaje de fibra agregada.

### **3.7. METODOLOGÍA DEL O.E.3: EVALUAR EL VÍNCULO ENTRE EL COSTO-BENEFICIO DE LA FABRICACIÓN CON REFUERZO DE FIBRAS DE NYLON.**

Para establecer una relación entre el gasto y la ventaja del concreto reforzado con fibras de nylon, se llevará a cabo un estudio económico que conecte el desempeño estructural mediante la resistencia a la ruptura con el costo particular de fabricación de cada mezcla.

El proceso metodológico se compondrá de las siguientes etapas:

- Determinación del costo unitario de los materiales empleados en cada mezcla, tomando como referencia los precios locales en la provincia de Santa Elena al momento de la investigación.

- Cálculo del costo por metro cúbico de hormigón para cada dosificación (0,00%, 0,022%, 0,05% y 0,1% de fibra de nylon).

El análisis visual de los resultados cuando se compara con el costo total por metro cúbico facilita la comprensión y toma de decisiones en relación con la viabilidad financiera de cada mezcla. Esta investigación permitirá determinar la dosificación que brinda rendimiento estructural superior en relación con su costo, lo que contribuirá a determinar la viabilidad de incluir fibras de nylon en proyectos de construcción en la provincia Santa Elena.

### 3.8. OPERACIONES DE VARIABLES

La tabla 4 menciona las operaciones de las variables que tiene este trabajo de investigación,

**Tabla 4**  
*Operacionalización de las variables.*

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
Dependiente				Interpretar la curva de distribución del tamaño de los agregados para la mezcla patrón.	
Módulo de ruptura del hormigón según la norma NTE INEN 2554 de la mezcla patrón.	Resistencia a la flexión del hormigón obtenida mediante ensayo en vigas, que permite determinar su comportamiento estructural bajo carga.	Norma ACI 211	Caracterización granulométrica de los agregados finos y gruesos.		Cálculo de la dosificación del hormigón de control en formato Excel.
		Norma INEN 696	Evaluación de la densidad y capacidad de absorción de los agregados.	Corrección del contenido de humedad debido a la absorción de los áridos.	
		Norma INEN 856			
Independiente				Comprobar si el hormigón alcanza los valores máximos de resistencia establecidos.	
Porcentaje de fibras de poliamida tipo nylon en el hormigón al 0,022%, 0,05% y 0,1%.	La incorporación de fibras de nylon al hormigón busca modificar su desempeño mecánico, principalmente en su resistencia a la tracción y flexión.	Norma INEN 1573 (2010)	Análisis de la resistencia mecánica bajo carga a flexión.		Determinación de la resistencia mecánica bajo flexión.
		Norma INEN 1576 (2011)		Determinar el rendimiento de las muestras en función del tiempo de curado (3, 7, 14 y 28 días).	
		Norma INEN 2554 (2011)	Moldeo y curado en campo de muestras para ensayo.		
		Norma INEN 2380 (2011)			

Nota: Tabla con la definición y medición de las variables del presente análisis.

### 3.9. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Este estudio se enfocó en la evaluación de la efectividad del concreto reforzado con fibras de poliamida de nylon, teniendo en cuenta su resistencia. Para alcanzar este objetivo, se elaboró el siguiente esquema de ensayo:

- Seleccionar la materia prima proveniente de la provincia de Santa Elena y caracterizar de los agregados mediante los ensayos de laboratorio.
- Preparación del diseño y dosificación de hormigón convencional, así mismo incluyendo las fibras de nylon.
- Creación de las muestras de vigas prismáticas destinadas a pruebas de flexión, siguiendo los procedimientos estandarizados.
- Llevar a cabo ensayos de revenimiento y ruptura, para evaluar el efecto de las fibras en las propiedades mecánicas del hormigón.
- Evaluar los resultados de las mezclas con el fin de establecer el impacto de las fibras de nylon en la resistencia a flexión del hormigón.

#### 3.9.1. Ubicación y características de los agregados.

Los agregados pétreos empleados en la elaboración de las mezclas de hormigón en esta investigación fueron extraídos de la zona de Buenos Aires, ubicada en la provincia de Santa Elena, a lo largo del tramo vial Guayaquil–Salinas. Específicamente, los materiales provienen del área conocida como Campamento El Tren, perteneciente a la Compañía Constructora Verdú, localizada aproximadamente en el kilómetro 85 de dicha vía, sobre el lado sur, como se visualiza en la Figura 1.

#### Figura 1

*Ubicación del Campamento El Tren, perteneciente a la Cía. Constructora Verdú*



*Nota:* Figura de la Cía. Constructora Verdú (Google Maps, 2022)

### **3.9.2. Determinación de propiedades físicas y mecánicas de los agregados.**

#### **a) Evaluación granulométrica de los agregados finos y gruesos según la norma NTE INEN 696**

Para llevar a cabo el examen de la distribución del tamaño de partículas, pequeñas y grandes, de acuerdo con las normas del estándar, se emplearon las siguientes herramientas técnicas:

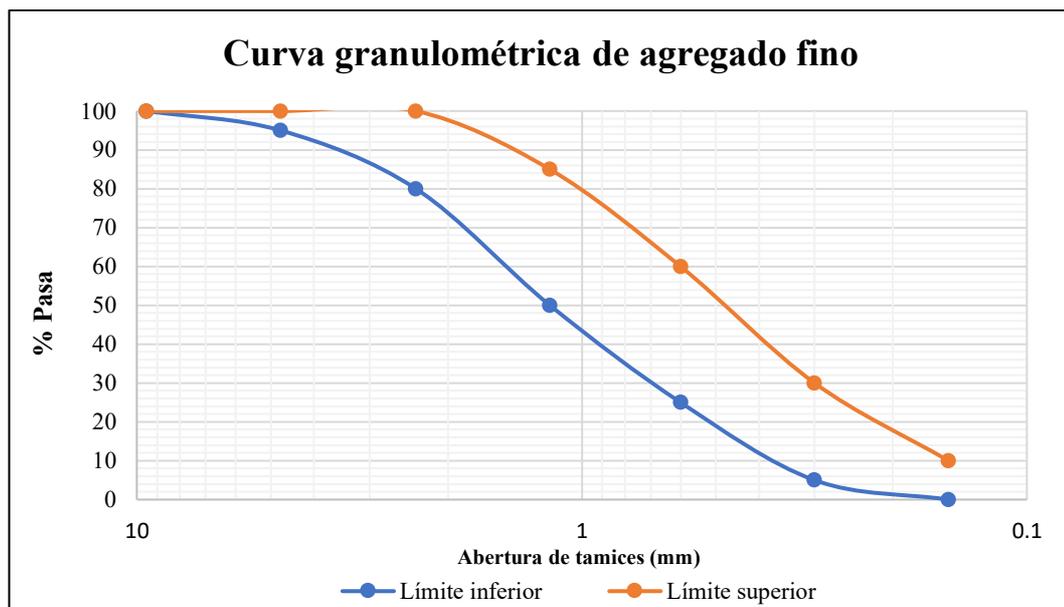
- **Balanza de precisión:** un instrumento diseñado para proporcionar una medición exacta de la masa, con una sensibilidad mínima de 0.1 g. Se utilizó para determinar el peso total de la muestra y el peso de cada fracción retenida en los tamices, tanto para los agregados finos como los gruesos.
- **Tamices normalizados:** colección de tamices de malla de metal circular, con aberturas consistentes según NTE INEN 154. Cuenta con varias cuadrículas de malla, clasificadas de más grandes a más pequeñas, para separar partículas por tamaño (Figura 4).
- **Agitador mecánico:** Aparato para ayudar al proceso de tamiz a través de la agitación persistente. Asegura una propagación uniforme de los agregados. La tarea de tamizar también se realizó a mano, particularmente cuando se necesitaba más precisión o cuando había suficiente material, lo que garantiza la fiabilidad de los hallazgos.
- **Horno de secado:** Cámara de calor que puede mantener una temperatura estable de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Su papel principal era eliminar completamente el agua de las muestras antes de probar, garantizando pesos secos precisos.
- **Recipientes metálicos (taras):** Resistentes que soportan las temperaturas y daños normales, utilizadas para reunir, manejar y sopesar las piezas separadas en cada malla.

**Tabla 5**  
*Análisis Granulométrico para áridos finos*

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa (%)
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
0,6 mm	25 a 60
0,3 mm	5 a 30
0,15 mm	0 a 10

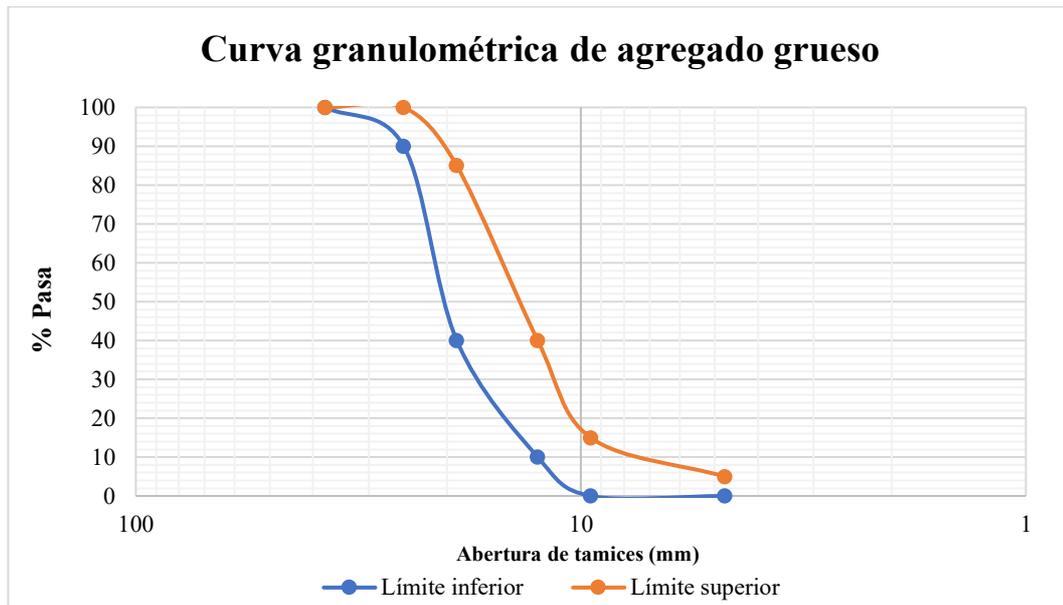
*Nota:* Tabla de análisis granulométrico de agregado fino según las aberturas de los tamices y los porcentajes referenciales que pasan. (INEN 872, 2011, p. 4)

**Figura 2**  
*Curva Granulométrica para Agregado Fino*



*Nota:* Representación de la curva granulométrica de agregado fino.

**Figura 3**  
*Curva Granulométrica para Agregado Grueso*



*Nota:* Representación de la curva granulométrica de agregado grueso.

**Figura 4**  
*Ensayo de Granulometría*



*Nota:* Realización de pruebas granulométricas en los agregados finos y gruesos.

## **b) Determinación de la densidad y absorción de agua en agregados gruesos conforme a la norma NTE INEN 857**

La norma (INEN 857, 2010) describe el procedimiento para determinar la densidad media del agregado grueso según la Tabla 6, considerando el volumen sólido de una porción significativa de sus partículas. Esto ayuda a obtener un número que muestre cómo es el grupo que se está mirando. Esta acción, incluida en la evaluación de la absorción de agua, es una parte esencial en la fabricación de mezclas de concreto y morteros.

Es vital adherirse estrictamente a las directrices técnicas definidas en el ensayo para garantizar su veracidad. Para conseguir esto, es imperativo emplear de manera apropiada los recursos y suministros que se requieren durante la etapa experimental. Es importante seguir de forma precisa los lineamientos técnicos fijados en las evaluaciones para corroborar su autenticidad. Para lograr esto, resulta necesario utilizar de manera correcta las herramientas y materiales necesarios en el proceso de experimentación, que incluye:

- Instrumento de pesaje: mide el peso de las muestras. Debe reflejar resultados precisos, con un margen de error que no sea superior al 0.05% del valor real.
- Recipiente metálico: molde con una malla de 3,35 mm, elaborado con alambres de metal. De forma circular o cúbica, con capacidad media entre 4 y 7 litros.
- Tanque de inmersión: Molde lleno de líquido, en el cual se coloca la muestra en una cesta, garantizando una medición precisa del peso sumergido y saturación óptima.
- Tamiz de 4,75 mm: utilizado para separar pequeños fragmentos que podrían encontrarse en la muestra del agregado denso. Si es necesario, se aplicarán filtros adicionales de acuerdo con los estándares técnicos.
- Horno de secado: equipo de laboratorio que mantiene una temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se utiliza para llevar las muestras a un estado seco, lo cual es fundamental para la medición precisa de absorción y densidad.

**Tabla 6**  
*Masa mínima de la muestra de ensayo*

<b>Tamaño Máximo Nominal, (mm)</b>	<b>Masa mínima de la muestra para ensayo, (kg)</b>
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

*Nota:* Esta tabla demuestra los valores de la masa mínima de la muestra de ensayo y el tamaño máximo nominal (INEN 857, 2010).

**c) Determinación de la densidad y absorción de agua en agregados finos conforme a la norma NTE INEN 856.**

La realización de este ensayo, siguiendo las directrices de la norma (INEN 856, 2010), facilita la determinación de la densidad del agregado fino tomando en cuenta solo la masa de la fracción sólida, o sea, descartando el volumen de vacíos entre las partículas, tal como se muestra en los ensayos efectuados en la Figura 5. Además, se analiza la habilidad del material para absorber agua, lo que resulta crucial para determinar con exactitud la relación entre agua y cemento en el diseño de mezclas. Este procedimiento se basa en obtener un valor promedio representativo, derivado del análisis de un volumen significativo de partículas de agregado fino.

Materiales y equipos requeridos:

- **Balanza de precisión:** Equipo con capacidad mínima de 1 kg, con exactitud de  $\pm 0,1\%$  de la carga aplicada durante el ensayo, para una medición confiable de las masas.
- **Picnómetro:** El dispositivo empleado para el método gravimétrico consiste en un matraz o recipiente calibrado para contener la muestra de agregado fino.
- **Matraz aforado:** (Aproximadamente 55 g), permite realizar mediciones precisas del volumen de agua en relación con la masa del agregado.

- Molde y compactador para ensayo de humedad superficial: Cono truncado, con un diámetro base de 40 mm y una altura similar, fabricado en metal con un espesor mínimo de 0,8 mm.

- Horno de secado: Equipo térmico con capacidad para mantener una temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , indispensable para llevar las muestras a masa seca y obtener resultados precisos en los cálculos de densidad y absorción.

Cálculo de densidades:

Cálculo de densidades del agregado fino: Densidad (SH)

Cálculo gravimétrico:

$$\text{Densidad (SH)} = \frac{A}{(B + S - C)} \text{ kg/m}^3$$

Cálculo volumétrico:

$$\text{Densidad (SH)} = \frac{\frac{A}{S}}{(R2 - R1)} \text{ kg/m}^3$$

Para el cálculo de densidades del agregado fino de manera saturada superficialmente seca. Densidades (SSS)

Cálculo gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS)} = \frac{S}{(B + S + C)} \text{ kg/m}^3$$

Cálculo volumétrico:

$$\text{Densidad (SH)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{(R2 - R1) - \left(\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right)} \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de porcentaje de absorción del agregado.

Absorción %:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} * 100$$

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno (g)

B: Masa del picnómetro lleno con agua hasta la marca.

C: Masa del picnómetro lleno con la muestra y el agua.

R1: Lo del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier.

R2: Lf del nivel del agua en el frasco.

S: Masa de la muestra saturada superficial seca.

**Figura 5**  
*Ensayos de densidades*



*Nota:* Determinación de la densidad de los agregados.

**d) Ensayo para medir la humedad total del material, de acuerdo con la norma técnica NTE INEN 862**

El proceso de determinación del contenido total de humedad en los agregados es para garantizar el diseño y la dosificación del hormigón. Según la normativa (INEN 862, 2011), este estudio permite cuantificar la humedad superficial como interna presente en los agregados mediante la Tabla 7. El método implica lo que es secar una muestra representativa en un horno de laboratorio, con el objetivo de comparar la masa antes y después del secado, para establecer el porcentaje de humedad total que contiene la muestra.

Equipos utilizados:

Para la ejecución del ensayo de determinación del contenido de humedad, se requiere el uso de los siguientes equipos:

- **Balanza de precisión:** Instrumento destinado a la medición de masas, cuya exactitud debe permitir una lectura confiable con una tolerancia no mayor al 0,15 % de la carga empleada en el ensayo, dentro del rango operativo correspondiente a este procedimiento.
- **Horno de laboratorio:** Equipo indispensable para el método, capaz de alcanzar y mantener una temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y cuyas

dimensiones deben ser adecuadas para alojar los recipientes con las muestras sin comprometer la uniformidad del secado.

- Recipientes resistentes al calor: Contenedores diseñados para soportar altas temperaturas sin deformaciones, y con capacidad suficiente según el volumen de muestra requerido (Figura 6).
- Utensilio de agitación: Espátula o herramienta similar, de tamaño apropiado, utilizada para la manipulación y homogeneización de las muestras de agregados durante el procedimiento.

**Tabla 7**

*Tamaño de la muestra de árido*

<b>Tamaño Máximo Nominal del árido (mm)</b>	<b>Masa de la muestra de áridos de densidad normal, mínimo (kg)</b>
4,75	0,5
9,5	1,5
12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

*Nota:* Muestra los tamaños máximo nominal de acuerdo con los tamices que cumplen con la norma (INEN 154, 1986, p. 2).

Cálculo para determinar el contenido de humedad:

Contenido de humedad evaporable de la muestra:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

P: Contenido total de humedad evapore de la muestra (%)

W: Masa de la muestra original.

D: Masa de la muestra seca.

**Figura 6**  
*Ensayo de humedad*



*Nota:* Determinación de la humedad de los agregados.

**e) Evaluación de la masa unitaria (densidad en estado suelto o compactado) y del porcentaje de vacíos, conforme a la norma NTE INEN 858**

El método descrito en la normativa (INEN 858, 2010) facilita el cálculo de la masa unitaria de los materiales agregados, ya sea en estado suelto o compacto, con el objetivo de identificar el volumen de los espacios vacíos que hay entre las partículas, que pueden ser gruesas, finas o una combinación de ambas. Este método establece una relación entre la masa del agregado seco y su volumen total, que incluye los huecos de aire entre las partículas. El cálculo del peso volumétrico es crucial para establecer la densidad total del material y actúa como un indicador fundamental para la dosificación precisa de las mezclas de concreto utilizadas en la construcción, garantizando su calidad y desempeño estructural.

Equipos requeridos:

Para la ejecución del ensayo de determinación de la masa unitaria y el porcentaje de vacíos, conforme a la norma NTE INEN 858, se requiere el siguiente equipamiento:

- Balanza de precisión: Instrumento utilizado para la medición de masas, con sensibilidad mínima del 0,1 % respecto a la carga de ensayo.

- Varilla de compactación: Elemento rectilíneo fabricado en acero, con un diámetro aproximado de 16 mm y una longitud de 600 mm. Posee una punta semiesférica.
- Molde cilíndrico: Recipiente circular, rígido e impermeable, diseñado para soportar la manipulación sin deformaciones. Su altura debe ser igual a su diámetro, según lo estipulado en la Tabla 8, y debe cumplir con las especificaciones dimensionales indicadas por la norma INEN (Tabla 9).
- Cucharón: Herramienta utilizada para introducir el agregado dentro del molde.
- Instrumentos de calibración: Equipos adicionales requeridos para comprobar la exactitud de los instrumentos principales.
- Placa de vidrio: Elemento plano alrededor de 6 mm de espesor, cuyo diámetro debe sobrepasar en al menos 25 mm el del molde.
- Termómetro: Equipo para medir la temperatura mientras se realiza el ensayo, con un alcance operativo aproximado entre 10 °C y 32 °C.

**Tabla 8**  
*Capacidad de los moldes para ensayo de áridos*

<b>Tamaño Máximo Nominal del árido (mm)</b>	<b>Capacidad nominal del molde, (m3)</b>
12,5	0,0028
25,0	0,0093
37,5	0,014
75,0	0,028
100	0,070
125,0	0,100

*Nota:* Capacidad de los moldes para el ensayo de la áridos conforme lo establece la norma. (INEN 858, 2010)

**Tabla 9**  
*Requisitos para los moldes*

Capacidad del molde	Espesor mínimo del metal		
	Fondo	38mm superiores de la pared	Resto de la pared
Menor que 11 (Litros)	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
De 11 litros a 42 litros incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 litros a 80 litros incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 litros a 133 litros incluido	13,00 mm	7,4 mm	5,0 mm

*Nota:* Requisitos para los moldes donde se va a realizar los ensayos para determinar la masa unitaria. (INEN 856, 2010)

**Tabla 10**  
*Densidad del agua*

Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m3)
15,0	999,19
17,0	998,86
19,0	998,49
21,0	998,08
23,0	997,62
25,0	997,13
27,0	996,59
29,0	996,02
31,0	995,41

*Nota:* Densidad del agua según su temperatura. (INEN 858, 2010)

Cálculos:

Masa Unitaria mediante el proceso de varillado, sacudidas o paladas.

$$M = \frac{(G - T)}{V} \quad \text{ó} \quad M = (G - T) * F$$

Donde:

M: Masa Unitaria del agregado.

G: Masa del agregado más el molde.

T: Masa del molde.

V: Volumen del molde m<sup>3</sup>.

F: Factor del molde.

Masa Unitaria en condición saturada superficialmente seca (SSS)

$$M = M(1 + \left(\frac{A}{100}\right))$$

Donde:

Mss: Masa unitaria en condición SSS.

A: % de absorción, determinado de acuerdo con la norma.

Contenido de vacíos

$$Vacío, \% = \frac{((S + M) - Da) * 100}{(S * Da)}$$

Donde:

M: Masa unitaria del agregado.

S: Gravedad específica en condición seca.

Da: Densidad del agua.

Volumen del molde

$$V = \frac{(W - M)}{D}$$

$$F = \frac{D}{(W - M)}$$

Donde:

V: Volumen del molde metálico.

W: Masa del agua, placa de vidrio y molde.

M: Masa de la placa de vidrio y molde.

D: Densidad del agua para la temperatura de medición.

F: Factor del molde.

**Figura 7**  
*Ensayos de pesos volumétricos*



*Nota:* Determinación de pesos volumétricos de los agregados grueso y fino.

La Figura 7 indica cómo se llevó a cabo el ensayo para decretar el peso volumétrico del agregado grueso, tanto en estado suelto como varillado. Esta prueba forma parte del proceso para conocer la densidad del material empleado.

### **3.9.3. Propiedades mecánicas del hormigón en su fase endurecida.**

#### **a) Evaluación de la resistencia a la flexión del hormigón conforme a la norma técnica INEN 2554**

La evaluación de la capacidad de flexión en varios tipos de concreto, moldeados en forma de viguetas, permite identificar variables esenciales como el módulo de ruptura. Este método, establecido por la normativa (INEN 2554, 2011, p. 2), proporciona información crucial para validar el cumplimiento de los criterios técnicos y de las normativas estipuladas para el diseño de estructuras de concreto. La metodología empleada asegura que el comportamiento del material frente a las condiciones de carga por flexión cumpla con los estándares de calidad y resistencia necesarios en el proyecto.

Equipos requeridos:

- Máquina de ensayo: Dotación elemental empleada para la aplicación de cargas, que debe tener la capacidad necesaria para aguantar los esfuerzos que implica el ensayo, cumpliendo con los requisitos técnicos dispuestos por la normativa concerniente (Figura 8).
- Dispositivos de aplicación de carga: El proceso de flexión en vigas de concreto se lleva a cabo suministrando carga en los tercios de la luz libre del espécimen. En este sentido, se utilizan bloques o componentes de carga diseñados específicamente para asegurar una correcta repartición del esfuerzo y la protección durante la realización del ensayo.

### Figura 8

#### *Roturas a flexión de vigas*



*Nota:* Roturas de vigas, ensayo a flexión.

### 3.9.4. Características físicas y químicas del cemento

La selección del cemento GU de uso general, de la marca Holcim Fuerte, se basó en sus características aglomerantes (Tabla 11), esenciales en la formación del concreto. Este tipo de cemento aporta notablemente a incrementar la capacidad de trabajo de las mezclas, además de brindar una resistencia mecánica apropiada tras su endurecimiento. Su comportamiento cuando está fresco y endurecido lo hace un material esencial para asegurar la calidad del mortero. Es importante resaltar que este cemento satisface las exigencias dictadas en la Norma Técnica Ecuatoriana

(INEN 2380, 2011), que establece las especificaciones técnicas que los cementos hidráulicos deben satisfacer para garantizar su adecuado rendimiento en usos estructurales.

**Tabla 11**  
*Requisitos físicos normalizados del cemento*

	<b>Norma de ensayo aplicable</b>	<b>GU</b>
Finura	INEN 196	A
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	INEN 200	0,80
Tiempo de Fraguado, método de Vicat		
Inicial, no menos de, minutos	INEN 158	45
Inicial, no más de, minutos		420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	INEN 195	C
Resistencia a la compresión, MPa, mínimo		
1 día		-
3 días	INEN 488	-
7 días		1
28 días		3
		20
		28
Calor de hidratación		
7 días KJ/Kg (Kcal/Kg), Máximo	INEN 199	--
28 días KJ/Kg (Kcal/Kg), Máximo		--
Expansión en barra de mortero		
14 días, % máximo	INEN 2529	0,020
Expansión por sulfatos (resistencia a sulfatos)		
6 meses, % máximo	INEN 2503	--
1 año, % máximo		--

*Nota:* Se presenta esta tabla donde se detallan requisitos físicos normalizados para el tipo de cemento de tipo GU. (INEN 2380, 2011)

### **3.9.5. Fibra de poliamida tipo nylon**

De acuerdo con Barboza Chunga y Burga Rafael (2023), la fibra de nylon es un material artificial con características físicas que facilitan una mejora notable en el rendimiento del hormigón. Se distingue por su gran resistencia, excelente resistencia al desgaste, flexibilidad y estabilidad en términos de medidas. Estas fibras funcionan como un refuerzo tridimensional en la matriz del concreto,

disminuyendo la fisuración provocada por la retracción plástica, incrementando la resistencia a la tracción y mejorando la ductilidad del material. Su adicción, en cantidades reguladas, posibilita incrementar la durabilidad sin afectar la capacidad de trabajo de la mezcla.

**Tabla 12**  
*Datos técnicos de Adifiber N*

Características	Unidad	Valores orientativos
% Contracción	%	< 10
Gravedad específica		1.15
Punto de fusión	°F	> 490
Tenacidad	gpd	> 3.0
Contracción	%	< 10
Módulo de elasticidad	kg/cm <sup>2</sup>	15000
Resistencia química a álcalis	Excelente	
Longitud	pulg	0,25
Presentación	kg	0,6
Incorporación	kg/m <sup>3</sup>	0,6

*Nota:* Los datos representan valores típicos según especificaciones de Adifiber N.

**Figura 9**  
*Adifiber N fibra de nylon*



*Nota:* Muestra Fibra de nylon antes de ser incorporado a las mezclas.

La Tabla 12 muestra las características técnicas más relevantes del producto Adifiber N, en tanto que la Figura 9 muestra su estructura física y presentación en el sector comercial.

### 3.10. DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN

#### 3.10.1. Revenimiento

La estimación del revenimiento se define en función del elemento estructural y de las restricciones presentes en los proyectos de construcción, dado que este coeficiente es directamente proporcional a la trabajabilidad y consistencia del concreto (Tabla 13). Este caso utiliza valores de revenimientos entre 2,5 y 10 cm, un rango adecuado en la elaboración de columnas y vigas, en concordancia con lo estipulado por el reglamento técnico y en función de lo recomendado para este tipo de estructuras.

El evaluó se empleó siguiendo las normas preestablecidas, en afinidad con los objetivos del estudio. Se designó un rango de consistencia de 7,5 a 10 cm, lo que aseguró que la mezcla sea manipulable y alcance la resistencia de 21 MPa. Esta brecha en el asentamiento es importante para preservar la consistencia del concreto modificado.

**Tabla 13**

*Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción*

Tipo de construcción	Revenimiento cm	
	Máximo	Mínimo
Muros de subestructura sencillos, zapatas, muros y cajones de cimentación	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

*Nota:* Revenimientos establecidos por la (ACI 211, 1998).

#### 3.10.2. Evaluación de la proporción de agua en la mezcla de hormigón

La determinación del volumen de agua necesario para la producción del concreto se fundamentó en los parámetros dictados por la norma ACI 211, que es un referente técnico esencial en el diseño de mezclas. Esta regulación dicta que el volumen de agua debe calcularse en base al tamaño máximo nominal del agregado grueso y al revenimiento que se quiere lograr para la mezcla (Tabla 14). En esta investigación, utilizando un agregado de tamaño de 1" (25 mm) y teniendo en

cuenta un rango de asentamiento de 7,5 cm a 10 cm, se estableció un contenido ideal de agua de 193 kg/m<sup>3</sup> para una mezcla que no incluya deliberadamente aire. Adicionalmente, el reglamento propone tener en cuenta un porcentaje estimado de aire atrapado del 1,5 %, que se incluyó en los cálculos de dosificación para garantizar una precisión superior en la relación entre el agua y el material cementante y, por ende, en el rendimiento mecánico del concreto.

**Tabla 14**

*Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado*

		<b>Agua, Kg/m<sup>3</sup> concreto para TMG, (mm)</b>							
Revenimiento, cm		9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
		Concreto sin aire incluido							
De 2.5 a 5.0		207	199	190	179	166	154	130	113
De 7.5 a 10		228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17.5		243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad	aprox. aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
		Concreto con aire incluido							
De 2.5 a 5.0		181	175	168	160	150	142	122	107
De 7.5 a 10		202	193	184	175	165	157	133	119
De 15 a 17.5		216	205	197	174	174	166	154	---
		Promedio recomendado de aire por incluir por exposición							
Exposición ligera		4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada		6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa		7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

*Nota:* Requisitos de agua de mezclado según lo establece (ACI 211, 1998)

### **3.10.3. Evaluación de la Relación Agua–Cemento (a/c)**

En el sector de la edificación, pocos elementos son tan importantes como la mezcla de agua y cemento. Esta relación no solo afecta la firmeza del hormigón una vez que se ha curado, sino que también repercute en su resistencia frente a las condiciones climáticas y su facilidad de manipulación cuando está en estado fresco. En esta investigación, nos basamos en las recomendaciones del ACI 211, que establece las proporciones óptimas de acuerdo con el grado de resistencia que se busca alcanzar. Partiendo de una resistencia específica, aplicamos una interpolación lineal utilizando los datos de la Tabla 15, lo que nos permitió definir la conexión

técnica correcta entre agua y cemento, asegurando así una eficacia estructural con el paso del tiempo.

**Tabla 15**  
*Relación Agua/cemento*

A/C	Kg/cm <sup>2</sup>
0.70	140
0.65	190
0.60	210
0.55	250
0.50	290
0.45	310
0.40	350
0.35	390
0.30	410

*Nota:* Relación agua/cemento para un diseño de hormigón. (ACI 211, 1998)

Basándose en las resistencias establecidas en este análisis, se determinó la proporción de agua y cemento conveniente para la mezcla de concreto, empleando los datos indicados en la tabla 16, con el fin de asegurar que se cumplan los requisitos mecánicos y de trabajabilidad.

**Tabla 16**  
*Relación agua/cemento para el diseño*

Relación A/C
$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
0,49

*Nota:* Relación agua/cemento para el diseño del hormigón.

#### 3.10.4. Evaluación de la Resistencia Mecánica del Hormigón

El valor promedio de la resistencia del hormigón ( $f'_{cr}$ ) es fundamental para desarrollar mezclas óptimas, ya que ofrece una mayor protección en comparación con la resistencia convencional ( $f'c$ ), especialmente si se consideran las variaciones que pueden aparecer durante el proceso constructivo. En este estudio, debido a la falta de datos sobre la desviación estándar, se siguieron las recomendaciones de la norma ACI 211, que indica valores complementarios a la resistencia necesaria. En este sentido, se consultó la información de la Tabla 17, la cual es útil en ausencia de datos estadísticos válidos. Para elaborar hormigón con una resistencia deseada

de 21 MPa, se utilizó la fórmula  $f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kgf/cm}^2$ , garantizando que la mezcla satisfaga los requerimientos de calidad y desempeño estructural.

**Tabla 17**

*Desviación estándar en caso de que no existan datos*

<b>F'c</b>	<b>Unidad</b>	<b>f'cr</b>
<210	Kgf/cm <sup>2</sup>	f'c + 70
210>f'c>350	Kgf/cm <sup>2</sup>	f'c + 85

*Nota:* Desviación estándar en caso de que no existan datos.

### 3.10.5. Cálculo de la Dosificación del Cemento Portland

La cantidad de cemento Portland en la mezcla fue establecida al considerar la relación entre agua y cemento de acuerdo con la fórmula presentada en la tabla 18, junto con el volumen de agua previamente estimado, ya que estos elementos son esenciales para obtener una mezcla adecuada. En este trabajo, se optó por el cemento Holcim Fuerte GU, disponible en sacos de 50 kg, lo que simplifica la conversión de la cantidad total de cemento requerida en términos prácticos para la creación de las muestras de concreto, las cuales se describen en la Tabla 19. Este método asegura que la mezcla sea precisa, ajustándose a las normativas técnicas y al comportamiento esperado del material tanto en el laboratorio como en el sitio de trabajo.

**Tabla 18**

*Ecuación para determinar cantidad de cemento*

$C = \frac{A}{A/C}$	
C:	Cantidad de cemento por cada metro cubico de hormigón
A:	Cantidad de agua seleccionada
A/C:	Relación Agua/Cemento

*Nota:* Ecuación de la cantidad de cemento a utilizar por metro cubico en una mezcla de hormigón.

**Tabla 19**

*Cantidad de cemento para el diseño*

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
$393,88 \text{ kg/m}^3$

*Nota:* Dosificación de cemento por metro cúbico de mezcla, determinada según la resistencia especificada para este estudio.

### **3.10.6. Cálculo de la dosificación de agregados finos y gruesos**

Es crucial determinar la cantidad de los áridos finos y gruesos al crear mezclas de concreto, puesto que impactan de manera directa en el manejo, la unión y la durabilidad final del producto. Para lograr este fin, se definen las proporciones volumétricas y los pesos en función de la densidad y el tamaño de los granos, garantizando una adecuada compactación y reduciendo los espacios vacíos. En esta investigación, se aplicó una formulación de acuerdo con las normativas vigentes, considerando las características de los áridos.

La proporción de áridos finos y gruesos en la producción de mezclas de concreto se establece de acuerdo con la resistencia requerida y a las proporciones de fibras de poliamida tipo nylon que se añaden. Ajustar las cantidades de estos componentes es fundamental para garantizar tanto las propiedades mecánicas como la durabilidad del hormigón, considerando las condiciones particulares del estudio.

La manera en que se mezclan los agregados finos y gruesos para hacer concreto está determinada por la resistencia necesaria y la proporción de fibras de nylon tipo poliamida que se añaden. Esta alteración en la mezcla de los componentes es crucial para garantizar que el concreto posea las características mecánicas adecuadas y una durabilidad apropiada, adaptándose a las particularidades del proyecto.

### **3.10.7. Cálculo del volumen de agregado grueso**

La medición exacta del volumen del agregado grueso es fundamental para la elaboración de mezclas de concreto, dado que afecta de manera directa las características físicas y mecánicas del material obtenido. Para alcanzar este objetivo, se aplicaron las regulaciones y directrices definidas en la norma ACI 211, ajustándolas a las características granulométricas del agregado estudiado en esta investigación. El estudio granulométrico mostró un tamaño nominal máximo de 25 mm y un módulo de finura de 0,69, datos que pueden ser revisados en la Tabla 20 correspondiente al agregado grueso.

**Tabla 20***Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto*

<b>Tamaño máximo del agregado grueso</b>	<b>Módulo de finura del agregado</b>			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5mm	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5mm	0.59	0.57	0.55	0.53
19 mm	0.66	0.64	0.62	0.6
25 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 mm	0.75	0.73	0.71	0.69
50 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
75 mm	0.82	0.8	0.78	0.76
150 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

*Nota:* Diseño de mezclas de concreto según norma. (ACI 211, 1998)

Para determinar la cantidad de agregado grueso necesaria en el diseño de la mezcla, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de agregado grueso} = MFA \times PVV$$

Donde:

MFA: módulo de finura del agregado

PVV: peso volumétrico varillado de la grava

### **3.10.8. Cálculo del volumen de agregado fino**

Para garantizar una medición exacta y conforme a los fundamentos del diseño de mezclas, se aplica un procedimiento de cálculo que se basa en volúmenes absolutos, siguiendo lo que señala la norma ACI 211. Este enfoque nos permite determinar la proporción adecuada de cada elemento del concreto, utilizando como guía los valores fijados para los agregados finos, de acuerdo con las condiciones particulares del diseño que se especifican en la Tabla 21 y la fluidez requerida.

**Tabla 21**  
*Volumen de agregado fino*

<b>Materiales</b>	<b>W(kg)</b>	<b>D(kg/cm3)</b>	<b>V(m3)</b>
Agua	216,00	1000	0,22
Cemento	473,68	2950	0,16
Grava	875,12	2098,64	0,42
Aire			0,02
Suma de valores			1,00

*Nota:* Tabla de volúmenes establecidos por la (ACI 211, 1998)

### **3.10.9. Cálculo de la dosificación de fibras de poliamida tipo nylon**

Con base en las especificaciones técnicas del aditivo (Aditec Ecuatoriana Cía. Ltda., 2022), el cual establece una dosificación recomendada del fabricante de 0,6 kg/m<sup>3</sup> (600 g/m<sup>3</sup>) para mejorar la trabajabilidad, resistencia y control de fisuración en mezclas de hormigón, se determinó la cantidad correspondiente de fibra de poliamida tipo nylon a ser incorporada y utilizada en esta investigación (Tabla 22). El cálculo se realizó considerando el volumen de una viga patrón de laboratorio de dimensiones 15 × 15 × 50 cm, utilizada en los ensayos mecánicos. En función de ello, se definieron tres proporciones experimentales de fibra: 0,022 %, 0,05 % y 0,1 %, seleccionadas estratégicamente para analizar su influencia sobre el comportamiento estructural del hormigón endurecido.

**Tabla 22**  
*Datos técnicos de Adifiber N*

<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores orientativos</b>
Longitud	pulg	0,25
Presentación	kg	0,6
Incorporación	kg/m <sup>3</sup>	0,6

*Nota:* Los datos representan valores típicos según especificaciones de la fibra de Adifiber N (Aditec Ecuatoriana Cía. Ltda., 2022).

### **3.11. DOSIFICACIÓN PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN**

La fabricación de las probetas de hormigón se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal

Península de Santa Elena. Se elaboraron unidades de ensayo con dimensiones aproximadas de  $15 \times 15 \times 50$  cm, siguiendo los lineamientos establecidos por la normativa técnica correspondiente. Estas muestras fueron elaboradas a partir de un diseño de mezcla con resistencia característica de 21 MPa, aplicando la metodología del ACI 211. En el desarrollo experimental se incorporaron fibras de poliamida tipo nylon en tres proporciones distintas: 0,022 %, 0,05 % y 0,1 %, con el propósito de evaluar su influencia en el comportamiento mecánico del hormigón.

En la Tabla 23 se establece la dosificación correspondiente a un metro cúbico de mezcla de hormigón con una resistencia característica de 21 MPa, sin la incorporación de fibras de poliamida tipo nylon. Esta mezcla será considerada como mezcla patrón, permitiendo comparar su comportamiento con las distintas dosificaciones que incluyen adición de fibras. La validez de esta muestra de control estará sujeta al cumplimiento de los parámetros de resistencia exigidos en los distintos intervalos de rotura establecidos por la normativa.

### 3.11.1. Dosificación para hormigón patrón de 21 MPa

**Tabla 23**

*Mezcla patrón de 21 MPa para 1m<sup>3</sup> de hormigón*

	<b>W(kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Agua	155,21	1000	0,16
Cemento	393,88	2950	0,13
Grava	1065,19	2891,62	0,37
Arena	789,82	2590,67	0,31
Aire			0,02
<b>Total</b>	<b>2404,10</b>		<b>1,0</b>

*Nota:* Diseño patrón de 21 MPa.

### 3.11.2. Diseño de mezcla de hormigón con porcentaje de 0,022% 0,05% y 0,1% de fibra de nylon en resistencia de 21 MPa

#### **a) Dosificación para diseño de 21 MPa con 0,022% de fibra de nylon.**

La Tabla 24 detalla los valores por metro cúbico a utilizarse para la fundición de una mezcla de hormigón de 21 MPa con la incorporación de 0,022% de fibra de nylon.

**Tabla 24**

*Dosificación para 21 MPa con 0,022% de fibra de nylon para un 1m<sup>3</sup> de hormigón.*

	W(kg)	W(kg) corregido	Volumen (m <sup>3</sup> )	Porcentaje %
Agua	155,21	155,20	0,16	16
Cemento	393,88	393,87	0,13	13
Grava	1065,19	1065,18	0,37	37
Arena	789,82	789,81	0,31	31
Aire			0,02	2
Fibra de nylon		0,6	0,00022	0,022
Total	2404,10	2402,30	1,0	100

*Nota:* Diseño de hormigón de 21 MPa con 0,022% de Fibra de nylon.

**b) Dosificación para diseño de 21 MPa con 0,05% de fibra de nylon.** La

Tabla 25 detalla los valores por metro cúbico a utilizarse para la fundición de una mezcla de hormigón de 21 MPa con la incorporación de 0,05% de fibra de nylon.

**Tabla 25**

*Dosificación para 21 MPa con 0,05% de fibra de nylon para un 1m<sup>3</sup> de hormigón*

	W(kg)	W(kg) corregido	Volumen (m <sup>3</sup> )	Porcentaje %
Agua	155,21	155,20	0,16	16
Cemento	393,88	393,87	0,13	13
Grava	1065,19	1065,18	0,37	37
Arena	789,82	789,81	0,31	31
Aire			0,02	2
Fibra de nylon		1,387	0,0005	0,05
Total	2404,10	2399,94	1,0	100

*Nota:* Diseño de hormigón de 21 MPa con 0,05% de Fibra de nylon.

**c) Dosificación para diseño de 21 MPa con 0,1% de fibra de nylon.** La

Tabla 26 detalla los valores por metro cúbico a utilizarse para la fundición de una mezcla de hormigón de 21 MPa con la incorporación de 0,1% de fibra de nylon.

**Tabla 26**

*Dosificación para 21 MPa con 0,1% de fibra de nylon para un 1m<sup>3</sup> de hormigón.*

	W(kg)	W(kg) corregido	Volumen (m <sup>3</sup> )	Porcentaje %
Agua	155,21	155,18	0,16	16
Cemento	393,88	393,85	0,13	13
Grava	1065,19	1065,16	0,37	37
Arena	789,82	789,79	0,31	31
Aire			0,02	2
Fibra de nylon		2,755	0,001	0,10
Total	2404,10	2395,84	1,0	100

Nota: Diseño de hormigón de 21 MPa con 0,1% de Fibra de nylon.

El hormigón representa un material indispensable en la ingeniería civil por su resistencia y durabilidad. Un control adecuado de este proceso garantiza la calidad estructural del elemento y su desempeño en condiciones reales de servicio al tener un aditivo como refuerzo (Figura 10).

**Figura 10**

*Incorporación de fibra de nylon al diseño de mezcla*



Nota: Mezcla de los materiales pétreos y la incorporación de fibras de nylon.

### 3.11.3. Proceso de llenado, compactado y curado

Una vez definidas las proporciones de diseño para cada una de las dosificaciones contempladas en el presente estudio, se procedió a la ejecución del proceso constructivo de las muestras, el cual incluyó el vaciado, compactación y curado del hormigón en moldes con geometría prismática. El llenado se efectuó en tres capas sucesivas, aplicando compactación interna mediante 25 golpes con varilla de acero por capa, complementando con 10 golpes externos utilizando un mazo para asegurar la eliminación de vacíos y garantizar una adecuada consolidación del material (Tabla 28). Las probetas permanecieron en reposo por un período de 24 horas, transcurrido el cual se procedió al desencofrado, dando inicio al proceso de curado. Este se llevó a cabo durante intervalos de 7, 14 y 28 días, conforme a los requisitos establecidos por la normativa técnica vigente, permitiendo así evaluar el comportamiento mecánico del hormigón a distintas edades (Figura 11).

**Tabla 27**

*Requisitos para el diámetro de la varilla de compactación*

<b>Diámetro del cilindro o ancho de la viga (mm)</b>	<b>Diámetro de la varilla (mm)</b>
< 150	10±2
≥ 150	16±2

*Nota:* Requisitos del diámetro de la varilla de compactación. (INEN 1576, 2011).

**Tabla 28**

*Requisitos para determinar el método de compactación*

<b>Asentamiento (mm)</b>	<b>Método de compactación (mm)</b>
≥25	Varillado o vibración
<25	vibración

*Nota:* Requisitos para la determinación de la compactación. (INEN 1576, 2011)

**Figura 11**

*Proceso de elaboración de probetas de hormigón y curado*



*Nota:* Elaboración de las vigas de hormigón y curado en la piscina.

## **CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Al terminar con los ensayos del hormigón de 21 MPa, al que se incorporaron diferentes porcentajes de fibra de nylon, siendo de 0,022%, 0,05% y 0,1%, se obtuvieron resultados que involucran la hipótesis planteada. Esto permite tener un enfoque en los objetivos de esta investigación, ya que su comportamiento con base en el refuerzo que se le incorpora tiene mejoras en su rendimiento para la parte estructural.

### **4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS A FLEXIÓN - DISEÑO 21 MPa**

A la hora de analizar la resistencia del hormigón, es importante saber que al evaluar cuando está sometido a flexión en elementos como vigas o losas, hay que entender su comportamiento frente a estos esfuerzos. De modo que, en este análisis se utilizaron vigas de 15 x 15 de base y de altura, siendo así que su longitud es tres veces su altura, dicha por la norma de la NTE INEN 2554. La prueba en el laboratorio consistió en aplicar la carga al tercio medio de la luz libre, es decir, a 15 cm de cada apoyo de la probeta, lo que generó su rotura, siendo esta expresado en MPa, y esto oscila entre el 10% y el 20% de la resistencia a compresión.

#### **4.1.1. Diseño 21 MPa**

En la tabla 29 se presentan de manera resumida los resultados de los ensayos a flexión que se realizaron tanto en mezclas con incorporación de fibra de nylon como en la mezcla patrón. Esto ayuda a entender cómo se comporta el hormigón bajo los esfuerzos mecánicos. Además, la fuerza máxima que se registra soporta la viga antes de llegar a su punto de falla, junto a promedios de resistencia que se establecen por la norma NTE INEN 2554.

**Tabla 29**

Registro de los ensayos de flexión realizados en vigas de concreto con característica de 21 MPa, utilizando diversas dosificaciones de fibra de nylon.

Fecha	Dosificación	Edad (Días)	N°	Dimensiones			Distancia entre apoyos (cm)
				Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	
23/04/2025	21 MPa - Patrón	7	1	15.15	15.23	52	45
		14	2	15.21	15.17	51	45
		28	3	15.15	15.10	52	45
		28	4	15.19	15.15	51	45
24/04/2025	21 MPa - 0,022% Fibra de nylon	7	1	15.19	15.23	51	45
		14	2	15.13	15.21	52	45
		28	3	15.11	15.07	51	45
		28	4	15.19	15.15	52	45
28/04/2025	21 MPa - 0,05% Fibra de nylon	7	1	15.19	15.23	52	45
		14	2	15.17	15.23	51	45
		28	3	15.20	15.21	52	45
		28	4	15.23	15.19	51	45
29/04/2025	21 MPa - 0,1% Fibra de nylon	7	1	15.23	15.21	51	45
		14	2	15.13	15.21	52	45
		28	3	15.11	15.07	51	45
		28	4	15.19	15.15	52	45

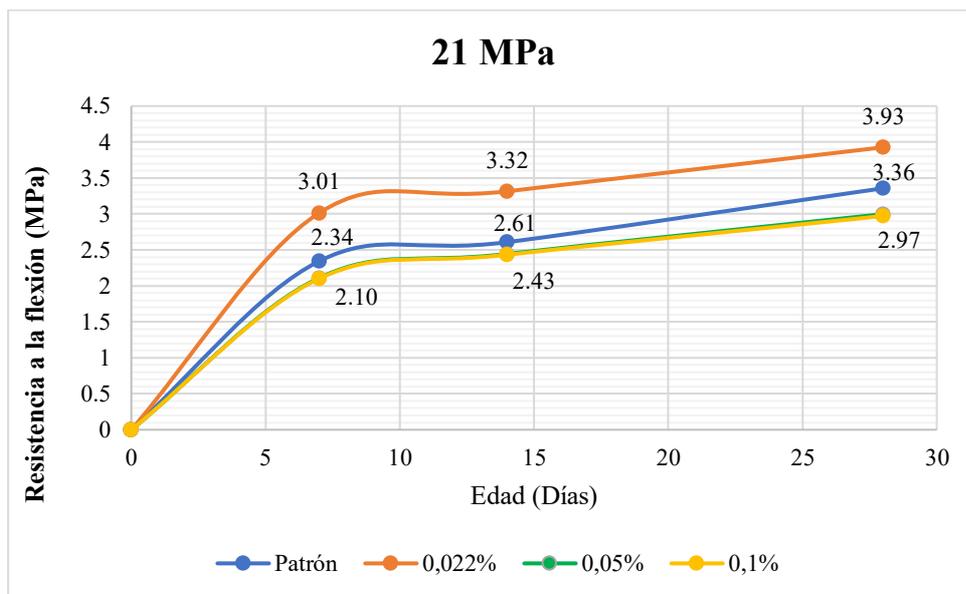
Fecha	Dosificación	Edad (Días)	Carga	Carga	Módulo de Ruptura (MPa)	Promedio	Sección de falla
			P (KN)	P (Kg)			
23/04/2025	21 MPa - Patrón	7	17.95	1830.39	2.344	2.344	
		14	19.89	2028.22	2.608	2.608	Tercio Medio
		28	24.93	2542.15	3.312	3.357	
		28	25.85	2635.97	3.402		
24/04/2025	21 MPa - 0,22% Fibra de nylon	7	23.14	2359.62	3.014	3.014	
		14	25.29	2578.86	3.315	3.315	Tercio Medio
		28	29.33	2990.83	3.922	3.927	
		28	29.87	3045.89	3.931		
28/04/2025	21 MPa - 0,05% Fibra de nylon	7	16.21	1652.96	2.111	2.111	
		14	18.74	1910.95	2.444	2.444	Tercio Medio
		28	23.39	2385.12	3.052	2.997	
		28	22.53	2297.42	2.942		
29/04/2025	21 MPa - 0,1% Fibra de nylon	7	16.14	1645.82	2.102	2.102	
		14	18.56	1892.59	2.433	2.433	Tercio Medio
		28	22.83	2328.01	3.053	2.972	
		28	21.96	2239.30	2.890		

Fecha	Dosificación	Edad (Días)	Módulo de Ruptura (MPa)	Resistencia	Especificación
23/04/2025	21 MPa - Patrón	7	2.344	77%	70%
		14	2.608	85%	90%
		28	3.357	110%	100%
		28	3.357	110%	100%
24/04/2025	21 MPa - 0,022% Fibra de nylon	7	3.014	98%	70%
		14	3.315	108%	90%
		28	3.927	128%	100%
		28	3.927	128%	100%
28/04/2025	21 MPa - 0,05% Fibra de nylon	7	2.111	69%	70%
		14	2.444	80%	90%
		28	2.997	98%	100%
		28	2.997	98%	100%
29/04/2025	21 MPa - 0,1% Fibra de nylon	7	2.102	69%	70%
		14	2.433	80%	90%
		28	2.972	97%	100%
		28	2.972	97%	100%

*Nota:* Resultados de los ensayos de flexión en vigas de 21 MPa, correspondientes al diseño convencional y a las mezclas con adición de fibra de nylon. Se incluyen los porcentajes de fibra utilizados y el nivel de carga en el que se produjo la rotura.

**Figura 12**

*Comportamiento de la resistencia a la flexión en función de la curvatura para un diseño de hormigón de 21 MPa.*



*Nota:* La gráfica que ilustra el comportamiento mecánico del hormigón con resistencia de diseño MR = 21 MPa, comparando la mezcla patrón con las variantes

que incorporan distintos porcentajes de fibra de nylon, según los intervalos de edad de rotura establecidos.

#### **4.1.2. Análisis del comportamiento a flexión del diseño MR = 21 MPa por porcentaje de Fibra de nylon**

De acuerdo con los resultados que se muestran en la Figura 12, la mezcla patrón con una resistencia de MR = 21 MPa alcanzó un módulo de rotura de 3.36 MPa como se aprecia en la línea azul del gráfico. Sin embargo, al incorporar un porcentaje de 0,022% de fibra de nylon a la mezcla, no solo superó ese rendimiento, sino que también mostró una resistencia mayor a los 7 y 28 días de curado, ya que alcanzó los 3.93 MPa siendo el máximo. Esto indica que, si se le incorpora fibra de nylon, refuerza significativamente la capacidad del hormigón frente a esfuerzo a flexión.

### **4.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Al analizar los costos que se manejan por unidad en este estudio, se visualizan las diferencias entre las mezclas analizadas. Por otro lado, la mezcla patrón tiene un comportamiento estable en términos económicos, siendo así que las mezclas que fueron reforzadas con fibra presentaron variaciones tanto en los costos como en su resistencia. Esto influye tanto en las dosificaciones empleadas como en la calidad de los materiales, lo que afecta en la aplicación de un diseño convencional de 21 MPa como base, en comparación a lo que se le incorporó. Esto se refleja en los valores en función de las materias primas empleadas.

## 4.2.1. Análisis de precios unitarios del hormigón patrón de 21

MPa

**Figura 13**

*Precios unitarios del hormigón patrón*

TEMA	"Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon"			RUBRO No.	1
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - <math>f_c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> PATRON</b>					
DETALLE:	HORMIGON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$			UNIDAD:	M3
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.8776
Concreteira de 1 Saco	1.000	5.0000	5.0000	0.5333	2.667
Vibrador de Manguera	1.000	4.0000	4.0000	0.5333	2.133
SUBTOTAL M =					5.6776
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	6.000	4.0500	24.3000	0.5333	12.9600
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	0.5333	4.3733
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.1000	4.1000	0.0533	0.2187
SUBTOTAL N =					17.5520
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Cemento tipo I(50 Kg)	kg	394.000	0.1600	63.0400	
Piedra 3/4"	m3	0.370	22.0000	8.1400	
Arena	m3	0.310	20.0000	6.2000	
Agua	m3	0.160	1.5000	0.2400	
SUBTOTAL O =					77.6200
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					100.8496
INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... 25.00%					25.2124
OTROS INDIRECTOS ..... %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					126.0620
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 126.06</b>

Nota: Análisis del precio unitario del hormigón patrón.

## 4.2.2. Análisis de precios unitarios del hormigón de 21 MPa con 0,022% de fibra de nylon

**Figura 14**

*Precios unitarios del hormigón con fibra de nylon 0,022%*

TEMA	“Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon”	RUBRO No.	2		
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - f'c = 210 kg/cm2 con Fibra de nylon 0.022%</b>					
DETALLE:	HORMIGON f'c = 210 kg/cm2	UNIDAD:	M3		
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.8776
Concretera de 1 Saco	1.000	5.0000	5.0000	0.5333	2.667
Vibrador de Manguera	1.000	4.0000	4.0000	0.5333	2.133
SUBTOTAL M =					5.6776
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	6.000	4.0500	24.3000	0.5333	12.9600
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	0.5333	4.3733
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.1000	4.1000	0.0533	0.2187
SUBTOTAL N =					17.5520
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Cemento tipo I(50 Kg)	kg	394.000	0.1600	63.0400	
Piedra 3/4"	m3	0.370	22.0000	8.1400	
Arena	m3	0.310	20.0000	6.2000	
Agua	m3	0.160	1.5000	0.2400	
Fibra de nylon (poliamida)	gr	600.000	0.0170	10.2000	
SUBTOTAL O =				87.8200	
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					111.0496
INDIRECTOS Y UTILIDAD .... 25.00%					27.7624
OTROS INDIRECTOS ..... %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					138.8120
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 138.81</b>

Nota: Análisis del precio unitario del hormigón con fibra de nylon con incorporación de 0,022%.

### 4.2.3. Análisis de precios unitarios del hormigón de 21 MPa con 0,05% de fibra de nylon

**Figura 15**

*Precios unitarios del hormigón con fibra de nylon 0,05%*

TEMA	"Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon"			RUBRO No.	3
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - f'c = 210 kg/cm2 con Fibra de Nylon 0.05%</b>					
DETALLE:				UNIDAD:	M3
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C*R</b>
Herramienta menor 5 % M/O					0.8776
Concretera de 1 Saco	1.000	5.0000	5.0000	0.5333	2.667
Vibrador de Manguera	1.000	4.0000	4.0000	0.5333	2.133
SUBTOTAL M =					5.6776
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>R</b>	<b>D=C*R</b>
Peon (estr.ocp. E2)	6.000	4.0500	24.3000	0.5333	12.9600
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	0.5333	4.3733
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.1000	4.1000	0.0533	0.2187
SUBTOTAL N =					17.5520
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	
Cemento tipo I(50 Kg)	kg	394.000	0.1600	63.0400	
Piedra 3/4"	m3	0.370	22.0000	8.1400	
Arena	m3	0.310	20.0000	6.2000	
Agua	m3	0.160	1.5000	0.2400	
Fibra de nylon (poliamida)	gr	1,387.000	0.0170	23.5790	
SUBTOTAL O =					101.1990
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	
SUBTOTAL P =					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					124.4286
INDIRECTOS Y UTILIDAD .....				25.00%	31.1072
OTROS INDIRECTOS .....					%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					155.5358
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 155.54</b>

Nota: Análisis del precio unitario del hormigón con fibra de nylon con incorporación de 0,05%.

#### 4.2.4. Análisis de precios unitarios del hormigón de 21 MPa con 0,1% de fibra de nylon

**Figura 16**

*Precios unitarios del hormigón con fibra de nylon 0,1%*

TEMA:	"Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon"			RUBRO No:	4
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - f'c = 210 kg/cm2 con Fibra de Nylon 0.1%					
DETALLE:	HORMIGON f'c = 210 kg/cm2			UNIDAD:	M3
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.8776
Concretera de 1 Saco	1.000	5.0000	5.0000	0.5333	2.667
Vibrador de Manguera	1.000	4.0000	4.0000	0.5333	2.133
SUBTOTAL M =					5.6776
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	6.000	4.0500	24.3000	0.5333	12.9600
Albañil (estr.ocp. D2)	2.000	4.1000	8.2000	0.5333	4.3733
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.1000	4.1000	0.0533	0.2187
SUBTOTAL N =					17.5520
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Cemento tipo I(50 Kg)	kg	394.000	0.1600	63.0400	
Piedra 3/4"	m3	0.370	22.0000	8.1400	
Arena	m3	0.310	20.0000	6.2000	
Agua	m3	0.160	1.5000	0.2400	
Fibra de nylon (poliamida)	gr	2,755.000	0.0170	46.8350	
SUBTOTAL O =				124.4550	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					147.6846
INDIRECTOS Y UTILIDAD ..... 25.00%					36.9212
OTROS INDIRECTOS ..... %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					184.6058
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 184.61</b>

Nota: Análisis del precio unitario del hormigón con fibra de nylon con incorporación de 0,1%.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

La determinación de los materiales que se emplearon para las mezclas de esta investigación provenientes del campamento El Tren, perteneciente a la Cía. Constructora Verdú de la provincia de Santa Elena cumplieron con las normas establecidas por el ACI 211 y NTE INEN. Esto se pudo comprobar a través de los ensayos de granulometría, absorción de agua y resistencia. Este aspecto fue fundamental, ya que garantiza la calidad de los agregados pétreos, siendo así que cualquier cambio mecánico del hormigón surgía de la incorporación de fibra de nylon.

La elaboración de las probetas cuando se le incorpora fibra de nylon al hormigón con una resistencia a la compresión de 21 MPa, su capacidad para resistir el esfuerzo a flexión mejora de manera considerable. A pesar de ello, no por añadir más fibra se obtiene una mejora en el desempeño de la mezcla. Siguiendo los parámetros del fabricante, al incorporar lo estipulado y para esta investigación donde fue el 0,022% de fibra, superó al hormigón patrón en los días 7, 14 y 28 días de curado. En cambio, a tener una dosificación mayor como la de 0,05% y 0,1% su resistencia disminuyó en comparación de la mezcla patrón.

Al analizar los precios unitarios para la relación del costo-beneficio de la incorporación de fibra de nylon en el hormigón, se verificó que cada mezcla cuando se le incorpora la fibra también representa un aumento en su costo final. El hormigón patrón en comparación a la mezcla de 0,022% presenta un incremento aproximado al 10%, mientras que en las dosificaciones de 0,05% y 0,1% presentaron costos mayores siendo del 23% y 46% incrementando notoriamente. A pesar de que al superar el costo inicial no se reflejó en su resistencia, esto da a conocer que una dosificación adecuada no solo ayuda a mejorar la resistencia del hormigón, sino que también permite aprovechar los recursos disponibles y evita gastos innecesarios.

## 5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron, queda claro que al incorporar fibras de nylon resulta beneficioso, teniendo en cuenta que esto debe llevar un orden y ensayos previos. Cuando se añadió el 0,022% a la mezcla de hormigón, siendo esta la óptima según las recomendaciones del fabricante, demostró que se obtiene una mejora en la resistencia, tomando en cuenta lo económico que este pueda influir. Al aumentar más de la fibra, el hormigón tiende a perder su manejabilidad, incluso a perder su resistencia. Además, realizar ensayos previos antes de trabajarlo en obra conlleva tener resultados negativos cuando es trabajado en el sitio.

Se recomienda que, si se van a usar fibras como refuerzo para un diseño estructural, hay que tomar en cuenta los valores del costo para evitar gastos de materiales. De modo que, antes que este sea incorporado en obra, cumpla con lo estipulado y requerido por el especialista, para que sea viable económicamente.

Es importante que los materiales implementados como aditivos para refuerzo del hormigón tengan más acogida en términos de investigación, ya que existen variedades de ellos. Formar técnicos especialistas en la implementación de aditivos reduce errores al conseguir los resultados requeridos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 211, A. C. (1998). *Guía para dosificar mezclas de concreto*.
- ADITEC Ecuador. (2022). *Ficha Técnica Adifiber N. HT-094-2022*.
- Aditec Ecuatoriana Cía. Ltda. (2022). *Aditect-ec*. <https://www.aditec-ec.com/productos/aditivos-para-el-cemento-y-mortero/adifiber-n/ficha-tecnica-adifiber-n.pdf>
- Álvarez, A. B., Álvarez, P. P., de la Fuente Antequera, A., & de Cea, A. A. (2010). Análisis comparativo de los modelos constitutivos del hormigón reforzado con fibras. *Hormig. Acero*, 61(256), 83-101.
- American Concrete Institute (ACI). (2010). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91 Reapproved 2009)*. Farmington Hills, MI: ACI.
- ASTM C 33. (2003). *Especificación estándar para AGREGADOS PARA CONCRETO*. <https://pdfcoffee.com/astm-c33-03-espaol-5-pdf-free.html>
- ASTM C150. (2007). *Standard Specification for Specification for Portland Cement*. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/c0150\\_c0150m-20](https://doi.org/10.1520/c0150_c0150m-20)
- Barboza Chunga, D. M., & Burga Rafael, R. I. (2023). *Análisis comparativo de la fibra de nylon y fibra de polipropileno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11086>
- Barturen Irene, J. E., & Veliz Preciado, K. L. (2024). Análisis de las propiedades mecánicas de concreto incorporando fibra de nylon y fibra del tallo de plátano. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12589>
- Castañeda Landínez, L. (2020). *IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA CONSTRUCCIÓN*. UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER.

- Chimbo Guaquipana, A. A. (2024). *Análisis comparativo de resistencia a flexión de hormigón convencional y hormigón fabricado adicionando la fibra de nylon utilizando agregados naturales* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6910>
- Donini, H. y Orler, R. (2021). *Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación*. Nobuko. <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA427&dq=introducci%C3%B3n+hormigon+armado&ots=QqxBSZzPpY&sig=9Z1KdVESMsJkIPkkiRSdvU7yZeA>
- Toro Oyarzo, E. (2013). *uach.cl*. PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE ARIDOS USADOS EN HORMIGON: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcit686p/doc/bmfcit686p.pdf>
- Figueroa, J., & Ricardo, D. (2023). *Universidad de Santander*. Análisis Físico a Muestra de Agregados en la Planta de CEMEX Floridablanca: <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/dbc5aae0-eca7-45d3-b47b-b463b5f5dbc4>
- Gabriels, D., & Deyanira, L. (2006). *Venesuelos*. Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo.: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_venes/article/view/982](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/982)
- Google Maps*. (2022). [https://www.google.com/maps/place/2%C2%B021'21.8%22S+80%C2%B030'23.8%22W/@-2.3557839,-80.5091004,755m/data=!3m1!1e3!4m4!3m3!8m2!3d-2.356068!4d-80.506622?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI1MDUyOC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/2%C2%B021'21.8%22S+80%C2%B030'23.8%22W/@-2.3557839,-80.5091004,755m/data=!3m1!1e3!4m4!3m3!8m2!3d-2.356068!4d-80.506622?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyOC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)
- Guzmán Meza, L. (2008). *UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CHILE*. GUÍA DE LABORATORIO DE: [http://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/guia\\_lab\\_materiales.pdf](http://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/guia_lab_materiales.pdf)

- Hidalgo Yáñez, Y. K. (2017). Evaluación de parámetros incidentes en la respuesta post agrietamiento del hormigón proyectado reforzado con fibras de polipropileno.
- INEN 154, N. (1986). *Dimensiones nominales de las aberturas*. Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 1573, N. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico*. Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 1576, N. (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo*. Q-E: INEN.
- INEN 2380, N. (2011). *Cemento Hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos*. . Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 2554, N. (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón*. Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 696, N. (2011). *Análisis granulométrico en los áridos, finos y grueso*. Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 856, N. (2010). *Determinación de la densidad y absorción del árido fino*. . Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 857, N. (2010). *Determinación de la densidad y absorción del árido*. Quito-Ecuador: NTE.
- INEN 858, N. (2010). *Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el porcentaje de vacíos*. Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 862, N. (2011). *Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*. Quito-Ecuador: INEN.
- INEN 872, N. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos*. Quito-Ecuador: INEN.
- López Cruz, J. A. (2014). *Propiedades mecánicas del concreto modificado a base de fibras de nylon y polipropileno para su uso en elementos*

*estructurales* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). <http://www.repositorio.usac.edu.gt/957/>

Martines, E., & Lira, L. (2010). *Centro Nacional de Metrología*. ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LAS EXPRESIONES DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SÓLIDOS: <https://cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>

Masías, K. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso* [Universidad de Piura]. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP\\_15eaca3c1b02ac93b5e6f5e68d8d36fc](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_15eaca3c1b02ac93b5e6f5e68d8d36fc)

Montiel, E. L. (2022). Desarrollo y evaluación de fibras poliméricas biocomponentes de nylon-6 reforzadas con nanotubos de carbono funcionalizados mediante energía de ultrasonido. *CIQA REPOSITORIO*. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/710>

Moreno, J., & Sandoval, Á. (2016). *Universidad Rafael Urdaneta*. DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO, UTILIZANDO EL MICROONDAS : <https://documentos.uru.edu/pdf/2301-16-10965.pdf>

Naaman, AE, y Reinhardt, HW (1996). Caracterización de compuestos de cemento reforzado con fibra de alto rendimiento (HPFRCC). En *Compuestos de cemento reforzado con fibra de alto rendimiento* (Vol. 2, págs. 1-24).

Núñez Meneses, J. L. (2016). Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón común con el hormigón adicionado fibras de nylon, utilizando agregados existentes en la provincia de Pastaza. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/107b315b-7425-4d9d-8bb0-4d0332a1498d>

Olarte Buritica, S. (2022). Estudio del comportamiento mecánico del hormigón hidráulico: Adición de fibras y micropartículas de botellas de plástico. *Revista ingeniería de construcción*. <https://dx.doi.org/10.7764/ric.00045.21>

- Olivera Pérez, Y. I., Guevara Saravia, S. P., & Muñoz Pérez, S. P. (2022). Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de origen artificial-natural. *Ingeniería*, 27(2).
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 33(2), 161–172. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732018000200161>
- Ortiz, J. L. R. (1998). *LA MULTIPLE IDENTIDAD DEL HORMIGÓN*. Csic.es. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/912/995>
- Popovics, S. (1992). *Concrete Materials: Properties, Specifications and Testing*. Noyes Publication, 661. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6347457>
- Ramos Valer, L. G. (2020). Comparación de la influencia del uso de ichu (*Stipa Ichu*) con nylon en la resistencia a tracción indirecta ya la flexión del concreto en Arequipa.
- Silva Cabascango, A. P. (2016). *Introducción de fibra de nylon a la industria de la construcción por medio de la empresa Geoconcrets SA* (Doctoral dissertation, Quito: Universidad Del Pacífico). <https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/332>
- Zerbino, R. (2020). *Repositorio Institucional COCINET*. El hormigón reforzado con fibras y sus proyecciones dentro de la industria de la construcción: <http://hdl.handle.net/11336/139016>

# ANEXOS

## Anexo 1

*Datos de los ensayos de los pesos volumétricos de los agregados*

TEMA	"Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon"				
<b>ENSAYO DE PESOS VOLUMETRICOS Y DENSIDAD DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>PESO VOLUMÉTRICO SUELTO</b>			<b>PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO</b>		
VOLUMEN	0.00973688	m3	VOLUMEN	0.00973688	m3
P.V.S + RECIPIENTE	25.01	kg	P.V.V + RECIPIENTE	26.12	kg
RECIPIENTE	10.94	kg	RECIPIENTE	10.94	kg
PESO	14.07	kg	PESO	15.18	kg
P.V.S	<b>1445.02</b>	kg/m3	P.V.V	<b>1559.02</b>	kg/m3
<b>DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)</b>					
P.S.S.S.			2001	gr	
W(canastilla sumergida)			1063	gr	
W(canastilla sumergida + material)			1309	gr	
W(canastilla sumergida + material) - W(canastilla)			246	gr	
VOLUMEN			692	cm3	
D.S.S.S.			<b>2.89</b>	gr/cm3	
			<b>2891.62</b>	kg/m3	
<b>PESO GRAVA SATURADA (gr) PESO GRAVA SECA (gr) AGUA DESALOJADA % Absorcion</b>					
1995		1973		22	
				1.12	
<b>AGREGADO FINO</b>					
<b>PESO VOLUMÉTRICO SUELTO</b>			<b>DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA</b>		
VOLUMEN	0.00281	m3	P.S.S.S.	500	gr
P.V.S + RECIPIENTE	8.54	kg	LECTURA INICIAL	200	gr
RECIPIENTE	4.42	kg	LECTURA FINAL	393	gr
PESO	4.12	kg	W Desalojado	193	gr
P.V.S	1466.19	kg/m3	V Desalojado	193	cm3
D.S.S.S.			2.59	gr/cm3	2590.67
<b>PESO ARENA SATURADA (gr) PESO ARENA SECA (gr) AGUA DESALOJADA % Absorcion</b>					
355.15		348.74		6.41	
				1.84	

## Anexo 2

### Datos del ensayo de humedad de los agregados

TEMA	“Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon”																
<b>ENSAYO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>																	
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2"><b>HUMEDAD DE ARENA</b></th></tr></thead><tbody><tr><td>RECIPIENTE</td><td><b>Ad</b></td></tr><tr><td>W RECIPIENTE (gr)</td><td>39.55</td></tr><tr><td>W ARENA+ R</td><td>539.55</td></tr><tr><td>W ARENA SECA+ R</td><td>504.81</td></tr><tr><td>W de AGUA</td><td>34.74</td></tr><tr><td>W ARENA SECA</td><td>465.26</td></tr><tr><td><b>HUMEDAD</b></td><td><b>7.47</b></td></tr></tbody></table>		<b>HUMEDAD DE ARENA</b>		RECIPIENTE	<b>Ad</b>	W RECIPIENTE (gr)	39.55	W ARENA+ R	539.55	W ARENA SECA+ R	504.81	W de AGUA	34.74	W ARENA SECA	465.26	<b>HUMEDAD</b>	<b>7.47</b>
<b>HUMEDAD DE ARENA</b>																	
RECIPIENTE	<b>Ad</b>																
W RECIPIENTE (gr)	39.55																
W ARENA+ R	539.55																
W ARENA SECA+ R	504.81																
W de AGUA	34.74																
W ARENA SECA	465.26																
<b>HUMEDAD</b>	<b>7.47</b>																
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2"><b>HUMEDAD DE GRAVA</b></th></tr></thead><tbody><tr><td>RECIPIENTE</td><td><b>DC2</b></td></tr><tr><td>W RECIPIENTE (gr)</td><td>39.04</td></tr><tr><td>W GRAVA + R</td><td>536.04</td></tr><tr><td>W GRAVA SECA+ R</td><td>532.52</td></tr><tr><td>W de AGUA</td><td>3.52</td></tr><tr><td>W GRAVA SECA</td><td>493.48</td></tr><tr><td><b>HUMEDAD</b></td><td><b>0.71</b></td></tr></tbody></table>		<b>HUMEDAD DE GRAVA</b>		RECIPIENTE	<b>DC2</b>	W RECIPIENTE (gr)	39.04	W GRAVA + R	536.04	W GRAVA SECA+ R	532.52	W de AGUA	3.52	W GRAVA SECA	493.48	<b>HUMEDAD</b>	<b>0.71</b>
<b>HUMEDAD DE GRAVA</b>																	
RECIPIENTE	<b>DC2</b>																
W RECIPIENTE (gr)	39.04																
W GRAVA + R	536.04																
W GRAVA SECA+ R	532.52																
W de AGUA	3.52																
W GRAVA SECA	493.48																
<b>HUMEDAD</b>	<b>0.71</b>																

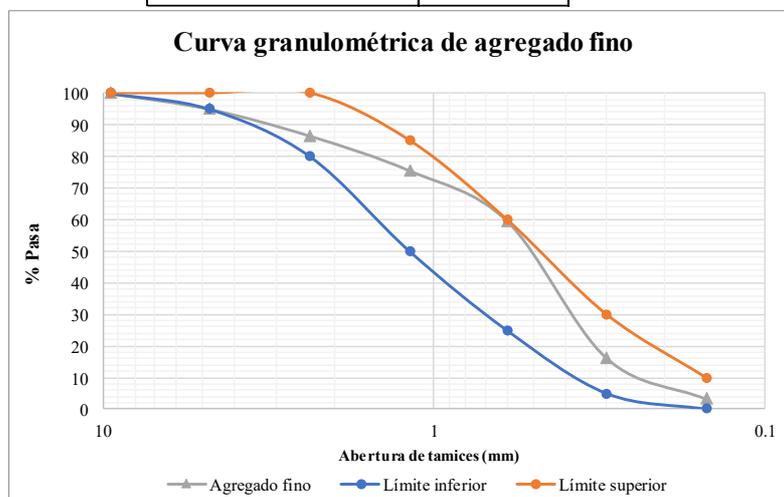
### Anexo 3

#### Datos del ensayo granulométrico del agregado fino

TEMA							
"Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon"							
ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO							
TAMIZ	ABERTURA	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN A.S.T.M	
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	96	5.00	5.00	95.00	95	100
N° 8	2.36	163	8.49	13.49	86.51	80	100
N° 16	1.18	210.77	10.97	24.46	75.54	50	85
N° 30	0.6	304	15.83	40.29	59.71	25	60
N° 50	0.3	833.83	43.42	83.70	16.30	10	30
N° 100	0.15	248.96	12.96	96.67	3.33	2	10
<b>FONDO</b>		64	3.33	100.00	0.00	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1920.56</b>	<b>100.00</b>				

Modulo de Finura

2.64



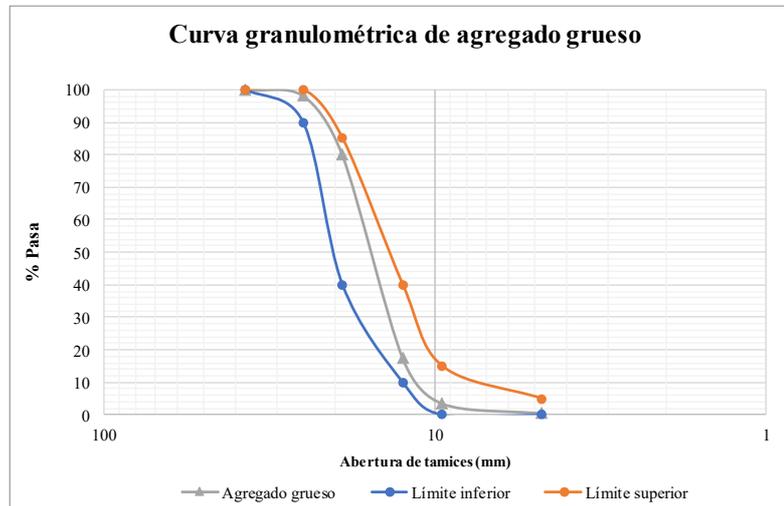
## Anexo 4

### Datos del ensayo granulométrico del agregado grueso

TEMA		"Estudio comparativo del módulo de ruptura del hormigón con incorporación de fibras de poliamidas tipo nylon"					
ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	ABERTURA	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES A.S.T.M	
						N° 56	
2"	50	0	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25	157	1.74	1.74	98.26	90	100
3/4"	19	1654	18.38	20.12	79.88	40	85
1/2"	12.5	5621	62.46	82.58	17.42	10	40
3/8"	9.5	1247	13.86	96.43	3.57	0	15
N° 4	4.75	270	3.00	99.43	0.57	0	5
N°8	2.36	8.48	0.09	99.53	0.47		
N°16	1.18	1.37	0.02	99.54	0.46		
<b>FONDO</b>		41.15	0.46	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>9000</b>	<b>100.00</b>				

Modulo de Finura 7.15

Curva granulométrica de agregado grueso



**Anexo 5**  
*Rotura de patrón*



**Anexo 6**  
*Rotura de viga con incorporación de 0.022% de fibra de nylon*



**Anexo 7**

*Rotura de viga con incorporación de 0.05% de fibra de nylon*



**Anexo 8**

*Rotura de viga con incorporación de 0.1% de fibra de nylon*

