



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

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.

---

**AUTORA:** NÚÑEZ MENESES JOHANA LIZBETH

**TUTORA:** ING. M.SC. MARITZA UREÑA

**Ambato – Ecuador**

**2016**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Ing. M.Sc. Maritza Ureña certifico que la presente tesis de grado “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.” realizado por Srta. Johana Lizbeth Núñez Meneses, Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, junio de 2016

---

Ing. M.Sc. Maritza Ureña

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, Johana Lizbeth Núñez Meneses, CI. 160053253-3 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el trabajo de graduación **“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.”** como también los contenidos presentados son de mi completa autoría.

Ambato, junio de 2016

---

Johana Lizbeth Núñez Meneses

**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de éste trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, junio de 2016

Autora

Johana Lizbeth Núñez Meneses

## **APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES**

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: " 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.", de la Srta. Egresada Johana Lizbeth Núñez Meneses, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, junio de 2016

Para constancia firman.

---

Ing. Mg. Víctor Hugo Paredes  
PROFESOR CALIFICADOR

---

Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes  
PROFESOR CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado, en primer lugar, a Dios, porque ha sido él quien me ha dado toda la fortaleza, sabiduría y humildad necesarias para hacer posible cumplir esta meta.

Dedico también este proyecto a mis padres, por ser un buen ejemplo en mi vida, porque a pesar de la distancia siempre han estado junto a mí, apoyándome en todas las etapas de mi vida.

A mis hermanos, que siempre han estado junto a mí brindándome palabras de aliento para no darme por vencida y por su apoyo incondicional.

A mi familia en general, que siempre han estado pendiente de mí, apoyándome y aconsejándome.

*Johíta*

## AGRADECIMIENTO

Mi más sincero e infinito agradecimiento a Dios, por darme vida, salud y muchas bendiciones, haciendo posible subir un escalón más en mi vida.

Gracias a mis padres, Luis y Carmita, que con infinito amor han sabido educarme y apoyarme siempre, también por inculcar en mí buenos valores que me han enseñado a ser constante y responsable en todos los aspectos de mi vida.

Gracias a mis hermanos, Alberto, Jorge y Erick, que siempre me han brindado su apoyo incondicional y por el buen ejemplo que me han dado. Quiero agradecer de especial manera a Jorge por ser mi compañero, por sus consejos y enseñanzas durante mi vida universitaria y por siempre estarme diciendo “¿Que fue la tesis?”, gracias ñaño por presionarme tanto.

Agradezco también a Roberto, amigo, compañero y amor de mi vida, que, con paciencia y apoyo incondicional ha estado conmigo durante el desarrollo de este trabajo, dándome las respectivas palabras de motivación para no darme por vencida y luchar por mis metas.

Gracias a mi tía Relie, por ser como mi madre durante toda mi vida universitaria, por brindarme ese apoyo incondicional, por la paciencia y sobre todo por saber perdonar mis errores.

Gracias a mis compañeros y amigos, por el apoyo mutuo que nos hemos brindado durante esta etapa de universidad y por compartir conmigo tantos momentos únicos e inolvidables.

Gracias a la Ing. Maritza Ureña por la ayuda que me ha brindado durante el tiempo que me ha tomado el desarrollo del este trabajo.

*Johíta*

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIV
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIV
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XV
RESUMEN EJECUTIVO .....	XVI

## B. TEXTO

<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tema de Investigación .....	1
1.2. Antecedentes .....	1
1.3. Justificación .....	2
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN .....</b>	<b>5</b>
2.1. Fundamentación teórica .....	5
2.2. Hipótesis .....	26
2.3. Señalamiento de variables.....	26
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
3.1. Nivel o tipo de investigación .....	27
3.2. Población y muestra.....	27



3.3. Operacionalización de variables .....	28
3.3.1. Variable Independiente .....	28
3.3.2. Variable Dependiente.....	29
3.4. Plan de recolección de información .....	30
3.5. Plan procesamiento y análisis .....	31
3.5.1. Plan de Procesamiento de la Información .....	31
3.5.2. Plan de Análisis e Interpretación de Resultados .....	31
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1. Recolección de datos.....	32
4.1.1. Ensayos realizados en los Agregados.....	33
4.1.2. Ensayos realizados al Cemento .....	39
4.1.3. Dosificación del hormigón según el Método de la Densidad Óptima.....	39
4.1.4. Porcentaje de Fibra de Nylon en el Hormigón.....	45
4.1.4.1. Dosificación de Fibra de Nylon para Cilindros.....	45
4.2. Análisis de resultados .....	50
4.2.1.1. Determinación de propiedades del hormigón en estado fresco en cilindros de hormigón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	50
4.2.1.2. Comportamiento a compresión de cilindros de hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	52
4.2.1.3. Análisis de precios Unitarios .....	65
4.3. Verificación de la hipótesis.....	67
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
5.1. Conclusiones.....	68
5.2. Recomendaciones .....	69
<b>C. MATERIALES DE REFERENCIA.....</b>	<b>71</b>
1. Bibliografía .....	71
2. Anexos .....	74
2.1. Fotografías de desarrollo de la investigación.....	74
2.1.1. Determinación de las propiedades de los agregados (arena y ripio) .....	74
2.1.2. Determinación de la densidad real del cemento.....	76

2.1.3.	Elaboración de cilindros de hormigón .....	78
2.1.4.	Adición de fibra de nylon en el hormigón.....	78
2.1.5.	Determinación del asentamiento .....	79
2.1.6.	Elaboración de cilindros.....	80
2.1.7.	Curado de cilindros de hormigón.....	81
2.1.8.	Ensayo a compresión de cilindros de hormigón.....	81
2.2.	Especificaciones técnicas de la fibra de Nylon.....	83
2.3.	Artículo Técnico .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Cemento Portland.....	7
Tabla 2. Clasificación de los Agregados según su Densidad.....	13
Tabla 3. Límites de porcentaje que pasa el agregado fino .....	15
Tabla 4. Límites de porcentaje que pasa el agregado grueso.....	17
Tabla 5. Operacionalización de la variable independiente.....	28
Tabla 6. Operacionalización de la variable dependiente.....	29
Tabla 7. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso. (Planta de Trituración Zúñiga) ....	34
Tabla 8. Análisis Granulométrico del Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga).....	35
Tabla 9. Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga).....	36
Tabla 10. Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga).....	36
Tabla 11. Peso Unitario Compactado de la Muestra. (Planta de Trituración Zúñiga) .....	37
Tabla 12. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso. (Planta de Trituración Zúñiga).....	38
Tabla 13. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga).....	38
Tabla 14. Densidad Real del Cemento Holcim Rocafuerte .....	39
Tabla 15.- Cantidad de pasta para distintos asentamientos.....	40

Tabla 16. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación w/c <sup>[27]</sup> .....	41
Tabla 17. Dosificación del Hormigón.....	43
Tabla 18. Corrección a la dosificación de hormigón de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	45
Tabla 19. Dosificación para 0.50% de fibra de Nylon de longitud de 3/4" en cilindros de hormigón de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ . .....	47
Tabla 20. Dosificación para 1.00% de fibra de Nylon de longitud de 3/4" en cilindros de hormigón de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ . .....	47
Tabla 21. Dosificación para 1.20% de fibra de Nylon de longitud de 3/4" en cilindros de hormigón de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ . .....	48
Tabla 22. Dosificación para 0.50% de fibra de Nylon de longitud de 2" en cilindros de hormigón de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ . .....	48
Tabla 23. Dosificación para 1.00% de fibra de Nylon de longitud de 2" en cilindros de hormigón de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ . .....	49
Tabla 24. Dosificación para 1.20% de fibra de Nylon de longitud de 2" en cilindros de hormigón de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ . .....	49
Tabla 25. Propiedades del Hormigón en estado fresco en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 3/4" .....	50
Tabla 26. Propiedades del Hormigón en estado fresco en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 2" con $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ . .....	51
Tabla 27. Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 3/4" de $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ a los 7 días de edad. ....	52
Tabla 28. Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 2" de $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ a los 7 días de edad. ....	53
Tabla 29. Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 3/4" de $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ a los 28 días de edad. ....	54

Tabla 30. Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 2” de $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ a los 28 días de edad. ....	55
Tabla 31. Resumen de ensayo a compresión a los 7 días de edad .....	56
Tabla 32. Resumen de ensayo a compresión a los 28 días de edad .....	56
Tabla 33. Análisis de precios unitarios de Hormigón simple $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ .....	65
Tabla 34. Análisis de precios unitarios de Hormigón añadido 0.50% de fibra de Nylon $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ .....	66

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resistencia a compresión del hormigón en [%] Vs. Porcentaje de fibra de Nylon.....	57
Gráfico 2. Resistencia a compresión del hormigón en $[\text{kg/cm}^2]$ Vs. Porcentaje de fibra de Nylon .....	58
Gráfico 3. Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 3/4” .....	59
Gráfico 4. Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 2” .....	60
Gráfico 5. Resistencia a la compresión del hormigón con fibra de nylon de longitud 3/4” a los 7 y 28 días de edad.....	61
Gráfico 6. Resistencia a la compresión del hormigón con fibras de nylon de longitud 2” a los 7 y 28 días de edad.....	63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Formas de fibras de acero. ....	20
Ilustración 2. Composición química del Nylon 6.....	23
Ilustración 3. Composición química del Nylon 6,6.....	24
Ilustración 4. Composición química del Nylon 11.....	25
Ilustración 5. Representación de Cilindro de Hormigón.....	44

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Densidad Real del Agregado .....	40
Ecuación 2.- Porcentaje Óptimo de Vacíos.....	40
Ecuación 3.- Cantidad de Cemento .....	41
Ecuación 4.- Cantidad de Agua.....	41
Ecuación 5.- Cantidad de Arena.....	42
Ecuación 6.- Cantidad de Ripio .....	42
Ecuación 7.- Dosificación al peso.....	42
Ecuación 8.- Dosificación para 1 saco de cemento.....	42
Ecuación 9.- Corrección de la cantidad de arena en la dosificación.....	43
Ecuación 10.- Corrección de la cantidad de ripio en la dosificación.....	43

Ecuación 11.- Volumen de Hormigón necesario para Cilindros..... 44

Ecuación 12.- Dosificación de Hormigón para Cilindros ..... 44

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1.** Cantidad de agregado grueso y fino a ser tamizado..... 74

**Fotografía 2.** Tamizado de agregado fino. .... 74

**Fotografía 3.** Ensayo densidad aparente de los agregados..... 75

**Fotografía 4.** Ensayo densidad real del agregado fino..... 75

**Fotografía 5.** Ensayo densidad real del agregado grueso. .... 76

**Fotografía 6.** Ensayo densidad real del cemento. .... 77

**Fotografía 7.** Fibra de Nylon a incorporarse..... 77

**Fotografía 8.** Componentes del hormigón dosificados. .... 78

**Fotografía 9.** Mezcla adicionada fibra de nylon. .... 78

**Fotografía 10.** Determinación del asentamiento de la mezcla. .... 79

**Fotografía 11.** Colocación del hormigón por capas y enrasamiento de cilindros..... 80

**Fotografía 12.** Determinación del peso de los cilindros. .... 80

**Fotografía 13.** Curado de cilindros de hormigón..... 81

**Fotografía 14.** Ensayo a compresión de los cilindros de hormigón..... 82

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** “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.”

**AUTORA:** Johana Lizbeth Núñez Meneses

**TUTORA:** Ing. Mg. Maritza Ureña

**FECHA:** Mayo 2016

Una vez teniendo delineada la adecuada planificación para la ejecución del presente proyecto experimental, como primer paso se analizó las propiedades físicas de los agregados (ripió y arena) obtenidos de la planta de trituración Zúñiga, ubicada en la Parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza; esta planta de trituración distribuye productos obtenidos del Río Pastaza, los mismos que presentaron las características adecuadas establecidas. Después de esto se indagó sobre la fibra de nylon existente en el mercado para la elaboración de las muestras cilíndricas y en base a lo establecido en las normas ASTM C 1116 y ACI 544 1R, seleccionar las proporciones adecuadas.

Determinadas las características de cada uno de los componentes formativos del hormigón fibroreforzado se realizó la dosificación aplicando el Método de la Densidad Óptima para obtener hormigones de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con asentamiento de 6 - 9 cm, debido a que este tipo de hormigón estructural es el más utilizado en el campo de la construcción local.

Durante el proceso de elaboración de los hormigones, se elaboraron muestras cilíndricas de hormigón simple (sin fibra) y otras de hormigón adicionado diferentes porcentajes de fibras de nylon de longitudes 3/4” y 2”.



Para la obtención de una correcta información de resultados sobre el comportamiento a compresión del hormigón reforzado con fibras de nylon, se realizaron ensayos de laboratorio, los mismos que fueron necesarios para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos y se seleccionó un porcentaje y longitud de fibra de nylon que debería añadirse al hormigón con el objetivo de mejorar su resistencia a la compresión, sin perder substancialmente las cualidades que caracterizan a un hormigón resistente y de buena calidad.

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

### **1.1. Tema de Investigación**

“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”

### **1.2. Antecedentes**

Desde antaño, cuando el hormigón fue ideado como material de construcción, la innovación ha permitido la creación de nuevos métodos para mejorar las características mecánicas del mismo.

Con el pasar de los años, la tecnología ha ido avanzando, y con ello también se ha incrementado la creación y producción de nuevos materiales sintéticos con características específicas. Todos estos avances han permitido que hoy en día existan materiales exclusivos, diseñados para sustituir a los materiales tradicionales y mejorar cualidades específicas <sup>[1]</sup>.

El uso de fibras incorporadas al hormigón ha sido considerado como un material moderno, sin embargo, éstos fueron originados por el año 3000 a.c. por los constructores babilonios y egipcios, quienes fabricaban ladrillos con paja, secados al sol para reforzar matrices de barro o arcilla para mejorar su resistencia a la deformación y al agrietamiento.

A inicios del siglo XX fue producida por primera vez la combinación de asbesto-cemento, el cual se divulgó rápidamente y a partir de la década de los sesenta, se indujo la búsqueda de fibras sintéticas. En 1960 se incorporaron las fibras metálicas, principalmente las de acero, y las de vidrio para fabricar un concreto con fibras discontinuas y distribuidas aleatoriamente. Sin embargo, fue en 1971 cuando en Estados Unidos se iniciaron con las primeras investigaciones enfocadas al uso del concreto elaborado con fibras, las que desde entonces han sido elementos indispensables en la construcción de pisos industriales de alto desempeño,

pavimentos, cubiertas para puentes, concretos lanzados para la estabilización de taludes, revestimientos de túneles, elementos estructurales prefabricados, bóvedas y refractarios, entre otros usos. [2]

Según los experimentos realizados al hormigón adicionado fibras, ya sean éstas metálicas, plásticas o vegetales, se ha demostrado que éstas últimas presentan un comportamiento poco favorable, debido a su menor durabilidad. [3]

El origen del nylon radica en el año 1934, tras un accidente científico ocurrido en la empresa Du Pont, a partir que Wallace Hume Carothers empezó a dirigir un programa de investigación en química básica orgánica, quien se enfocó en el estudio de la composición de polímeros naturales, tales como la celulosa, la seda y el caucho, con la idea de producir materiales sintéticos parecidos a éstos; cuando ya casi los esfuerzos en producir una fibra sintética del tipo de la seda se habían frustrado ocurrió dicho suceso que convirtió el fracaso en un enorme éxito, se obtuvo una seda sintética, el nylon. [4]

Los grandes avances tecnológicos han permitido la invención de los llamados hormigones especiales, mismos que se caracterizan por poseer componentes diferentes a los conformados por el hormigón convencional. Dentro de éstos hormigones especiales se encuentran aquellos que tienen fibras dispersas en su matriz y cumplen la función de refuerzo secundario; para que un hormigón de este tipo cumpla con un correcto desempeño es necesario que sigan las especificaciones estipuladas en las normativas ACI 318 [5] y ASTM C1116 [6].

### **1.3. Justificación**

La motivación de desarrollar este proyecto experimental nace de la carencia de un estudio que abarque la incorporación de fibras de nylon dentro del hormigón utilizando agregados pétreos existentes en la provincia de Pastaza, lo que permitirá conseguir bases experimentales que guíen a estudiantes y profesionales a tener conocimiento sobre las propiedades de trabajabilidad, consistencia, homogeneidad y resistencia a compresión del hormigón fibroreforzado, debido a la escasa

información que en la actualidad existe en nuestro país acerca de este material compuesto.

En Ecuador, el nylon es un material de fácil adquisición, pues, existen industrias que tras un largo y adecuado proceso de tratamiento para la producción del nylon proveen de este material al mercado, entre estas están: Euclid Chemical Toxement, ubicada en la Ciudad de Guayaquil; Geoconcret S.A., cuya matriz se encuentra localizada en la ciudad de Quito; Agrecons S.A. localizada en el cantón Durán, provincia de Guayas; Hormiconcretos, ubicada en la ciudad de Quito; y Aditec que tiene su matriz en la ciudad de Guayaquil y cuenta con sucursales en Quito y Cuenca.

Según investigaciones realizadas con fibras plásticas, se ha demostrado que la adición de fibras en el hormigón puede mejorar muchas propiedades mecánicas que éstos poseen, destacándose entre ellas, el control de las fisuras debido a la contracción por fraguado, expansión y contracción térmica; reducción de permeabilidad; aumento de resistencia al impacto, abrasión y fracturas; y aumento de la durabilidad y resistencia. <sup>[3]</sup>.

El proceso de elaboración de concreto añadido fibra de nylon es sencillo, pues tiene el mismo procedimiento de fabricación del hormigón común con la única diferencia de añadir la fibra de acuerdo a la dosificación establecida, la misma deberá ser mezclada por un mínimo de 4 a 5 minutos con el objeto de que la fibra se esparza por toda la mezcla. <sup>[7]</sup>

La existencia de normativa referente a hormigón reforzado con fibras (ACI 544 1R-96 <sup>[8]</sup> - ACI 544 5R-10 <sup>[9]</sup>) facilitará y respaldará la investigación, de tal manera que se obtendrán datos y resultados confiables.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Comparar la resistencia a compresión del hormigón común con el hormigón adicionado fibras de nylon, utilizando agregados existentes en la provincia de Pastaza.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el comportamiento a compresión del hormigón reforzado con fibras de nylon utilizando los agregados existentes en la provincia de Pastaza.
- Determinar la variación de las propiedades de trabajabilidad, consistencia y homegenidad del hormigón de resistencia a compresión  $210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de diferentes porcentajes de fibra de nylon.
- Determinar la variación de las propiedades de trabajabilidad, consistencia y homegenidad del hormigón de resistencia a compresión  $210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de diferentes longitudes de fibra de nylon.

## CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

### 2.1. Fundamentación teórica

#### **Materiales cementantes**

Los materiales cementantes son aquellos materiales que permiten que fragmentos minerales logren unirse o adherirse entre sí, permitiendo la formación de una masa sólida, perfectamente distribuida y que presenten la resistencia y durabilidad adecuadas. Dentro de los materiales cementantes se encuentran, entre otros, los cementos, los asfaltos, las cales y los alquitranes.

La característica principal que presentan los cementos hidráulicos es que al ponerse en contacto con el agua adquiere propiedades de fraguado y endurecimiento, este tipo de cemento se utiliza en la elaboración de hormigones estructurales.

El cemento Portland es el tipo de cemento hidráulico que se más se utiliza, debido a su extendido uso.

#### **Cemento**

Se define como cemento al producto conglomerante que, al entrar en contacto con el agua, expuesto al aire o al agua tiende a fraguarse y endurecerse.

#### **Clasificación del cemento**

Los cementos se clasifican de acuerdo al fraguado, composición química y aplicación.

- i. Por su fraguado:** pueden ser de fraguado rápido o lento; dependiendo del tiempo que necesite para cambiar de estado plástico a sólido (antes o después de 1 hora).
- ii. Por su composición química:** pueden ser naturales, portland, escorias, puzolánicos, etc.

- iii. **Por sus aplicaciones:** pueden ser de alta resistencia inicial y resistente a sulfatos.

## **Cemento Portland**

Fue José Aspidin quien en 1824 inventó en cemento Portland el siguiente proceso de fabricación:

1. **Extracción y triturado de la materia prima:** se realiza una mezcla de caliza, en un 60%, y arcilla, en un 40%, debido a que en la naturaleza difícilmente se encuentran calizas que presenten concentraciones exactas de arcillas.
2. **Mezclado y reducción de la materia prima hasta una finura similar la de la harina:** cuando el material se extrae de su humedad natural, es demasiado duro y no contiene arena, dicha mezcla se la realiza por medio de vía seca; caso contrario dicha mezcla se lo realiza por vía húmeda mezclando la materia prima con agua.  
Además, durante la mezcla se utilizan molinos con bolas de acero, y se muele hasta que estos presenten un alto grado de finura y homogeneidad.
3. **Cocción de la mezcla y transformación del clinker:** se denomina clinker a la obtención de bolas de 1 cm de diámetro aproximadamente, provenientes de la mezcla anteriormente mencionado y se elabora en hornos giratorios a una temperatura de 1450 °C.
4. **Molienda del clinker con yeso y aditivos:** para que el cemento tenga un regulador de fraguado se añade del 3% al 4% de yeso al clinker y se muele conjuntamente, hasta obtener el producto final, el cemento.

## **Tipos de Cemento Portland**

En la siguiente tabla se especifican los tipos de cementos Portland, según sean éstos, puros, compuestos o por su desempeño:

**Tabla 1.** Tipos de Cemento Portland

	Tipos	Descripción	Norma	
			INEN	ASTM
PUROS	I	Uso común.	152	C 150
	II	Moderada resistencia a sulfatos. Moderado calor de hidratación.	152	C 150
	III	Elevada resistencia inicial.	152	C 150
	IV	Bajo calor de hidratación.	152	C 150
	V	Alta resistencia a la acción de sulfatos.	152	C 150
COMPUESTOS	IS	Portland con escoria de altos hornos.	490	C 595
	IP	Portland puzolánico.	490	C 595
	P	Portland puzolánico (Cuando no se requieren resistencias iniciales altas).	490	C 595
	I (PM)	Portland puzolánico modificado.	490	C 595
	I (SM)	Portland con escoria modificado.	490	C 595
	S	Cemento de escoria.	490	C 595
POR DESEMPEÑO	GU	Uso en construcción en general.	2 380	C 1157
	HE	Elevada resistencia inicial.	2 380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a sulfatos.	2 380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos.	2 380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación.	2 380	C 1157
	UH	Bajo calor de hidratación.	2 380	C 1157

**Fuente:** S. Medina, Ensayo de Materiales II, Ambato. <sup>[10]</sup>

Además, en la NTE INEN 152 <sup>[11]</sup> se establecen 5 tipos de cemento portland, así:

**Tipo I:** éste es el cemento Portland ordinario de uso general, debido a que se utiliza en la elaboración de hormigones que estarán expuestos al ambiente, al suelo o al aguase. Éste a su vez se subdivide en:

**Tipo IA:** posee los mismos componentes que el cemento Tipo I, con la diferencia que además tiene un aditivo incorporador de aire.

**Tipo IE:** está compuesto por un 20% de puzolana adicionado en el molido del clinker.

**Tipo IP:** está compuesto de un 20 a un 40 % de puzolana adicionado en el molido del clinker, con el objetivo que al ponerse en contacto con la cal mejore su resistencia.



Debido a que las características principales de las puzolanas es aumentar la resistencia y generar menor calor de hidratación, el cemento tipo IP e IE son los más utilizados.

**Tipo II:** éste cemento se caracteriza por tener calor de hidratación y resistencia a sulfatos moderados y se clasifica en:

**Tipo IIA:** está formado por los mismos componentes que el Tipo II, con la diferencia que éste viene con un aditivo incorporador de aire.

**Tipo III:** se caracteriza por tener calor de hidratación y resistencia inicial elevadas; en construcciones donde la edificación va a estar en contacto con el agua se utiliza este tipo de cemento, se clasifica en:

**Tipo IIIA:** tiene la misma composición que el cemento Tipo III, pero además posee un aditivo incorporador de aire.

**Tipo IV:** presenta calor de hidratación bajo y fraguado lento; cuando las construcciones tienen gran cantidad de volumen de concreto se utiliza este tipo de cemento, pues además controla el calor durante el fraguado.

**Tipo V:** éste es caracterizado por tener una alta resistencia a sulfatos que se pueden presentar en la mezcla o el ambiente.

### **Características físicas y mecánicas de cemento**

- i. **Finura de molido:** éste parámetro influye en la velocidad de fraguado y se encuentra directamente ligado con el valor hidráulico del cemento. La finura del cemento puede ser medida por medio de tamices, el tamaño ideal de sus partículas es que sean menor a 0.01 mm, caso contrario son considerados como granos gruesos y de difícil hidratación.
- ii. **Peso específico real:** dependiendo de las condiciones ambientales éste factor varía insignificadamente y tiene un valor aproximado de 3 g/cm<sup>3</sup>.

**iii. Fraguado:** éste parámetro es considerado como la capacidad que posee la mezcla de cambiar de estado plástico a sólido. El fraguado tiene 2 etapas: inicial y final. El fraguado inicial es el tiempo que le toma a la mezcla añadida agua en perder consistencia y trabajabilidad, y ganar resistencia. El fraguado final es el tiempo que le toma a la mezcla endurecerse desde que el cemento se pone en contacto con el agua.

Los factores que influyen en la duración del fraguado son:

- a) Finura: el fraguado es más rápido cuando el cemento es más fino.
- b) Agua: el fraguado es más rápido cuando la mezcla tiene menor cantidad de agua.
- c) Áridos: cuando los agregados tienen materiales orgánicos el fraguado es lento.
- d) Temperatura: a elevadas temperaturas el fraguado se retrasa y viceversa.

**iv. Resistencia mecánica:** depende directamente del tipo de agregado que se utilice, de la relación agua/cemento y de la compactación de la mezcla.

## **Hormigón**

El hormigón es un material amplio y comúnmente utilizado en la construcción; los componentes de éste son: agregado fino (arena), agregado grueso (ripio), agua y cemento. De dicha mezcla el cemento conjuntamente con el agua cumple la función material pegante de los agregados.

El concreto, como también se lo llama, tiene como principal característica resistir solicitaciones exclusivamente a compresión, pues para resistir cargas a tracción o flexión necesita de otros elementos que le permitan presentar un comportamiento dúctil como son las varillas de acero lisas o corrugadas.

A la mezcla de cemento con agua es llamada Pasta o Matriz Cementante, y sus principales funciones son:

- Darle plasticidad a la mezcla, cuando ésta se encuentre en estado fresco, y por medio de la compactación rellenar los espacios vacíos que se generan por la existencia de los agregados.
- Al hormigón en estado sólido darle resistencia e impermeabilidad.

## **Propiedades Mecánicas del Hormigón**

### ***Hormigón Fresco***

El hormigón en estado fresco presenta plasticidad, por lo tanto, éste tiene la capacidad de moldearse. El tiempo estimado que el hormigón es considerado como fresco varía de 1 a 3 horas, y depende del tipo de cemento utilizado, de las características de los agregados, de la temperatura del ambiente y la cantidad de agua adicionada a la mezcla.

El hormigón en estado fresco presenta propiedades únicas, que de alguna manera deben ser cuantificadas. Dichas características se detallan a continuación:

#### **i. Consistencia**

Es el impedimento a experimentar deformaciones que presenta la mezcla en estado fresco. Éste parámetro depende principalmente de las características físicas que presenten los agregados, así como también, de la cantidad de agua y cemento adicionados a la mezcla.

#### **ii. Homogeneidad**

Se dice que un hormigón es homogéneo cuando todos los componentes de la mezcla se encuentran perfectamente distribuidos y en proporciones iguales a lo largo de la misma.

### **iii. Trabajabilidad**

Es la facilidad de manipulación, transportación, colocado y compactado en los moldes que presenta el hormigón fresco sin perder excesiva homogeneidad.

### **iv. Peso Específico**

Éste parámetro sirve para medir la uniformidad del hormigón en estado fresco.

### **Hormigón Endurecido**

Se considera que un hormigón se ha endurecido cuando éste pasa de estar en estado plástico a estado sólido, donde las condiciones ambientales en las que se encuentren no harán que cambie su forma. El hormigón endurecido, presenta también ciertas características que deben ser medidas de alguna forma:

#### **i. Permeabilidad**

La permeabilidad es la capacidad que presenta el elemento de hormigón de dejar pasar líquidos a través de su superficie. El factor que directamente influye sobre la permeabilidad del elemento es la relación agua/cemento, que además es directamente proporcional a la permeabilidad.

#### **ii. Dureza**

Es la propiedad que presenta el hormigón en modificarse con el transcurrir del tiempo debido al fenómeno de carbonatación. La dureza puede medirse con el esclerómetro, aparato que proporciona el índice de rebote del concreto.

#### **iii. Resistencia a la Compresión**

Como ya se mencionó anteriormente el hormigón tiene como característica principal presentar una buena resistencia antes sollicitaciones a compresión. En los ensayos de resistencia a compresión se determinan dos tipos de resistencias:

- Resistencia Característica. - Es el valor de la resistencia a la compresión del hormigón simple. Al ensayar varias muestras de similares características, se ha demostrado que el 95% de las probetas tienen resistencias mayores o iguales.
- Resistencia Media. - es el promedio entre las resistencias a compresión obtenidas de varias muestras de hormigón.

## Áridos

Los áridos son partículas inertes y son considerados como los componentes de relleno del hormigón, también son conocidos como agregados y pueden ser finos (arena) y gruesos (ripio), dependiendo de su tamaño y pueden ser naturales y artificiales. Los agregados ocupan del 60% al 75% del volumen del hormigón y dependiendo de sus características son capaces de brindar ciertas propiedades al hormigón.

### Clasificación de los agregados

#### i. Por su procedencia

Los agregados según su origen se clasifican en:

- **Agregados naturales:** material que se aplica al hormigón tal como se encuentran, sin hacer ninguna modificación a su tamaño o simplemente separándolos por tamaños, éstos son provenientes de fuentes naturales como: ríos, glaciares o de canteras de rocas y piedras naturales. Dentro de este grupo se encuentran las rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.
- **Agregados artificiales:** son aquellos materiales naturales que son modificados mediante procesos industriales. En este grupo se encuentran las arcillas expandidas, escorias de alto horno, clinker, limaduras de hierro, etc.
- **Piedra triturada:** éste material es obtenido mediante el proceso industrial de trituración de rocas, piedras boleadas o pedruscos grandes naturales; el principal objetivo de realizar este proceso es para que el agregado presente más aristas y permita una buena adherencia con los demás componentes del concreto.

- **Escoria siderúrgica:** material que, a pesar de ser procedente de residuos de hierro, es un mineral no metálico conformado de silicatos y aluminosilicatos de calcio.

## ii. Por su densidad

Este parámetro se encuentra definido por la relación entre la cantidad de masa por unidad de volumen y el volumen de los poros de los agregados. Influye directamente en la densidad que tendrá en concreto, ya sea este ligero, normal o pesado:

**Tabla 2.** Clasificación de los Agregados según su Densidad.

Tipo de concreto	Densidad aproximada del concreto [kg/m <sup>3</sup> ]	Densidad agregado [kg/m <sup>3</sup> ]	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
<b>Ultraligero</b>	500-800		Concreto para aislamiento.	Piedra pómez.
<b>Ligero</b>	950-1350 1450-1950	480-1040	Rellenos y mampostería no estructural; y concreto estructural.	Perlita.
<b>Normal</b>	2250-2450	1300-1600	Concreto estructural y concreto no estructural.	Agregado de río o triturado.
<b>Pesado</b>	3000-5600	3400-7500	Concreto para proteger radiación gamma o X, y contrapesos.	Hematita, barita, coridón, magnetita.

**Fuente:** Ing. Gerardo A. Rivera L. <sup>[12]</sup>

## iii. Por su tamaño

- **Agregado grueso.** -

Es considerado como agregado grueso a aquel material que tiene un tamaño mayor a 5 mm, éste debe estar libre de cualquier impureza al momento de su utilización en la mezcla, ya que, éste material influye directamente en la calidad y resistencia del hormigón.

En nuestro medio el agregado grueso es conocido coloquialmente como “Ripio” o “Grava”, y es resultado de la desintegración y abrasión de la roca, ya sea que este proceso se lo realice natural o artificialmente.

Las características y calidad de éste agregado se encuentran amparada bajo la normativa de la ASTM C-33 <sup>[13]</sup>, misma que menciona que al momento de la elaboración del hormigón el agregado debe estar libre de sustancias dañinas o no deben existir en un porcentaje mayor a:

- 0.5%, en material que pasa por el tamiz # 200.
- 1.0%, en materiales ligeros.
- 0.5%, en grumos de arcilla.
- 40%, en pérdida por abrasión en máquina de Los Ángeles.

• **Agregado fino.** -

Es considerado como agregado fino a aquel material que presente un tamaño menor a 5 mm, pues mediante la granulometría el material considerado como fino es aquel que pasa el tamiz #4 y se retiene en la malla #200. Éste material, al igual que el agregado grueso, debe estar libre de impurezas, ya que éste tiene poco más de responsabilidad que el agregado grueso, pues se requiere de una buena arena para obtener un buen concreto.

Las arenas que existen en las minas contienen exceso de acillas y las arenas de mar poseen componentes salinos, razón por la cual que se recomienda para este tipo de agregados hacer un lavado en agua dulce previo a su aplicación. También, se ha demostrado que la arena proveniente de los ríos son las más recomendadas, ya que, con excepciones, en su mayoría son de cuarzo puro, material que brinda alta resistencia y durabilidad.

La calidad del agregado fino se encuentra amparada bajo la normativa de la ASTM C-33 <sup>[13]</sup>, misma que menciona que al momento de la elaboración del hormigón, la

arena deberá estar libre de cantidades de arcilla, limo, materiales orgánicos u otras sustancias dañinas o no deben existir en un porcentaje mayor a:

- 3.0%, en material que pasa por el tamiz # 200.
- 1.0%, en materiales ligeros.
- 1.0%, en grumos de arcilla.
- 2.0%, en otras sustancias perjudiciales (álcalis, mica, limo).

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

### *Agregado fino*

#### **i. Granulometría**

La granulometría es el método que se utiliza para separar por tamaños las partículas de agregados mediante la utilización de mallas o tamices. Para que la arena a utilizarse sea la adecuada debe cumplir los límites especificados en la ASTM C-33<sup>[13]</sup>, así:

**Tabla 3.** Límites de porcentaje que pasa el agregado fino

Tamaño de la malla		Límites ASTM que pasa
Nº de tamiz	[mm]	[%]
3/8"	9,5	100
#4	4,76	95 - 100
#8	2,36	80 - 100
#16	1,18	50 - 85
#30	0,6	25 - 60
#50	0,3	10 - 30
#100	0,15	2 - 10
#200	0,074	-
Bandeja	-	-

**Fuente:** ASTM C-33<sup>[13]</sup>



## ii. Módulo de finura (MF)

Es un parámetro que determina el grado de finura o grosor que presenta el agregado, según lo especificado en la ASTM C-125 <sup>[14]</sup> este módulo se determina mediante la suma de los porcentajes retenidos acumulados dividido para 100 de los tamices # 100, # 50, # 30, # 16, # 8, # 4, de 3/8", de 3/4, de 1 1/2", de 3" y de 6".

Se requiere que el módulo de finura se encuentre dentro de los rangos de 2.3 a 3.1, para garantizar la obtención de un buen hormigón.

Si el MF es menor que 2,0 significa que el agregado es una arena fina; si el MF es mayor que 3,0 significa que el agregado es una arena gruesa; mientras que si el MF es de 2,5 significa que el agregado es una arena de finura media.

## iii. Densidad Relativa o Gravedad Específica

Es la relación que existe entre la masa del árido y la masa de agua con igual volumen absoluto. Los agregados, en su mayoría tienen una densidad relativa entre 2,4 y 2,9.

Para la realización del ensayo de determinación de la densidad relativa del agregado se recomienda utilizar la norma NTE INEN 856 <sup>[15]</sup>.

## iv. Contenido de Humedad

El procedimiento para determinar la cantidad de agua existente en el agregado se encuentra respaldado bajo la normativa NTE INEN 862 <sup>[16]</sup>.

Existen cuatros estados por los que los agregados pueden pasar:

- 1) **Seco al horno:** Bajo una temperatura de 110 °C durante 24 horas, se elimina toda la humedad externa existente en el agregado.
- 2) **Humedad Natural:** Humedad superficial inexistente, pero los poros internos del agregado están saturados de agua.

3) **Saturado Superficie Seca (SSS):** Humedad superficial inexistente, pero todos los poros del agregado están saturados de agua.

4) **Saturado Superficie Húmeda (SSH):** Humedad superficial existente, partículas visiblemente mojadas y todos sus poros llenos de agua.

#### v. **Peso Volumétrico**

Determina la masa unitaria del agregado cuando está compacto o suelto para calcular el porcentaje de vacíos entre partículas. La NTE INEN 858<sup>[17]</sup> es la normativa bajo la cual se encuentra respaldado este procedimiento.

### *Agregado Grueso*

#### i. **Granulometría**

La granulometría es el método que se utiliza para separar por tamaños las partículas de agregados mediante la utilización de mallas o tamices. Para que la arena a utilizarse sea la adecuada debe cumplir los límites especificados en la ASTM E-11<sup>[18]</sup>, así:

**Tabla 4.** Límites de porcentaje que pasa el agregado grueso

Tamaño de la malla		Límites ASTM que pasa
Nº de tamiz	[mm]	[%]
2"	50.8	100
1 1/2"	38.1	95 - 100
1"	25.4	-
3/4"	19.1	35 - 70
1/2"	12.7	-
3/8"	9.52	10 - 30
#4	4.76	0 - 5
Bandeja	-	-

**Fuente:** ASTM E-11<sup>[18]</sup>

Se recomienda que el agregado presente continuidad en sus tamaños, debido a que si el agregado presenta tamaños pequeños se requerirá una mayor cantidad y esto influye directamente en el costo.

## **ii. Tamaño Nominal Máximo (TNM)**

De la tabla de granulometría, se toma de la columna de “% Retenido Acumulado” el primer valor que represente al 15% o más y el TNM será la abertura del tamiz correspondiente a dicho valor <sup>[19]</sup>.

El tamaño de las partículas de agregado no debe sobrepasar de:

- 1/5 de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
- 3/4 del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
- 1/3 del peralte de losas.

## **iii. Densidad Relativa.**

Basados en la NTE INEN 857 <sup>[20]</sup>, es posible determinar la densidad promedio de una muestra de agregado grueso, descartando el volumen entre partículas.

## **FIBRAS**

Se conoce como fibras a aquellos filamentos finos de longitud y sección transversal pequeñas, presentando una mayor longitud en su sección longitudinal <sup>[21]</sup>.

Un parámetro sugestivo de las fibras es que el diámetro equivalente de la fibra es el diámetro de un círculo de igual área a la sección de la fibra <sup>[21]</sup>.

Desde antaño, las fibras se han utilizados para la elaboración de hormigones debido a que presenta muchos beneficios: reduce la fisuración, incrementa la fuerza mecánica, proporciona características eléctricas, incombustibilidad, estabilidad dimensional, compatibilidad con matrices orgánicas, baja conductividad térmica, y alta resistencia a agentes químicos <sup>[6]</sup>.

Para que las fibras presenten un buen comportamiento en el concreto debe tener las siguientes características <sup>[21]</sup>:

- Deben tener un módulo de elasticidad más alto que el del hormigón o matriz.

- Debe existir una buena adherencia fibra-matriz.
- Tener suficiente longitud.
- Deben ser largas con relación a su diámetro.

## **CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS**

### **i. Según su materia prima**

- Orgánicas.
- Inorgánicas.
- Sintéticas.

#### **Fibras Orgánicas:**

Todas las fibras orgánicas deben tener un tratamiento previo para prevenir su biodegradación, entre las fibras más conocidas están:

##### **➤ Fibras de Coco:**

Esta fibra se obtiene mediante un proceso industrial y se caracteriza principalmente por ser duras.

##### **➤ Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar**

El bagazo de caña es el material residual que se obtiene de la extracción del jugo de caña y al parecer es inservible, pero dándole un buen tratamiento para evitar su biodegradación, puede ser utilizado como refuerzo secundario del hormigón debido a que contiene alrededor del 50% de fibra, presentando una buena resistencia a tracción y flexión.

### ➤ Fibras de Bambú

El bambú es una planta que puede llegar a medir hasta 15 metros de alto y de 2,5 cm a 10 cm de diámetro. Se ha experimentado como refuerzo sustitutivo de las barras de acero.

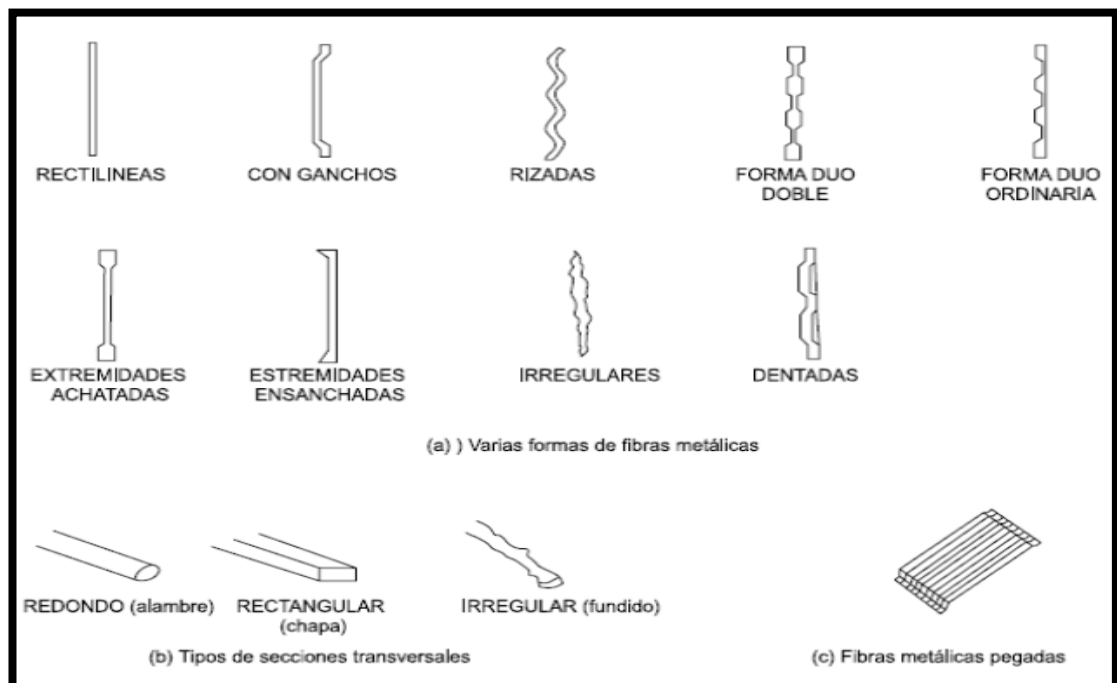
### Fibras Inorgánicas

#### ➤ Fibras de Acero

Con el debido procedimiento de elaboración las fibras de acero podemos encontrar en el mercado como elementos de corta longitud y pequeña sección, que al mezclarse con el hormigón le brinda a éste características de resistencia superiores, sobre todo ante solicitaciones de flexión y tracción.

Las fibras de acero pueden presentarse en diferentes formas y tamaños:

**Ilustración 1.** Formas de fibras de acero.



**Fuente:** A. Blanco, Durabilidad del hormigón con fibras de acero, Barcelona, 2008. [22]

### ➤ **Fibra de Vidrio**

Las fibras de vidrio se obtienen de la mezcla de sílice con cal, alúmina, magnesia y ciertos óxidos; es de origen mineral y se elaboran en diferentes longitudes que varían de 12 mm a 50 mm. Según estudios se ha demostrado que el hormigón adicionado fibras de vidrio presenta un buen comportamiento, aumentando la resistencia a flexión, tensión e impacto. Además entre otras características sirve como un buen aislante térmico, resistente a elevadas temperaturas y son útiles en ambientes corrosivos.

### **Fibras sintéticas**

Como su nombre lo dice, son fibras o multifilamentos artificiales que han sido resultado de investigaciones de las industrias textiles y petroquímicas. Por lo general, en la matriz de concreto se suele colocar el 0.1% de fibra por volumen para controlar grietas.

### ➤ **Fibras de Aramida**

La utilización de estas fibras no es muy común debido a su costo elevado, sin embargo, presentan un mejor comportamiento que las fibras de vidrio y fibras de acero, ya que son mucho más resistentes.

### ➤ **Fibras de Carbono**

Por medio de la carbonatación de materiales orgánicos es posible la elaboración de las fibras de carbono; al igual que las fibras de vidrio son muy costosas y es muy poco común su aplicación en las construcciones.

### ➤ **Fibras de Polietileno**

Ésta fibra sintética añadida al concreto en concentraciones de 2% a 4% presentan un buen comportamiento bajo sollicitaciones de flexión, permitiendo un incremento en la carga hasta que las fibras se rompen.

## ➤ **Fibras de Nylon**

El nylon es una fibra química textil sintética que se obtiene de derivados petrolíferos y aceites.

Al nylon se lo conoce también como poliamida, ya que es un polímero que tiene enlaces de tipo amida. Existen poliamidas naturales como la lana y la seda, pero también existen las poliamidas sintéticas y a este grupo al que pertenece el nylon.

El nylon, aparte de tener aplicaciones textiles ha sido utilizado en la rama de la construcción, pues la implementación de este polímero en el hormigón ha permitido la prevención de fisuras en el concreto en estado fresco o durante la retracción plástica, así como para mejorar sus propiedades la compresión y a la flexión.

El nylon pertenece al grupo de las poliamidas (PA) y en el mercado se lo puede encontrar como algunas denominaciones: Nylon 6, Poliamida – 6, Nylatron – 6, Akulon - 6, Ultramid - B, Durethan - B, Tecamid - 6, Ertalon - 6 SA, Amidan - 6. Los números comúnmente añadidos al nylon se refieren al número de “unidades de CH” entre los extremos reactivos y el monómero. Es uno de los polímeros más comúnmente utilizados como una fibra debido a las características de los grupos amida en la cadena principal.

El nylon presenta cualidades únicas y favorables en el ámbito de la construcción, entre estas tenemos que: es altamente deslizante, es resistente a los químicos y presenta buena resistencia al desgaste.

Para la obtención de la poliamida, existen tres ciclos:

1. Preparar una solución viscosa tipo jarabe por medio de fusión.
2. Alargar dicha solución por medio de una hilera o tobera para formar la fibra.
3. Solidificar la fibra por enfriamiento.

La fibra puede presentarse de diferentes maneras:

- **Multifilamento:** es la unión de los filamentos provenientes de la tobera.
- **Texturizado:** es el proceso donde los multifilamentos lisos son rizados.
- **Fibras cortadas:** los filamentos rizados o lisos son cortados y presentados como fibras discontinuas.

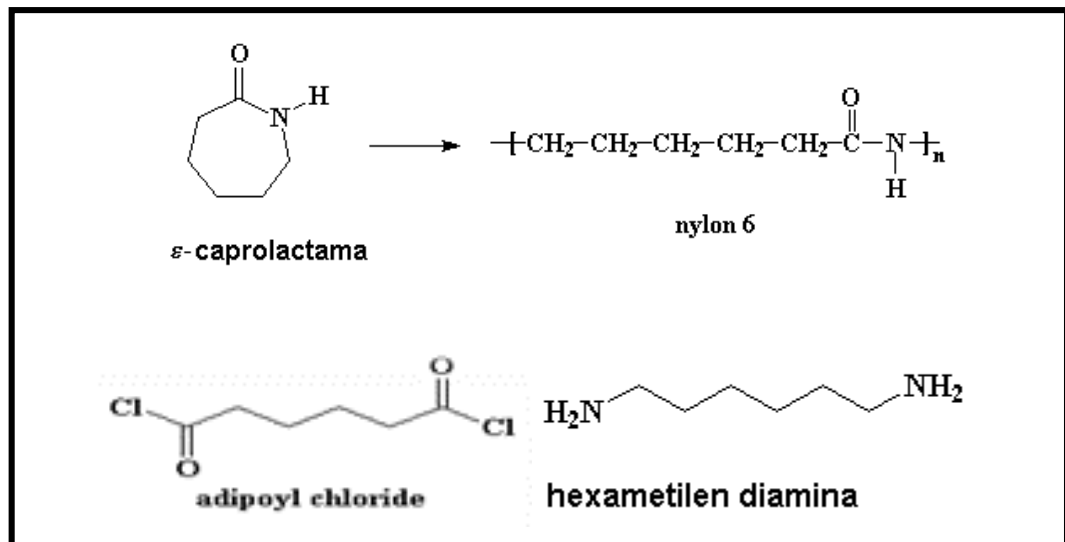
### Propiedades específicas de las fibras de Nylon

La fibra de nylon está caracterizada por su óptima propiedad mecánica, alta resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción, puntos de fusión elevada, resistencia al impacto, alta resistencia a la fatiga, buena resistencia a disolventes orgánicos.

### Características del Nylon 6

También llamado Coprolactama, es formado por auto condensación del ácido 6 – aminocaproico.

**Ilustración 2.** Composición química del Nylon 6



**Fuente:** K. González, «Fibras Sintéticas 1 - Poliamida o Nylon,» 2013. <sup>[23]</sup>

Se caracteriza por poseer alta resistencia mecánica, rigidez, dureza y tenacidad; tiene buena resistencia a la fatiga, alto poder amortiguador, buenas propiedades de



deslizamiento, alta resistencia al desgaste y tiene una densidad de 1,14 g/cm<sup>3</sup> y 1,15 g/cm<sup>3</sup>.

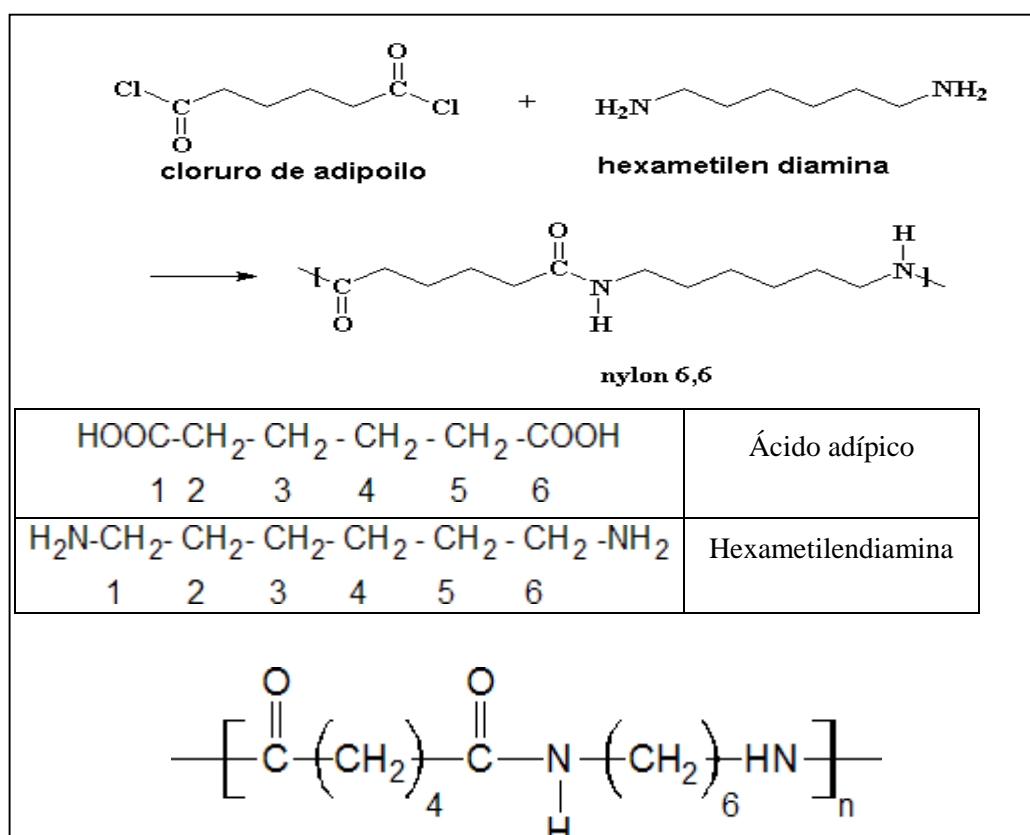
Además, presenta una higroscopicidad (capacidad de absorber la humedad atmosférica) de un 5,75% cuando se encuentra como filamento y un 6,25% cuando se presenta como fibra; absorbe la humedad de 8% a un 8,5%.

Ante temperaturas de 150 °C tiende a amarillarse; a temperaturas de 175 °C se ablanda y entre temperaturas de 215 °C y 218 °C se derrite.

### Características del Nylon 6,6

Conocido también como Perlon T, está conformado por 6 átomos de carbono en las hexametildiamina y 6 átomos de carbono en el ácido adipico, de ahí provienen los números que están después de la palabra Nylon.

**Ilustración 3.** Composición química del Nylon 6,6



**Fuente:** K. González, «Fibras Sintéticas 1 - Poliamida o Nylon,» 2013. [23]

Presenta una densidad de 1,14 g/cm<sup>3</sup>. Además, tiene una higroscopicidad de un 5,75% cuando se encuentra como filamento y un 6,25% cuando se presenta como fibra; absorbe la humedad de un 3% a un 4,5%.

Ante temperaturas de 325 °C tiende a ablandarse; a temperaturas de 156 °C se amarillece y a temperaturas de 245 °C se derrite.

### Características del Nylon 11

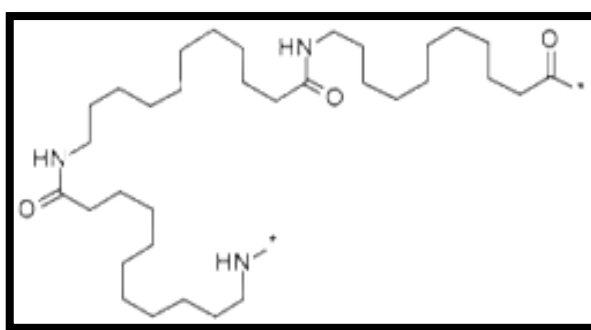
A diferencia de los otros dos tipos de fibras este presenta menor absorción a la humedad, menor peso, punto de fusión más bajo y textura más suave.

Conocido como Risal, es un polímero de ácido aminoundecanoico, tiene una higroscopicidad de un 3,50% cuando se encuentra como filamento y como fibra; absorbe la humedad en 1,2%.

Ante temperaturas de 150 °C tiende a ablandarse y a temperaturas de 186 °C se derrite.

Tiene una densidad de 1,04% g/cm<sup>3</sup>.

**Ilustración 4.** Composición química del Nylon 11



**Fuente:** K. González, «Fibras Sintéticas 1 - Poliamida o Nylon,» 2013. [23]

### Características del Nylon 6,10

Este tipo de nylon se obtiene a partir de la condensación del ácido hexametildiamida y el ácido sebasico.

## **Características del Nylon 12**

Este nylon se elabora a base de polilaurilamida que tiene 12 átomos de carbono.

Se elabora como multifilamento, monofilamento, fibra corta, y una gran cantidad de deniers y longitudes. Se produce como una fibra brillante, semiomate y mate. El nylon regular tiene una sección transversal redonda y es perfectamente uniforme a lo largo del filamento. El estirador en frío alinea las cadenas de manera que están orientadas a la dirección longitudinal de la fibra y son muy cristalinas. Los filamentos de alta tenacidad tienen cadenas más largas que el Nylon regular. Las fibras más cortas no se estiran en frío después de la hilatura y por lo tanto tienen menos cristalitos. Su tenacidad es inferior a la de los filamentos.

### **2.2. Hipótesis**

El hormigón adicionado fibras de nylon aumenta la resistencia a compresión.

### **2.3. Señalamiento de variables**

#### **2.3.1. Variable independiente**

El hormigón adicionado fibras de nylon.

#### **2.3.2. Variable dependiente**

Resistencia a la compresión.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Nivel o tipo de investigación

La investigación que se empleará en este proyecto será de tipo experimental, debido que a lo largo de su desarrollo estaremos en busca de un fenómeno totalmente nuevo del hormigón añadido fibras de nylon y a su vez se buscará determinar la influencia que tiene la fibra de nylon sobre la resistencia a compresión del hormigón al variar los porcentajes y longitudes de fibra suministradas.

Además, es de laboratorio porque la investigación se desarrollará en un laboratorio para realizar estudios y ensayos, para así obtener las propiedades de los agregados y determinar la cantidad óptima de fibra de nylon que se debe adicionar al hormigón para obtener la máxima resistencia a compresión.

También, la investigación a realizarse será de tipo aplicada, ya que se pondrá en práctica conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, puntualmente lo aprendido en la cátedra de ensayo de materiales, y los resultados obtenidos servirán como guía para profesionales y estudiantes de la carrera de ingeniería civil.

### 3.2. Población y muestra

Debido a que este proyecto es de tipo experimental se manejó que la población y la muestra van a ser las mismas, en vista que en la norma ASTM C31 <sup>[24]</sup>, menciona que de cada tipo de hormigón elaborado se debe obtener al menos 2 probetas para la realizar la evaluación de resistencia a compresión.

Para efectos de tener resultados más representativos se tomarán 3 muestras por cada tipo de hormigón elaborado para descartar posibles errores, mismos que estarán determinados en función del período de ensayo, longitud y concentración de fibra de nylon, obteniéndose un total de 48 muestras cilíndricas de 15 cm de diámetro y 10 cm de altura.

### 3.3. Operacionalización de variables

#### 3.3.1. Variable Independiente

##### El hormigón adicionado fibras de nylon.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El <b>HORMIGÓN</b> fibroreforzado es una combinación de cemento hidráulico, agua, agregados finos y gruesos, más <b>FIBRAS</b> dispersas aleatoriamente orientadas con el fin de reforzarlo, mejorando sus propiedades.	Hormigón	Calidad del hormigón.	¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir un hormigón de buena Calidad?	Investigación Bibliográfica. Normas INEN y ASTM.
	Fibras de Nylon	Características de las fibras	¿Cómo influyen las características de la fibra de nylon en el hormigón?	Investigación Bibliográfica. Normas ASTM.
		Cantidad de las fibras	¿Cuál es la fibra de nylon adecuada para el hormigón?	Investigación de Laboratorio y Experimental

**Tabla 5.** Operacionalización de la variable independiente

### 3.3.2. Variable Dependiente

#### Resistencia a la compresión.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La Resistencia a La Compresión es la principal cualidad que tiene el hormigón, éste depende de las cualidades que presente el hormigón tanto en estado <b>FRESCO</b> como <b>ENDURECIDO</b> , y a su vez estos dependen de la calidad y proporción de sus componentes.	Hormigón Fresco	Trabajabilidad.	¿Cómo afecta la relación agua/cemento en la trabajabilidad del hormigón?	Investigación Bibliográfica. Normas INEN y ASTM.
		Consistencia.	¿Cuál es el método más apropiado para determinar el asentamiento del hormigón?	Investigación de Laboratorio.
	Hormigón Endurecido	Resistencia.	¿Cómo influye la calidad de los agregados en la resistencia del hormigón?	Investigación Bibliográfica. Investigación de Laboratorio. Normas NTE INEN, ASTM.

**Tabla 6.** Operacionalización de la variable dependiente

### 3.4. Plan de recolección de información

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
<b>¿Para qué?</b>	Comparar la resistencia a compresión del hormigón común con el hormigón adicionado fibras de nylon, utilizando agregados existentes en la provincia de Pastaza
<b>¿A qué?</b>	A las probetas cilíndricas de hormigón de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro.
<b>¿Sobre qué aspectos?</b>	Resistencia a compresión del hormigón común. Resistencia a compresión del hormigón añadido fibras de Nylon.
<b>¿Quién?</b>	El Investigador.
<b>¿Cuándo?</b>	Entre noviembre 2015 – abril 2016
<b>¿Dónde?</b>	Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
<b>¿Técnicas de Recolección?</b>	Mediante investigaciones bibliográficas en las normas: ACI, INEN y ASTM. Por medio de pruebas y ensayos de laboratorio.
<b>¿Con qué?</b>	Normas ACI. Normas ASTM. Normas INEN. Herramienta menor Moldes para elaboración de cilindros de hormigón. Máquina a compresión. Cámara de curado.

**Tabla 6.** Operacionalización de la variable dependiente

### **3.5. Plan procesamiento y análisis**

#### **3.5.1. Plan de Procesamiento de la Información**

- Selección minuciosa de la información recogida, para descartar información defectuosa, contradictoria o incompleta, y rescatar la información adecuada.
- Tabulación de datos según variables de la hipótesis.
- Elaboración de gráficos estadísticos (gráfico de dispersión y barras) para la interpretación de resultados.

#### **3.5.2. Plan de Análisis e Interpretación de Resultados**

- Tomando como punto de referencia los objetivos y la hipótesis, analizar e interpretar los resultados obtenidos.
- Comprobación de la hipótesis dependiendo de los resultados obtenidos en la investigación.
- Determinación de conclusiones y recomendaciones.



## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Recolección de datos

- i. Realizar ensayos de laboratorio de los agregados fino, agregado grueso y cemento, para la determinación de sus propiedades físicas y verificar que éstos cumplan con los requerimientos establecidos por la Norma NTE INEN 872 <sup>[25]</sup> y NTE INEN 152 <sup>[11]</sup>.
- ii. Se emplearán fibras de nylon diseñadas específicamente para su uso en el concreto, material que será suministrado por Euclid Group Ecuador, las mismas que cuentan con resinas de 100% nylon virgen, que cumpla con las especificaciones de ASTM C-1116 <sup>[6]</sup>, y que se encuentran disponibles en longitudes de corte de fibras de: 3/4" y 2".
- iii. Se realizarán hormigones cuya resistencia a la compresión esperada será de 210 kg/cm<sup>2</sup> y cuya dosificación estará basada en el Método de la Universidad Central del Ecuador <sup>[26]</sup>.
- iv. El porcentaje de concentración de la fibra de nylon en el hormigón estará basado bajo la normativa ACI 544.5R-10 <sup>[8]</sup> con diferentes concentraciones:
  - 1<sup>er</sup> concentración: 0.5%.
  - 2<sup>da</sup> concentración: 1.0%.
  - 3<sup>er</sup> concentración: 1.20%.
- v. Además, se tomarán muestras de cilindros de hormigón simple como referencia (sin fibra) con el propósito de compararlo con el hormigón reforzado con fibra.
- vi. Los ensayos a realizarse a las probetas estarán respaldados por la ASTM C31 <sup>[24]</sup>.

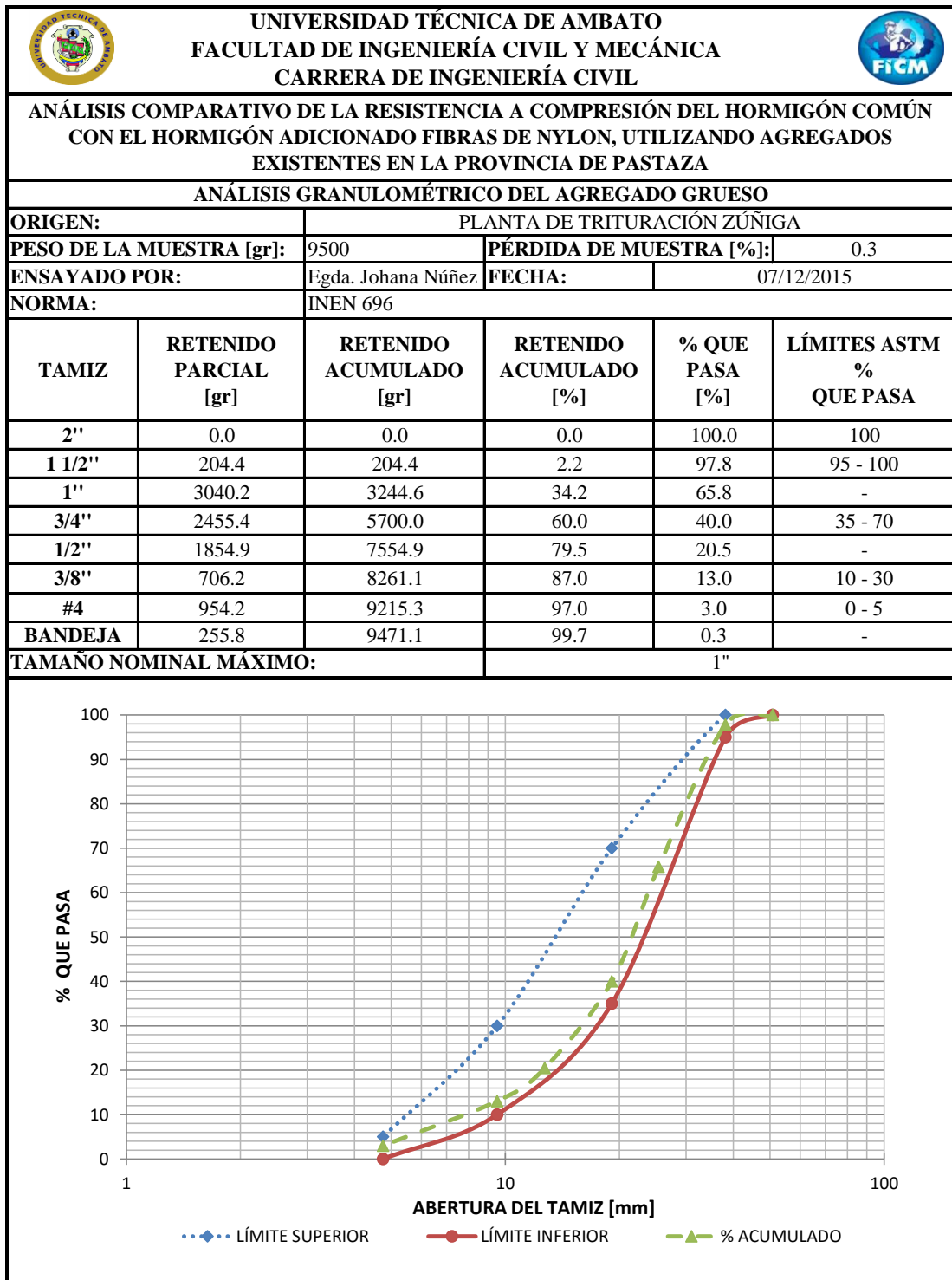
#### **4.1.1. Ensayos realizados en los Agregados**

Los ensayos realizados a los agregados fino y grueso son:

- Análisis Granulométrico.
- Peso Unitario Suelto.
- Peso Unitario Compactado.
- Densidad Real.
- Capacidad de Absorción.

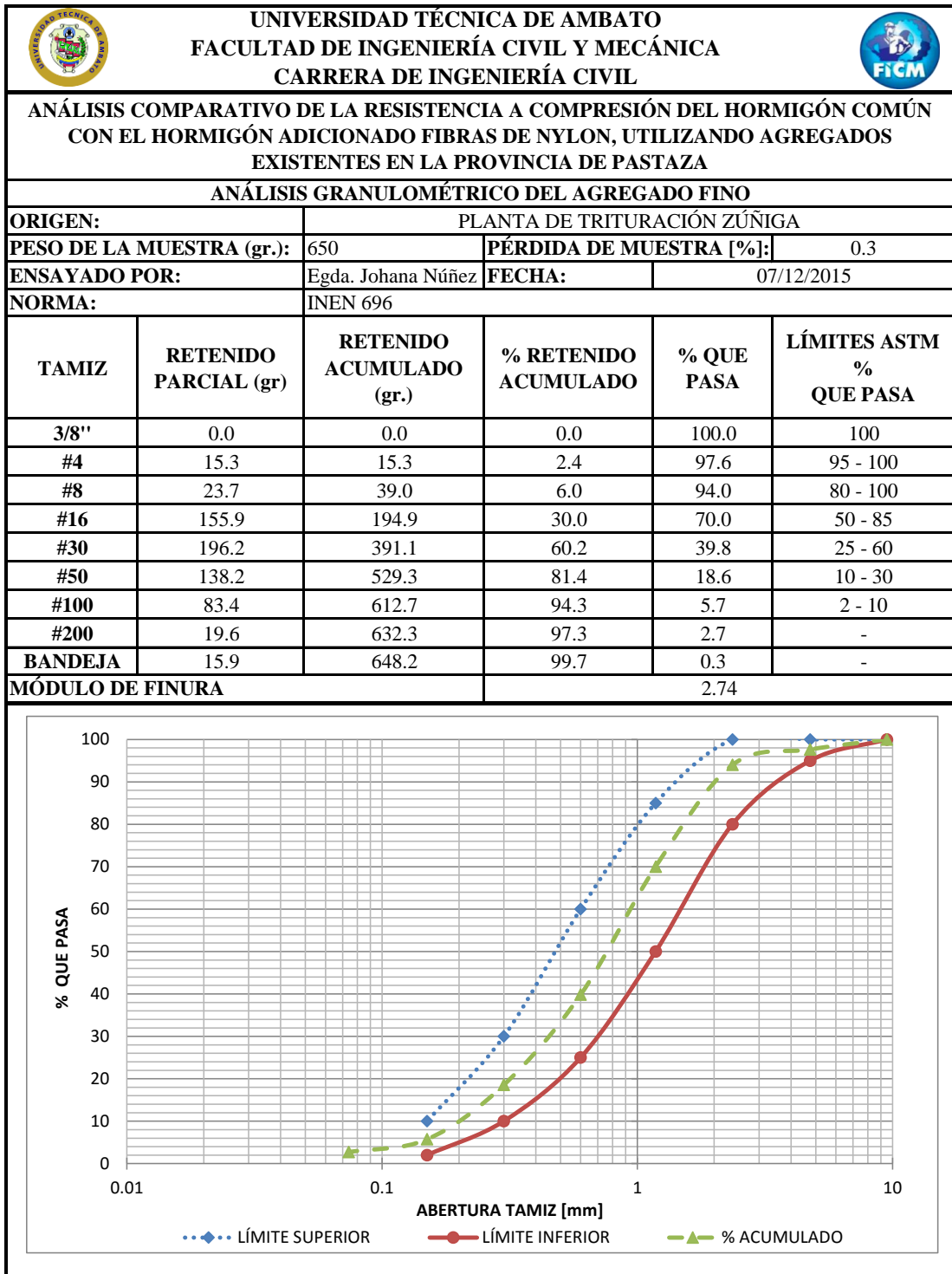
Los agregados utilizados fueron provenientes del río Pastaza y procesados en la Planta de Trituración “Zúñiga”, ubicada en el cantón Mera, parroquia Madre Tierra; los mismo que al ser ensayados arrojaron los siguientes resultados:

**Tabla 7.** Análisis Granulométrico del Agregado Grueso. (Planta de Trituración Zúñiga)



**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 8.** Análisis Granulométrico del Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga)



**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 9.** Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso y Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>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</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</b>				
<b>ORIGEN:</b>	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Johana Núñez	<b>FECHA:</b>	09/12/2015	
<b>NORMA:</b>	INEN 858			
<b>MASA RECIPIENTE [kg]:</b>	9.8			
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE [cm<sup>3</sup>]:</b>	20.56			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE [kg]	AGREGADO [kg]	PESO UNITARIO [kg/cm <sup>3</sup> ]	PESO UNITARIO PROMEDIO [kg/cm <sup>3</sup> ]
GRUESO	42.1	32.3	1.571	1.5686
	42	32.2	1.566	
FINO	41.9	32.1	1.561	1.5564
	41.7	31.9	1.552	

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 10.** Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso y Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>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</b>				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO</b>				
<b>ORIGEN:</b>	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Johana Núñez	<b>FECHA:</b>	09/12/2015	
<b>NORMA:</b>	INEN 858			
<b>MASA RECIPIENTE [kg]:</b>	9.8			
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE [cm<sup>3</sup>]:</b>	20.56			
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE [kg]	AGREGADO [kg]	PESO UNITARIO [kg/cm <sup>3</sup> ]	PESO UNITARIO PROMEDIO [kg/cm <sup>3</sup> ]
GRUESO	45.5	35.7	1.736	1.7388
	45.6	35.8	1.741	
FINO	44.6	34.8	1.693	1.6999
	44.9	35.1	1.707	

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 11.** Peso Unitario Compactado de la Muestra. (Planta de Trituración Zúñiga)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
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								
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA								
ORIGEN:		PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA						
ENSAYADO POR:		Egda. Johana Núñez		FECHA:		09/12/2015		
NORMA:		INEN 858						
MASA RECIPIENTE [Kg]		9.8						
VOLUMEN RECIPIENTE [cm <sup>3</sup> ]		20.56						
% MEZCLA		CANTIDAD [Kg]		FINO AÑADIDO [Kg]	AGREGADO + RECIPIENTE [Kg]	AGREGADO [Kg]	PESO UNITARIO MEZCLA [Kg/cm <sup>3</sup> ]	PESO UNITARIO PROMEDIO [Kg/cm <sup>3</sup> ]
R	A	R	A	A	AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO			
100	0	40	0.00	0.00	45.5	35.7	1.736	1.739
					45.6	35.8	1.741	
90	10	40	4.44	4.44	47.4	37.6	1.829	1.836
					47.7	37.9	1.843	
80	20	40	10.00	5.56	49.2	39.4	1.916	1.911
					49.0	39.2	1.907	
70	30	40	17.14	7.14	50.4	40.6	1.975	1.977
					50.5	40.7	1.980	
60	40	40	26.67	9.52	51.0	41.2	2.004	2.001
					50.9	41.1	1.999	
50	50	40	40.00	13.33	50.7	40.9	1.989	1.994
					50.9	41.1	1.999	
40	60	40	60.00	20.00	50.0	40.2	1.955	1.950
					49.8	40	1.946	

DENSIDAD APARENTE PROMEDIO [Kg/cm<sup>3</sup>]

A. FINO

PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA MEZCLA [%]

—●— DENSIDAD ÓPTIMA DE LOS AGREGADOS

<b>PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO</b>	42	[%]
<b>PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO</b>	58	[%]
<b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO</b>	38	[%]
<b>PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO</b>	62	[%]
<b>PESO UNITARIO MÁXIMO</b>	2.002	[gr/cm <sup>3</sup> ]
<b>PESO UNITARIO ÓPTIMO</b>	1.900	[gr/cm <sup>3</sup> ]

Fuente: Egda. Johana Núñez

**Tabla 12. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso. (Planta de Trituración Zúñiga)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
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				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA			
ENSAYADO POR:	Egda. Johana Núñez	FECHA:	14/12/2015	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DEL RIPIO				
M1	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AIRE	[gr]	1231	
M2	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AGUA	[gr]	1065	
M3	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	[gr]	4623	
M4	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	[gr]	3190	
DA	DENSIDAD REAL DEL AGUA	[gr/cm <sup>3</sup> ]	1.000	
M5 = M3 - M1	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	[gr]	3392	
M6 = M4 - M2	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	[gr]	2125	
VR = (M5-M6) / DA	VOLUMEN REAL DE LA MUESTRA	[cm <sup>3</sup> ]	1267	
DR = M5 / VR	DENSIDAD REAL DEL RIPIO	[gr/cm <sup>3</sup> ]	2.677	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL RIPIO				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	[gr]	25,5	24,5
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	[gr]	145,1	158,2
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	[gr]	119,6	133,7
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	[gr]	144	157,4
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	[gr]	118,5	132,9
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	[%]	0,93	0,60
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL RIPIO	[%]	0,77	

**Fuente:** Egda. Johana Núñez


**Tabla 13. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino. (Planta de Trituración Zúñiga)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
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				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA			
ENSAYADO POR:	Egda. Johana Núñez	FECHA:	14/12/2015	
NORMA:	INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL DE LA ARENA				
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	[gr]	183,6	
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	[gr]	527,8	
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	[gr]	898,3	
M4 = M3 - M2	MASA AGUA AÑADIDA	[gr]	370,5	
M5	MASA PICNÓMETRO + 500 cm <sup>3</sup> DE AGUA	[gr]	681,6	
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 cm <sup>3</sup> DE AGUA	[gr]	498,0	
DA = M6 / 500 cm <sup>3</sup>	DENSIDAD DEL AGUA	[gr/cm <sup>3</sup> ]	1.000	
M7 = M6 - M4	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	[gr]	127,5	
M8 = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO	[gr]	344,2	
V88 = M7 / DA	VOLUMEN DE AGUA DESALOJADA	[cm <sup>3</sup> ]	127,5	
DRA = M8 / V88	DENSIDAD REAL DE LA ARENA	[gr/cm <sup>3</sup> ]	2.700	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA ARENA				
M7	MASA DEL RECIPIENTE	[gr]	25,5	24,5
M8	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S.	[gr]	145,1	158,2
M9 = M8 - M7	MASA DE LA MUESTRA S.S.S.	[gr]	119,6	133,7
M10	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	[gr]	143,7	156,8
M11 = M10 - M7	MASA DE LA MUESTRA SECA	[gr]	118,2	132,3
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	[%]	1,18	1,06
P2 = (CA1 + CA2) / 2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO DEL ARENA	[%]	1,12	

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

#### 4.1.2. Ensayos realizados al Cemento

**Tabla 14.** Densidad Real del Cemento Holcim Rocafuerte

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
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				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ORIGEN:	Cemento Holcim Rocafuerte			
ENSAYADO POR:	Egda. Johana Núñez	FECHA:	17/12/2015	
DATOS	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	M1	M2
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr	163.2	152.6
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO	gr	343.2	332.6
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO + GASOLINA	gr	663.3	655.8
M4 = M3 - M2	MASA GASOLINA AÑADIDA	gr	320.1	323.2
M5	MASA DEL PICNÓMETRO + 500 cm <sup>3</sup> GASOLINA	gr	529.0	520.2
M6 = M5 - M1	MASA 500 cm <sup>3</sup> GASOLINA	gr	365.8	367.6
DG = M6 / 500	DENSIDAD DE LA GASOLINA	gr./cm <sup>3</sup>	0.732	0.735
M7 = M6 - M4	MASA GASOLINA DESALOJADA POR EL CEMENTO	gr	45.7	44.4
MC = M2 - M1	MASA DE CEMENTO	gr	180	180
VG = M7 / DG	VOLUMEN DE GASOLINA DESALOJADA	cm <sup>3</sup>	62.47	60.39
DRC = MC/VG	DENSIDAD REAL DEL CEMENTO	gr./cm <sup>3</sup>	2.882	2.981
P = (DRC1 + DRC2) / 2	DENSIDAD REAL PROMEDIO DEL CEMENTO	gr./cm <sup>3</sup>	2.931	

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

#### 4.1.3. Dosificación del hormigón según el Método de la Densidad Óptima

Una vez obtenidos las características físicas de los agregados a utilizarse, se calculará la dosificación de la mezcla mediante el método de la Densidad Óptima desarrollada por la Universidad Central del Ecuador; para el desarrollo de la dosificación se requieren los siguientes datos:

- Resistencia a la compresión del hormigón [ $f'c$ ]
- Asentamiento Requerido
- Densidad Real del Cemento (DRC)
- Densidad Real de la Arena (DRA)
- Densidad Real del Ripio (DRR)
- Porcentaje Óptimo de Arena (POA)
- Porcentaje Óptimo de Ripio (POR)



- Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados (DOMAg)

El procedimiento a seguir para el cálculo mencionado es el siguiente:

- Densidad Real del Agregado (DRAg).** - para determinar la densidad real del agregado grueso se utiliza el método de la canastilla, mientras que para la densidad real de la arena se utiliza método del picnómetro.

**Ecuación 1.-** Densidad Real del Agregado

$$DRAg = \frac{(DRA * POA) + (DRR * POR)}{100} \quad [27]$$

- Porcentaje Óptimo de Vacíos (%OV)**

**Ecuación 2.-** Porcentaje Óptimo de Vacíos

$$\%OV = \left( \frac{DRAg - DOMAg}{DRAg} \right) * 100 \quad [27]$$

- Cantidad de Pasta (CP)**

La cantidad de pasta depende del asentamiento requerido, y se determinará de acuerdo a la siguiente tabla

**Tabla 15.-** Cantidad de pasta para distintos asentamientos

Asentamiento	Cantidad de pasta (%)
0 – 3	%OV + 2% + 3%(%OV)
3 – 6	%OV + 2% + 6%(%OV)
6 – 9	%OV + 2% + 8%(%OV)
9 – 12	%OV + 2% + 11%(%OV)
12 – 15	%OV + 2% + 13%(%OV)

**Fuente:** Determinación del módulo de rotura en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de la Cantera Ramírez, para  $f^c = 21$  MPa, Quito, Universidad Central del Ecuador, 2014. [27]

- Relación Agua / Cemento (W/C)** [27]

La relación w/c (agua/cemento) depende de la resistencia a compresión esperada del hormigón a los 28 días de curado, según la siguiente tabla:

**Tabla 16.** Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación w/c [27]

Resistencia a los 28 días [kg/cm <sup>2</sup> ]	Relación w/c
450	0,37
420	0,40
400	0,42
350	0,47
320	0,51
300	0,52
280	0,53
250	0,56
240	0,57
210	0,58
180	0,62
150	0,70

*Fuente:* Determinación del módulo de rotura en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de la Cantera Ramírez, para  $f^c = 21$  MPa, Quito, Universidad Central del Ecuador, 2014. [27]

v. Cantidad de Cemento (C) [27]

**Ecuación 3.-** Cantidad de Cemento

$$C = \frac{CP}{\left(\frac{W}{C}\right) + \frac{1}{DRC}} \quad [27]$$

vi. Cantidad de Agua (W) [27]

**Ecuación 4.-** Cantidad de Agua

$$W = \left(\frac{W}{C}\right) * C \quad [27]$$

**vii. Cantidad de Arena (A)** <sup>[27]</sup>

**Ecuación 5.-** Cantidad de Arena

$$A = (1000 - CP) * \frac{DRA * POA}{100} \quad [27]$$

**viii. Cantidad de Ripio (R)** <sup>[27]</sup>

**Ecuación 6.-** Cantidad de Ripio

$$R = (1000 - CP) * \frac{DRR * POR}{100} \quad [27]$$

**ix. Dosificación al peso** <sup>[27]</sup>

Al finalizar con el procedimiento previamente descrito y tomando en cuenta las condiciones de saturada superficie seca (SSS) de los agregados se pueden obtener los factores de material para la dosificación.

- *Dosificación al peso de los materiales*

**Ecuación 7.-** Dosificación al peso [27]

$$\text{Dosificación } (W, A, R) = \frac{\text{Cantidad de material de mezclado } (W, A, R) \text{ por } 1 \text{ m}^3}{\text{Cantidad de Cemento } (C)}$$

- *Cálculo de la cantidad de material (W, A, R) para un saco de cemento.*

**Ecuación 8.-** Dosificación para 1 saco de cemento [27]

$$\text{Cantidad } (W, A, R) \text{ por 1 saco} = \frac{\text{Dosificación } (W, A, R) * 50 \text{ kg}}{1}$$

Las cantidades de material obtenidos en el procedimiento anterior son aplicables cuando los agregados se encuentran en condiciones de Saturado Superficie Seca (SSS), pero como al momento de la elaboración de la mezcla en campo es posible que los agregados no se encuentren en dichas condiciones se requiere realizar la corrección de la dosificación por humedad.

**Tabla 17. Dosificación del Hormigón.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
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			
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA			
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZUÑIGA		
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez	DATOS DE TABLAS	
FECHA:	21/12/2015	w / c	0.58
DATOS DE ENSAYO		CP en %	%POV +2% + 8%POV
f <sub>c</sub>	210 gr/cm <sup>2</sup>	CÁLCULOS	
Asentamiento	6 cm	DRAg	2.686 kg/dm <sup>3</sup>
DRC	2.931 gr/cm <sup>3</sup>	POV	25.495 %
DRA	2.7 gr/cm <sup>3</sup>	CP	295.350 dm <sup>3</sup>
DRR	2.677 gr/cm <sup>3</sup>	C	320.621 kg
POA	38 %	W	185.960 lts
POR	62 %	A	722.971 kg
DOMAg	2.001 gr/cm <sup>3</sup>	R	1169.535 kg
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	CANTIDAD EN (KG) POR CADA M3 DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (kg) POR SACO DE CEMENTO DE 50kg.
W	185.960	0.58	29.00
C	320.621	1.00	50.00
A	722.971	2.25	112.75
R	1169.535	3.65	182.39
<b>TOTAL</b>	<b>2399.088</b>	<b>kg./m<sup>3</sup> Densidad del Hormigón</b>	
<b>NOMENCLATURA</b>			
DRC	Densidad Real del Cemento	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos
DRA	Densidad Real de la Arena	CP	Cantidad de Pasta
DRR	Densidad Real del Ripio	C	Cantidad de Cemento
POA	Porcentaje Óptimo Arena	W	Cantidad de Agua
POR	Porcentaje Óptimo Ripio	A	Cantidad de Arena
DOMAg	Densidad Óptima de la mezcla	R	Cantidad de Ripio
w / c	Relación Agua/Cemento	C.A.	Capacidad de Absorción
CP en %	Porcentaje de Cantidad de Pasta	C.H.	Contenido de Humedad 24 h. antes
DRAg	Densidad Real de la mezcla		

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**x. Corrección por humedad a la dosificación.**

Para realizar la corrección a la dosificación es necesario determinar el contenido de humedad que presentan los agregados fino y grueso un día antes de hacer la mezcla, este procedimiento debe cumplir con las normas NTE INEN 856<sup>[15]</sup> – 857<sup>[20]</sup>.

Es posible realizar la corrección por humedad con los porcentajes de humedad de los agregados determinados previo a realizar la dosificación y utilizando las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 9.-** Corrección de la cantidad de arena en la dosificación [27]

$$Corrección\ Arena = Masa\ (arena) * \frac{100 + \%humedad\ (arena)}{100 + \%absorción\ (arena)}$$

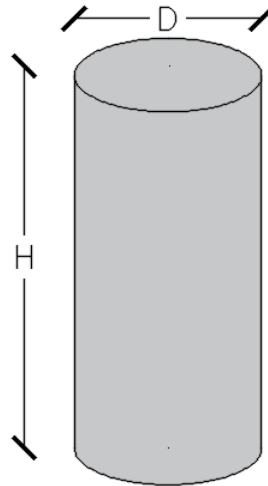
**Ecuación 10.-** Corrección de la cantidad de ripio en la dosificación [27]

$$Corrección\ Ripio = Masa\ (ripio) * \frac{100 + \%humedad\ (ripio)}{100 + \%absorción\ (ripio)}$$

**xi. Dosificación de Hormigón para Cilindros (DHC) [27]**

Para determinar la cantidad de hormigón necesario para los cilindros es necesario tener las dimensiones de los mismos:

**Ilustración 5.** Representación de Cilindro de Hormigón



**Fuente:** Egda. Johana Núñez

Dónde:

**D**= Diámetro del cilindro

**H**= Altura del cilindro.

Además, será necesario saber el número de cilindros de hormigón a ser elaborados.

- a. Cálculo del volumen de hormigón necesario para los cilindros

**Ecuación 11.-** Volumen de Hormigón necesario para Cilindros [27]




$$VCH = \left( \frac{\pi * D^2}{4} * H \right) * \# \text{ Cilindros}$$

- b. Dosificación de Hormigón para cilindros

**Ecuación 12.-** Dosificación de Hormigón para Cilindros [27]

$$DHC = \text{Dosificación por volumen} * VCH$$

**Tabla 18.** Corrección a la dosificación de hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
									
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									
CORRECCIÓN A LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$									
ORIGEN: PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA									
REALIZADO POR: Egda. Johana Núñez			FECHA: 07/08/2014						
CANTIDAD DE CEMENTO PARA HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ NECESARIO POR DOSIFICACIÓN (6 Cilindros)									
VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS				0.032 [m <sup>3</sup> ]					
VOLUMEN DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ NECESARIO POR DOSIFICACIÓN				0.032 [m <sup>3</sup> ]					
CANTIDAD DE CEMENTO PARA 1 m <sup>3</sup> DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$				320.77 [kg]					
CANTIDAD DE CEMENTO PARA HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$				10.20 [kg]					
CORRECCIÓN A LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$									
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN	C.A. [%]	C.H. [%]	CORRECCIÓN [%]		CANTIDADES [kg]		DOSIFICACIÓN
W	0.58	5.92				-0.01	5.90	0.58	
C	1.00	10.20				-	10.20	1.00	
A	2.37	24.20	1.12	1.99	-0.87	-0.21	24.41	2.39	
R	3.53	35.99	0.77	0.22	0.55	0.20	35.80	3.51	
NOMENCLATURA									
C.A.	Capacidad de Absorción				W	Agua			
C.H.	Contenido de Humedad con muestras de 24 h. antes				A	Arena			
C	Cemento				R	Ripio			

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

#### 4.1.4. Porcentaje de Fibra de Nylon en el Hormigón

Según el ACI 544-5R.10<sup>[9]</sup> denominado como Reporte del Hormigón Reforzado con Fibras, menciona que, en el hormigón, la concentración típica de fibras añadida se encuentra dentro del rango de 0.25% al 1.5% del volumen del hormigón, motivo por el cual, para la presente investigación, el valor de partida de porcentaje de fibra añadida al hormigón es de 0.50%.

##### 4.1.4.1. Dosificación de Fibra de Nylon para Cilindros

Para determinar la cantidad de fibra de Nylon en los cilindros se requiere previamente saber las dimensiones de los cilindros, Altura (H) y Diámetro (D); el porcentaje de Fibra de Nylon a ser adicionado en el Hormigón (% F<sub>n</sub>); la densidad de la fibra de Nylon (DF<sub>n</sub>); la densidad del Hormigón (DH); y el número de cilindros por cada porcentaje de fibra de Nylon (N° Cilindros).

El procedimiento a seguir para el cálculo mencionado es el siguiente:

**i. Volumen del Cilindro de Hormigón (VCH) <sup>[19]</sup>**

$$VCH = \left( \frac{\pi * D^2}{4} \right) * H$$

**ii. Masa del Cilindro de Hormigón(MCH) <sup>[19]</sup>**

$$MCH = VCH * DH$$

**iii. Masa de Hormigón requerido para muestras cilíndricas (MHC) <sup>[19]</sup>**

$$MHC = MCH * N^{\circ} \text{ Cilindros}$$

**iv. Volumen de Hormigón requerido para muestras cilíndricas (VHC) <sup>[19]</sup>**

$$VHC = \frac{MHC}{DH}$$

**v. Volumen de la Fibra de Nylon en el Hormigón (VF<sub>n</sub>) <sup>[19]</sup>**

La cantidad de fibra de nylon debe añadirse en función del volumen de hormigón, así:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ de H}^{\circ} \rightarrow 100\% \\ x \text{ m}^3 \text{ de H}^{\circ} \rightarrow \%VF_n \end{array}$$

$$x = \%VF_n$$



**vi. Masa de la Fibra de Nylon en el Hormigón (MF<sub>n</sub>) <sup>[19]</sup>**

$$MF_n = VF_n * DF_n$$

**vii. Cantidad de Fibra de Nylon para muestras cilíndricas(CF<sub>n</sub>C) <sup>[19]</sup>**



$$CF_nC = MF_n * VHC$$

**Tabla 19.** Dosificación para 0.50% de fibra de Nylon de longitud de 3/4” en cilindros de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
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			
DOSIFICACIÓN PARA 0.50 % DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 3/4" EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA		
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez	FECHA:	15/02/2016
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0.15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0.30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	$\text{m}^2$	0.02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	$\text{m}^3$	0.0053
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	$\text{kg/m}^3$	2399.28
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12.72
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	76.32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	$\text{m}^3$	0.032
Dfn	DENSIDAD DE LA FIBRA DE NYLON	$\text{gr/cm}^3$	1.16
%Fn	% FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN	%	0.500
VFn	VOLUMEN DE FIBRA DE NYLON	$\text{m}^3$	0.0050
Mfn	MASA DE FIBRA DE NYLON EN HORMIGÓN	kg cada $\text{m}^3$	5.80
CFnC	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA CILINDROS	kg	0.18

**Fuente:** Egda. Johana Núñez



**Tabla 20.** Dosificación para 1.00% de fibra de Nylon de longitud de 3/4” en cilindros de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
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			
DOSIFICACIÓN PARA 1.00 % DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 3/4" EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA		
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez	FECHA:	15/02/2016
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0.15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0.30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	$\text{m}^2$	0.02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	$\text{m}^3$	0.01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	$\text{kg/m}^3$	2399.28
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12.72
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	76.32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	$\text{m}^3$	0.032
Dfn	DENSIDAD DE LA FIBRA DE NYLON	$\text{gr/cm}^3$	1.16
%Fn	% FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN	%	1.000
VFn	VOLUMEN DE FIBRA DE NYLON	$\text{m}^3$	0.0100
Mfn	MASA DE FIBRA DE NYLON EN HORMIGÓN	kg cada $\text{m}^3$	11.60
CFnC	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA CILINDROS	kg	0.37

**Fuente:** Egda. Johana Núñez





**Tabla 21.** Dosificación para 1.20% de fibra de Nylon de longitud de 3/4" en cilindros de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
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			
DOSIFICACIÓN PARA 1.20 % DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 3/4" EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
<b>ORIGEN:</b>	PLANTA DE TRITURACIÓN ZUÑIGA		
<b>REALIZADO POR:</b>	Egda. Johana Núñez	<b>FECHA:</b>	15/02/2016
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	1
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0.15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0.30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	$\text{m}^2$	0.02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	$\text{m}^3$	1.00
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	$\text{kg/m}^3$	2399.27
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	2399.27
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	2399.27
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	$\text{m}^3$	1.000
Dfn	DENSIDAD DE LA FIBRA DE NYLON	$\text{gr/cm}^3$	1.16
%Fn	% FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN	%	1.200
VFn	VOLUMEN DE FIBRA DE NYLON	$\text{m}^3$	0.0120
Mfn	MASA DE FIBRA DE NYLON EN HORMIGÓN	kg cada $\text{m}^3$	13.92
CFnC	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA CILINDROS	kg	13.92



**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 22.** Dosificación para 0.50% de fibra de Nylon de longitud de 2" en cilindros de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
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			
DOSIFICACIÓN PARA 0.50 % DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 2" EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
<b>ORIGEN:</b>	PLANTA DE TRITURACIÓN ZUÑIGA		
<b>REALIZADO POR:</b>	Egda. Johana Núñez	<b>FECHA:</b>	15/02/2016
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0.15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0.30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	$\text{m}^2$	0.02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	$\text{m}^3$	0.0053
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	$\text{kg/m}^3$	2399.28
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12.72
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	76.32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	$\text{m}^3$	0.032
Dfn	DENSIDAD DE LA FIBRA DE NYLON	$\text{gr/cm}^3$	1.16
%Fn	% FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN	%	0.500
VFn	VOLUMEN DE FIBRA DE NYLON	$\text{m}^3$	0.0050
Mfn	MASA DE FIBRA DE NYLON EN HORMIGÓN	kg cada $\text{m}^3$	5.80
CFnC	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA CILINDROS	kg	0.18



**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 23.** Dosificación para 1.00% de fibra de Nylon de longitud de 2'' en cilindros de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
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			
DOSIFICACIÓN PARA 1.00 % DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 2'' EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
<b>ORIGEN:</b>	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA		
<b>REALIZADO POR:</b>	Egda. Johana Núñez		<b>FECHA:</b> 15/02/2016
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0.15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0.30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m <sup>2</sup>	0.02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m <sup>3</sup>	0.01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m <sup>3</sup>	2399.28
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12.72
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	76.32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m <sup>3</sup>	0.032
Dfn	DENSIDAD DE LA FIBRA DE NYLON	gr/cm <sup>3</sup>	1.16
%Fn	% FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN	%	1.000
VFn	VOLUMEN DE FIBRA DE NYLON	m <sup>3</sup>	0.0100
Mfn	MASA DE FIBRA DE NYLON EN HORMIGÓN	kg cada m <sup>3</sup>	11.60
CFnC	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA CILINDROS	kg	0.37

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 24.** Dosificación para 1.20% de fibra de Nylon de longitud de 2'' en cilindros de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
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			
DOSIFICACIÓN PARA 1.20 % DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 2'' EN CILINDROS DE HORMIGÓN $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
<b>ORIGEN:</b>	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA		
<b>REALIZADO POR:</b>	Egda. Johana Núñez		<b>FECHA:</b> 15/02/2016
DATOS	REFERENCIA	UNIDADES	DATOS
# Cilindros	NÚMERO DE CILINDROS	u	6
D	DIÁMETRO DE CILINDRO	m	0.15
H	ALTURA DE CILINDRO	m	0.30
AC	ÁREA DEL CILINDRO	m <sup>2</sup>	0.02
VC	VOLUMEN DEL CILINDRO	m <sup>3</sup>	0.01
DH	DENSIDAD HORMIGÓN	kg/m <sup>3</sup>	2399.28
MCH	MASA DE CADA CILINDRO DE HORMIGÓN	kg	12.72
MHC	MASA DE HORMIGÓN PARA CILINDROS	kg	76.32
VHC	VOLUMEN DE HORMIGÓN NECESARIO PARA CILINDROS	m <sup>3</sup>	0.032
Dfn	DENSIDAD DE LA FIBRA DE NYLON	gr/cm <sup>3</sup>	1.16
%Fn	% FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN	%	1.200
VFn	VOLUMEN DE FIBRA DE NYLON	m <sup>3</sup>	0.0120
Mfn	MASA DE FIBRA DE NYLON EN HORMIGÓN	kg cada m <sup>3</sup>	13.92
CFnC	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA CILINDROS	kg	0.44

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

## 4.2. Análisis de resultados



### 4.2.1.1. Determinación de propiedades del hormigón en estado fresco en cilindros de hormigón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 25.** Propiedades del Hormigón en estado fresco en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 3/4”

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		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										
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN CILINDROS DE HORMIGÓN CON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$												
ORIGEN: PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA						NORMA: NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579						
REALIZADO POR: Egda. Johana Núñez						ALTURA DE CILINDRO [m]: 0.3						
PROBETA N°	% DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 3/4"	FECHA DE ELABORACIÓN	DIÁMETRO [cm]	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN [Kg]	MASA DEL RECIPIENTE VACÍO [Kg]	PESO CILINDRO [Kg]	VOLUMEN DEL RECIPIENTE [m <sup>3</sup> ]	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA [cm]	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD [Kg/m <sup>3</sup> ]	DENSIDAD MEDIA [Kg/m <sup>3</sup> ]
1	0.00	15/03/2016	15.27	24.3	11.3	13.0	0.005	BUENA	6.0	BUENA	2366.21	2359.49
2			15.28	24.4	11.4	13.0	0.006				2363.12	
3			15.28	24.5	11.3	13.2	0.006				2399.47	
4			15.29	24.4	11.4	13.0	0.006				2360.03	
5			15.34	24.4	11.4	13.0	0.006				2344.67	
6			15.41	24.4	11.4	13.0	0.006				2323.42	
7			15.35	24.4	11.4	13.0	0.006				2341.61	
8	0.50	17/03/2016	15.34	24.3	11.6	12.7	0.006	MEDIA	3.5	BUENA	2290.56	2335.35
9			15.30	24.4	11.6	12.8	0.006				2320.68	
10			15.26	24.3	11.4	12.9	0.005				2351.09	
11			15.26	24.5	11.5	13.0	0.005				2369.32	
12			15.30	24.3	11.4	12.9	0.006				2338.81	
13	1.00	17/03/2016	15.26	24.0	11.4	12.6	0.005	MALA	2.5	BUENA	2296.41	2317.23
14			15.36	24.2	11.4	12.8	0.006				2302.59	
15			15.25	24.3	11.5	12.8	0.005				2335.93	
16			15.24	24.5	11.7	12.8	0.005				2338.99	
17			15.34	24.2	11.6	12.6	0.006				2272.53	
18			15.30	24.4	11.4	13.0	0.006				2356.94	
19	1.20	17/03/2016	15.35	24.3	11.4	12.9	0.006	MALA	1.0	BUENA	2323.60	2336.76
20			15.40	24.6	11.6	13.0	0.006				2326.43	
21			15.26	24.2	11.4	12.8	0.005				2332.87	
22			15.33	24.3	11.3	13.0	0.006				2347.73	
23			15.30	24.1	11.2	12.9	0.006				2338.81	
24			15.26	24.3	11.4	12.9	0.005				2351.09	

Fuente: Egda. Johana Núñez

**Tabla 26.** Propiedades del Hormigón en estado fresco en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 2” con  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$ .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 												
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												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN CILINDROS DE HORMIGÓN CON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$												
ORIGEN: PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA						NORMA: NTE INEN 1578 - NTE INEN 1579						
REALIZADO POR: Egda. Johana Núñez						ALTURA DE CILINDRO [m]: 0.3						
PROBETA N°	% DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 2"	FECHA DE ELABORACIÓN	DIÁMETRO [cm]	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE HORMIGÓN [Kg]	MASA DEL RECIPIENTE VACÍO [Kg]	PESO CILINDRO [Kg]	VOLUMEN DEL RECIPIENTE [m <sup>3</sup> ]	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA [cm]	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD [Kg/m <sup>3</sup> ]	DENSIDAD MEDIA [Kg/m <sup>3</sup> ]
1	0.00	15/03/2016	15.27	24.3	11.3	13.0	0.005	BUENA	6.0	BUENA	2366.21	2359.49
2			15.28	24.4	11.4	13.0	0.006				2363.12	
3			15.28	24.5	11.3	13.2	0.006				2399.47	
4			15.29	24.4	11.4	13.0	0.006				2360.03	
5			15.34	24.4	11.4	13.0	0.006				2344.67	
6			15.41	24.4	11.4	13.0	0.006				2323.42	
7	0.50	17/03/2016	15.35	24.3	11.3	13	0.006	REGULAR	2.0	BUENA	2341.61	2330.19
8			15.35	24.3	11.5	12.8	0.006				2305.59	
9			15.34	24.5	11.6	12.9	0.006				2326.63	
10			15.35	24.4	11.5	12.9	0.006				2323.60	
11			15.30	24.4	11.4	13	0.006				2356.94	
12			15.28	24.4	11.6	12.8	0.006				2326.76	
13	1.00	23/03/2016	15.32	24.6	11.6	13	0.006	REGULAR	1.5	BUENA	2350.79	2343.74
14			15.35	24.5	11.4	13.1	0.006				2359.63	
15			15.30	24.3	11.4	12.9	0.006				2338.81	
16			15.30	24.4	11.4	13	0.006				2356.94	
17			15.40	24.3	11.4	12.9	0.006				2308.54	
18			15.33	24.5	11.5	13	0.006				2347.73	
19	1.20	23/03/2016	15.40	24.4	11.5	12.9	0.006	MALA	1.0	BUENA	2308.54	2340.87
20			15.35	24.4	11.4	13	0.006				2341.61	
21			15.30	24.4	11.5	12.9	0.006				2338.81	
22			15.26	20.1	6.8	13.3	0.005				2423.99	
23			15.40	24.2	11.4	12.8	0.006				2290.64	
24			15.35	24.4	11.4	13	0.006				2341.61	

Fuente: Egda. Johana Núñez


#### 4.2.1.2. Comportamiento a compresión de cilindros de hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 27.** Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 3/4" de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7 días de edad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 																	
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																	
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ A LOS 7 DÍAS DE EDAD																	
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA									NORMA		NTE INEN 1573 - ASTM C 39					
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez									ALTURA DE CILINDRO [m]:		0.3					
PROBETA N°	% DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 3/4"	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m <sup>3</sup> ]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR [%]	VALOR OBTENIDO [%]	LÍMITE SUPERIOR [%]
										KN	KG						
1	0.00	15/03/2016	22/03/2016	15.30	183.85	0.006	12.935	2345.16	2375.96	248.30	25319.55	137.72	138.68	7	65	66.04	75
2				15.14	180.03	0.005	12.803	2370.55		246.70	25156.40	139.74					
3				15.15	180.27	0.005	13.045	2412.17		245.00	24983.05	138.59					
7	0.50	17/03/2016	24/03/2016	15.23	182.18	0.005	12.914	2362.92	2365.56	270.20	27552.73	151.24	150.36	7	65	71.60	75
8				15.18	180.98	0.005	12.886	2373.36		261.70	26685.97	147.45					
9				15.15	180.27	0.005	12.765	2360.39		269.40	27471.15	152.39					
13	1.00	17/03/2016	24/03/2016	15.35	185.06	0.006	12.717	2290.64	2321.44	246.80	25166.60	135.99	140.07	7	65	66.70	75
14				15.16	180.50	0.005	12.674	2340.48		252.40	25737.64	142.59					
15				15.15	180.27	0.005	12.618	2333.21		250.40	25533.69	141.64					
19	1.20	17/03/2016	24/03/2016	15.30	183.85	0.006	12.939	2345.88	2364.20	227.40	23188.35	126.12	128.02	7	65	60.96	75
20				15.20	181.46	0.005	12.912	2371.89		229.80	23433.08	129.14					
21				15.18	180.98	0.005	12.894	2374.83		228.60	23310.71	128.80					

Fuente: Egda. Johana Núñez

**Tabla 28.** Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 2” de  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$  a los 7 días de edad.

 <div style="text-align: center;">                     UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                      FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA                      CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL                 </div> 																	
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																	
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ A LOS 7 DÍAS DE EDAD																	
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA									NORMA		NTE INEN 1573 - ASTM C 39					
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez									ALTURA DE CILINDRO (M):		0.3					
PROBETA N°	% DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 2"	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m <sup>3</sup> ]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR [%]	VALOR OBTENIDO [%]	LÍMITE SUPERIOR [%]
										KN	KG						
1	0.00	15/03/2016	22/03/2016	15.30	183.85	0.006	12.935	2345.16	2375.96	248.30	25319.55	137.72	138.68	7	65	66.04	75
2				15.14	180.03	0.005	12.803	2370.55		246.70	25156.40	139.74					
3				15.15	180.27	0.005	13.045	2412.17		245.00	24983.05	138.59					
7	0.50	17/03/2016	24/03/2016	15.20	181.46	0.005	12.736	2339.56	2341.47	211.30	21546.60	118.74	112.19	7	65	53.42	75
8				15.30	183.85	0.006	12.841	2328.12		188.80	19252.24	104.71					
9				15.25	182.65	0.005	12.914	2356.73		202.60	20659.45	113.11					
13	1.00	22/03/2016	29/03/2016	15.10	179.08	0.005	12.662	2356.88	2342.14	289.40	29510.59	164.79	159.53	7	65	75.97	75
14				15.30	183.85	0.006	12.963	2350.24		278.60	28409.29	154.52					
15				15.25	182.65	0.005	12.709	2319.32		285.30	29092.50	159.28					
19	1.20	22/03/2016	29/03/2016	15.34	184.82	0.006	12.856	2318.70	2337.54	299.90	30581.29	165.47	161.06	7	65	76.70	75
20				15.10	179.08	0.005	12.682	2360.60		276.60	28205.35	157.50					
21				15.20	181.46	0.005	12.702	2333.32		285.10	29072.11	160.21					

Fuente: Egda. Johana Núñez

**Tabla 29.** Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 3/4” de  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$  a los 28 días de edad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 																	
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																	
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD																	
ORIGEN:		PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚÑIGA										NORMA		NTE INEN 1573 - ASTM C 39			
REALIZADO POR:		Egda. Johana Núñez										ALTURA DE CILINDRO [m]:		0.3			
PROBETA Nº	% DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 3/4"	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m <sup>3</sup> ]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR [%]	VALOR OBTENIDO [%]	LÍMITE SUPERIOR [%]
										KN	KG						
4	0.00	15/03/2016	12/04/2016	15.26	182.89	0.005	12.985	2366.58	2366.91	375.40	38280.15	209.30	208.19	28	95	99.14	105
5				15.30	183.85	0.006	13.045	2365.10		379.10	38657.44	210.26					
6				15.32	184.33	0.006	13.101	2369.06		370.60	37790.68	205.01					
10	0.50	17/03/2016	14/04/2016	15.17	180.74	0.005	12.922	2383.13	2389.62	479.80	48925.98	270.69	271.42	28	95	129.25	105
11				15.21	181.70	0.005	13.010	2386.75		486.60	49619.39	273.09					
12				15.23	182.18	0.005	13.111	2398.97		483.20	49272.69	270.47					
16	1.00	17/03/2016	14/04/2016	15.34	184.82	0.006	12.693	2289.30	2290.86	420.90	42919.86	232.23	233.10	28	95	111.00	105
17				15.30	183.85	0.006	12.628	2289.50		422.00	43032.02	234.06					
18				15.27	183.13	0.005	12.602	2293.77		418.50	42675.12	233.03					
22	1.20	17/03/2016	14/04/2016	15.34	184.82	0.006	12.893	2325.37	2337.38	414.30	42246.84	228.59	226.88	28	95	108.04	105
23				15.15	180.27	0.005	12.711	2350.41		402.10	41002.79	227.46					
24				15.22	181.94	0.005	12.752	2336.35		400.70	40860.03	224.58					

Fuente: Egda. Johana Núñez

**Tabla 30.** Resistencia a compresión en cilindros de hormigón simple y adicionado fibras de nylon de longitud de 2” de  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$  a los 28 días de edad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 																	
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																	
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD																	
ORIGEN:		PLANTA DE TRITURACIÓN ZÚNIGA								NORMA		NTE INEN 1573 - ASTM C 39					
REALIZADO POR:		Egda. Johana Núñez								ALTURA DE CILINDRO (M):		0.3					
PROBETA Nº	% DE FIBRA DE NYLON DE LONGITUD 2"	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO [cm]	ÁREA [cm <sup>2</sup> ]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m <sup>3</sup> ]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR [%]	VALOR OBTENIDO [%]	LÍMITE SUPERIOR [%]
										KN	KG						
4	0.00	15/03/2016	12/04/2016	15.26	182.89	0.01	12.99	2366.58	2366.91	375.40	38280.15	209.30	208.19	28	95	99.14	105
5				15.30	183.85	0.01	13.05	2365.10		379.10	38657.44	210.26					
6				15.32	184.33	0.01	13.10	2369.06		370.60	37790.68	205.01					
10	0.50	17/03/2016	14/04/2016	15.25	182.65	0.005	12.785	2333.19	2334.25	441.10	44979.68	246.26	244.52	28	95	116.44	105
11				15.27	183.13	0.005	12.815	2332.54		435.70	44429.04	242.60					
12				15.25	182.65	0.005	12.806	2337.02		438.30	44694.16	244.69					
16	1.00	23/03/2016	20/04/2016	15.25	182.65	0.005	12.941	2361.66	2347.40	340.20	34690.75	189.93	190.59	28	95	90.76	105
17				15.20	181.46	0.005	12.736	2339.56		345.80	35261.79	194.32					
18				15.30	183.85	0.006	12.912	2340.99		338.10	34476.61	187.52					
22	1.50	23/03/2016	20/04/2016	15.15	180.27	0.005	12.956	2395.71	2367.85	332.90	33946.35	188.31	187.85	28	95	89.45	105
23				15.10	179.08	0.005	12.586	2342.73		325.30	33171.37	185.23					
24				15.20	181.46	0.005	12.875	2365.10		338.10	34476.61	190.00					

Fuente: Egda. Johana Núñez



El resumen de los resultados obtenidos en los ensayos a compresión se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 31.** Resumen de ensayo a compresión a los 7 días de edad

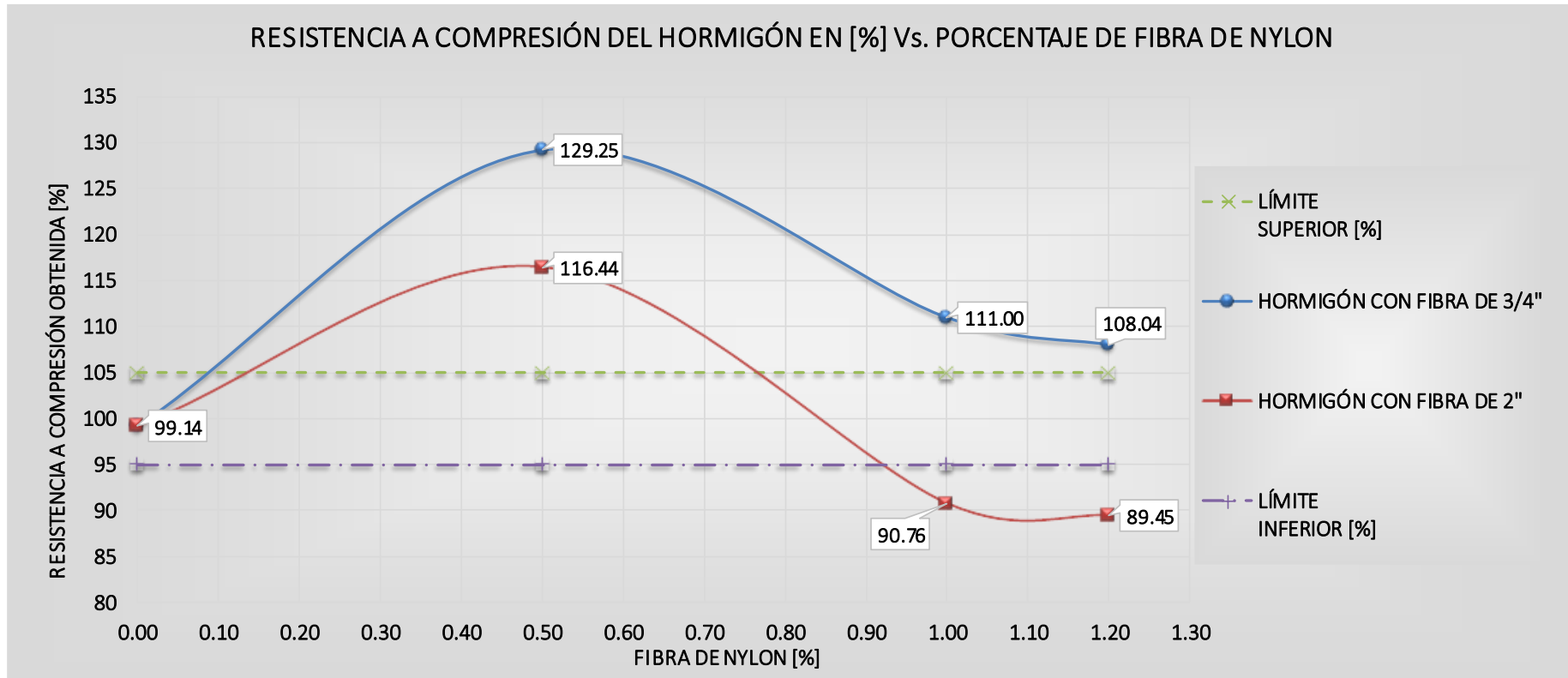
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN COMÚN CON EL HORMIGÓN ADICIONADO FIBRAS DE NYLON, UTILIZANDO AGREGADOS EXISTENTES EN LA PROVINCIA DE PASTAZA									
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZUÑIGA				NORMA:				NTE INEN 1573 - ASTM C 39
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez				ALTURA DEL CILINDRO [m]:				0.3
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ A LOS 7 DÍAS DE EDAD									
% DE FIBRA DE NYLON	LÍMITE INFERIOR		LÍMITE SUPERIOR		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 3/4"		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 2"		
	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [%]	
0.00	136.50	65	157.5	75	138.68	66.04	138.68	66.04	
0.50	136.50	65	157.5	75	150.36	71.60	112.19	53.42	
1.00	136.50	65	157.5	75	140.07	66.70	159.53	75.97	
1.20	136.50	65	157.5	75	128.02	60.96	161.06	76.70	

**Tabla 32.** Resumen de ensayo a compresión a los 28 días de edad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
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									
ORIGEN:	PLANTA DE TRITURACIÓN ZUÑIGA				NORMA:				NTE INEN 1573 - ASTM C 39
REALIZADO POR:	Egda. Johana Núñez				ALTURA DEL CILINDRO [m]:				0.3
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD									
% DE FIBRA DE NYLON	LÍMITE INFERIOR		LÍMITE SUPERIOR		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 3/4"		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 2"		
	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO MEDIO [%]	
0.00	199.50	95	220.5	105	208.19	99.14	208.19	99.14	
0.50	199.50	95	220.5	105	271.42	129.25	244.52	116.44	
1.00	199.50	95	220.5	105	233.10	111.00	190.59	90.76	
1.20	199.50	95	220.5	105	226.88	108.04	187.85	89.45	

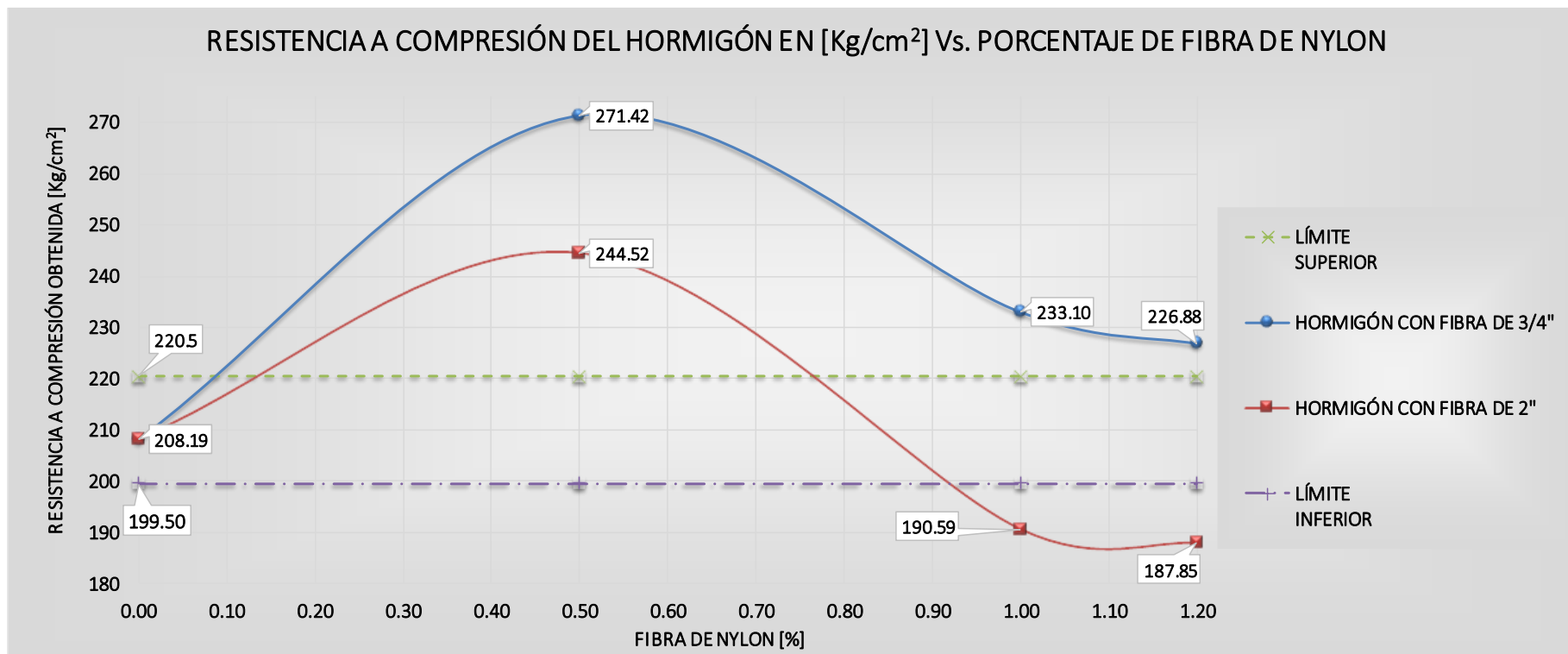
Para entender de mejor manera los resultados obtenidos, se elaboran los siguientes gráficos:

**Gráfico 1.** Resistencia a compresión del hormigón en [%] Vs. Porcentaje de fibra de Nylon



**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Gráfico 2.** Resistencia a compresión del hormigón en [kg/cm<sup>2</sup>] Vs. Porcentaje de fibra de Nylon



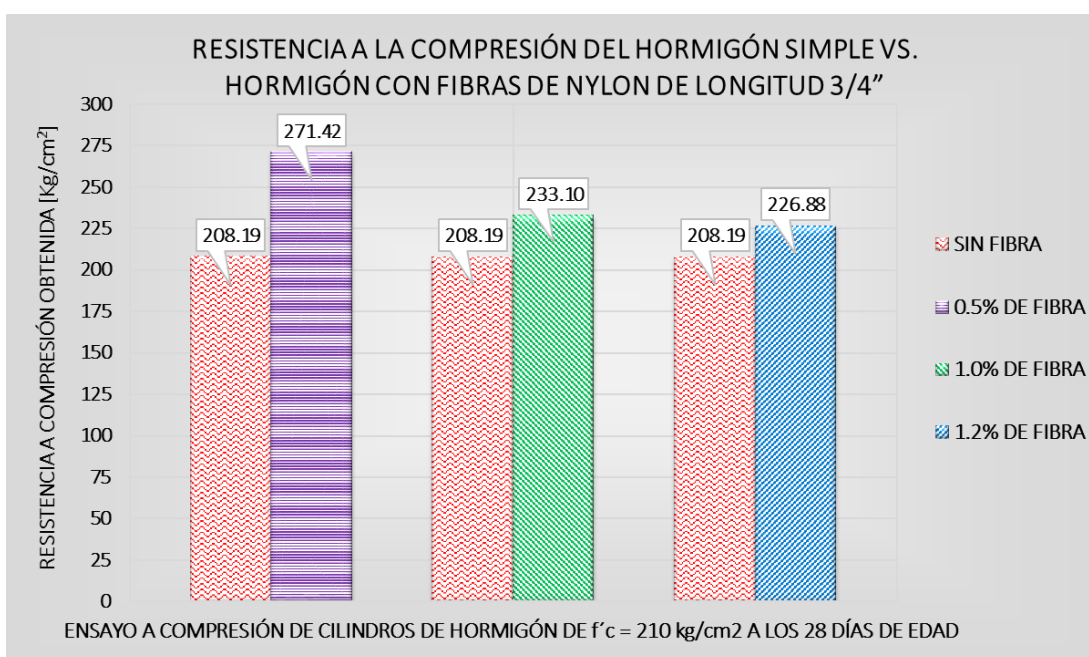
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### Interpretación de los Gráficos 1 y 2:

Una vez finalizados los ensayos, a los 28 días de edad, en un hormigón de resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado diferentes concentraciones de fibra de nylon, es evidente que el porcentaje óptimo de fibra de nylon que debe ser adicionado al hormigón es de 0.5%, pues tanto en la fibra de longitud de 3/4" como en la de 2" presentan un incremento en la resistencia a compresión con relación al hormigón simple, mostrándose un mejor y superior comportamiento con la fibra de menor longitud. Además, una vez superado el porcentaje óptimo de fibra es notable que a medida que la concentración de fibra de nylon en el hormigón aumenta, la resistencia a compresión va disminuyendo.

El porcentaje óptimo y longitud de fibra de nylon que mejora al máximo la resistencia a compresión según los resultados obtenidos, se encuentra dentro de los límites recomendados según la norma ACI 544.5R-10<sup>[9]</sup> (0.25%-1,5%), con lo que se verifica y fundamenta que la concentración de fibra planteada es correcta.

**Gráfico 3.** Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 3/4"

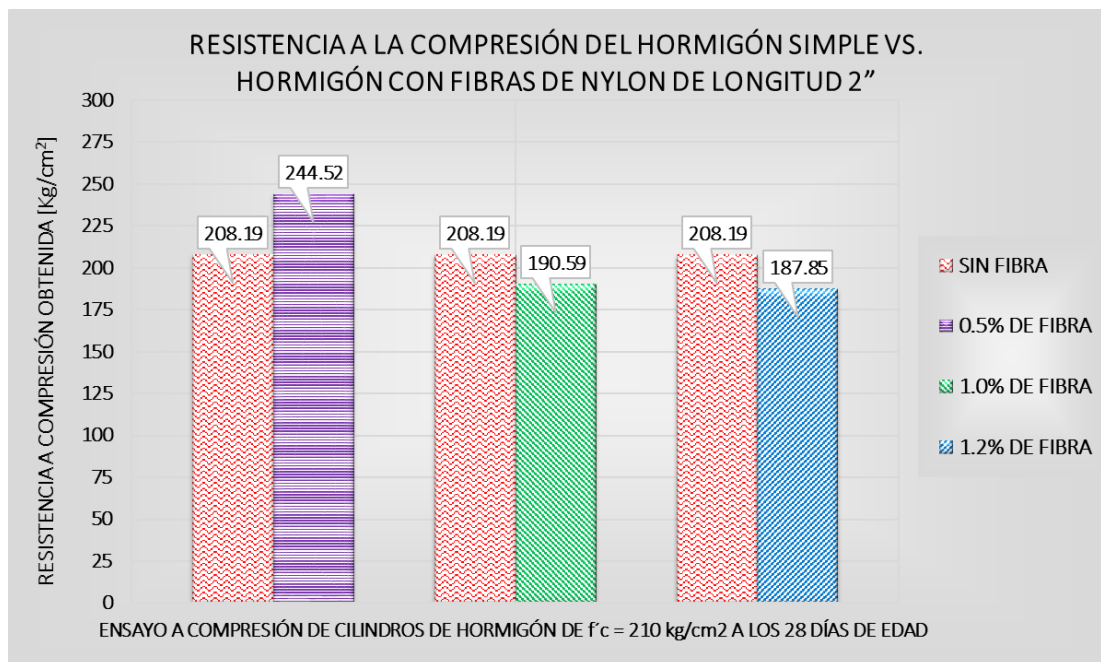


**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### Interpretación del Gráfico 3:

Se evidencia que a los 28 días de edad el hormigón reforzado con fibra de 3/4” presenta una mayor resistencia a la compresión que el hormigón simple, en todos los porcentajes adicionados, teniendo mejor comportamiento con el 0.5% de fibra de nylon.

**Gráfico 4.** Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 2”

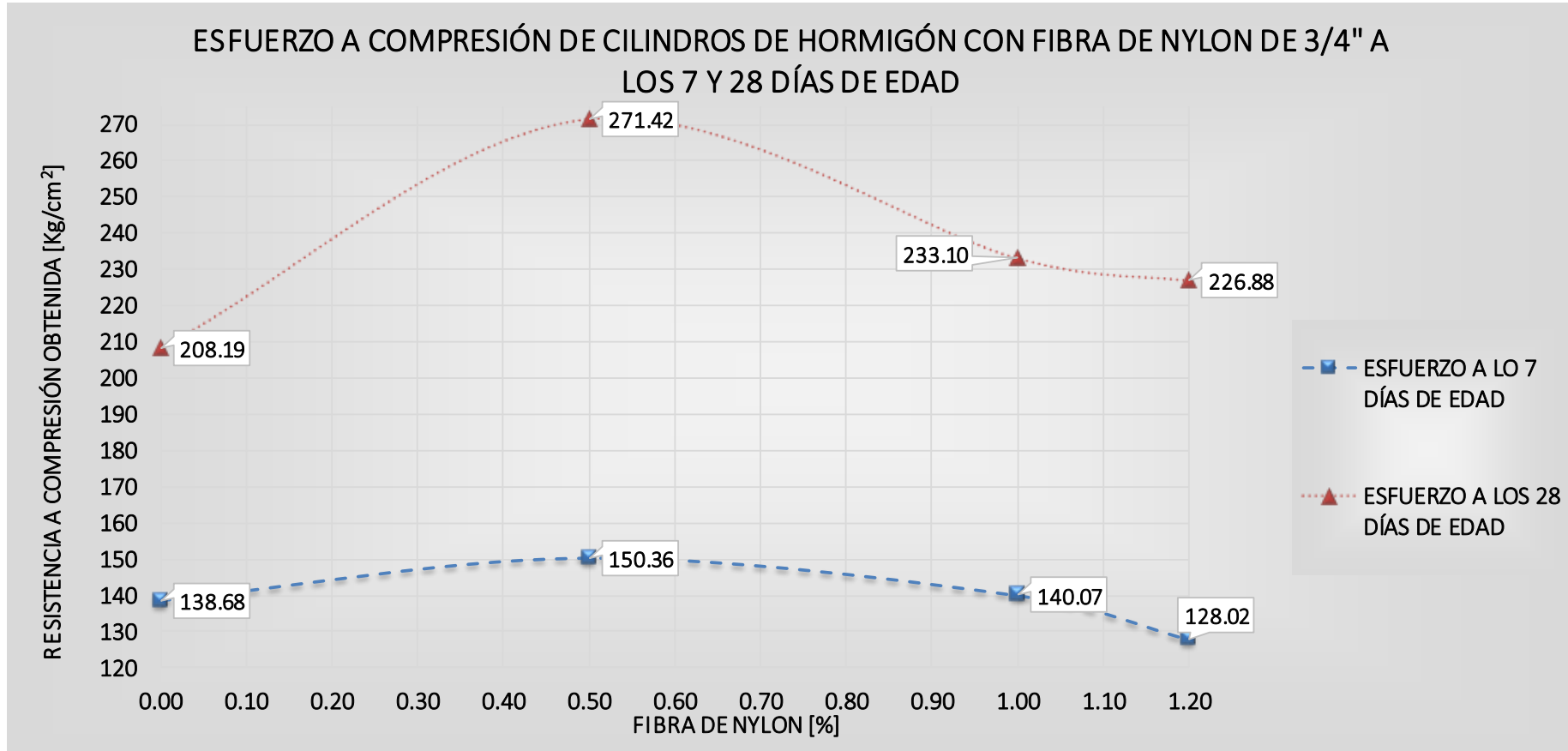


Fuente: Egda. Johana Núñez

### Interpretación del Gráfico 4:

Se evidencia que a los 28 días de edad el hormigón reforzado con fibra de nylon de longitud de 2” presenta una mayor resistencia a la compresión que el hormigón simple, con una concentración de 0.5% de fibra, mientras que en las concentraciones de 1.00% y 1.20%, la resistencia a compresión es inferior que el hormigón convencional; esto conlleva a determinar que a mayor concentración de fibra menor resistencia.

**Gráfico 5.** Resistencia a la compresión del hormigón con fibra de nylon de longitud 3/4" a los 7 y 28 días de edad.

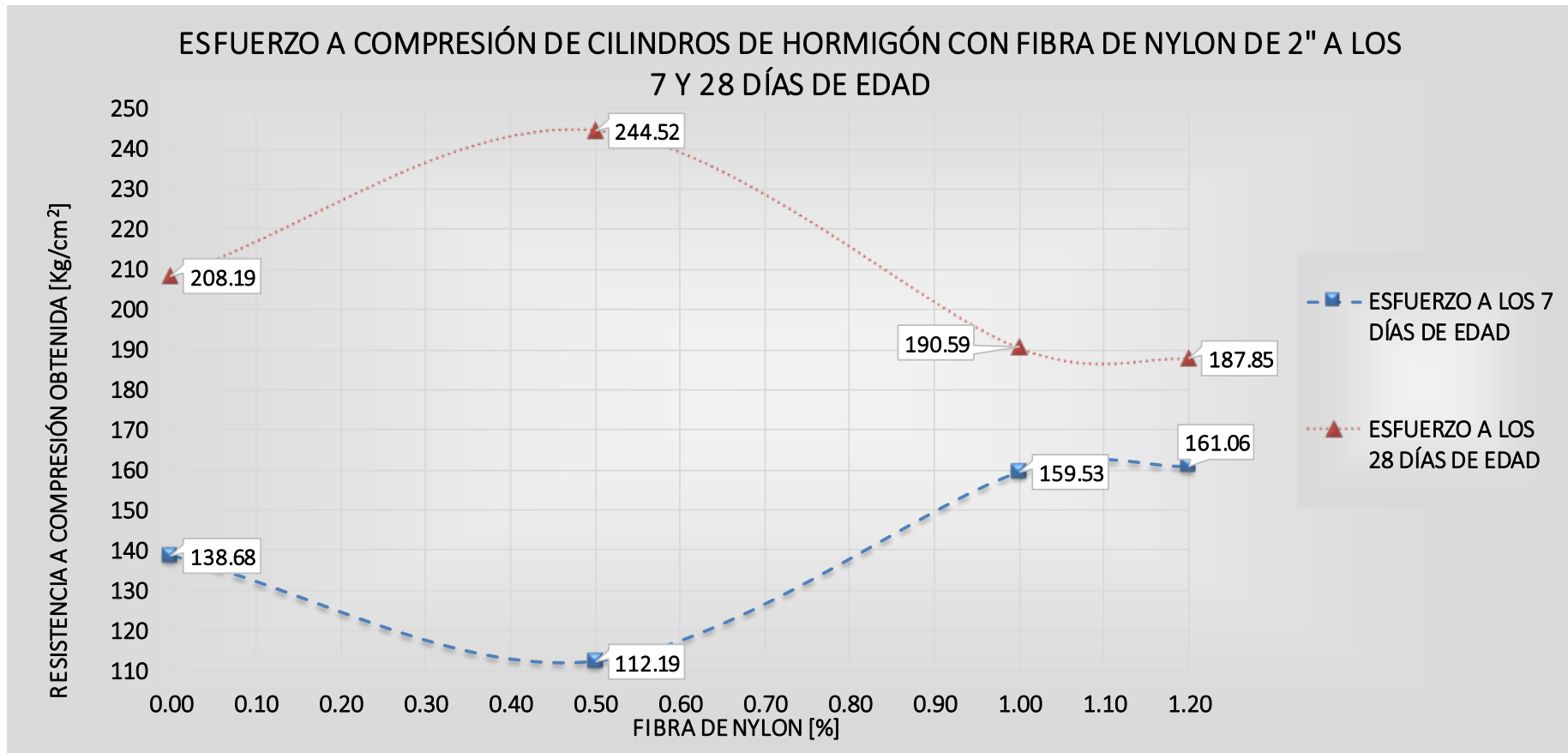


Fuente: Egda. Johana Núñez

### **Interpretación del Gráfico 5:**

Es evidente que las curvas de resistencia del hormigón con fibra de nylon de longitud  $\frac{3}{4}$ " a los 7 y 28 días de edad presentan una misma tendencia, es decir, con 0.5% de fibra de nylon tiende a aumentar la resistencia y al superar este porcentaje la resistencia va disminuyendo.

**Gráfico 6.** Resistencia a la compresión del hormigón con fibras de nylon de longitud 2" a los 7 y 28 días de edad.



Fuente: Egda. Johana Núñez



### **Interpretación del Gráfico 6:**

En el hormigón adicionado fibra de nylon de longitud 2” tenemos un comportamiento totalmente contrapuesto entre los resultados obtenidos a los 7 y 28 días de edad, pues a los 7 días de edad con concentraciones de 0.00% a 0.50% de fibra la resistencia va de manera descendente y a partir de ahí ésta empieza a aumentar según se aumenta la cantidad de fibra.

En el hormigón de 28 días de edad ocurre lo contrario, ya que a esta edad con concentraciones de 0.00% a 0.50% de fibra la resistencia asciende y a partir de ahí ésta empieza a disminuir según se aumenta la cantidad de fibra.

Esto podría darse a causa que, según J. Puentes Mojica, en su Tesis Doctoral, Procedimientos de Control de Fisuración a Edades Tempranas de Hormigones Avanzados para Construcciones Arquitectónicas <sup>[28]</sup>, afirma que “el grado de efectividad de las adiciones y fibras depende más directamente de su tamaño que de la cantidad y en algunos puede generar efectos secundarios tanto en las edades tempranas como en el resultado final del material, comprometiendo la durabilidad del hormigón”.

### 4.2.1.3. Análisis de precios Unitarios

**Tabla 33.** Análisis de precios unitarios de Hormigón simple  $f'c= 210\text{Kg}/\text{cm}^2$

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: 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

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

HOJA 1 DE 2

UNIDAD:  $\text{m}^3$

DETALLE : Hormigón Simple  $210\text{kg}/\text{cm}^2$

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 2% de M.O.					1,57
Concretera 1 saco	1,00	5,00	5,00	1,400	7,00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>8,57</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCION		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Peón	EO E2	4,00	3,26	13,04	2,800	36,51
Ayudante	EO E2	3,00	3,26	9,78	2,800	27,38
Albañil/Carpintero	EO D2	1,00	3,30	3,30	2,800	9,24
Maestro Mayor	EO C1	0,50	3,66	1,83	2,800	5,12
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>78,25</b>

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
Cemento Portland	saco	7,000	7,05	49,35
Pétreos,arena negra	m3	0,590	5,00	2,95
Pétreos,ripio triturado	m3	0,660	14,00	9,24
Agua	Lt	186,000	0,10	18,60
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>80,14</b>

TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>166,96</b>
<b>INDIRECTOS (%)</b>	0,00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0,00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>166,96</b>
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>166,96</b>

SON: CIENTO SESENTA Y UN DÓLARES CON VEINTE Y SEIS CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: Junio de 2016

Egda. Johana Núñez  
ELABORADO

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

**Tabla 34.** Análisis de precios unitarios de Hormigón añadido 0.50% de fibra de Nylon  $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: 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

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

HOJA 2 DE 2

UNIDAD: m<sup>3</sup>

DETALLE : Hormigón añadido 0,50% de fibra de Nylon 210kg/cm<sup>2</sup>

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 2% de M.O.					1,57
Concretera 1 saco	1,00	5,00	5,00	1,400	7,00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>8,57</b>

MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Peón EO E2	4,00	3,26	13,04	2,800	36,51
Ayudante EO E2	3,00	3,26	9,78	2,800	27,38
Albañil/Carpintero EO D2	1,00	3,30	3,30	2,800	9,24
Maestro Mayor EO C1	0,50	3,66	1,83	2,800	5,12
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>78,25</b>

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
Cemento Portland	saco	7,000	7,05	49,35
Pétreos,arena negra	m3	0,590	5,00	2,95
Pétreos,ripió triturado	m3	0,660	14,00	9,24
Agua	Lt	186,000	0,10	18,60
Fibra de Nylon	kg	5,630	10,00	56,30
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>136,44</b>

TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>223,26</b>
INDIRECTOS (%)	0,00%
UTILIDAD (%)	0,00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>223,26</b>
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>223,26</b>

SON: DOSCIENTOS VEINTE Y TRES DÓLARES CON VEINTE Y SEIS CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: Junio de 2016

Egda. Johana Núñez  
ELABORADO

**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### 4.3. Verificación de la hipótesis

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio a los componentes del hormigón y probetas cilíndricas con dosificación de  $210\text{kg/cm}^2$ , se observa que la resistencia a compresión del hormigón adicionado fibras de nylon es mayor en comparación con el hormigón convencional (sin fibra).

A los 28 días de edad, el hormigón común alcanza una resistencia de  $208.19\text{ kg/cm}^2$  (99.14%), mientras que el hormigón adicionado fibras de nylon de longitud 3/4" en proporciones de 0.50%, 1.00% y 1.20% logran una resistencia de  $271.42\text{ kg/cm}^2$  (129.25%),  $233.10\text{ kg/cm}^2$  (111.00%) y  $226.88\text{ kg/cm}^2$  (108.04%) respectivamente.

Además, el hormigón adicionado fibras de nylon de longitud 2" en proporciones de 0.50%, 1.00% y 1.20% logran una resistencia de  $244.52\text{ kg/cm}^2$  (116.44%),  $190.59\text{ kg/cm}^2$  (90.76%) y  $187.85\text{ kg/cm}^2$  (89.45%) respectivamente.

Entonces, se verificó que la hipótesis planteada es la correcta, pues se comprobó que la adición de fibras de nylon al hormigón aumenta la resistencia a compresión del hormigón, así como también modifica las propiedades de trabajabilidad y consistencia del mismo. En este caso, se determinó que el hormigón presenta una mayor resistencia al adicionar fibra de nylon de 3/4" de longitud en una concentración de 0.50%, pues mejoró la resistencia a compresión en un 29% con relación al hormigón simple (sin fibra).

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La fibra de nylon de longitud 3/4” adicionada en un 0.50%, es la concentración que mejores características presentó, tanto en estado fresco como endurecido, mostrando consistencia, trabajabilidad y resistencia adecuadas.
- Con el porcentaje óptimo de 0.50% de fibra de nylon de longitud 3/4” añadido al hormigón se determinó que la resistencia a compresión aumenta en un 29% con relación al hormigón convencional.
- Se determinó que a medida que la concentración de fibra de nylon en el hormigón aumenta, la resistencia a la compresión del mismo se ve disminuida, así como también su consistencia y trabajabilidad.
- La adición de mayores concentraciones de fibra de nylon en el hormigón permite la aparición de poros y vacíos en los elementos, debido a que se pierde trabajabilidad y consistencia complicando el proceso de compactación.
- Los cilindros de hormigón convencional presentaron un comportamiento explosivo al momento de ser ensayados, mientras que las muestras de hormigón adicionado fibras de nylon mostraron un comportamiento dúctil; esto permite determinar que las fibras de nylon cosen al elemento de hormigón en zonas donde se pueden generar fisuras y las mantiene como uno solo por más tiempo, permitiendo que sea más complicado su destrucción.
- Se determinó que la densidad del hormigón en estado fresco no varía notablemente al incrementar la cantidad de fibra de nylon, pues comparando las densidades del hormigón simple con el hormigón adicionado el porcentaje óptimo de fibras la diferencia es del 1%.
- Según las especificaciones técnicas de la fibra de nylon otorgado por el proveedor Euclid Chemical Toxement <sup>[29]</sup>, se recomienda utilizar aproximadamente una

concentración de 0.30%, dicho valor se encuentra bastante aproximado al 0.50% obtenido en el presente estudio como porcentaje óptimo.

- Se evidenció que la fibra de nylon de longitud 3/4", tiene un mejor comportamiento que la fibra de longitud 2", pues la primera concentración presentó una mejor trabajabilidad y consistencia, así como también una mayor resistencia a la compresión; es importante recalcar que, en cuanto a la curva de resistencia a compresión, las dos longitudes de fibra presentan la misma tendencia, con la diferencia que la fibra de 3/4" está sobre la otra en todos los porcentajes.

## **5.2. Recomendaciones**

- Determinar el contenido de humedad de los agregados a utilizarse un día antes de la elaboración de los hormigones, con la finalidad de determinar el estado en el que se encuentran los mismo y de ser necesario aplicar correcciones por humedad en la dosificación.
- Verificar que los moldes se encuentren lo suficientemente ajustados para evitar que éste se abra y que la mezcla se derrame debido a la presión que ejerce el hormigón sobre el molde.
- No colocar gran cantidad de aceite quemado en los encofrados, ya que esto puede afectar a la resistencia que presente la probeta.
- Al momento de la elaboración de la mezcla, colocar las cantidades obtenidas en la dosificación, sin modificar la relación agua/cemento, ya que esta tiene influencia directa sobre la resistencia que presente el concreto.
- Para que la mezcla de hormigones fibroreforzados presenten mejores resultados de asentamiento y consistencia se recomienda la aplicación de aditivo plastificante para que la mezcla presente mayor fluidez y sea más manejable.
- Se recomienda que al momento de la elaboración de hormigones con fibras de nylon se sustituya el método de compactación habitual de varillado, esto puede ser posible con la aplicación de un vibrador, para que sea posible la extracción de mayor cantidad de aire, garantizando de esta manera que los hormigones no sean porosos y que posean las características esperadas de un hormigón fibroreforzado.

- Enrasar adecuadamente las muestras de hormigón para permitir que al momento de ser sometidos ante cargas de compresión dichas cargas se distribuyan uniformemente sobre la muestra, y así obtener resultados confiables.
- Luego de sacar las muestras cilíndricas de hormigón de la cámara de curado dejarlas secar al menos 1 hora antes de ser sometidas a ensayo a compresión, ya que el hormigón cuando se encuentra saturado de agua no alcanza la resistencia que se desea.
- Se recomienda, a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, continuar con estudios y análisis relacionados a hormigones adicionados fibras nylon, para determinar su comportamiento ante las distintas sollicitaciones como lo son la tensión y la tracción.

## C. MATERIALES DE REFERENCIA

### 1. Bibliografía

- [1] M. P. Dávila Mercado, Efecto de la Adición de Fibras Sintéticas Sobre las Propiedades Plásticas y Mecánicas del Concreto, México, D.F., 2010.
- [2] JOHNSTON, Fibre-reinforced cement and concrete. Advances in concrete technology., Ottawa, 1994.
- [3] J. Porrero, “Manual del Concreto. Cap. XII.2 Concreto con Fibras”, Caracas, Venezuela: SIDETUR (Siderúrgica del Turbio S.A.), 1996, p. 238.
- [4] D. Islas Franco y Á. Escobar, *Síntesis, proceso y caracterización de Nylon*, México, 1991.
- [5] American Concrete Institute (ACI 318), Requisitos de reglamento para concreto estructural.
- [6] ASTM International, «ASTM C1116 / C1116M-Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete,» CrossRef, West Conshohocken, PA.
- [7] AGRECONS S.A., «Refuerzo para hormigones y morteros - Fibras de Nylon».
- [8] ACI Committee 544, State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, Detroit, 2002.
- [9] ACI 544.5R10, Report on the Physical Properties and Durability of Fiber-Reinforced Concrete, 2010.
- [10] S. Medina, Ensayo de Materiales II, Ambato.



- [11] NTE INEN 0152, Cemento Portland. Requisitos., Quito, 2012.
- [12] G. Ing. Rivera, Cap. 2. Agregados para Mortero o Concreto.
- [13] Association for Testing Materials. ASTM, Especificación Estándar para los Agregados de Concreto.
- [14] ASTM C-125, Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates, CrossRef.
- [15] NTE INEN 0856, Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino., Quito, 2010.
- [16] NTE INEN 0862, Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad., Quito, 2011.
- [17] NTE INEN 0858, Áridos. Determinación de la masa unitaria ( peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos., Quito, 2010.
- [18] Association for Testing Materials.ASTM, Especificación estándar para tela de alambre y tamices para propósitos de prueba..
- [19] L. G. Silva Tipantasig, Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras De Acero y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, Ambato, 2014.
- [20] NTE INEN 0857, Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de árido grueso., Quito, 2010.
- [21] M. F. Millán Castillo, *Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras de Polipropileno y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*, Ambato, 2013.

- [22] A. Blanco, Durabilidad del hormigón con fibras de acero, Barcelona, 2008.
- [23] K. González, «Fibras Sintéticas 1 - Poliamida o Nylon,» 2013.
- [24] ASTM, «ASTM C 31-Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field,» CrossRef, West Conshohocken, 2012.
- [25] NTE INEN 0872, «Áridos para hormigón, requisitos,» BRUTUM FULMEN, 2011.
- [26] Universidad Central, «Dosificación del hormigón».
- [27] J. Hurtado, Determinación del módulo de rotura en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de la Cantera Ramírez, para  $f'c = 21$  MPa, Quito, Universidad Central del Ecuador, 2014.
- [28] J. Puentes Mojica, Tesis, Procedimientos de Control de Fisuración a Edades Tempranas de Hormigones Avanzados para Construcciones Arquitectónicas, Alcalá de Henares, 2015.
- [29] Euclid Chemical Toxement, «Ficha Técnica de Micro - Fibra de Nylon,» 2012.
- [30] NTE INEN 860, Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de Los Ángeles., Quito, 2011.

## 2. Anexos

### 2.1. Fotografías de desarrollo de la investigación

#### 2.1.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS (ARENA Y RIPIO)



**Fotografía 1.** Cantidad de agregado grueso y fino a ser tamizado.

**Fuente:** Egda. Johana Núñez



**Fotografía 2.** Tamizado de agregado fino.

**Fuente:** Egda. Johana Núñez



**Fotografía 3.** Ensayo densidad aparente de los agregados.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez



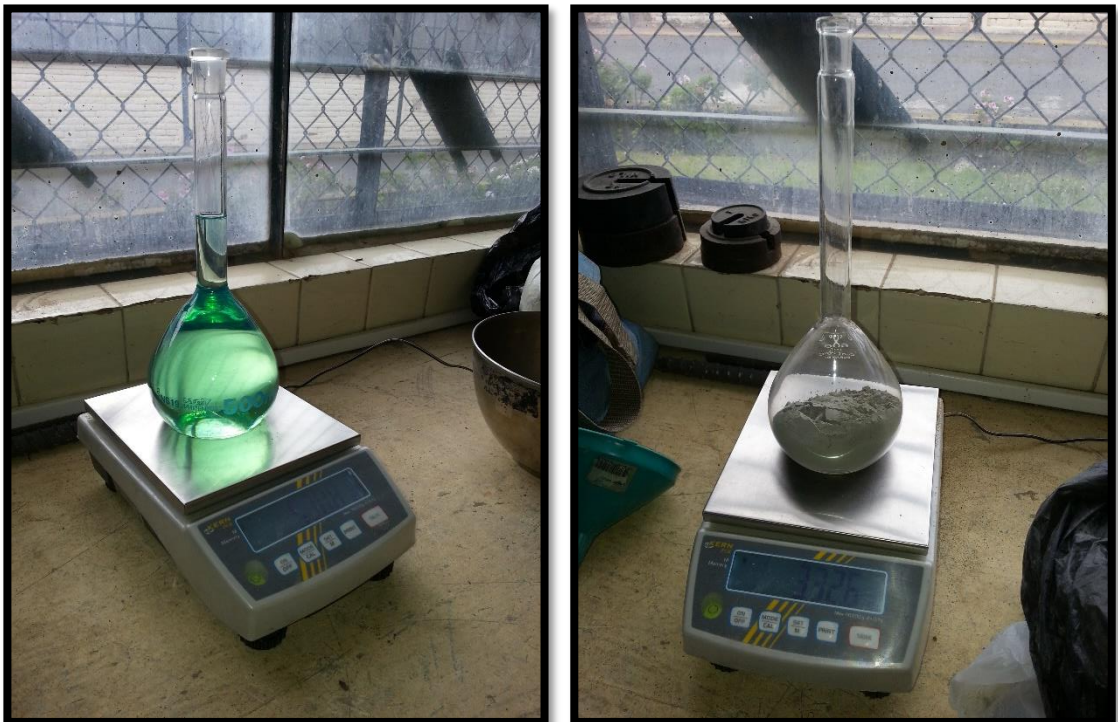
**Fotografía 4.** Ensayo densidad real del agregado fino.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

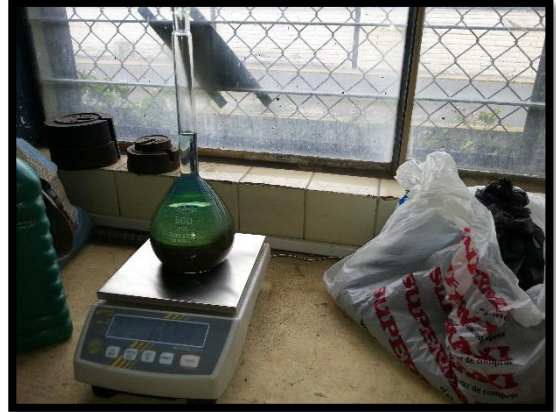
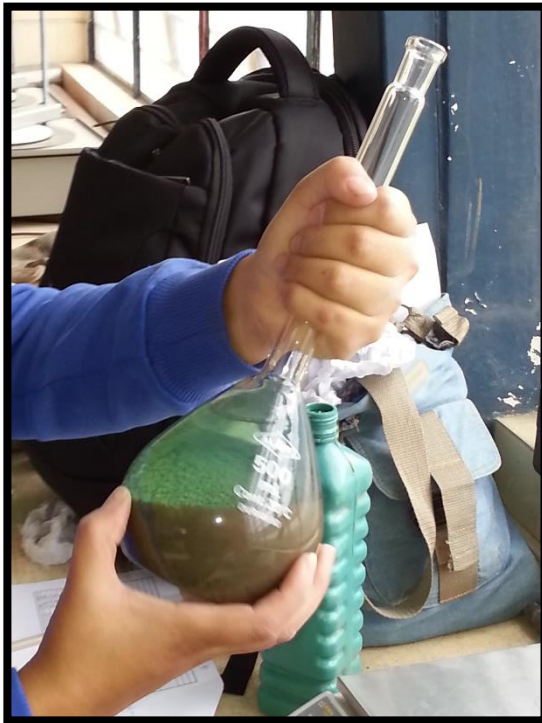




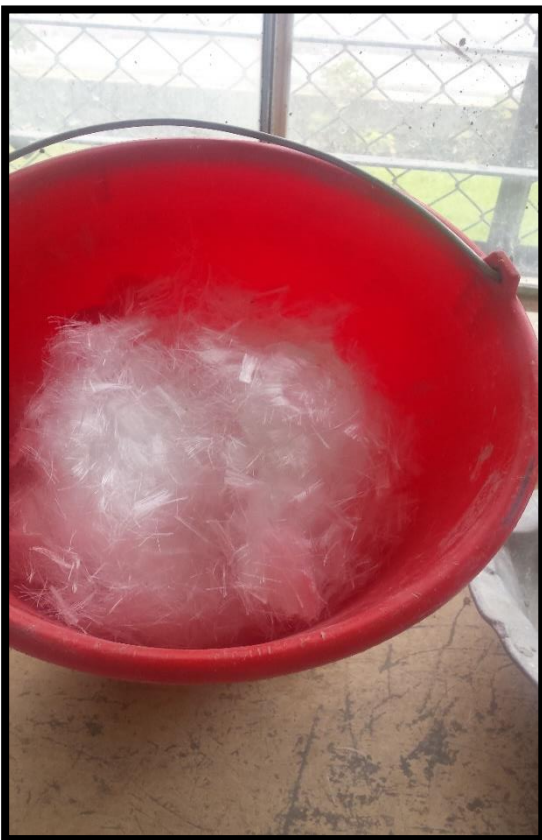
**Fotografía 5.** Ensayo densidad real del agregado grueso.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### 2.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL DEL CEMENTO





**Fotografía 6.** Ensayo densidad real del cemento.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez



**Fotografía 7.** Fibra de Nylon a incorporarse.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez



### 2.1.3. ELABORACIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN



**Fotografía 8.** Componentes del hormigón dosificados.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### 2.1.4. ADICIÓN DE FIBRA DE NYLON EN EL HORMIGÓN



**Fotografía 9.** Mezcla adicionada fibra de nylon.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### 2.1.5. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO



**Fotografía 10.** Determinación del asentamiento de la mezcla.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez



## 2.1.6. ELABORACIÓN DE CILINDROS



**Fotografía 11.** Colocación del hormigón por capas y enrasamiento de cilindros.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez



**Fotografía 12.** Determinación del peso de los cilindros.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### 2.1.7. CURADO DE CILINDROS DE HORMIGÓN



**Fotografía 13.** Curado de cilindros de hormigón.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez

### 2.1.8. ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN





**Fotografía 14.** Ensayo a compresión de los cilindros de hormigón.  
**Fuente:** Egda. Johana Núñez



## 2.2. Especificaciones técnicas de la fibra de Nylon

### FIBERSTRAND N

Micro-fibra de Nylon

TX40T530

#### DESCRIPCION

FIBERSTRAND N es una micro-fibra monofilamento de Nylon para reforzamiento de concreto, especialmente diseñada para ayudar a mitigar la formación de contracción plástica en el concreto.

FIBERSTRAND N cumple con la norma ASTM C-1116: Especificación estándar para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra.

FIBERSTRAND N cumple con diferentes partes aplicables del International Code Council (ICC) Acceptance Criteria (AC) 32 para fibras sintéticas.

#### INFORMACION TECNICA

##### CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS

Material	: Nylon monofilamento
Gravedad Especifica	: 1,16
Punto de Fusión	: 260°C (500°F)
Conductividad Eléctrica	: Baja
Absorción de Agua a 20°C	: Despreciable
Longitud de fibra	: ¼" y 2"
Resistencia química a los ácidos y álcalis	: Excelente

#### USOS

FIBERSTRAND N está especialmente recomendada para aplicación en:

- Concreto lanzado y construcción de piscinas.
- Losas de contrapiso
- Elementos prefabricados
- Concreto decorativo.

#### VENTAJAS

- Controla y mitiga la fisuración por contracción plástica.
- Reduce la segregación y la exudación.
- Provee reforzamiento en tres dimensiones contra la micro – fisuración.
- Reduce la permeabilidad.
- Reduce el costo si se compara contra el uso de malla metálica para control de fisuras por temperatura / Contracción.

- Se adiciona fácilmente a la mezcla de concreto, en cualquier momento antes de la colocación.
- Incrementa la durabilidad de la superficie.

#### RENDIMIENTO

FIBERSTRAND N se dosifica a razón de 0.6 kg/m<sup>3</sup> de concreto.

#### APLICACION

FIBERSTRAND N puede ser adicionado a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de su colocación.

Generalmente se recomienda adicionar cualquier material de fibra en la planta productora de concreto, durante su mezcla.

FIBERSTRAND N debe ser mezclada con el concreto durante mínimo 3 minutos a la máxima velocidad, para asegurar su completa dispersión y uniformidad.

#### RECOMENDACIONES ESPECIALES

- El asentamiento de la mezcla puede verse disminuido con la utilización de la fibra. Este efecto se puede contrarrestar con el uso de un aditivo reductor de agua, si es necesario.
- Las fibras nunca deben adicionarse a concretos de cero asentamiento. Se debe asegurar un asentamiento mínimo de 3" (80 mm) antes de la adición de cualquier fibra.
- Consulte la hoja de seguridad del producto antes de su uso.

#### ALMACENAMIENTO

FIBERSTRAND N debe almacenarse en su empaque original, herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil en almacenamiento: 3 años.

#### PRESENTACION

Bolsa 0,6 kg



Calle 20 C No. 43 A - 52 Int. 4  
PBX 2088600 Fax: 3680887 Bogotá D.C.  
E-mail: [atencioncliente@toxement.com.co](mailto:atencioncliente@toxement.com.co)  
[www.toxement.com.co](http://www.toxement.com.co)

Las Hojas Técnicas de los productos EUCLID - TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web [www.toxement.com.co](http://www.toxement.com.co) para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los sustratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala.

EUCLID - TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Julio 31 de 2012

# 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.

Johana L. Núñez\*; Maritza E. Ureña†

\*Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica  
Ambato, Ecuador, e-mail: jnunez2533@uta.edu.ec

† Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica  
Ambato, Ecuador, e-mail: me.urena@uta.edu.ec

---

**Resumen:** En el presente artículo técnico se muestran los resultados obtenidos en la realización de los ensayos a compresión de las muestras cilíndricas de hormigón simple de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  comparado con el hormigón adicionado fibras de nylon. Al concreto de dicha resistencia se le añadieron porcentajes que varían desde el 0.5% al 1.20% de fibra de nylon de longitudes de  $\frac{3}{4}$ " y 2", según lo especificado en el ACI 544.1r-96 [1]. Con los ensayos realizados se obtuvo que el hormigón adicionado fibras de nylon de longitud de  $\frac{3}{4}$ " y concentración de 0.5%, mejora las propiedades físicas y mecánicas del mismo, tanto en estado fresco como endurecido, y presenta mayor resistencia a la compresión que el hormigón convencional (sin fibra).

**Palabras clave:** Hormigón, Fibra de Nylon, Resistencia a la Compresión.

**Abstract:** This paper shows results obtained after performing plain compressive strength test at cylindrical concrete samples compared to nylon fibers added concrete mix samples. Because the structural concrete commonly used in construction has a compressive strength of  $210 \text{ kg/cm}^2$ , this is the parameter took as study sample. This concrete mix was added with nylon fiber percentages between 0.5% and 1.20 % and lengths between  $\frac{3}{4}$ " and 2", as specified in the ACI 544.1r -96 code. The tests performed shown that concrete mix with 0.5% added nylon fibers with  $\frac{3}{4}$ " length improves the physical and mechanical properties of both fresh state and hardened concrete, and has a higher compressive strength than conventional concrete (non-fiber).

**Keywords:** Concrete, Nylon fiber, Compressive strength.

---

## I. INTRODUCCIÓN

El hormigón ha llegado a convertirse en el material más utilizado en el ámbito de la construcción, presentando un mejor comportamiento ante las sollicitaciones a compresión. El hormigón está compuesto básicamente de agregado fino (arena), agregado grueso (ripio), cemento y agua; sin

embargo, con el pasar del tiempo se han venido desarrollando varias técnicas para obtener un concreto con mejores características mecánicas, tal es el caso de combinarlo con barras de acero, para así obtener lo que en la actualidad se conoce como hormigón armado.

La innovación ha generado una serie de ideas, que, ha sido base para el impulso de nuevos métodos constructivos y la aparición de los denominados hormigones especiales.

La incorporación de fibras dispersas en el concreto como refuerzo secundario lo convierte en un material especial, pero que para alcanzar un correcto desempeño es necesario que las

El artículo fue recibido en el mes de mayo de 2016. Éste trabajo fue auspiciado por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato, bajo el tema de del proyecto de titulación "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."

fibras sigan los requerimientos y certificaciones de normas que regulen su producción como son el ACI 318 [2] y ASTM C1116 [3] y ACI 544.1r-96 [1].

La incorporación de fibras al hormigón como refuerzo secundario puede incrementar muchas de las propiedades físicas y mecánicas del mismo, entre otros están: el control de fisuras debido a la contracción por fraguado, expansión y contracción térmica, reducción de permeabilidad, aumento de resistencia al impacto, abrasión y fracturas, además, aumento de la durabilidad y resistencia a compresión [4].

La resistencia a compresión es posible ser medida mediante la ruptura de probetas cilíndricas de hormigón en una máquina de ensayos de compresión; y se calcula dividiendo la carga de ruptura entre el área de la sección que resiste la carga [5].

En el presente artículo se analizará el comportamiento que presentan ante cargas de compresión los cilindros de hormigón simple y al ser incorporado fibras de nylon de longitudes de 3/4" y 2", en concentraciones de 0.5%, 1.0% y 1.20%.

## II. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación en mención pudo llevarse a cabo por medio de tres etapas:

Primera etapa: Ensayos preliminares.

Esta etapa fue desarrollada en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en la cual se determinaron las características físicas de los componentes básicos del concreto, como lo son: Agregado Fino (arena), Agregado Grueso (Ripio) y Cemento, para en base a esto determinar la dosificación adecuada para obtener una resistencia de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Los ensayos realizados a los agregados, tanto fino como grueso, fueron: Granulometría, mismo que debe cumplir con la Normativa NTE INEN 696 [6]; Peso Unitario Suelto, según la NTE INEN 858 [7]; Peso Unitario Compactado, basado en NTE INEN 858 [7]; y, Densidad Real del Ripio y de la Arena, según la NTE INEN 857 [8].

Al Cemento se le realizó un ensayo para determinar su densidad real, por medio del método del picnómetro, fundamentado bajo la NTE INEN 156 [9].

En el ACI 544, 5R-10 [10], se establece que el porcentaje de fibras sintéticas que debe ser añadido al hormigón va desde el 0.1% al 1.5%, motivo por el cual hemos seleccionado

aplicar concentraciones de 0.5%, 1.0% y 1.20%; además en dicha normativa se establece que las fibras no deben tener una longitud mayor a 50 mm, razón por la que se ha optado utilizar fibras de longitud 3/4" (19 mm) y de 2" (50 mm).

Segunda etapa: Elaboración de muestras.

Los cilindros se realizaron bajo las normativas NTE INEN 1578 [11] y NTE INEN 1579 [12], en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se elaboraron 3 muestras cilíndricas [5], de altura de 30 cm y diámetro de 15 cm, por cada dosificación, el número total de cilindros fueron de 48, y se determinaron en función a cada período de ensayo, longitud y concentración de fibra de nylon; teniendo, dos longitudes de fibra (3/4" y 2"), tres concentraciones de fibra (0.5%, 1.0% y 1.20%) y dos fechas de ensayo (7 y 28 días); además, se elaboraron muestras de hormigón convencional (sin fibra) para ser ensayados en los períodos mencionados y que sirva como patrón de comparación.

Tercera etapa: Ensayo a compresión de muestras.

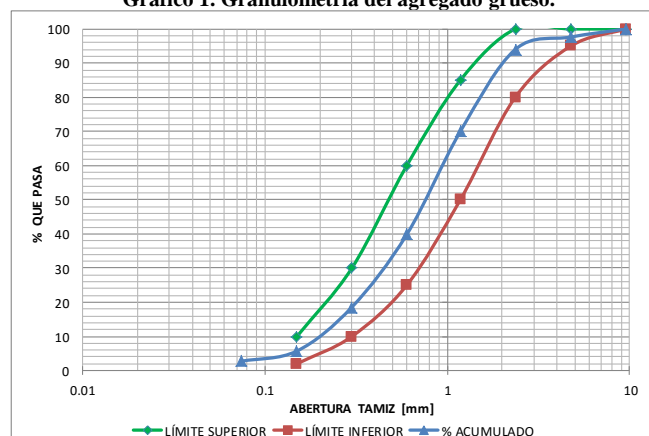
Esta etapa fue realizada en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato; a los 7 y 28 días de curado; utilizando la máquina de ensayos a compresión se ensayaron las muestras cilíndricas en función a lo estipulado en NTE INEN 1573 [13] y ASTM C 39 [14].

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la primera etapa, se obtuvieron los resultados preliminares necesarios para obtener los resultados finales, así:

En el siguiente gráfico se puede observar que la curva granulométrica del agregado grueso utilizado en el hormigón se encuentra dentro de los límites establecidos por NTE INEN 696 [6]:

Gráfico 1. Granulometría del agregado grueso.



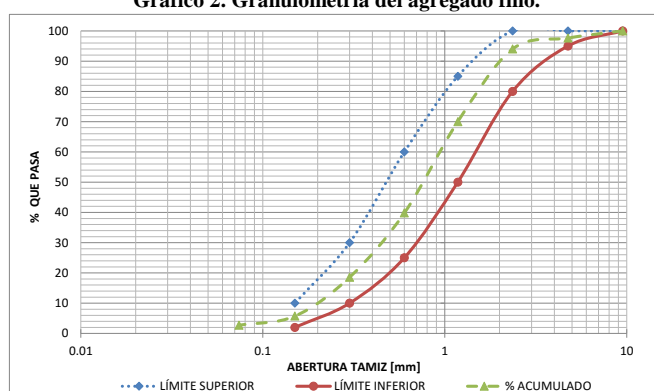
En la siguiente tabla se resumen las características físicas que tiene el agregado grueso utilizado:

**Tabla 1. Características principales del agregado grueso.**

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO	1	Pulg.
PESO UNITARIO SUELTO	1568.580	[kg/dm <sup>3</sup> ]
PESO UNITARIO COMPACTADO	1738.813	[kg/dm <sup>3</sup> ]
DENSIDAD REAL	2.677	[g/cm <sup>3</sup> ]
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO	0.770	[%]

Asímismo, se determinó la granulometría del agregado fino, mismo que cumple con NTE INEN 696 [6]:

**Gráfico 2. Granulometría del agregado fino.**



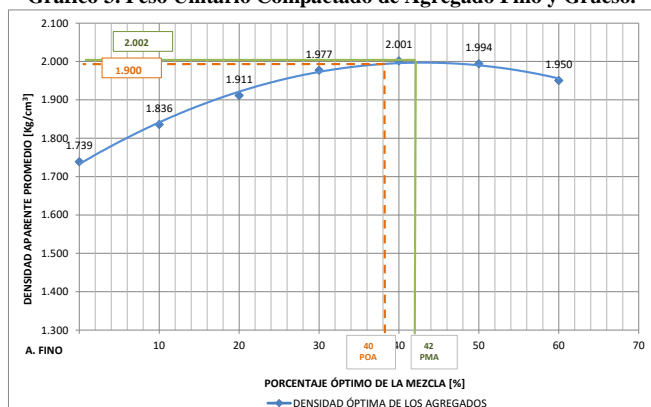
En la siguiente tabla se resumen las características físicas que tiene el agregado fino utilizado:

**Tabla 2. Características principales del agregado fino.**

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
MÓDULO DE FINURA	2.74	---
PESO UNITARIO SUELTO	1556.420	[kg/dm <sup>3</sup> ]
PESO UNITARIO COMPACTADO	1699.903	[kg/dm <sup>3</sup> ]
DENSIDAD REAL	2.700	[g/cm <sup>3</sup> ]
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO	1.120	[%]

Los resultados obtenidos de la mezcla de los agregados como un solo elemento, se obtuvieron en base a la compactación de los mismos y se detallan a continuación:

**Gráfico 3. Peso Unitario Compactado de Agregado Fino y Grueso.**



**Tabla 3. Peso Unitario Compactado de Agregado Fino y Grueso.**

PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO	42	[%]
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO	58	[%]
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	38	[%]
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	62	[%]
PESO UNITARIO MÁXIMO	2.002	[gr/cm <sup>3</sup> ]
PESO UNITARIO ÓPTIMO	1.900	[gr/cm <sup>3</sup> ]

También, mediante el método del picnómetro se determinó la densidad real del cemento, obteniendo un resultado de 2.931 gr/cm<sup>3</sup>, valor que se encuentra dentro del rango establecido para los cementos Portland que varía de 2,9 a 3,15 gr/cm<sup>3</sup>.

Luego de haber analizado las propiedades físicas de los agregados y cemento utilizados, por medio del Método de la Densidad Óptima otorgado por la Universidad Central del Ecuador [15] se obtuvo la siguiente dosificación:

**Tabla 4. Dosificación del Hormigón**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO		
	CANTIDAD EN (KG) POR CADA M3 DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (kg) POR SACO DE CEMENTO DE 50kg.
W	185.960	0.58	29.00
C	320.621	1.00	50.00
A	722.971	2.25	112.75
R	1169.535	3.65	182.39
TOTAL	2399.088	kg./m <sup>3</sup> Densidad del Hormigón	

La dosificación de fibra de nylon se determinó en base al volumen de los cilindros, densidad del hormigón y densidad de la fibra de nylon, en la siguientes tabla se visualiza paso a paso la obtención de la cantidad de fibra, según el porcentaje seleccionado:

**Tabla 5. Dosificación de fibra de nylon en el hormigón**

LONGITUD DE FIBRA	CONCENTRACIÓN DE FIBRA	CANTIDAD DE FIBRA DE NYLON PARA 6 CILINDROS [Kg/cm <sup>2</sup> ]
3/4" 2"	0.50%	0.18
	1.00%	0.37
	1.20%	0.44

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en los ensayos a compresión de los cilindros a los 7 y 28 días de curado:

**Tabla 6. Ensayo a compresión a los 7 días de edad de los cilindros de hormigón**

% DE FIBRA DE NYLON	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 3/4"		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 2"	
	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO OBTENIDO [%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO OBTENIDO [%]
0.00	136.50	65	157.5	75	138.68	66.04
0.50	136.50	65	157.5	75	150.36	71.60
1.00	136.50	65	157.5	75	140.07	66.70
1.20	136.50	65	157.5	75	128.02	60.96

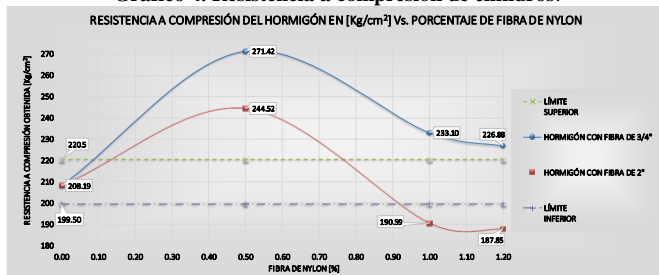


**Tabla 7. Ensayo a compresión a los 28 días de edad de los cilindros de hormigón**

% DE FIBRA DE NYLON	LÍMITE INFERIOR		LÍMITE SUPERIOR		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 3/4"		FIBRA DE NYLON DE LONGITUD DE 2"	
	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO OBTENIDO [%]	ESFUERZO MEDIO [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO OBTENIDO [%]
0.00	199.50	95	220.5	105	208.19	99.14	208.19	99.14
0.50	199.50	95	220.5	105	271.42	129.25	244.52	116.44
1.00	199.50	95	220.5	105	233.10	111.00	190.59	90.76
1.20	199.50	95	220.5	105	226.88	108.04	187.85	89.45

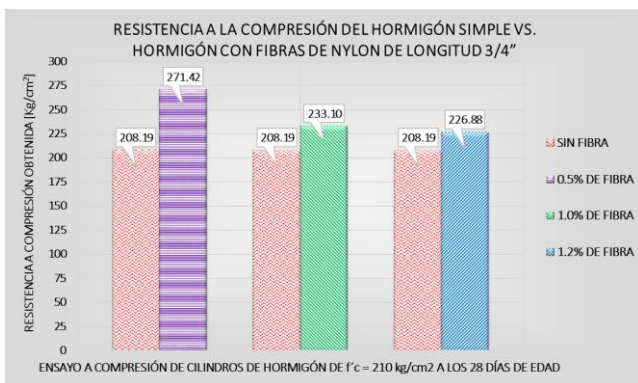
Finalmente, los resultados obtenidos se reflejan en los siguientes gráficos:

**Gráfico 4. Resistencia a compresión de cilindros.**



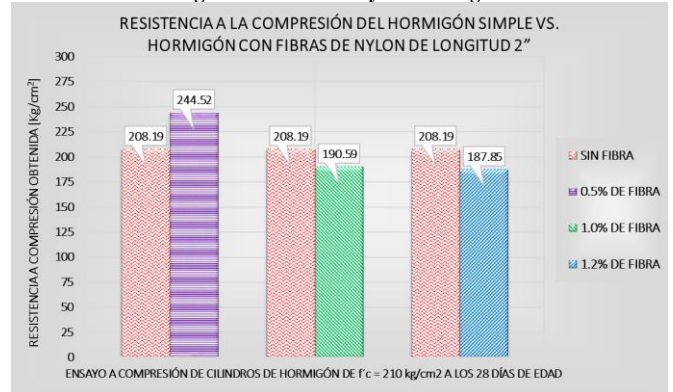
Una vez finalizados los ensayos de resistencia a compresión de cilindros de hormigón de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado diferentes concentraciones de fibra de nylon, a los 28 días de edad, es evidente que el porcentaje óptimo de fibra de nylon que debe ser adicionado al hormigón es de 0.5%, pues tanto en la fibra de longitud de 3/4" como en la de 2" se presentan un incremento bastante considerable en la resistencia a compresión con relación al hormigón simple, mostrándose un mejor y superior comportamiento con la fibra de menor longitud. Además, es notable que a medida que la concentración de fibra de nylon en el hormigón aumenta la resistencia a compresión va disminuyendo considerablemente.

**Gráfico 5. Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 3/4".**



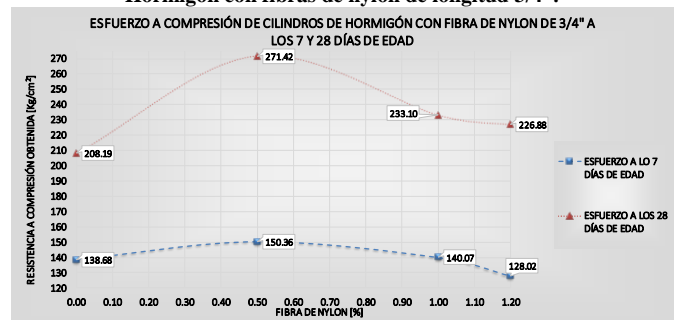
Se evidencia que, a los 28 días de edad el hormigón fibroreforzado presenta una mayor resistencia a la compresión que el hormigón simple, en todos los porcentajes adicionados, teniendo un mejor comportamiento con la cantidad de 0,5% de fibra de nylon de longitud 3/4".

**Gráfico 6. Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 2".**



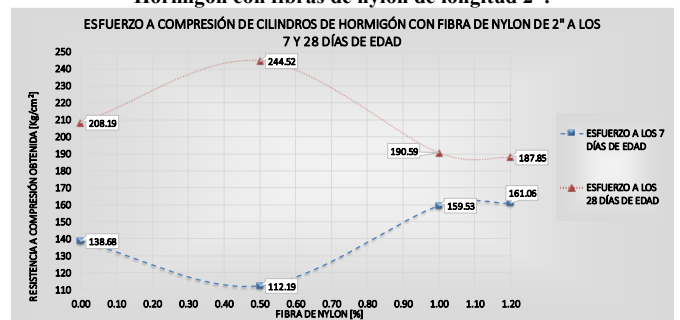
Se evidencia que, a los 28 días de edad el hormigón fibroreforzado presenta una mayor resistencia a la compresión que el hormigón simple, pero solamente en la concentración de 0.5% de fibra de nylon de longitud de 2", mientras que en las concentraciones de 1.0% y 1.20%, la resistencia a compresión es inferior que el hormigón convencional; esto conlleva a determinar que a mayor concentración de fibra menor resistencia.

**Gráfico 7. Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 3/4".**



Es evidente que las curvas de resistencia del hormigón con fibra de nylon de longitud 3/4" a los 7 y 28 días de edad presentan una misma tendencia, así: con concentración de 0.5% tiende a aumentar la resistencia y al superar este porcentaje la resistencia va disminuyendo.

**Gráfico 8. Resistencia a la compresión del hormigón simple Vs. Hormigón con fibras de nylon de longitud 2".**



En el hormigón adicionado fibra de nylon de longitud 2” tenemos un comportamiento totalmente contrapuesto entre los resultados obtenidos a los 7 y 28 días de edad, pues a los 7 días de edad con concentraciones de 0% a 0.5% de fibra la resistencia va de manera descendente y a partir de ahí ésta empieza a aumentar según se aumenta la cantidad de fibra; mientras que a 28 días ocurre lo contrario, pues, a esta edad con concentraciones de 0% a 0.5% de fibra la resistencia va de manera ascendente y a partir de ahí ésta empieza a disminuir según se aumenta la cantidad de fibra.

#### IV. CONCLUSIONES

- La fibra de nylon de longitud 3/4” adicionada en un 0.50%, es la concentración que mejores características presentó, tanto en estado fresco como endurecido, mostrando consistencia, trabajabilidad y resistencia adecuadas.
- Con el porcentaje óptimo de 0.50% de fibra de nylon de longitud 3/4” añadido al hormigón se determinó que la resistencia a compresión aumenta en un 29% con relación al hormigón convencional.
- Se determinó que a medida que la concentración de fibra de nylon en el hormigón aumenta, la resistencia a la compresión del mismo se ve disminuida, así como también su consistencia y trabajabilidad.
- La adición de mayores concentraciones de fibra de nylon en el hormigón permite la aparición de poros y vacíos en los elementos, debido a que se pierde trabajabilidad y consistencia complicando el proceso de compactación.
- Los cilindros de hormigón convencional presentaron un comportamiento explosivo al momento de ser ensayados, mientras que las muestras de hormigón adicionado fibras de nylon mostraron un comportamiento dúctil; esto permite determinar que las fibras de nylon cosen al elemento de hormigón en zonas donde se pueden generar fisuras y las mantiene como uno solo por más tiempo, permitiendo que sea más complicado su destrucción.
- Se determinó que la densidad del hormigón en estado fresco no varía notablemente al incrementar la cantidad de fibra de nylon, pues comparando las densidades del hormigón simple con el hormigón adicionado el porcentaje óptimo de fibras la diferencia es del 1%.
- Según las especificaciones técnicas de la fibra de nylon otorgado por el proveedor Euclid Chemical Toxement, se recomienda utilizar aproximadamente una concentración de 0.30%, dicho valor se encuentra bastante aproximado al 0.50% obtenido en el presente estudio como porcentaje óptimo.

- Se evidenció que la fibra de nylon de longitud 3/4”, tiene un mejor comportamiento que la fibra de longitud 2”, pues la primera concentración presentó una mejor trabajabilidad y consistencia, así como también una mayor resistencia a la compresión; es importante recalcar que, en cuanto a la curva de resistencia a compresión, las dos longitudes de fibra presentan la misma tendencia, con la diferencia que la fibra de 3/4” está sobre la otra en todos los porcentajes.

#### V. REFERENCIAS

- [1] ACI Committee 544, State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, Detroit, 2002.
- [2] American Concrete Institute (ACI 318), Requisitos de reglamento para concreto estructural.
- [3] ASTM International, «ASTM C1116 / C1116M- Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete,» CrossRef, West Conshohocken, PA.
- [4] EUCLID CHEMICAL TOXEMENT, «Ficha Técnica de Micro-Fibra de Nylon,» 2012.
- [5] National Ready Mixed Concrete Association , «CIP 35- Prueba de Resistencia a la Compresión,» NRMCA.
- [6] NTE INEN 696, «Áridos. Análisis Granulométrico en los Áridos, Fino y Grueso,» Quito, 2011.
- [7] NTE INEN 0858, Áridos. Determinación de la masa unitaria ( peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos., Quito, 2010.
- [8] NTE INEN 0857, Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de árido grueso., Quito, 2010.
- [9] NTE INEN 0156, Cemento Hidráulico. Determinación de la Densidad, Quito, 2009.
- [10] ACI 544.5R-10, Report on the Physical Properties and Durability of Fiber-Reinforced Concrete, 2010.
- [11] NTE INEN 1578, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento,» Quito, 2010.
- [12] NTE INEN 1579, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la densidad, rendimiento y contenido de aire,» Quito, 2010.
- [13] NTE INEN 1573, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.,» Quito, 2010.
- [14] ASTM, «Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto,» CrossRef.
- [15] Universidad Central, «Dosificación del hormigón».