



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de**

**INGENIERO CIVIL**

**Título del Trabajo de Titulación**

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN DE F'C 240 KG/CM<sup>2</sup>  
REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.**

**Nombres completos del autor**

**MARÍA JOSÉ GAVILANES JARAMILLO**

**TUTOR:**

**LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ**

Quito, marzo del 2025



## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, María José Gavilanes Jaramillo, con cédula de identidad # 1718581828, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, marzo 2025

---

María José Gavilanes Jaramillo

Correo electrónico: [mjgavilanes@uisek.edu.ec](mailto:mjgavilanes@uisek.edu.ec)



## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Comportamiento mecánico del hormigón de  $f^c$  240 kg/cm<sup>2</sup> reforzado con fibras de polipropileno”**

Realizado por:

**MARIA JOSE GAVILANES JARAMILLO**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

ha sido dirigido por el profesor

**LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

**FIRMA**



Título del trabajo de titulación

**Comportamiento mecánico del hormigón de  $f'c$  240 kg/cm<sup>2</sup> reforzado con fibras de polipropileno.**

Por

**María José Gavilanes Jaramillo**

Marzo 2025

Aprobado:

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año  
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año  
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ día, mes, año  
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

\_\_\_\_\_ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK



## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mi madre, que me ha enseñado a ser fuerte, valiente y determinada. A mi hermano, que me ha enseñado a ser paciente y a nunca rendirme. Gracias por creer en mí y por ayudarme alcanzar mis metas.

A la Facultad de Ingeniería Civil, por su compromiso con la innovación y la excelencia en la educación. Por brindarme la oportunidad de desarrollar mis habilidades y conocimientos en un buen entorno académico.

María José Gavilanes Jaramillo

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi padre que, aunque no este físicamente presente me enseñó amar el conocimiento y buscar la verdad. Su pasión por la educación me ha inspirado a seguir mis sueños académicos.

A mi madre, Rosa Jaramillo, por ser mi pilar, mi inspiración y mi mayor apoyo en cada momento de mi vida. Gracias por sus sacrificios, su amor incondicional y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro es suyo tanto como mío, porque sin su aliento y su fortaleza no habría logrado nada.

A mi hermano, Cesar Gavilanes, mi compañero de vida y confidente. Tu aliento constante y tu fe en mí me dieron la fuerza para superar los desafíos y alcanzar esta meta. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mi tía Franciela y Prima Catherine, que han sido un ejemplo de fortaleza y resiliencia en mi vida. Su influencia ha sido invaluable para mí.

A mis tíos, que han sido una bendición en vida, siempre dispuestos a ayudarme y apoyarme. Gracias por su amor, guía y orientación.



Este trabajo de tesis fue realizado bajo el Programa de Investigación:  
Convocatoria para la presentación de programas y/o proyectos de investigación científica  
y desarrollo tecnológico – Universidades.

**Nombre de Programa**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

Y con el financiamiento de

(colocar el que aplique)

**Proyecto de Investigación de la Dirección de Investigación e Innovación**

DII-UISEK-PXXXXXX\_X.X

## Resumen

Durante muchos años la tendencia a la utilización del hormigón armado en el Ecuador asido muy demandante ya que se empleado como material en la construcción, como edificaciones , puentes , represas , y otras utilidades, pero este material tiene un tiempo de vida útil con el pasar el tiempo se agrietado, fisuras que pueden ser por mala construcción o métodos constructivos inadecuados, movimientos telúricos, como materiales de mala calidad, sección insuficientes que han sido aceptado como un hecho natural.

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la fibra de polipropileno como agregado en el diseño de hormigones estructurales para aumentar la resistencia a la compresión, para su aplicación en edificaciones.

En la investigación se diseñará un concreto con  $f'c$  de 240 kg/cm<sup>2</sup> aumentado fibras de polipropileno para realizar los ensayos, compara entre un hormigón referencial, que no contenga fibras.

Los hormigones modificados contendrán distintas dosificaciones que será de la fibra la primera dosificación se utilizó 3% y la segunda dosificación al 6% en relación de peso del hormigón, se utilizará agregados finos y agregados gruesos de la Cantera de la Mitad del Mundo y Cantera de Guayllabamba de la Ciudad de Quito. Las propiedades del hormigón que se estudiaron fueron la trabajabilidad, la resistencia a la compresión.

*Palabras clave:* Dosificación, hormigón, fibra de polipropileno, compresión

## **Abstract**

For many years, the trend toward using reinforced concrete in Ecuador has been very demanding, as it has been used as a construction material for buildings, bridges, dams, and other uses. However, this material has a useful lifespan. Over time, it can crack, damage that may be caused by poor construction or inadequate construction methods, earthquakes, poor-quality materials, and insufficient cross-sections, which have been accepted as a natural occurrence.

The objective of this work was to study polypropylene fiber as an aggregate in the design of structural concrete to increase compressive strength for application in buildings.

In the research, a concrete with a  $f'c$  of 240 kg/cm<sup>2</sup> augmented by polypropylene fibers will be designed for testing, comparing it with a reference concrete, which does not contain fibers. The modified concretes will contain different dosages: the first dosage will be 3% fiber and the second dosage will be 6% by weight of the concrete. Fine and coarse aggregates from the Mitad del Mundo Quarry and the Guayllabamba Quarry in Quito will be used. The concrete properties studied were workability and compressive strength.

**Keywords:** Dosage, concrete, polypropylene fiber, compression

## Tabla de contenido

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>8</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>11</b>
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	12
1.3 JUSTIFICACION _____	12
1.4 HIPOTESIS _____	12
1.4.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS _____	13
1.5 OBJETIVOS _____	13
1.5.1 OBJETIVO GENERAL _____	13
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	13
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>14</b>
MARCO TEORICO _____	14
2.1 HORMIGÓN _____	14
2.1.1 DEFINICION _____	14
2.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORMIGÓN _____	14
2.1.3 COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN _____	14
2.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN _____	15
Propiedades Mecánicas _____	19
2.1.4 AGREGADO _____	23
AGREGADO GRUESO _____	25
Densidad Aparente Seca de agregados gruesos _____	25

ENSAYOS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO _____	26
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESOS.	
_____	27
Peso Especifico _____	29
2.1.5 CEMENTO _____	30
<b>Componentes comunes de los cementos compuestos:</b> _____	31
2.1.6 AGUA _____	34
<b>Funciones del agua en el hormigón:</b> _____	35
2.1.7 ADITIVO _____	36
2.1.8 FIBRA _____	36
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>47</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>47</b>
3.1 METODOLOGIA BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN _____	47
Colorimetría _____	63
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>67</b>
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS _____	67
4. Recopilación de datos _____	67
4.1 DISEÑO DE PATRONES DEL HORMIGON CON EL METODO ACI	67
Determinación de la Resistencia a la Compresión del Hormigón _____	1
<b>Capítulo V .....</b>	<b>7</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>10</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>14</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Consistencia esperada en hormigón fresco _____	17
<b>Tabla 2</b> Tamices del agregado fino _____	27
<b>Tabla 3</b> Tamices del agregado grueso _____	28
<b>Tabla 4</b> Clasificación de cementos puros INEN 152 _____	31
<b>Tabla 5</b> Clasificación cementos compuestos INEN 490 _____	32
<b>Tabla 6</b> Clasificación cementos compuestos INEN 490 _____	33
<b>Tabla 7</b> Propiedades físicas y químicas de las fibras de polipropileno _____	44
<b>Tabla 8</b> Longitud de la fibra _____	45
<b>Tabla 9</b> Ensayo de Granulometría N°1 agregado grueso _____	53
<b>Tabla 10</b> Ensayo de Granulometría N°2 de agregado grueso _____	54
<b>Tabla 11</b> Ensayo Granulométrico N°1 del agregado fino _____	55
<b>Tabla 12</b> Ensayo Granulométrico N°2 de agregado fino _____	56
<b>Tabla 13</b> Ensayo de la Capacidad de Absorción del agregado fino del Cantera de San Antonio _____	57
<b>Tabla 14</b> Ensayo de Capacidad de Absorción del agregado grueso de la Cantera Guayllabamba _____	58
<b>Tabla 15</b> Ensayo de masa unitaria aparente suelta y compactado agregado grueso de la Cantera de Guayllabamba _____	59
<b>Tabla 16</b> Ensayo de masa unitaria aparente suelta y compactado agregado fino de la Cantera de San Antonio _____	60
<b>Tabla 17</b> Ensayo de la Densidad real del agregado fino _____	62
<b>Tabla 18</b> Ensayo de la Densidad real del agregado grueso _____	63
<b>Tabla 19</b> Propiedades del agregado fino según la Escala de Gardner _____	64
<b>Tabla 20</b> Densidad real del cemento "SELVALEGRE IP" _____	66
<b>Tabla 21</b> Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción _____	69
<b>Tabla 22</b> Tamaños máximos de grava recomendados para diferentes tipos de construcción. _____	69
<b>Tabla 23</b> Cantidad de agua a utilizarse para el diseño de hormigón _____	70
<b>Tabla 24</b> Relación agua /cemento a utilizarse para el diseño del hormigón _____	71
<b>Tabla 25</b> Características del agregado grueso de la Cantera Guayllabamba _____	72
<b>Tabla 26</b> Características del agregado fino de la Cantera Mitad del Mundo. _____	72
<b>Tabla 27</b> Cálculo de volumen aparente _____	73
<b>Tabla 28</b> Datos de la dosificación para 1 m <sup>3</sup> de hormigón por peso _____	74

<b>Tabla 29</b> Dosificación a $f'c$ 240 kg/cm <sup>3</sup> sin fibra _____	75
<b>Tabla 30</b> Dosificación al 3% de fibra de polipropileno en el hormigón _____	77
<b>Tabla 31</b> Dosificación al 6% de fibra de polipropileno en el hormigón _____	1
<b>Tabla 32</b> Toma de las muestras cilíndricas _____	2
<b>Tabla 33</b> Ensayo de compresión de los cilindros de hormigón a los 7 días _____	4
<b>Tabla 34</b> Ensayo de compresión de los cilindros de hormigón a los 14 días _____	5
<b>Tabla 35</b> Ensayo de compresión de los cilindros de hormigón a los 28 días _____	5

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Procedimiento para determinar la consistencia del hormigón _____	16
<b>Figura 2</b> Esquema de ensayo de resistencia a la compresión _____	21
<b>Figura 3</b> Formas de tipos de fallas de probetas cilíndricas a compresión simple _____	22
<b>Figura 4</b> Cemento Selvalegre de 50 kg _____	30
<b>Figura 5</b> Fibra de coco _____	37
<b>Figura 6</b> Fibra de bagazo de la caña de azúcar _____	38
<b>Figura 7</b> Fibras de bambú _____	38
<b>Figura 8</b> Fibra de yute _____	39
<b>Figura 9</b> Fibra de madera _____	39
<b>Figura 10</b> Fibra de vidrio _____	40
<b>Figura 11</b> Fibra de acero _____	41
<b>Figura 12</b> Fibra de nylon _____	42
<b>Figura 13</b> Fibra polietileno _____	43
<b>Figura 14</b> Fibras polipropileno _____	44
<b>Figura 15</b> Orientación de las fibras _____	46
<b>Figura 16</b> Operacionalización de la variable independiente _____	48
<b>Figura 17</b> Operacionalización de la variable dependiente _____	49
<b>Figura 18</b> Ubicación de la Cantera de Guayllabamba _____	50
<b>Figura 19</b> Cantera de Guayllabamba de Agregado Grueso _____	51
<b>Figura 20</b> Ubicación de Cantera Tanlahua _____	51
<b>Figura 21</b> Cantera de Tanlagua de agregado fino _____	52
<b>Figura 22</b> Escala de Gardner _____	64
<b>Figura 23</b> Cámara de curado de los cilindros de hormigón _____	3
<b>Figura 24</b> Compresión Cilindros de Hormigón _____	3

## CAPITULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el incremento de la población ha sido acompañado por un avanzado crecimiento urbanístico, la construcción de viviendas y a su vez de la demanda de los materiales de construcción(Huamán,2015).

El concreto es uno de los materiales más utilizados por el hombre en la industria de la construcción. Esto se debe a su gran versatilidad, durabilidad, trabajabilidad y resistencia que proporciona en sus diferentes estados físicos. La utilización del concreto se da en un variado campo de aplicación, entre los cuales están edificios, carreteras, losas industriales, presas, puentes, etc. (Montalvo,2015).

Antiguamente las fibras fueron empleadas para mejorar y reforzar diferentes tipos de materiales de construcción. Estas fibras eran de procedencia vegetal, actualmente las fibras de acero, polipropileno y vidrio han aumentado su aceptación porque mejora las propiedades del hormigón. La fibra se define como una hebra delgada y alargada en forma de redes, o filamentos de cualquier material natural que se puede distribuir en el hormigón. Las fibras se califican como vigas microscópicas y sus características estructurales dependen de los siguientes factores tales como el área de la sección transversal, longitud y forma. Se elabora a partir de sílice, fundida a altas temperaturas con boratos y fosfatos. La flexibilidad y la resistencia de las fibras aumentan según disminuya el diámetro (Arista, 2022) .

Las fibras, como acero, vidrio, sintéticas y naturales, pueden superar las propiedades de falla por fragilidad del concreto de cemento. Este tipo de concreto se puede usar en situaciones donde el concreto tiene una vulnerabilidad, como baja durabilidad o agrietamiento por contracción excesiva. Mediante la adición de diferentes fibras y aditivos en cantidades variables, los investigadores de todo el mundo están creando hormigón de alto rendimiento(Arista,2022).

El método más común es que la matriz basada en cemento sea modificada, ya sea a través del reemplazo de componentes o utilizando aditivos y/o agregados. Entre estos concretos especiales se encuentra el concreto reforzado con fibras, el cual es un material compuesto con dos características muy importantes, la ligereza y sus propiedades mecánicas especiales (Arista,2022). (p.7).

En este estudio se propone incorporar la fibra de polipropileno en el diseño del hormigón, con el fin de mejorar las características mecánicas del hormigón. Esto nos permite lograr una estructura de hormigón más resistente que garantice un ciclo de vida aceptable.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿La inclusión de las fibras de polipropileno es un aliado significativo para mejorar el comportamiento mecánico del hormigón?

El agregado grueso (ripió) es de la cantera Guayllabamba y el agregado fino (arena) es de la Cantera del sector de Tanlagua, parroquia de Parroquia San Antonio de Pichincha del Distrito Metropolitano de Quito, se han llevado a cabo edificaciones en la Ciudad con los agregados del sector. A través de la metodología tradicional de preparación del hormigón, se busca determinar si cumplen con los estándares técnicos de diseño. Por esta razón, se planea diseñar con los materiales del sector e incluso incorporar las fibras de polipropileno, las fibras son adquiridas en mercado del Ecuador en el Comercial Kywi en fundas de 1kg.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación permitirá conocer si la inclusión de las fibras de polipropileno a la mezcla de los materiales pétreos que existen en la zona y en otros sectores, se recomiendan para que sea un producto de buena calidad, resistencia y sobre todo duraderos y que puedan usarse para todo tipo de construcciones del sector.

## **1.4 HIPÓTESIS**

El uso de la fibra de vidrio de polipropileno como agregado en el diseño de hormigones estructurales permitirá mejorar y aumentar la resistencia a la comprensión.

### **1.4.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

1. El prototipo de hormigón diseñado con agregado de fibra de vidrio de polipropileno reduce la relación cemento, agregados finos, agregados gruesos, considerados para la elaboración de un hormigón tradicional.

2. La resistencia a la compresión del hormigón estructural diseñado con fibra de vidrio de polipropileno tiene un ligero incremento en relación al hormigón tradicional.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de polipropileno, para determinar la resistencia y su utilización en las construcciones del sector mediante ensayos a compresión a los 7, 14 y 28 día, mediante la comprobación de la rotura de los cilindros en diferentes edades.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características de la relación esfuerzo vs deformación que presenta un hormigón con y sin fibras de polipropileno.
- Determinar las características de la relación resistencia vs tiempo (edad del hormigón) que presenta el hormigón con y sin fibras de polipropileno.
- Analizar la resistencia que genera la muestra del hormigón con y sin fibras de polipropileno a los 7, 14 y 28 días.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 HORMIGÓN**

##### **2.1.1 DEFINICIÓN**

El hormigón es una masa endurecida que por su naturaleza es heterogéneo al ser producto resultante de la mezcla de 4 elementos principales: agua, cemento, agregado fino y agregado grueso en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades deseadas en el material. Se puede incorporar aditivos a la mezcla de hormigón, los cuales sirven para mejorar o modificar la mezcla.(Toro & Terán, 2020)

La resistencia a la compresión simple es una de las características principales del hormigón, que se define como la capacidad para soportar carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo  $\text{kg/cm}^2$  o Mpa. Esta resistencia depende de las proporciones de sus elementos como también de las propiedades físico-mecánicas de los mismos (Toro & Terán, 2020)

##### **2.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORMIGÓN**

El hormigón al ser un material conglomerado resultado de la unión de materiales inertes con cementantes o aglutinantes, cuyo producto es una piedra artificial con características físicas y mecánicas apropiadas para el desarrollo de infraestructuras en el campo de la construcción. En síntesis, la composición del hormigón es agua, cemento, agregados fino (arena) y agregado grueso (ripio), en ocasiones se le incorpora aditivo, de acuerdo a una dosificación que toma en cuenta la economía y el cumplimiento con la calidad, dotándole de trabajabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad (Caizaguano & Terán, 2020).

##### **2.1.3 COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN**

La procedencia de estos materiales pétreos puede ser de ríos, lagos, depósitos volcánicos y canteras, según su forma y tamaño, se puede utilizar directamente o someterlos a un procesamiento con lo que se obtiene una gran variedad de agregados(Caizaguano & Terán, 2020)

## 2.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

Las propiedades físicas y mecánicas son cualidades o condiciones básicas que presenta el hormigón y se pueden dividir en dos estados: Hormigón fresco y Hormigón endurecido.

### **Propiedades del hormigón fresco**

Se considera el estado de hormigón fresco como el tiempo que transcurre entre el momento en el que culmina su proceso de amasado manual o mecánico hasta que inicia el fraguado del cemento cuyo estado posee la capacidad para moldearse. Las características que debe tener una mezcla de hormigón en estado fresco dependerán de las condiciones de diseño que se pretende alcanzar (Remache, 2021).

- **Trabajabilidad**

Es la facilidad que presenta una mezcla de hormigón en estado fresco de ser mezclado, manipulado, transportado y vaciado a su posición final. La trabajabilidad depende, de los siguientes factores (Remache, 2021):

1. La cantidad de agua de amasado. Cuanto mayor sea esta, mayor será su trabajabilidad.
2. La granulometría de los áridos, siendo más manejable los hormigones cuyo contenido de agregado fino es mayor. Pero por otra parte mayor cantidad de arena corresponde más agua al amasado necesitará y, por lo tanto, se obtendrá menor resistencia.
3. La trabajabilidad es mayor con en los agregados grueso (ripio) que con agregados irregulares provenientes de la trituración de las rocas.

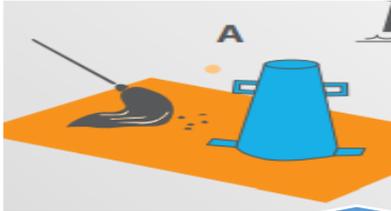
- **Consistencia**

Es la capacidad que demuestra el hormigón en estado fresco a experimentar deformaciones y adaptarse a una forma específica (molde o encofrado). Los factores que rigen este comportamiento están dados por: cantidad de agua, calidad de cemento, el tamaño, la forma y granulometría de los áridos y del posible uso de aditivos (Remache, 2021).

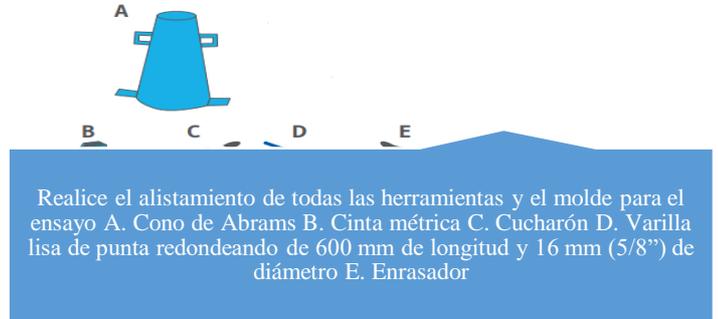
El procedimiento más utilizado para determinar la consistencia de una muestra de hormigón es cuantificando el asentamiento mediante el empleo del cono de Abrams. Este método de ensayo esta

estandarizado bajo la NTE INEN 1578 o su equivalente ASTM C143, la misma que establece el equipo y el procedimiento que se debe emplear (Remache, 2021).

**Figura 1** Procedimiento para determinar la consistencia del hormigón



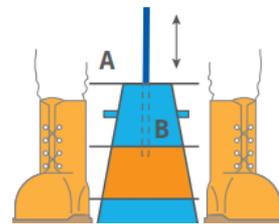
Humedezca el cono y el piso que tendrá como base. Escoja una base firme, nivelada, limpia y no absorbente, preferiblemente sobre un plástico para que no se produzca ningún movimiento.



Realice el alistamiento de todas las herramientas y el molde para el ensayo A. Cono de Abrams B. Cinta métrica C. Cucharón D. Varilla lisa de punta redondeando de 600 mm de longitud y 16 mm (5/8”) de diámetro E. Enrasador



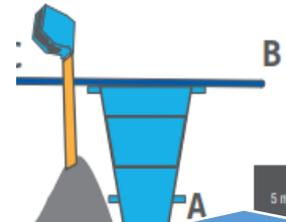
Asegúrese de homogenizar la mezcla antes de iniciar con el ensayo. Humedezca las herramientas a utilizar mencionadas anteriormente. Llene el cono en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 67 mm, la segunda capa de 155 mm y la tercera hasta rebosar el cono. Cada capa se deben realizar 25 apisonamientos con la varilla lisa inclinándola ligeramente en las primeras capas distribuyendo uniformemente los apisonamientos.



Debe pararse encima de los soportes del cono durante todo el ensayo para evitar movimiento. La primera capa requiere inclinar la varilla sin golpear el piso. La segunda capa debe ser compactada atravesando ligeramente la primera capa. La tercera capa debe ser compactada atravesando ligeramente la segunda capa. Esta última capa puede requerir adicionar concreto para lograr el enrase antes de terminar las 25 apisonamientos, al final se debe enrasar desde el centro hacia fuera



Colocando las manos con firmeza sobre los mangos del cono y aplicando un poco de fuerza hacia abajo mientras retira los pies de la parte inferior del cono, después levante el cono con un solo movimiento ascendente en un tiempo de 5 +/- 2 segundos, sin producir movimientos laterales o de torsión al concreto.



Inmediatamente, se mide el asentamiento determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro desplazado de la superficie de la muestra. Este valor, aproximado a 5 mm, se debe registrar en el formato de toma de muestras

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: <https://www.concrelab.com/wp-content/uploads/2023/05/Instructivo-Toma-de-Muestras-2023.pdf>

Tal medida determina el valor de la consistencia conforme:

**Tabla 1** *Consistencia esperada en hormigón fresco*

TIPO DE CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (cm)
Seca	0-2
Plástica	3-5
Blanda	6-9
Fluida	10-15
Líquida	16-20

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: NTE INEN 1578

- **Homogeneidad**

El hormigón está constituido por sólidos muy diferentes y de un líquido, es un material heterogéneo, por ello, decir que debe ser homogéneo indica que debe ser uniformemente heterogéneo, es decir, que en cualquier parte de su masa los componentes del hormigón deben estar perfectamente mezclados y en la proporción prevista en el diseño de la mezcla (Remache, 2021).

- **Segregación**

Es la separación mecánica de los componentes iniciales en el hormigón en estado fresco (agua, cemento y agregados), se manifiesta con la separación del agregado grueso del mortero, esto ocasiona hormigones de calidades bajas, débiles, de poca duración y acabado superficial pobre (Caizaguano & Terán, 2020).

- **Contenido de aire**

Es el volumen de aire atrapado durante el proceso de mezclado del hormigón, si existe un porcentaje considerable de aire atrapado la resistencia del hormigón disminuye al igual que su durabilidad, lo que se evita con una adecuada compactación (Caizaguano & Terán, 2020).

- **Fraguado**

Se define como fraguado al cambio de consistencia desde un estado fluido a rígido, este proceso es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento y el agua (Remache, 2021).

“Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final” (Remache, 2021).

### **Propiedades del hormigón endurecido**

Se considera al hormigón endurecido a la etapa en la cual el hormigón alcanza cierta resistencia mecánica, comúnmente se conoce que a los 7 días de edad el hormigón debe alcanzar entre el 70% y 80% de su resistencia final, teniendo como punto de referencia para saber si se lograra obtener la resistencia de diseño(Remache,2021).

Las propiedades del hormigón endurecido se pueden clasificar en: propiedades físicas y propiedades mecánicas. Para analizar las propiedades mecánicas del hormigón endurecido es necesario realizar previamente probetas de prueba que serán ensayados en cada una de las condiciones de carga (compresión, tracción, flexión, deformación)(Remache, 2021).

#### ***Propiedades físicas***

- **Densidad**

La densidad normalmente experimenta ligeras variaciones con el tiempo, las que provienen de la evaporación del agua de amasado hacia la atmósfera y que puede significar una variación de hasta un 7% de su densidad inicial(Remache,2021).

Esta puede ser variada artificialmente, ya sea por debajo o sobre los valores mencionados, constituyendo en este caso los denominados hormigones livianos o pesados, respectivamente.

- a) Hormigones livianos.** -El hormigón liviano es un tipo de concreto cuyo peso es considerablemente menor al del hormigón convencional. Esta reducción en peso se consigue sustituyendo los agregados tradicionales (como la arena y ripio) por materiales ligeros.

Generalmente se considera un hormigón de peso ligero si la densidad es menor a  $1900 \text{ kg/cm}^2$  y mayor a  $1350 \text{ kg/cm}^2$ .

- b) Hormigones pesados. - Los hormigones pesados son una variante de concreto caracterizada por tener una alta densidad en comparación con el hormigón convencional. Su principal característica es que se fabrican con agregados densos o pesados, que les confiere un peso específico mayor, generalmente superior a  $2,400 \text{ kg/m}^3$ , lo que los hace mucho más pesados que los hormigones comunes.

- **Compacidad**

La consistencia del hormigón se refiere a su capacidad para ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregarse ni perder sus propiedades. Esta característica está relacionada con la cantidad de agua en la mezcla, ya que el contenido de agua influye en la fluidez y trabajabilidad del hormigón.

- **Retracción**

La retracción del hormigón se refiere a la reducción de volumen que experimenta una vez que ha sido colocado y empieza a endurecerse. Esta retracción puede ocurrir por varios factores y en diferentes etapas del proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón.

### **Propiedades Mecánicas**

Las propiedades mecánicas son diferentes características propias que representan la capacidad del hormigón para soportar cargas, sin sufrir efectos de rotura o de agrietamiento, por consiguiente, es de esencial importancia puesto que estas propiedades se utilizan con fines netamente estructurales.

- **Resistencia**

Es la capacidad que tendrá el concreto de resistir a las diferentes solicitaciones siendo las principales: Resistencia a la compresión, flexión y tracción. La propiedad sobresaliente del concreto es la resistencia a la compresión, sin embargo, la resistencia a la tracción, comparándolo con la

compresión, es de 10%; es por ello que se le añade acero al concreto, el cual aumenta características para resistir a la tracción. Trabaja en conjunto con el concreto para darle un mejor comportamiento frente a estos dos esfuerzos. Cabe resaltar que la resistencia está estrechamente ligada con la relación agua-cemento( Montalvo,2015).

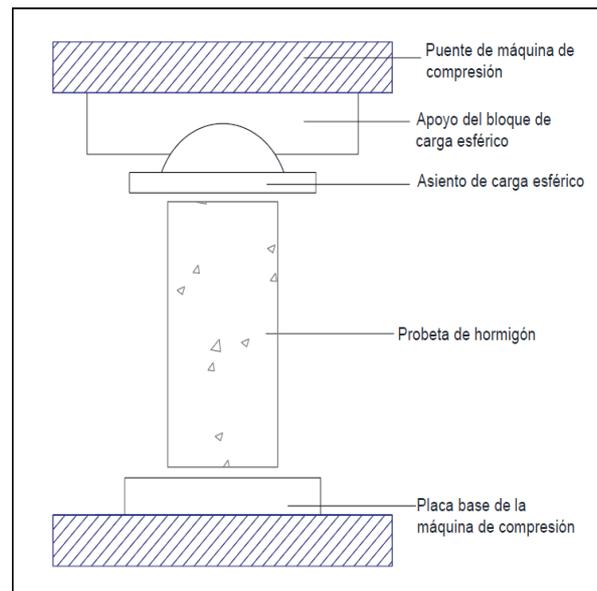
- **Resistencia a la compresión**

Una de las propiedades más importantes obtenidos de los ensayos de los cilindros de hormigón, es su valor de resistencia a la compresión, la cual permite cuantificar el desempeño del concreto, es también utilizado como factor para realizar diseños de obras civiles; y controlarlas en sus especificaciones(Castro,2020).

El ensayo se encuentra normado a nivel nacional en la NTE INEN 1573 y a nivel internacional por la ASTM C 39. El ensayo se compone de la aplicación de una fuerza axial sobre el cilindro de hormigón, hasta que éste llegue al punto de falla (rotura del cilindro).

se optó por usar cuatro cilindros para poder confirmar la veracidad de los resultados, los especímenes normados a las dimensiones de 150 mm de diámetro x 300 mm de altura. Utilizando tres probetas por cada dosificación a las edades de 7, 14 y 28 días; las edades de ensayo son seleccionadas debido a la naturaleza del cemento que presenta características de resistencia la compresión a tempranas edades.

**Figura 2** Esquema de ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20998>

Se emplea una fuerza constante hasta obtener la carga en la que la muestra falle, la que se muestra en diferentes tipos de falla, de acuerdo a la calidad de los materiales, fabricación y el ensayo. Las fallas que puede presentar el espécimen se indican en la tabla.

**Figura 3** Formas de tipos de fallas de probetas cilíndricas a compresión simple

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN
	Obtenido cuando existe una carga axial de compresión bien aplicada en un cilindro bien preparado. Los esfuerzos internos son correctamente distribuidos en el espécimen de concreto.
	Obtenido en cilindros con superficies de aplicación de la carga desviadas. Los esfuerzos internos se distribuyen en forma desigual hacia un lado del cilindro, provocando una inclinación prominente en el plano de falla.
	Obtenido con cilindros que presentan una cara convexa y/o defectos del refrentado, también por concavidad de la placa del cabezal. Los esfuerzos internos se distribuyen de forma irregular provocando un plano de fallo inconsistente.
	Obtenido con cilindros que presentan una cara convexa y/o defectos del refrentado, también por concavidad de la placa del cabezal. Los esfuerzos internos se distribuyen de forma irregular provocando un plano de fallo inconsistente.
	Obtenido con cilindros que presentan superficie de aplicación cóncava y/o defectos del refrentado. Los esfuerzos internos se distribuyen de forma irregular provocando un plano de fallo inconsistente.
	Obtenido en cilindros que presentan puntos sobresalientes en la superficie de aplicación, defectos del refrentado, rugosidades en el cabezal. Los esfuerzos internos se distribuyen de forma irregular provocando un plano de fallo inconsistente.
	Obtenido con cilindros con una superficie de aplicación de carga convexa y/o defectos del refrentado, rugosidades en el cabezal o placas de carga. Los esfuerzos internos se distribuyen de forma irregular provocando un plano de fallo inconsistente.
	Obtenido en cilindros con superficies de aplicación de la carga desviadas del paralelismo o desviaciones del centro del cilindro en la colocación de la carga. Los esfuerzos internos se distribuyen de forma irregular provocando un plano de fallo inclinada.

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20998>

- **Módulo de Elasticidad**

La propiedad de elasticidad en los diferentes materiales permite soportar deformaciones variables. El módulo de elasticidad o Módulo de Young está definido como el cociente entre el esfuerzo y la deformación longitudinal, parámetro que se utiliza para diseñar estructuras con mayor seguridad, que evite grandes deflexiones, así como derivas y brinde rigidez a la estructura(Caizaguano & Terán, 2020).

- **Ductilidad**

Es la capacidad que tienen los materiales para continuar en deformación no lineal, a pesar de los incrementos de las cargas mínimas, en cero o también cuando hay disminuciones de las cargas. Una capacidad para la ductilidad sería el coeficiente de deformación de rotura y de la deformación máxima mediante un procedimiento lineal elástico.

- **Resistencia a la tracción**

Esta propiedad representa de manera aproximada el 8 y 12% del valor de la resistencia a compresión, esta propiedad es la que hace que el hormigón no se pueda usar por sí solo en propósitos estructurales, de ahí que se usa en combinación con el acero para mejorar esta deficiencia. Se debe conocer la tracción debido a su influencia en la fisuración, en el esfuerzo cortante, adherencia al acero, etc.(Caizaguano & Terán, 2020).

#### **2.1.4 AGREGADO**

Es el término que se emplea para definir al material pétreo que se utiliza en el hormigón, independientemente de su tamaño. El término agregado abarca a las arenas, gravas naturales y piedra triturada, y también a los materiales especiales utilizados para producir hormigones livianos y pesados(Millán, 2013).

#### **AGREGADOS FINOS**

Es todo material con un tamaño inferior a 4.75mm hasta 0.075mm, se obtienen de la trituración de piedras o de origen natural (arena de río), siendo estas de mejor calidad para elaborar un buen hormigón por su contenido de cuarzo puro que garantiza resistencia y durabilidad. La cantidad

adecuada de material fino con un tamaño menor a 0.3mm (pasante del tamiz 50) proporciona trabajabilidad e influye en el contenido de aire en el hormigón fresco. El material necesita estar libre de materia orgánica, arcilla o cualquier impureza que limite las propiedades de un hormigón(Caizaguano & Terán, 2020)

Los agregados utilizados en la investigación provienen de la Cantera de Guayllabamba de la Ciudad de Quito. Los áridos deben cumplir con las características específicas mencionadas.

### **Porcentaje de absorción de agregados finos**

Determinar el porcentaje de absorción permite medir el incremento de la masa de los áridos debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado tiempo, sin incluir aire a la superficie externa de las partículas.

La normativa ecuatoriana utilizada es (NTE INEN 856 2010), determinando con la siguiente fórmula:

$$Absorcion, finos \% = \frac{(S - A)}{A}$$

Donde:

*A=masa de la muestra seca al horno[g].*

*S=masa de muestra saturada superficialmente seca [g]*

### **Contenido orgánico de arena**

El ensayo para determinar impurezas orgánicas en agregados finos, como la arena utilizada en la elaboración de concreto, es un procedimiento clave en la ingeniería civil para garantizar la calidad y durabilidad de las estructuras. El ensayo se realiza bajo la (Norma INEN 855 2010). Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón o la Norma ASTM C 40 Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.

## AGREGADO GRUESO

Todo material con un tamaño mayor a 4.75mm, provienen de la extracción de rocas de cantera, procesados o triturados, canto rodado o piedra bola (Caizaguano & Terán, 2020).

La elección de un tamaño de agregado grueso (ripio) afecta directamente a la economía del producto, mientras menor sea su tamaño mayor área superficial de agregado, que significa mayor utilización de agua y cemento, existen otros criterios para la elección del tamaño del agregado como la adherencia, resistencia de los elementos que conforman el agregado. El agregado no debe contener polvo, material orgánico, sales o sustancias que potencialice el daño del hormigón (Caizaguano & Terán, 2020).

Los agregados representan alrededor del 70 al 80% de la dosificación en peso, su propósito principal es crear una estructura interna que funciona como un soporte sólido y firme que se vincula a la pasta de cementación. Además de disminuir los gastos de fabricación, proporciona resistencia a cargas externas, a la abrasión y a la filtración de elementos externos como la humedad, previniendo fisuras provocadas por cambios volumétricos durante el fraguado o contracción del concreto.

### Porcentaje de absorción de agregados gruesos

La normativa ecuatoriana utilizada es (NTE INEN 857,2010) determinando con la siguiente fórmula:

$$\text{Absorcion, grueso}\% = \frac{(B - A)}{A}$$

Donde:

$A$ =masa de la muestra seca al horno[g].

$B$ =masa aparente en agua de la muestra saturada [g].

### Densidad Aparente Seca de agregados gruesos

Es la masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido, la normativa ecuatoriana utilizada (NTE INEN 857,2010), para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Gg = \frac{\gamma * A}{(A - C)} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

Donde:

$A$ =masa en aire de la muestra seca al, horno[g].

$C$ =masa aparente en agua de la muestra saturada [g].

$\gamma$ =peso específico del agua [gcm<sup>3</sup>]

### **Abrasión**

La determinación de la abrasión o porcentaje de desgaste, se lo determina a los agregados de partículas menores a 37,5 mm. Es de suma importancia conocer el tamaño máximo nominal para determinar la cantidad de agregado para realizar el ensayo. La normativa ecuatoriana utilizada es (NTE INEN 860 ,2011).Para determinar la abrasión, se calcula mediante la siguiente formula:

$$D = \frac{B - C}{B} * 100$$

$D$ =Valor de la degradación (%).

$B$ =Masa inicial de la muestra de ensayo.

$C$ =Masa de la muestra retenida en el tamiz de 1,7 mm 12

### **ENSAYOS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO**

Los ensayos de caracterización de agregados finos y gruesos se realizan en base a la Norma Técnica Ecuatoriana para hormigón, a continuación, se enumeran los ensayos:

- Análisis Granulométrico
- Densidad relativa y absorción
- Densidad aparente suelta y compactada
- Abrasión (grueso)
- Contenido orgánico en arena
- Porcentaje de partículas en suspensión (fino)
- Tamiz #200

## PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESOS.

### Análisis granulométrico

La granulometría es la distribución de las partículas de los agregados, que se analizan a través de los tamices, en Ecuador se utiliza la normativa (NTE INEN 696, 2011), este análisis es de suma importancia tanto para los agregados gruesos y finos. La granulometría y los límites granulométricos se expresan en porcentaje del material que pasa por cada tamiz. Análisis Granulométrico de agregado grueso, se calculó del módulo de finura. Para los tamices utilizados se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Con el tamaño máximo nominal, se cuartea la muestra hasta obtener el peso mínimo indicado en la NTE INEN 696, luego secar en el horno por  $24 \pm 4$  horas a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , y pesar la muestra inicial.
- Colocar la torre de tamices de forma descendente, en el orden de la serie de tamices.

**Tabla 2** *Tamices del agregado fino*

TAMIZ	ABERTURA (mm)
3/8"	9.50
	4.75
#4	2.36
#8	1.18
#16	0.60
#30	0.30
#50	0.15
#100	0.075
#200	

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: NTE INEN 696

**Tabla 3** Tamices del agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)
2"	50.00
1 ½"	37.50
1"	25.00
¾"	19.00
½"	12.50
3/8"	9.50
#4	4.75
#8	2.36

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: NTE INEN 696

### Masa unitaria seca y compactada – Peso volumétrico

Para la determinación del peso volumétrico en Ecuador se utiliza la normativa (INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana . NTE INEN 858: ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO), 2010)(NTE INEN 858 2010), este valor es importante para poder determinar la densidad volumétrica del agregado.

$$P_v = \frac{M_{am} - M_m}{V} \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$$

Donde:

$P_v$ =Peso volumétrico o masa unitaria [g/cm<sup>3</sup>].

$M_{am}$ =Masa del árido más el molde [g].

$M_m$ =Masa del molde [g].

$V$ =Volumen del molde [cm<sup>3</sup>].

## Contenido de humedad

Uno de los factores más importantes para la dosificación del concreto es conocer la cantidad de humedad natural, ya que de esto depende las proporciones indicadas de los agregados ya sean finos y gruesos.

La normativa ecuatoriana utilizada es (NTE INEN 862 2011) y la forma a utilizar es la siguiente:

$$W\% = \frac{H}{MS} * 100$$

Donde:

$H$ =Peso del agua evaporada [g].

$H = [(Peso\ recipiente + M. Húmeda) - (Peso\ recipiente + M. seca)]$ .

$MS$ =Peso de la muestra seca [g].  $W$ =Porcentaje de humedad [%].

## Módulo de Finura

La parte más importante de la granulometría en los agregados finos es determinar el módulo de finura (MF), que se lo puede definir como el índice de finura del agregado, cuanto mayor sea el MF, mayor grosor tiene el agregado, y en esto se basa el cálculo de la proporción de agregado fino para la mezcla de concreto. La normativa ecuatoriana que se utiliza es (NTE INEN 696 2011).

$$MF = \frac{T_{N4} + T_{N8} + T_{N16} + T_{N30} + T_{N50} + T_{N100}}{10}$$

Donde:

$T_i$ =porcentaje retenido en el tamiz  $i$ .

$MF$ =Módulo de finura [Adim].

## Peso Especifico

Es la propiedad utilizada para la obtención del volumen que ocupa el material en las mezclas hechas y es analizado respecto al volumen absoluto igual al agua. Si los cálculos dan un resultado de bajas densidades eso significa que el agregado tiene porosidad, tiene una debilidad y tiene una absorción muy alta.

### Porcentajes de vacíos.

Es el porcentaje de vacíos que existe entre los espacios de los granos, y todo ello es como se realiza de la forma de colocación de los granos, esto se realiza mediante la norma ASTM C29.

Fórmula:

$$\% \text{ VACIOS} = \frac{(S * W - M)}{(S * W)} * 100$$

### 2.1.5 CEMENTO

El cemento es el aglutinante de la mezcla para formar una piedra artificial, sin duda alguna el cemento Portland es el más usado en el mercado, siendo el aglutinante de menor costo, así como el más versátil. Puede adquirir la duración, peso unitario, impermeabilidad, dureza, apariencia, y resistencia(Cox & Vizcaíno ,2021).

**Figura 4** *Cemento Selvalegre de 50 kg*



Fuente: <https://selvalegre.com.ec/productos/sacos/>

Los cementos se clasifican en:

- **Cementos puros:**

Los cementos puros son aquellos que están compuestos exclusivamente por Clinker de cemento Portland, sin la adición de otros materiales o componentes, como cenizas volantes, escorias o caliza. se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 152 Cemento Portland. Requisitos o la Norma ASTM C 150 Standard Specification for Portland Cemento ( Caizaguano & Terán ,2020).

**Tabla 4** Clasificación de cementos puros INEN 152

CARACTERISTICAS	
<b>TIPO I</b>	Uso general en construcciones de hormigón bajo condiciones normales y sin requerimientos de propiedades especiales.
<b>TIPO II</b>	Se emplea en construcciones que están expuestas a una moderada exposición de sulfatos, provenientes del agua o del suelo además su calor de hidratación es moderado
<b>TIPO III</b>	Construcciones que requieran resistencias elevadas a edades tempranas. Se utiliza cuando se necesite desencofrar el elemento y cuando se requiera poner en servicio a la estructura lo más pronto posible.
<b>Tipo IA, Tipo IIA y Tipo IIIA. El prefijo A indica inclusión de aire</b>	
<b>TIPO IV</b>	Se emplea en construcciones en las que se requieran una baja cantidad de temperatura de hidratación.
<b>TIPO V</b>	Es útil en construcciones de hormigón que se encuentran expuestas a altas cantidades de sulfatos provenientes del suelo o del agua.

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente:(Caizaguano&Terán,2020, pg.10)

- **Cementos compuestos:**

Son aquellos que, además del Clinker (el principal componente del cemento Portland), contienen otros materiales que se incorporan para mejorar ciertas propiedades del cemento o hacerlo más económico.

Estos materiales pueden ser adiciones o pueden sustituir parcialmente al Clinker, contribuyendo a modificar las características del cemento, como su resistencia, durabilidad, y comportamiento frente a agresiones externas. Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 490 Cementos hidráulicos Compuestos. Requisitos o la Norma ASTM C 595 Standard Specification for Blended Hydraulic Cement(Caizaguano &Terán, 2020).

### **Componentes comunes de los cementos compuestos:**

- **Escoria de alto horno:** Es un subproducto de la fabricación del hierro y se utiliza para mejorar la durabilidad del concreto, especialmente en ambientes donde hay agresiones químicas.
- **Puente de cenizas volantes:** Son partículas finas provenientes de la combustión de carbón en las plantas termoeléctricas. Mejoran la trabajabilidad y la resistencia a largo plazo del cemento.

- **Humo de sílice:** Un material de desecho de la fabricación de silicio o ferroaleaciones. Mejora la resistencia del concreto y reduce la permeabilidad.
- **Caliza molida:** Se utiliza como un material añadido que mejora la fluidez del cemento y, en algunos casos, la trabajabilidad.
- **Pozolana:** Son materiales naturales o artificiales (como la ceniza volcánica) que tienen propiedades cementantes cuando se mezclan con cal en presencia de agua.

*Tabla 5 Clasificación cementos compuestos INEN 490*

CARACTERÍSTICAS	
<b>Tipo IS</b>	Cementos Portland mezclados con escoria de alto horno fina y granulado.
<b>Tipo IP</b>	Cementos Portland mezclados con material puzolánico durante la molienda del Clinker.
<b>Tipo P</b>	Cementos Portland mezclados con material puzolánico durante la molienda del Clinker donde no se requieran resistencias altas a edades tempranas.
<b>Tipo I (PM)</b>	Cemento Portland con determinada cantidad de puzolana según las características de cada obra.
<b>Tipo I (SM)</b>	Cemento Portland con determinada cantidad de escoria de alto horno según las características de cada obra.

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente:(Caizaguano&Terán,2020, pg.10)

- **Según su desempeño:**

Son aquellos que están formulados para cumplir con ciertos estándares de calidad y rendimiento elevados. Estos cementos están diseñados para alcanzar un alto nivel de rendimiento en términos de resistencia, durabilidad y comportamiento en condiciones específicas de uso. Se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2380 Cemento Hidráulico. Requisitos de desempeño para Cementos hidráulicos o la Norma ASTM C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cemento.

**Tabla 6** Clasificación cementos compuestos INEN 490

CARACTERISTICAS	
<b>Tipo GU</b>	Su uso es general además cuando no se requiere hormigones con propiedades especiales.
<b>Tipo HE</b>	Cemento que proporciona altas resistencias a edades tempranas.
<b>Tipo MS</b>	Cementos con moderada resistencia a los sulfatos existentes en el agua o suelo.
<b>Tipo HS</b>	Cementos con resistencia alta a sulfatos.
<b>Tipo MH</b>	Cementos con moderada temperatura de hidratación.
<b>Tipo LH</b>	Cementos con baja temperatura de hidratación.

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente:(Caizaguano&Terán,2020, pg.10)

## PROPIEDADES DEL CEMENTO

- **Densidad**

Es la relación entre la masa de una cantidad de cemento dada y el volumen absoluto de esta, su valor varía generalmente entre 2.90 y 3.15 g/cm<sup>3</sup> dependiendo de la cantidad y la densidad del material puzolánico que se adicione. El valor de la densidad de un cemento no es un indicador de la calidad de este si no que su uso principalmente radica en las dosificaciones de hormigones.

- **Finura**

La finura del cemento se refiere al grado de molienda o tamaño de las partículas del cemento, es decir, cuán finamente se ha triturado el material durante su fabricación. Es un factor importante porque influye en la velocidad de hidratación y en la resistencia que tendrá el cemento a lo largo del tiempo. Cuanto más finas son las partículas del cemento, mayor es la superficie de contacto disponible para reaccionar con el agua, lo que puede hacer que el cemento sea más reactivo y que tenga un fraguado más rápido. Sin embargo, si el cemento es demasiado fino, puede generar más calor durante la hidratación y afectar la trabajabilidad del concreto.

- **Consistencia normal**

La consistencia normal del cemento es la cantidad de agua necesaria para que una pasta de cemento tenga la fluidez adecuada para ser manipulada y trabajada sin ser ni demasiado líquida ni demasiado espesa. Es una medida de la facilidad con que se puede mezclar y manejar el cemento en la obra.

- **Fraguado**

El fraguado del cemento es el proceso mediante el cual una mezcla de cemento, agua y agregados (como arena y grava) pasa de ser una pasta líquida a un material sólido y resistente. Este proceso ocurre en dos fases principales: el fraguado inicial y el fraguado final.

- **Fraguado inicial:** Es el momento en que la mezcla comienza a endurecerse y pierde su capacidad de ser trabajada (es decir, ya no se puede moldear fácilmente). En este punto, la pasta de cemento todavía tiene cierta plasticidad, pero ya no es líquida. El fraguado inicial ocurre generalmente entre los primeros 30 minutos a 2 horas después de mezclar el cemento con el agua, dependiendo de la temperatura y la cantidad de agua usada.
- **Fraguado final:** Este es el momento en que el cemento alcanza su máxima dureza y se vuelve un material sólido. El fraguado final suele ocurrir entre las 4 a 6 horas después de haber mezclado el cemento, aunque este tiempo puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y el tipo de cemento utilizado.

## 2.1.6 AGUA

El agua en el hormigón juega un papel fundamental en su fabricación y en el proceso de hidratación del cemento. El agua se mezcla con el cemento para iniciar una reacción química que da lugar al endurecimiento y la resistencia del concreto. Sin embargo, la cantidad y la calidad del agua son factores clave que afectan las propiedades finales del concreto.

La entidad nacional que regula la normativa para agua potable es la INEN a través de la NTE 1108, la cual indica los requisitos que deben cumplir para que el agua sea considerada como potable

para consumo humano, la cual se aplica en servicios de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros(Remache, 2021).

Teniendo en cuenta el costo de la materia prima para la fabricación de hormigón el agua es el componente de más bajo costo, pero es un elemento tan importante como el cemento, debido a que la variación de su contenido en la mezcla, permite alcanzar resistencias deseadas, plasticidad, asentamiento y trabajabilidad(Remache, 2021).

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del hormigón y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras(Remache, 2021).

### **Funciones del agua en el hormigón:**

- **Reacción de hidratación:** El agua es esencial para la hidratación del cemento, que es el proceso químico en el que el cemento reacciona con el agua para formar productos sólidos que unen los agregados (arena, grava) y dan lugar al endurecimiento del concreto. Si no hay suficiente agua, la reacción no se completa, lo que afecta la resistencia del concreto. Si hay demasiada agua, el concreto será más fluido, pero más poroso y menos resistente.
- **Trabajabilidad:** El agua proporciona la consistencia necesaria para que el concreto sea fácil de mezclar, transportar, colocar y compactar en los moldes o formas. Un contenido de agua adecuado mejora la trabajabilidad del hormigón, haciendo que sea más fácil de manejar sin comprometer su resistencia.
- **Control de la temperatura:** El agua también puede ayudar a controlar la temperatura durante el proceso de fraguado, especialmente en condiciones de calor extremo. Si no se controla, el calor generado por la hidratación del cemento puede ser un problema, pero el agua puede ayudar a mitigar este efecto.

### 2.1.7 ADITIVO

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden a los materiales de construcción, principalmente al hormigón o mortero, para modificar o mejorar sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido. Estos componentes se utilizan en proporciones relativamente pequeñas (generalmente menos del 5% del peso del cemento dependiendo del fabricante), pero tienen un impacto significativo en el comportamiento y rendimiento de la materia.

### 2.1.8 FIBRA

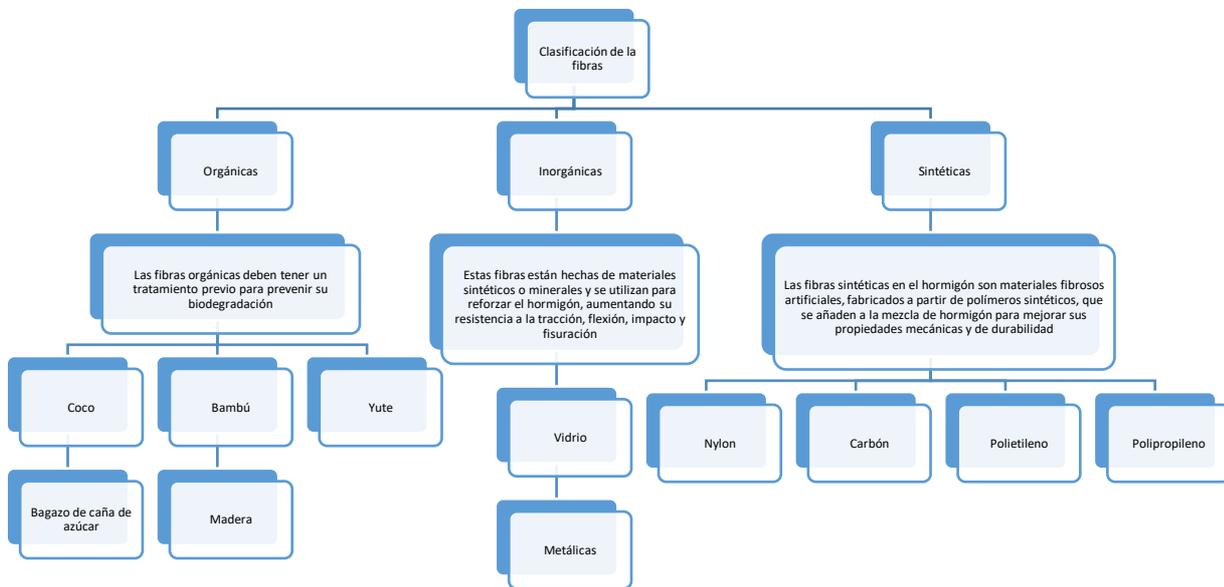
Las fibras son hilos cortos distribuidos de forma aleatoria sobre la matriz (hormigón). Un parámetro interesante que describe una fibra es la relación entre la longitud y el diámetro equivalente de la fibra. El diámetro equivalente de la fibra es el diámetro de un círculo de igual área a la sección de la fibra (Millán, 2013).

Las fibras en el hormigón son unos materiales que se agregan a la mezcla para mejorar sus propiedades mecánicas. Principalmente, son como unos "filamentos" o hilos cortos que son repartidas de manera aleatoria dentro del hormigón para darle más resistencia y controlar el agrietamiento. El usar efectivamente las fibras en el hormigón tiene el objetivo mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Las fibras se agregan en la mezcla de hormigón para controlar el agrietamiento, aumentar la resistencia a la tracción, mejorar la tenacidad y reducir la permeabilidad.

La norma ASTM C - 1116 define las fibras como: "Filamentos finos y alargados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de hormigón fresco." (Millán, 2013)

## Clasificación de las fibras

Existen diferentes tipos de fibras para el hormigón en función de la materia prima por la cual ellas están producidas:



*Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo*

## FIBRAS ORGÁNICAS

### Fibras de coco

Las fibras de coco en el concreto son un tipo de fibra natural que se obtiene de la cáscara del coco tal como se observa en la figura 1 y se aplica como refuerzo en mezclas de hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. Estas fibras son biodegradables, renovables y económicas, lo que las convierte en una opción sostenible en la construcción (Millán Castillo (2013)).

**Figura 5** *Fibra de coco*



Fuente: <https://www.barnacork.com/fibra-de-coco/>

### **Fibras de bagazo de caña de azúcar**

El proceso de la producción del azúcar está dado a partir de la maceración de la caña para exprimir el jugo y queda el bagazo. Dicho bagazo tiene extensos usos conocidos tales como en tableros y en la industria papelera, pero también se usan en hormigones. Para obtener una buena fibra añadir al hormigón es indispensable eliminar el jugo y remover dichos sólidos, lo cual se lo realiza el lavado con agua.

**Figura 6** *Fibra de bagazo de la caña de azúcar*



Fuente: <https://www.barnacork.com/fibra-de-coco/>

### **Fibra de bambú**

La planta de bambú puede obtener a alturas de hasta 15 metros y un espesor variable entre 25 y 100 mm. Debe ser utilizar en seco y se utiliza para reforzar el hormigón en sustitución de las barras de acero, o sea, se ocupa como material continuo de refuerzo. Tiene una alta capacidad de absorción del agua y un bajo módulo de elasticidad.

**Figura 7** *Fibras de bambú*



Fuente: <https://es.btn-europe.com/fabricacion-ecologica-de-la-fibra-de-bambu.php>

## **Fibra de Yute**

La fibra de yute tiene distintos usos y debido a su resistencia a la tensión las fibras de yute pueden utilizarse en matrices de cemento. El procedimiento para obtener las fibras de yute es muy simple: las plantas maduras son cortan y remojan en el agua, aproximadamente a las cuatro semanas ya la corteza está descompuesta, entonces las fibras expuestas son quitadas del tallo, lavadas y secadas.

**Figura 8** *Fibra de yute*



Fuente: <https://sostenibilidadmasvida.com/recursos-nat/yute/>

## **Fibras de madera**

Las fibras de madera se emplean en la industria de la construcción, fundamentalmente en la fabricación de hormigón, para mejorar ciertas propiedades del material. Aquí hay algunos aspectos importantes sobre el uso de fibras de madera en el hormigón:

**Figura 9** *Fibra de madera*



Fuente: <https://www.provaiser.es/aislamiento-termico-con-fibra-de-madera-en-valencia/>

**Mejora de la resistencia:** Las fibras de madera pueden ayudar a aumentar la resistencia a la tracción del hormigón, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones donde se espera que el material soporte cargas.

**Reducción de la fisuración:** La inclusión de fibras de madera puede ayudar a reducir la formación de fisuras en el hormigón, ya que actúan como refuerzo, distribuyendo las tensiones y minimizando el riesgo de agrietamiento.

## **FIBRAS INORGÁNICAS**

### **Fibra de Vidrio**

La fibra de vidrio es un producto elaborado de arena de sílice, de origen mineral y otros productos tales como: la cal, alúmina, magnesia y ciertos óxidos, concentrado en un molde plástico, con todos estos componentes reunidos se efectúan ciertas transformaciones, para la realización de fibras de vidrios(Fernanda 2013; Millán Castillo 2013).

**Figura 10** *Fibra de vidrio*



Fuente: <https://blog.laminasyaceros.com/blog/la-fibra-de-vidrio-puede-ser-reciclada>

Las fibras de vidrio para hormigón son un tipo de refuerzo que se agrega al hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas, como la resistencia a la tracción, la durabilidad y la capacidad para resistir fisuras. A diferencia del hormigón tradicional, que es fuerte en compresión, pero débil en tensión, la adición de fibras de vidrio ayuda a distribuir las tensiones y reduce la aparición de fisuras.

## **Fibra de Acero**

Las fibras de acero son aquellas piezas cortas, las cuales son agregadas en una mezcla de hormigón utilizando los procedimientos de mezclado.

El uso de la fibra en el hormigón estará duramente determinado por el ingeniero o arquitecto constructor. La agregación de fibra en el hormigón concederá ciertas características isotrópicas que serán distintas a las propiedades del hormigón común.

**Figura 11** *Fibra de acero*



Fuente: <https://blog.deacero.com/que-es-la-fibra-de-acero-y-para-que-sirve>

Las fibras de acero en el hormigón son pequeños filamentos de acero que se agregan en la mezcla de hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente su resistencia a la tracción, flexión y capacidad para resistir fisuras. A diferencia del hormigón tradicional, que es fuerte en compresión, pero débil en tensión, las fibras de acero actúan como un refuerzo interno que ayuda a distribuir las tensiones y reduce la aparición de fisuras.

## **FIBRAS SINTÉTICAS**

### **Fibras Nylon**

El nylon es una fibra química textil sintética que se obtiene de derivados petrolíferos y aceites. 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(Núñez,2016).

**Figura 12** *Fibra de nylon*



Fuente: [https://fibrassinteticasipn.blogspot.com/2015/04/nylon\\_27.html](https://fibrassinteticasipn.blogspot.com/2015/04/nylon_27.html)

### **Fibras Carbón**

Las fibras de carbón se desarrollaron en la industria aeroespacial, por poseer altas resistencias a la tracción, rigidez y módulo de elasticidad. Este tipo de fibras es costoso y presenta un desarrollo comercial limitado. Las hebras de las fibras de carbón deben contener unos 12000 filamentos individuales, dichos filamentos son largos y delgados, con un diámetro aproximado de 0.005-0.010mm(Flores & Guerrero,2015).

Las fibras de carbono para el hormigón son un material compuesto de alta tecnología que se utiliza para reforzar estructuras de hormigón, mejorando sus propiedades mecánicas y durabilidad. Estas fibras están compuestas por filamentos extremadamente delgados de carbono, que se entrelazan y se impregnan con resinas epoxi para formar un material ligero, resistente y duradero.

### **Fibras Polietileno**

El polietileno es un polímero de plástico adquirido y usados por muchos, es un polímero semicristalino que aumenta la resistencia del elemento ya que se alarga antes de romperse. Las propiedades de este tipo de fibras es que es un elemento flexible y deformable cuando se encuentra a temperaturas altas, es ligero y posee una resistencia química(Flores & Guerrero,2015).

**Figura 13** *Fibra polietileno*



Fuente: [https://fibrassinteticasipn.blogspot.com/2015/04/nylon\\_27.html](https://fibrassinteticasipn.blogspot.com/2015/04/nylon_27.html)

Las fibras de polietileno en el concreto son un tipo de fibra sintética utilizada como refuerzo en mezclas de hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas y reducir problemas como la formación de fisuras y grietas.

### **Fibras Polipropileno**

Este tipo de fibras tienen ciertas propiedades que las hacen más favorables para su mezclado en el hormigón debido a que son químicamente inertes y resistentes a la corrosión, a diferencia de las fibras de acero; son muy estables y presentan una superficie impermeable por lo cual no quita agua de mezclado, son livianas, y pueden ser fabricadas en diversas formas y con costos más bajos que otros tipos de fibras (Fernanda 2013; Millán Castillo 2013).

Las fibras de polipropileno son las más populares dentro de las fibras sintéticas, son químicamente inertes, hidrofóbicas y ligeras. Se producen como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como filmes y cintas. Estas fibras se componen de finas fibrillas de sección transversal rectangular (Conrado & Rojas, 2012).

**Figura 14** *Fibras polipropileno*

Fuente: María José Gavilanes Jaramillo

Se utiliza en un volumen mínimo de 0.1% del volumen del hormigón, las fibras de polipropileno reducen la fisuración por la retracción plástica y disminuye el agrietamiento sobre la armadura de acero.

La presencia de las fibras de polipropileno en el hormigón puede reducir el asentamiento o la sedimentación de las partículas de agregados y también pueden reducir el descascaramiento del hormigón de alta resistencia y del de baja permeabilidad expuesto al fuego en un ambiente con humedad(Conrado &Rojas,2012).

Considerando las características de las fibras que el A.C.I. ha escogido para el estudio actual, las fibras de polipropileno, que exhiben las siguientes características físicas y químicas:

**Tabla 7** *Propiedades físicas y químicas de las fibras de polipropileno*

<b>FIBRA DE POLIPROPILENO</b>	
<b>Materiales</b>	Polipropileno, homopolímero virgen
<b>Forma</b>	Fibra fibrilada
<b>Peso específico</b>	0.91 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Resistencia a la tracción</b>	83-96 Ksi (570-660Mpa)
<b>Longitud</b>	19 mm
<b>Color</b>	Blanco
<b>Resistencia ácido/alkalino</b>	Excelente
<b>Absorción</b>	Nula
<b>Cumplimiento</b>	ASTM C-1116

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Flores & Guerrero,2015

## INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL HORMIGÓN.

Se utiliza para reducir la retracción del hormigón plástico y endurecido, grietas de asentamiento, mejora la resistencia al impacto, resistencia a la fatiga y aumenta la tenacidad del hormigón. Esta fibra de alta resistencia ofrece durabilidad a largo plazo y un verdadero control secundario de temperatura con la incorporación de un patrón fibrilar y la opción de larga duración. No son corrosivas ni magnéticas (Conrado Díaz María Belén and Rojas Santiago Jairo Alejandro 2012).

### CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS POLIPROPILENO

#### a) Cantidad de fibras

El uso correcto de fibras en el hormigón proporciona una alta resistencia al hormigón, siempre que se tenga en cuenta el peso y el volumen adecuado para una dosificación específica.

#### b) Longitud de la fibra

La longitud y el diámetro de las fibras utilizadas para reforzar al hormigón no deben exceder de 3 pulgadas (76 mm) y 0,04 pulgadas (1 mm), respectivamente.

La longitud mínima de fibra utilizada es de  $\frac{3}{4}$ " (19 mm). para utilizar longitudes mayores de fibra se debe basar en el tamaño nominal máximo del agregado, para que la fibra pueda envolver a los agregados como se muestra a continuación (Flores & Guerrero, 2015).

**Tabla 8** Longitud de la fibra

TAMAÑO NOMINAL MAXIMO		LONGITUD DE FIBRA	
(in)	(mm)	(in)	(mm)
$\frac{1}{4}$	6	$\frac{3}{4}$	19
$\frac{1}{2}$	13	1-1/2	38
$\frac{3}{4}$	19	2-1/4	54
<b>1</b>	+25	2-1/2	60

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

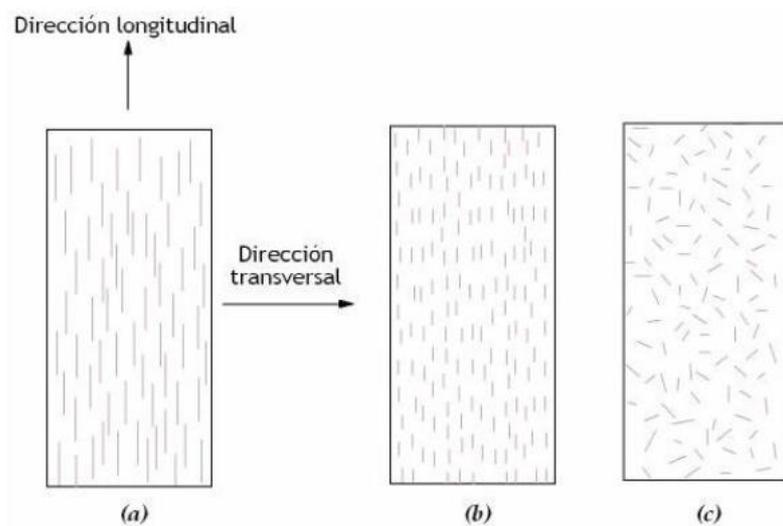
Fuente: ASTM C-1116, Standard Specification for Fiber Reinforced Concrete and Shotcrete.

### c) Orientación y de la Concentración de la Fibra

La disposición u orientación relativa de las fibras, su concentración y distribución influyen en la resistencia y en otras propiedades de los materiales compuestos reforzados con fibras.

- Alineación paralela de los ejes longitudinales de las fibras
- Alineación al azar. Las fibras continuas se alinean (Gráfico # 11.a).
- Mientras que las fibras discontinuas se pueden alinear (Gráfico # 11.b) o bien se pueden orientar al azar (Gráfico # 11.c) o alinearse parcialmente

**Figura 15** *Orientación de las fibras*



Fuente: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6029> Colecciones

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

El enfoque de investigación predomina el cualitativo-cuantitativo debido a que será imprescindible la interpretación de datos y resultados obtenidos además se ejecutó el ensayo de los diferentes materiales para establecer el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno.

Para el desarrollo de la investigación del trabajo de titulación, se realizó con la investigación experimental tiene dos etapas, la primera etapa está orientada a las propiedades mecánicas de los agregados en el área de Quito. Se utilizo agregado grueso y fino proveniente de Guayllabamba y la segunda etapa realizo la preparación y ensayo de compresión de cilindros en las instalaciones del laboratorio de la Empresa TESPECON, ubicado en la ciudad Quito.

#### **3.1 METODOLOGÍA BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

El método de investigación que se utilizará en este proyecto será de campo, a través de la recolección de agregados finos y grueso en la cantera de Guayllabamba para la elaboración de probetas cilíndricas de hormigón, se realizará una investigación de tipo experimental y de laboratorio, donde se llevarán a cabo investigaciones y ensayos para conocer las distintas características de los agregados, además de establecer la cantidad ideal de fibra de polipropileno a añadir al hormigón, reconociendo sus características mecánicas.

#### **POBLACIÓN Y MUESTRA**

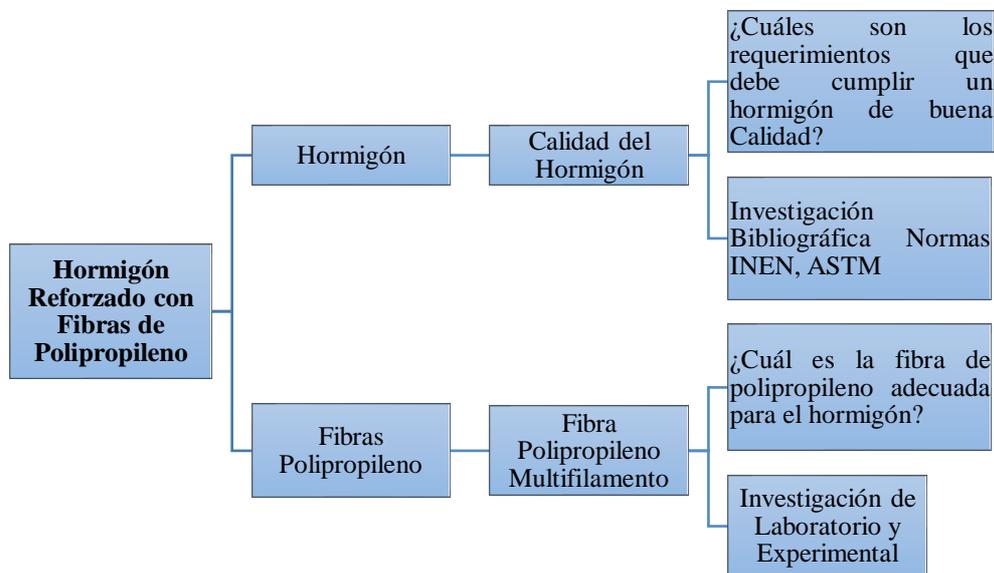
La localidad de estudio para la investigación estará formada por la principal cantera que abastecen de material pétreo en la ciudad de Quito debido a sus excelentes características para la realización del hormigón. Por lo tanto, la fibra de polipropileno para el refuerzo del hormigón se analizará las características mecánicas de los áridos para determinar las propiedades de la fibra a utilizar para investigación.

## TIPOS DE VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

### Variables independientes

El hormigón fibra reforzado es una combinación de cemento hidráulico, agua, agregado finos y gruesos, más fibras dispersas aleatoriamente orientadas con el fin de reforzarlo, Las variables independientes que influyen en el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno son diversos factores que afectan sus propiedades mecánicas y su desempeño estructural.

**Figura 16** Operacionalización de la variable independiente

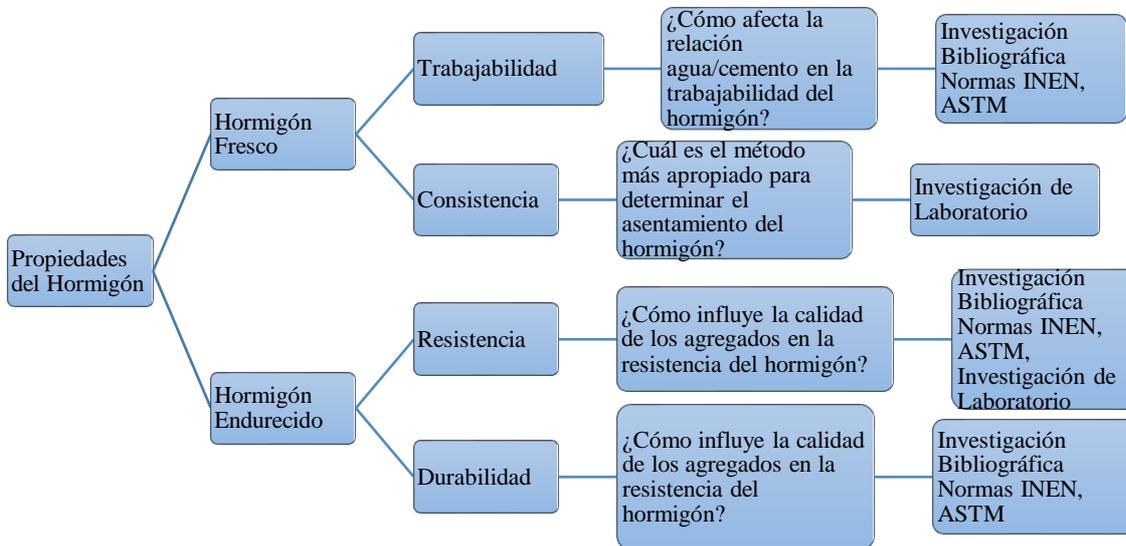


Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

### Variable Dependiente

El comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno depende de varias variables que influyen en sus propiedades mecánicas y durabilidad.

**Figura 17** Operacionalización de la variable dependiente



Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

### **Método para recolección de datos**

Se corresponderá ejecutar un cronograma que implique la recopilación bibliográfica de procedimiento de muestreo técnico que permita la recolección, identificación, características, almacenaje y ensayos de los agregados.

### **Muestreo**

1. Visita a campo en la mina de los agregados fino y grueso y un medio de transporte de carga.
2. Recolección de agregados fino y grueso en cantidades precisas de acuerdo con NTE INEN 695
3. Almacena del agregado en un lugar seco a temperatura ambiente.
4. Secado al sol.
5. Etiquetado de los materiales

### 3.1.2 MATERIALES A EMPLEARSE EN LA INVESTIGACIÓN

Los materiales empleados en esta investigación fueron elegidos tomando las consideraciones de calidad y el uso más frecuente en el sector de la construcción en la Ciudad de Quito.

Para realiza el hormigón son imprescindible el agregado fino y árido grueso, usualmente son conocidos como polvo azul y ripio respectivamente. En el presente proyecto de la investigación son obtenidos de dos tipos de cantera, el agregado fino se utilizó de la cantera de Mitad de Mundo siendo considerada como cantera a la explotación minera generalmente realiza a cielo abierto, el agregado grueso se utilizó de la cantera del Guayllabamba su explotación de los materiales son del rio Guayllabamba y luego son triturados.

#### Adquisición de los Agregados Grueso

Los agregados gruesos se obtuvieron de una visita a campo en la cantera Guayllabamba ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Quito, en el sector de la Panamericana Norte a la altura del Río Guayllabamba.

**Figura 18** *Ubicación de la Cantera de Guayllabamba*



Fuente: Google maps

**Figura 19** *Cantera de Guayllabamba de Agregado Grueso*



Fuente: María José Gavilanes Jaramillo

### **Adquisición de los Agregados Fino**

Los agregados finos se obtuvieron de una visita a campo en la cantera Tanlahua ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Quito, 6 Km al Noroeste de San Antonio de Pichincha.

**Figura 20** *Ubicación de Cantera Tanlahua*



Fuente: Google maps

**Figura 21** *Cantera de Tanlagua de agregado fino*



Fuente: María José Gavilanes Jaramillo

### **Recopilar la información base del agregado fino y grueso, cemento**

En la dosificación interviene valores determinados de los ensayos realizados en los agregados y el cemento.

### **3.1.3 Ensayos Realizados en los Agregados Grueso y Fino**

#### **Análisis granulométrico de los agregados**

Es un parámetro que permite determinar la distribución del tamaño de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, para lo cual se utiliza una serie de tamices, que están especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 696, 2011), con aberturas que van disminuyendo gradualmente, para determinar el módulo de finura en el agregado fino y el tamaño máximo nominal en el agregado grueso.

La granulometría y tamaño máximo del agregado son importantes, debido a que alrededor del 75% en volumen de los agregados son empleados en la dosificación de las mezclas de hormigón, teniendo efecto en la trabajabilidad, economía y porosidad del hormigón. Determinar el módulo de finura como lo establece la Norma INEN 696, como lo describe: “Calcular el módulo de finura mediante la sumatoria de los porcentajes totales.

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO

El análisis granulométrico del agregado grueso, se utiliza los tamices: 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°8 de acuerdo a la norma INEN 872. A continuación, se indican los ensayos correspondientes a la granulometría y tamaño nominal máximo

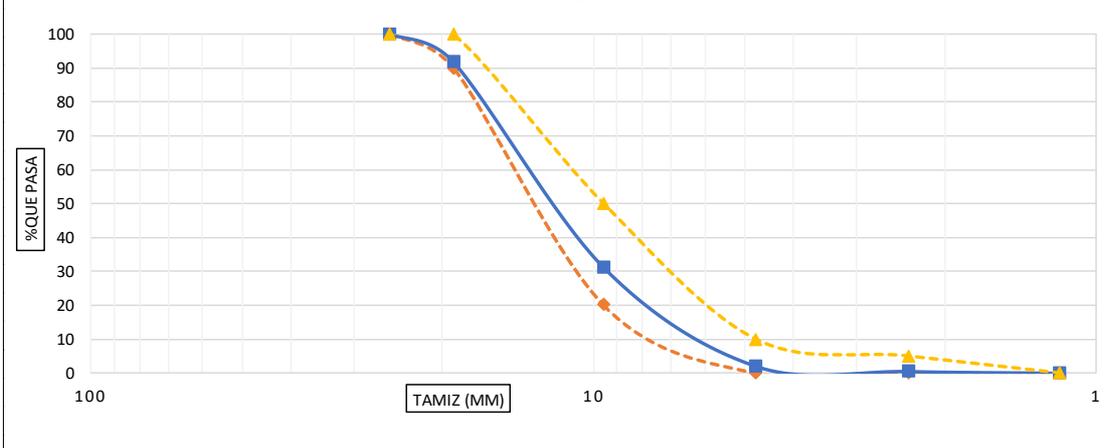
**Tabla 9**

*Ensayo de Granulometría N°1 agregado grueso*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>							
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO							
<b>ORIGEN:</b>		Guayllambamba		<b>ENSAYO N°:</b>		1	
<b>ENSAYADO POR:</b>		María José Gavilanes Jaramillo		<b>FECHA:</b>		9/1/2025	
<b>NORMA:</b>		NTE-INEN 696					
ABERTURA DEL TAMIZ		RETENIDO		RETENIDO%	PASA%	LIMITES	
(in)	(mm)	PARCIAL (gr)	ACUMULADO (gr)			INFERIOR	SUPERIOR
2"	50.8	0	0	0	100		
1 1/2"	38.1	0	0	0	100		
1"	25.4	0	0	0	100	100	100
3/4"	19	1300	1300	8.14	91.86	90	100
1/2"	12.7	7000	8300	51.94	48.06		
3/8"	9.53	2700	11000	68.84	31.16	20	55
4"	4.75	4650	15650	97.93	2.07	0	10
8"	2.36	250	15900	99.50	0.50	0	5
16"	1.18	80	15980	100	0.00		
<b>MODULO DE FINURA:</b>			6.26		<b>TAMAÑO NOMINAL:</b>		3/4"

### CURVA GRANULOMETRICA



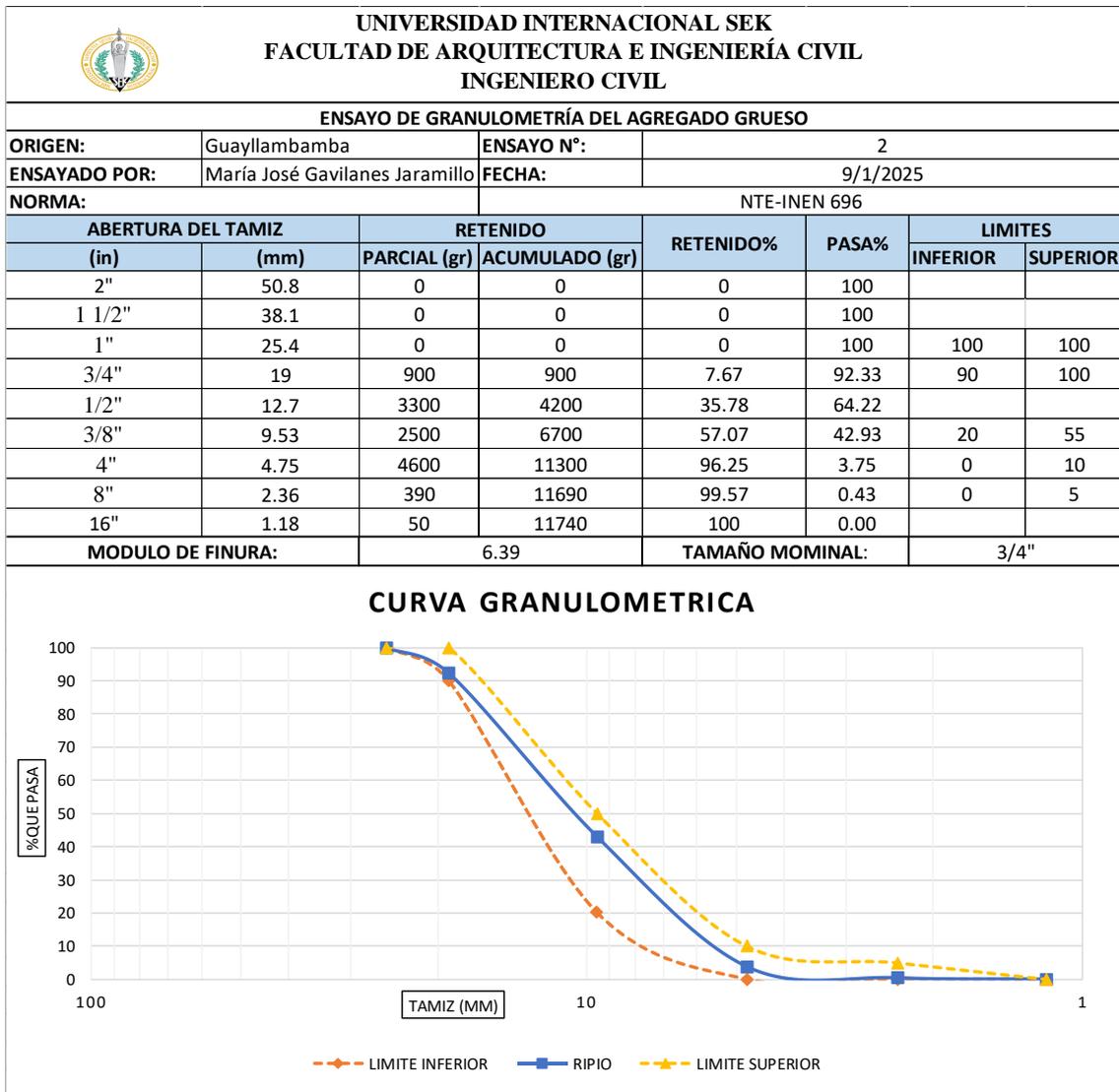
El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como '%QUE PASA' (de 0 a 100) y el eje X etiquetado como 'TAMIZ (MM)' (de 100 a 1). Se muestran tres líneas: una línea roja con triángulos para el límite superior, una línea azul con cuadrados para el 'RIPIO' (datos reales) y una línea naranja con triángulos para el límite inferior. Los datos del gráfico coinciden con los de la tabla adjunta.

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Tabla 10**

*Ensayo de Granulometría N°2 de agregado grueso*



Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

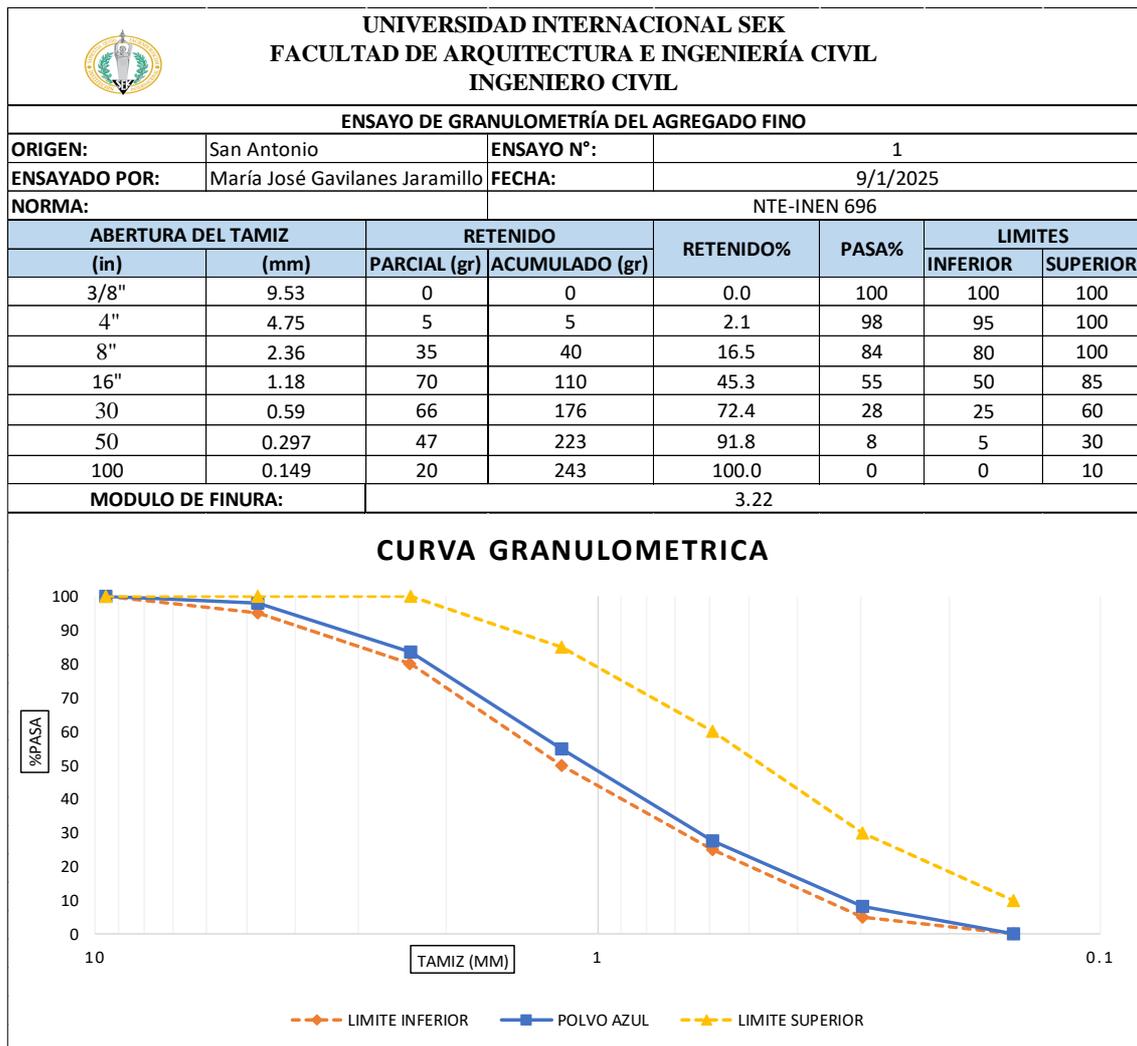
Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Resultados:** En las tablas 9 y 10, las curvas granulométricas del agregado grueso de la Cantera Guayllambamba indican que el agregado es bien gradado, con un módulo de finura de 6.24 cumpliendo con los límites sugeridos en la norma NTE INEN 696.

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO

El análisis granulométrico para el agregado fino son los tamices son: 3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 de acuerdo a la norma INEN 872.

**Tabla 11**  
*Ensayo Granulométrico N°1 del agregado fino*

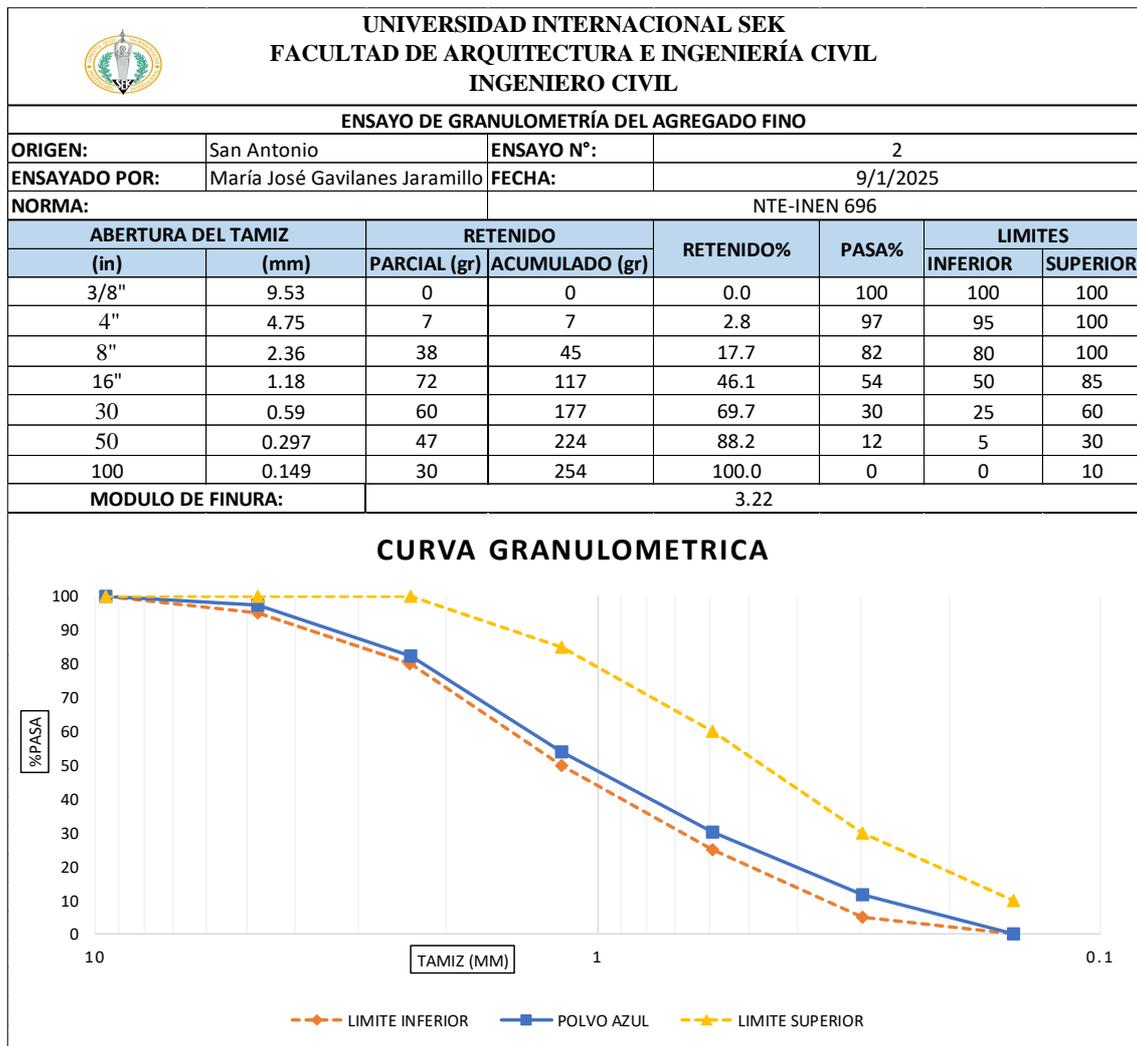


Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Tabla 12**

*Ensayo Granulométrico N°2 de agregado fino*



Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Resultados:** En las Tablas 11 y 12, las curvas granulométricas del polvo azul de Cantera de Tanlahua presentan una tendencia al grueso en el tamiz N°16 y N°8, con un módulo de finura de 3.22 cumpliendo con los límites sugeridos en la norma INEN 696.

**Capacidad de Absorción**

Es la capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna. Con el ensayo se determina la permeabilidad de las partículas, si cuentan con poros saturables o no saturables, se determina con el agregado luego de 24 horas sumergidos en agua, se

procede a secar superficialmente el material y su resultado se expresa en porcentaje de absorción mediante la diferencia de masas con relación a la masa seca del material(Chango & Tulcán,2018).

Para conocer la cantidad de agua absorbida por el agregado es primordial para el diseño, así se puede hacer las correcciones por humedad mediante el cual, podemos establecer la cantidad de agua que se va utilizar para un volumen unitario de hormigón, establecido por las normas: para el agregado fino NTE INEN 856 y para el agregado grueso NTE INEN 857.

### **RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO**

Para el ensayo de peso específico se tomó dos muestras para ser ensayadas, la norma NTE NEN 856, un rango aceptable para la capacidad de absorción de dos resultados de 0.31%, lo cual en los resultados presentados a continuación el valor es menor al especificado por lo tanto los resultados son aceptables.

**Tabla 13**

*Ensayo de la Capacidad de Absorción del agregado fino del Cantera de San Antonio*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>			
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO</b>			
<b>ORIGEN:</b>	San Antonio	<b>ENSAYO N°:</b>	1,2
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 856		
<b>DATOS</b>	<b>ENSAYO N°1</b>	<b>ENSAYO N°2</b>	<b>UNIDAD</b>
Masa del recipiente	25.5	24.8	g
Masa del recipiente+ muestra SSS	165.9	159.1	g
Masa de la muestra SSS	140.4	134.3	g
Masa del recipiente+ muestra seca	163.3	156.6	g
Masa de la muestra seca	137.8	131.8	g
Capacidad de absorción	1.89	1.90	%
Promedio de la capacidad de absorción	1.89		%

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Resultados:**

El ensayo de la capacidad de absorción que presento es 1,89% (Tabla 13), se determina mediante la norma NTE INEN 856.

**RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO**

Para el ensayo de capacidad de absorción se tomó dos muestras para ser ensayadas, la norma NTE INEN 857, un rango aceptable para el peso específico de dos resultados de 0.31%, lo cual en los resultados presentados a continuación el valor es menor al especificado por lo tanto los resultados son aceptables.

**Tabla 14**

*Ensayo de Capacidad de Absorción del agregado grueso de la Cantera Guayllabamba*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>			
<b>CAPACIDAD DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO</b>			
<b>ORIGEN:</b>	Guayllamba	<b>ENSAYO N°:</b>	1,2
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 857		
<b>DATOS</b>	<b>ENSAYO N°1</b>	<b>ENSAYO N°2</b>	<b>UNIDAD</b>
Masa del recipiente	25.8	24.1	g
Masa del recipiente+ muestra SSS	140.9	148.1	g
Masa de la muestra SSS	115.1	124	g
Masa del recipiente+ muestra seca	137.8	144.7	g
Masa de la muestra seca	112	120.6	g
Capacidad de absorción	2.77	2.82	%
Promedio de la capacidad de absorción	2.79		%

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Resultados**

El agregado grueso de Guayllabamba tiene una capacidad de absorción de 2.70%, valor que se encuentra dentro de las recomendaciones que se establecen en la norma NTE INEN 857.

**Masa Unitaria Aparente Suelta y Compactada**

El ensayo de masa unitaria suelta y compactada permite, conocer la masa unitaria o el peso volumétrico del material en circunstancias sueltas y compactadas, para de esta manera realizar el cálculo de vacíos entre partículas. Este procedimiento ayuda en la dosificación de la mezcla, para

obtener los porcentajes de agregado fino y grueso que se incorporó al momento de realizar la mezcla (NTE INEN 858, 2010)(Chango & Tulcán,2018).

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE MASA UNITARIA APARENTE SUELTA Y COMPACTADA AGREGADO GRUESO

Para el ensayo se utiliza con una muestra de ripio, se realizó varios ensayos de masas del agregado con el recipiente dando como resultado diferentes valores, la norma NTE INEN 858 en, indica que el valor entre dos ensayos correctamente realizados por un mismo operador.

### Tabla 15

*Ensayo de masa unitaria aparente suelta y compactado agregado grueso de la Cantera de Guayllabamba*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>				
MASA UNITARIA SUELTA Y COMPACTADA DEL AGREGADO GRUESO				
<b>ORIGEN:</b>	Guayllabamba	<b>ENSAYO N°:</b>		1,2
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>		9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 858			
DENSIDAD APARENTE SUELTA				
DATOS		ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	UNIDAD
Masa del recipiente		2486	2486	g
Volumen del recipiente		2875	2875	cm3
Masa del agregado suelto +recipiente		6324	6315	g
Densidad		1.33	1.33	g/cm3
Densidad promedio		1.33		g/cm3
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA				
DATOS		ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	UNIDAD
Masa del recipiente		2486	2486	g
Volumen del recipiente		2875	2875	cm3
Masa del agregado suelto +recipiente		6874	6877	g
Densidad		1.53	1.53	g/cm3
Densidad promedio		1.53		g/cm3

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

### Resultados:

El agregado grueso de Guayllabamba, tiene una Masa Unitaria suelta de 1.33 g/cm<sup>3</sup> y una densidad compactada de 1.53 g/cm<sup>3</sup>, estos valores son aceptables según la norma NTE INEN 858.

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE MASA UNITARIA APARENTE SUELTA Y COMPACTADA AGREGADO FINO.

Para el ensayo se utiliza con una muestra de polvo azul se realizó varios ensayos de masas del agregado con el recipiente dando como resultado diferentes valores, la norma NTE INEN 858, indica que el valor entre dos ensayos correctamente realizados por un mismo operador.

**Tabla 16**

*Ensayo de masa unitaria aparente suelta y compactado agregado fino de la Cantera de San Antonio*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>				
<b>MASA UNITARIA SUELTA Y COMPACTADA DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>ORIGEN:</b>	San Antonio	<b>ENSAYO N°:</b>		1,2
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>		9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 858			
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA</b>				
<b>DATOS</b>		<b>ENSAYO N°1</b>	<b>ENSAYO N°2</b>	<b>UNIDAD</b>
Masa del recipiente		2486	2486	g
Volumen del recipiente		2875	2875	cm3
Masa del agregado suelto +recipiente		7385	7376	g
Densidad		1.70	1.70	g/cm3
Densidad promedio		1.70		g/cm3
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA</b>				
<b>DATOS</b>		<b>ENSAYO N°1</b>	<b>ENSAYO N°2</b>	<b>UNIDAD</b>
Masa del recipiente		2486	2486	g
Volumen del recipiente		2875	2875	cm3
Masa del agregado suelto +recipiente		8197	8156	g
Densidad		1.99	1.97	g/cm3
Densidad promedio		1.98		g/cm3

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

### Resultados:

El agregado fino de la cantera de San Antonio, tiene una Masa Unitaria suelta de 1.70 g/cm<sup>3</sup> y una densidad compactada de 1.98 g/cm<sup>3</sup>, estos valores son aceptables según la norma NTE INEN 858.

### Densidad relativa

La densidad real se determina la relación entre la masa y el volumen, sin embargo, en el caso de los agregados para hormigón se debe de definir cuidadosamente el término densidad, pues que

generalmente entre sus partículas hay cavidades o poros que pueden estar vacíos, parcialmente saturado o llenos de agua, dependiendo de su permeabilidad interna(Chango & Tulcán,2018).

Para determinar los agregados finos se utiliza la norma NTE INEN 856/ASTM C-127 y para los agregados gruesos la norma NTE INEN 857/ASTM C-128. Para el ensayo, los agregados deben estar en estado de saturación con superficie seca (SSS), siendo este valor fundamental para el diseño de mezclas.

Es necesario conocer que existen dos procedimientos válidos que contempla la norma, el primero es gravimétrico, y el segundo es volumétrico. Se siguió el procedimiento gravimétrico para la determinación de la absorción y la densidad relativa. Para llevar a cabo este ensayo, se requiere del uso de una balanza con una precisión de 0.1 gr o del 0.1% de la masa a ensayar, un picnómetro de 1000 cm<sup>3</sup> de capacidad, un embudo para poder verter el árido fino sin desperdicio alguno, 500 gr de árido fino, agua destilada, una bomba de vacíos, y un horno capaz de mantener la temperatura a 110°C con una precisión de 5°C (NTE INEN 856, 2010).

## **RESULTADOS DEL ENSAYO DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO**

Para el ensayo de la densidad real se tomó dos muestras para ser ensayadas, la norma NTE INEN 856, lo cual en los resultados presentados a continuación el valor es menor al especificado por lo tanto los resultados son aceptables.

**Tabla 17***Ensayo de la Densidad real del agregado fino*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>			
<b>DENSIDAD REAL (GRAVEDAD ESPECÍFICA) AGREGADO FINO</b>			
<b>ORIGEN:</b>	San Antonio	<b>ENSAYO N°:</b>	1
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 856		
<b>DATOS</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Masa del picnómetro		148.3	g
Masa del picnómetro+ muestra SSS		367.81	g
Masa del picnómetro+ muestra SSS+agua		778.2	g
Masa agua añadida		410.39	g
Masa del picnómetro+500cc de agua		642.91	g
Masa de 500cc de agua		494.61	g
Densidad del agua		0.999	g/cm3
Masa del agua desalojada por la muestra		84.22	g
Masa del agregado		219.51	g
Volumen del agua desalojada		84.30	cm3
Densidad real de la arena		2.60	g/cm3

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Resultados:**

El agregado grueso de Guayllabamba tiene una densidad de 2.60 g/cm<sup>3</sup> valor que está dentro de las recomendaciones que establecen en la norma NTE INEN 856.

**RESULTADOS DEL ENSAYO DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO**

Para el ensayo de la densidad real se tomó dos muestras para ser ensayadas, la norma NTE INEN 857, lo cual en los resultados presentados a continuación el valor es menor al especificado por lo tanto los resultados son aceptables.

**Tabla 18***Ensayo de la Densidad real del agregado grueso*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>			
<b>DENSIDAD REAL (GRAVEDAD ESPECÍFICA) AGREGADO GRUESO</b>			
<b>ORIGEN:</b>	Guayllabamba	<b>ENSAYO N°:</b>	1
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 857		
<b>DATOS</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Masa de la canastilla en el aire		1215	g
Masa de la canastilla en el agua		1095	g
Masa de la canastilla+ muestra SSS en el aire		5358	g
Masa de la canastilla+ muestra SSS en el agua		3630	g
Densidad real del agua		1	g/cm <sup>3</sup>
Masa de la muestra SSS en el aire		4143	g
Masa de la muestra SSS en el agua		2535	g
Volumen real de la muestra		1608.00	cm <sup>3</sup>
Densidad real de la ripio		2.58	g/cm <sup>3</sup>

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

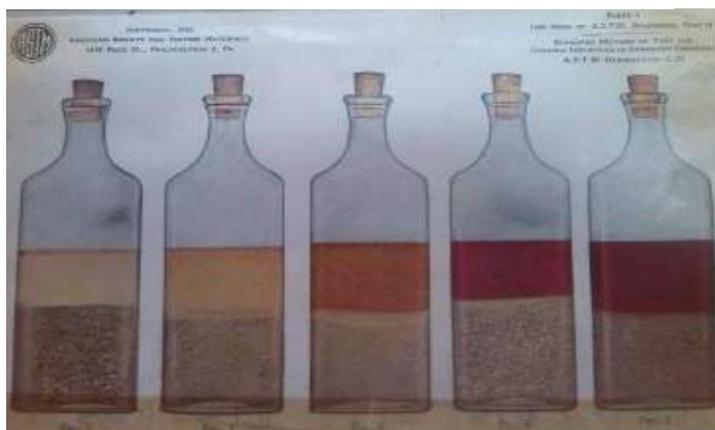
**Resultados:**

El agregado fino de Guayllabamba tiene una densidad de 2.58 g/cm<sup>3</sup> valor que está dentro de las recomendaciones que establecen en la norma NT INEN 857.

**Colorimetría**

Es la materia orgánica que presenta el agregado fino, los cuales consisten en materia animal y vegetal que están formados principalmente por: carbono, nitrógeno y agua. Este tipo de materia al encontrarse en ciertas cantidades afectan en forma nociva las propiedades del hormigón, como es la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso de fraguado. Por esto es muy importante controlar el posible contenido de materia orgánica de una arena ya que es perjudicial para el hormigón. El ensayo más utilizado es el colorimétrico que se basa en una escala de colores el cual contiene cinco intensidades yendo desde el blanco claro al café chocolate(Conrado & Rojas,2012).

**Figura 22** Escala de Gardner



Fuente: Chango & Tulcán, 2018

**Tabla 19** Propiedades del agregado fino según la Escala de Gardner

FIGURA	COLOR	PROPIEDADES
1	Blanco claro o transparente	Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	Amarillo pálido	Arena con poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	Amarillo encendido	Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de baja resistencia
4	Café	Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad
5	Café Chocolate	Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se utiliza

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: NTE INEN 0855, 2010

## **RESULTADOS DEL ENSAYO DE COLORIMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO**

En este ensayo, se seleccionó una muestra para cada material, conforme a la norma ASTM C40, la muestra después de ser ensayada a este proceso produce un color más sombrío que el color referencial o Tabla de comparación N°13

**Figura 1** Ensayo de Colorimetría del agregado fino de la Cantera Talangua

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>			
ENSAYO COLORIMETRÍA DEL AGREGADO FINO			
<b>ORIGEN:</b>	San Antonio	<b>ENSAYO N°:</b>	
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	9/1/2025
<b>NORMA:</b>	NTE-INEN 855		
<b>Color de acuerdo a la Escala de Gardner</b>	5		
<b>Color determinado en el Ensayo</b>	1		
<b>Análisis</b>	La arena posee un color blanco claro a transparente de acuerdo con la Tabla 13, la arena es de muy buena calidad al no tener material orgánico, siendo apta para utilizarse en la elaboración del hormigón.		

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: NTE INEN 0855

### **DENSIDAD REAL DEL CEMENTO (SELVALEGRE PLUS IP)**

La densidad del cemento está definida como la masa de un volumen unitario de los sólidos, esta propiedad afecta al diseño y control de pastas de hormigón. El cálculo de la densidad del cemento establece una razón entre la masa del cemento y el volumen de un líquido no reactivo de la masa que se desplaza en un frasco de Le Chatelier o un picnómetro(Fernández,2021).

Para conocer el valor de la densidad se utiliza normalmente gasolina que tenga una densidad mayor a 0.73 g/cm<sup>3</sup> a una temperatura de 23°C ± 2°C. El valor de la densidad varía poco de un cemento portland normal a otro, si no hay adiciones distintas al yeso, su valor suele estar entre 3,10 y 3,15 g/cm<sup>3</sup>. La densidad de cementos con adiciones es menor, ya que el contenido de Clinker por tonelada de cemento es menor y estos valores van desde 2.9 g/cm<sup>3</sup> a 3.15 g/cm<sup>3</sup> [18]. Analizando el valor de la densidad junto con otras propiedades se pueden deducir más características, por ejemplo, una pequeña densidad y una gran finura muestran que el cemento contiene adiciones, esto se lo hace cuando no se dispone de un análisis químico(Fernández,2021).

## RESULTADOS DEL ENSAYO DENSIDAD REAL DEL CEMENTO (SELVALEGRE PLUS

IP)

**Tabla 20**

*Densidad real del cemento "SELVALEGRE IP"*

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL INGENIERO CIVIL				
ENSAYO DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ORIGEN:	Imbabura	ENSAYO N°:		1,2
ENSAYADO POR:	María José Gavilanes Jaramillo	FECHA:		9/1/2025
NORMA:	NTE INEN 156			
DATOS		ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	UNIDAD
Masa del picnómetro		157.81	151.81	g
Masa del picnómetro+ cemento		215.8	215.81	g
Masa del picnómetro+ cemento+ gasolina		567.18	576.38	g
Masa gasolina añadida		351.37	351.57	g
Masa del picnómetro+500cc gasolina		519.63	519.93	g
Masa 500cm <sup>3</sup> gasolina		367.86	368.12	g
Densidad de la gasolina		0.736	0.736	g/cm <sup>3</sup>
Masa de la gasolina desalojada por el cemento		16.45	16.55	g
Masa del cemento		64	64	g
Temperatura		23	23	°C
Volumen de gasolina desalojada		22.36	22.48	cm <sup>3</sup>
Densidad real del cemento		2.862	2.847	g/cm <sup>3</sup>
Densidad real promedio		2.855		g/cm <sup>3</sup>

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Ramiro Paul Fernández Álvarez, 2021

### Resultados:

La densidad promedio del cemento portland Selva Alegre tipo 1P = 2,855 g/cm<sup>3</sup>, se encuentra aproximado al rango establecido para cementos con adiciones distintas al yeso, este rango va de 2.9 g/cm<sup>3</sup> a 3.15 g/cm<sup>3</sup>, determinando así su aptitud para los ensayos, cumple con los valores máximos establecidos en la norma NTE INEN 156.

## Capítulo IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4. Recopilación de datos

1. Se deben realizar los ensayos en el laboratorio de los agregados fino, y agregado grueso, para la tener sus propiedades físicas y verificar que éstos cumplan con los requerimientos establecidos por la Norma NTE INEN 872 y NTE INEN 152.
2. El ensayo se debe determinar la densidad real del cemento Tipo IP según la Norma NTE INEN 156 método del picnómetro, se determinó que se encuentra dentro de los parámetros requeridos para el diseño y mezclas de hormigón.
3. Se empleará la fibra de polipropileno para refuerzo en el hormigón en esta investigación el tamaño nominal del agregado grueso de acuerdo a las especificaciones dadas por la norma ASTM C-1116, las mismas que cuentan con resinas de 100% virgen, las que se utilizó en ensayo es de longitud de corte de fibras de: 3/4”.
4. Se realizo un hormigón cuya resistencia a la compresión requerida será de 240  $kg/cm^2$ .
5. El porcentaje de concentración de la fibra de polipropileno para el hormigón en la primera concertación 0,3 y la segunda concentración de 0,6.
6. Se realizará la toma de las muestras de los cilindros simple (sin fibra) para comparar con los hormigones reforzados con fibra de diferente concentración.

#### 4.1 DISEÑO DE PATRONES DEL HORMIGÓN CON EL METODO ACI

El método diseñado que se presenta en el A.C.I. 211.1, requiere que las propiedades de los materiales que la mezcla cumplan ciertas especificaciones dadas en las normas internacionales ASTM, que a su vez cumplen con las normas NTE-INEN.

El procedimiento para el diseño de mezclas de concreto desarrollado del A.C.I. es considerado empírico, a pesar de ello, ha sido comprobado y se basa principalmente en que el concreto dosificado, alcance una resistencia de diseño a compresión simple, a una edad específica, con una buena trabajabilidad en el proceso de fabricación.

### **PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBAS PARA 240 kg/cm<sup>2</sup>**

Previo a la obtención de las cantidades de material para la dosificación, se requiere un análisis exhaustivo de las especificaciones técnicas de la obra para determinar su tipo, además de la instalación y ubicación del hormigón. Estas características ofrecen una mejor idea de las propiedades que se buscan obtener durante el diseño del hormigón.

Con los datos de los agregados se obtiene las propiedades en el laboratorio y las características que se espera obtener del hormigón diseñado, se realiza la dosificación para la resistencia previamente señalada.

### **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

Las especificaciones técnicas de la construcción se requiera un hormigón de una consistencia definida, puede ser determinado mediante la tabla 21.

La utilización de tablas es esencial para la realización de pruebas en el laboratorio, con el objetivo de proporcionar una guía a los diseñadores del hormigón y determinar la dosificación más apropiada en función de la resistencia necesaria. Se detallarán a continuación la tabla 22 utilizada para la dosificación.

**Tabla 21** Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO (MM)	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Fundaciones, paredes, zapatas reforzadas y muros	80	20
Muros de subestructura, cajones y Zapatas simples	80	20
Losas, vigas y paredes reforzadas	100	20
Columnas de edificios	100	20
Pavimentos	80	20
Construcción en masa	50	20

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

### SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Esta tabla muestra los asentamientos máximos y mínimos realizados en el cono de Abrams, dichos asentamientos pueden ser incrementados de acuerdo al aditivo empleado, siempre y cuando la relación agua-cemento se mantenga. Es necesario compactar y consolidar el concreto a través de vibradores de alta frecuencia.

Es importante destacar que se debe emplear la mezcla con menor asentamiento, es decir, la de mayor consistencia; pues si se cuenta con una mezcla con escasa humedad, su manejo resulta complicado, y si la mezcla tiene mayor humedad, pueden surgir segregaciones, escasa resistencia y ausencia de uniformidad.

**Tabla 22** Tamaños máximos de grava recomendados para diferentes tipos de construcción.

Tamaño Máximo del Agregado (mm)				
Dimensión mínima de la sección (A) mm	Paredes vigas y columnas	Muro sin refuerzo	Losas fuertemente armadas	Losas ligeramente armadas
60 130	13 a 19	20	20 a 25	19 a 36
150 a 280	19 a 38	38	38	38 a 76
300 a 740	38 a 76	76	76	76
750 o más	38 a 76	150	150	76 a 150

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

## VOLUMEN DEL AGUA DE MEZCLADO Y AIRE INCLUIDO

La cantidad de agua se estima en función al asentamiento requerido y al tamaño máximo de agregado presente en la mezcla, mediante la tabla sugerida por el ACI 211:

**Tabla 23** Cantidad de agua a utilizarse para el diseño de hormigón

Asentamiento, en cm	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños nominales máximos del árido							
	grueso, en cm (in)							
	0.95 (3/8)	1.27 (1/2)	1.90 (3/4)	2.54 (1)	3.81 (1 1/2)	5.08 (2)	7.62 (3)	15.24 (6)
<b>HORMIGÓN SIN AIRE INCLUIDO</b>								
2.5 a 5.1	208	198	183	178	163	153	144	124
7.6 a 10.2	228	218	203	193	178	168	158	139
15.2 a 17.8	243	228	213	203	188	178	168	149
Porcentaje de aire incluido en el hormigón, %.	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
<b>HORMIGÓN CON AIRE INCLUIDO</b>								
2.5 a 5.1	183	178	163	153	144	134	124	109
7.6 a 10.2	203	193	178	168	158	149	139	119
15.2 a 17.8	213	203	188	178	168	158	149	129
Porcentaje de aire incluido en el hormigón, %.	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

En este proyecto, se tomó en cuenta el hormigón sin la inclusión de aire, con el fin de lograr una obtención de aire; hormigón de peso normal; tal como se señaló en las tablas 4.23 y 4.24, se seleccionó el hormigón de peso normal. Un asentamiento de 7.5 a 10 cm y un tamaño nominal de 1.9 mm para un tamaño nominal agregado grueso. Se consiguen 203 litros de agua por cada 1m<sup>3</sup> de concreto, incluyendo un 2% de aire en el proceso. la combinación, para las dos resistencias de tipo patrón.

## SELECCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

Es un parámetro fundamental en la dosificación de mezclas de hormigón y mortero. Se define como la proporción entre el peso del agua y el peso del cemento utilizado en la mezcla. La relación agua/cemento, se expresa como:

$$a/c = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de cemento}}$$

Por condiciones de diseño se seleccionará un valor de a/c 0,58, la cual indica la tabla 25, para un hormigón de  $f'c = 240$  Mpa.

**Tabla 24** Relación agua /cemento a utilizarse para el diseño del hormigón

Resistencia a la compresión probable a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua-cemento en peso	
	Hormigón sin aire incluido	Hormigón con aire incluido
420	0.35	---
350	0.45	0.35
280	0.53	0.42
240	0.58	0.45
210	0.62	0.53
140	0.80	0.70

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

### Determinación del Cemento (Relación a/c)

$$c = \frac{a}{\text{Relacion } a/c}$$

Se calcula el factor cemento que representa el total de cemento por 1m<sup>3</sup> de concreto diseñado y se lo expresa como:

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso de bolsa de cemento}}$$

### ESTIMACIÓN DE ÁRIDOS GRUESO Y FINO

El volumen del agregado grueso se determina en función a la granulometría ensayada en el laboratorio. Se utiliza el tamaño máximo del agregado y el módulo de finura del agregado fino (arena). Se obtiene el volumen aparente compactado del agregado grueso en m<sup>3</sup> por cada unidad cubica de hormigón

## Resultados de agregado grueso y fino en el laboratorio

**Tabla 25** Características del agregado grueso de la Cantera Guayllabamba

AGREGADO GRUESO (RIPIO)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
D. ap. Suelta	1.33	g/cm <sup>3</sup>
D. ap. Compactada	1.53	g/cm <sup>3</sup>
D. sss	2.58	g/cm <sup>3</sup>
% Absorción	2.79	%
Módulo de Finura	6.39	-

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

**Tabla 26** Características del agregado fino de la Cantera Mitad del Mundo.

AGREGADO FINO (POLVO AZUL)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
D. ap. Suelta	1.7	g/cm <sup>3</sup>
D. ap. Compactada	1.98	g/cm <sup>3</sup>
D. sss	2.6	g/cm <sup>3</sup>
% Absorción	1.89	%
Módulo de Finura	3.22	-

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Laboratorio de Materiales TESPECON

Una vez definido el módulo de finura se determina el volumen aparente de la grava seca y compactada.

**Tabla 27** Cálculo de volumen aparente

Volumen Aparente de la Grava Seca y Compactada para diferentes Módulos de Finura de la Arena (m <sup>3</sup> )							
Tamaño máximo de la grava (mm)	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
10.0	0.50	0.49	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44
12.5	0.59	0.58	0.56	0.56	0.55	0.54	0.53
19.0	0.66	0.65	0.63	0.63	0.62	0.61	0.60
25.0	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66	0.65
38.0	0.76	0.75	0.73	0.73	0.72	0.71	0.70
50.0	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.73	0.72
70.0	0.81	0.80	0.78	0.78	0.77	0.76	0.75
150.0	0.87	0.86	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

El análisis granulométrico del agregado fino permite determinar el módulo de finura con un valor de 3.22, y con 1.90 cm de tamaño nominal del agregado grueso; se determina de la tabla 0.60 m<sup>3</sup> de volumen aparente de árido grueso en un metro cúbico de hormigón. Con el volumen aparente del ripio, por unidad de hormigón diseñado, se puede calcular el volumen del agregado grueso en condición S.S.S., por medio de la expresión:

$$M_{\text{agregado grueso}} = V_{\text{agregado grueso}} * \text{densidad aparente compactada}$$

Calculados los volúmenes de agua, cemento, agregado grueso y de aire atrapado para 1m<sup>3</sup> de hormigón, se determina el volumen de agregado fino, que se determina como la cantidad que falta para completar el metro cúbico de hormigón.

$$V_{\text{agregado fino}} = 1\text{m}^3_{\text{hormigón}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{cemento}} - V_{\text{agregado grueso}} - V_{\text{aire atrapada}}$$

## Dosificación para 1 m<sup>3</sup> de Hormigón por peso

El diseño es realizado con los materiales en estado SSS que ensayado en el laboratorio de TESPECON.

**Tabla 28** Datos de la dosificación para 1 m<sup>3</sup> de hormigón por peso

Material	Peso por m <sup>3</sup>	Unidades	Relación
Agua	176	litros	0.61
Cemento	290	kg	1.00
Ripio	1069	kg	3.69
Polvo azul	842	kg	2.90

Elaborado: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

Se utilizan los cilindros que sean estándar, es decir una relación 2:1 (2H; 1D). Datos del cilindro:

$$H = 30 \text{ cm}$$

$$D = 15 \text{ cm}$$

Donde se procede a calcular el volumen de dicho cilindro:

$$V = \frac{\pi * D^2 * H}{4}$$
$$V = 5301.44 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad del hormigón} = 0,0024 \text{ kg/cm}^3$$

$$M_{\text{cilindro}} = 5301,44 \times 0,0024 = 12,72 \text{ Kg} = 13 \text{ kg} + 2 = \mathbf{15 \text{ kg}}$$

*∴ asume una Masa del cilindro 15 kg*

$$\text{Densidad del hormigón} = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

En cada fase se realizará nueve cilindros, los cuales van a ser ensayados a los 7,

14 y 28 días, 3 cilindros por cada edad.

## Cantidad de hormigón

En la primera fase se va ensayar un hormigón  $f'c 240 \frac{kg}{cm^3}$  sin fibra, se utilizaron 9 cilindros de aproximadamente 15 Kg. de capacidad, por lo cual valores obtenidos previamente serán ajustados a esta cantidad de material:

$$Cantidad = 15 * 9 = 135kg$$

$$0.61x + x + 2.90x + 3.69x = 135$$

## PRIMERA DOSIFICACIÓN

**Tabla 29** Dosificación a  $f'c 240 \text{ kg/cm}^3$  sin fibra

DOSIFICACIÓN A $f'c 240 \text{ Kg/cm}^2$		
Materiales	SIN FIBRA	UNIDAD
Cemento	25.00	kg
Agregado Grueso	61	kg
Agregado Fino	48	kg
Agua	15.00	litros

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

Asentamiento Obtenido: **8 cm.**

## **PARA LA SEGUNDA Y TERCERA DOSIFICACIÓN SE INCORPORAR FIBRA DEPOLIPROPILENO AL HORMIGÓN DE $f'c$ 240kg/cm<sup>3</sup>**

La dosificación de la Fibra de Polipropileno tiene densidad de 0,91 kg/m<sup>3</sup> de, hormigón añadiendo a la concretera como último paso, y deberá mezclarse en un lapso de 4 a 5 minutos. Para calcular el porcentaje de la fibra de polipropileno en el hormigón con las siguientes:

- **Volumen de la Fibra de Polipropileno en el Hormigón**

Según la norma ACI-544.2R42, la concentración de fibra de polipropileno debe adicionarse en función del volumen de hormigón.

$$1m^3-----100\%$$

$$x-----\%Fp$$

$$x = VFp$$

- **Masa ó concentración de la Fibra de polipropileno en el Hormigón**

$$MFp = VFp * DFp$$

- **Cantidad de Fibra de Polipropileno para muestras cilíndricas**

$$CFp = MFp * V$$

### **SEGUNDA DOSIFICACIÓN**

En la segunda fase se ensayó un hormigón  $f'c$  240<sup>kg</sup>/<sub>cm<sup>3</sup></sub> con fibra de polipropileno del 3%, se utilizaron 9 cilindros de aproximadamente 15 Kg. de capacidad, por lo cual valores obtenidos previamente serán ajustados a esta cantidad de material:

**Tabla 30** Dosificación al 3% de fibra de polipropileno en el hormigón

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>		
<b>DOSIFICACIÓN AL 0.3% DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN CILINDROS DE HORMIGON f'c 240 kg/cm3</b>		
<b>ORIGEN:</b>	Quito	
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	9/1/2025
<b>DATOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Número de cilindros	9	u
Diámetro de cilindro	0.15	m
Altura de cilindro	0.3	m
Masa de cada cilindro	15	kg
Volumen del cilindro	5301.44	cm3
Densidad de la Fibra de Polipropileno	0.91	g/cm3
Volumen de la fibra de Polipropileno	0.03	m3
Masa de la fibra de Polipropileno	2.7	kg cada m3
Cantidad de fibra de Polipropileno	85	g

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

Asentamiento Obtenido: **10 cm.**

### **TERCERA DOSIFICACIÓN**

En la tercera fase se ensayó un hormigón f'c 240<sup>kg/cm<sup>3</sup></sup> con fibra de polipropileno del 6%, se utilizaron 9 cilindros de aproximadamente 15 Kg. de capacidad, por lo cual valores obtenidos previamente serán ajustados a esta cantidad de material:

**Tabla 31** Dosificación al 6% de fibra de polipropileno en el hormigón

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>		
<b>DOSIFICACIÓN AL 0.6% DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN CILINDROS DE HORMIGON f' c 240 kg/cm3</b>		
<b>ORIGEN:</b>	Quito	
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	9/1/2025
<b>DATOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Número de cilindros	9	u
Diámetro de cilindro	0.15	m
Altura de cilindro	0.3	m
Masa de cada cilindro	15	kg
Volumen del cilindro	5301.44	cm3
Densidad de la Fibra de Polipropileno	0.91	g/cm3
Volumen de la fibra de Polipropileno	0.06	m3
Masa de la fibra de Polipropileno	54	kg cada m3
Cantidad de fibra de Polipropileno	215	g

Fuente: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

Asentamiento Obtenido: **10 cm.**

### **Determinación de la Resistencia a la Compresión del Hormigón**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla total o parcial del espécimen (NTE INEN 1573 2010).

El ensayo a compresión de cilindros de hormigón es una de las pruebas más importantes para evaluar la calidad y resistencia del concreto.

Para la realización de las probetas cilíndricas se utilizó las dimensiones 15x30, las cuales hay que engrasar o colocar aceite en los moldes para que la mezcla no se adhiera. Después se realiza la toma de muestras cilíndricas de hormigón de acuerdo a las normas (NTE INEN 1576 2011), como se muestra en la tabla 32.

**Tabla 32 Toma de las muestras cilíndricas**

<b>PROCEDIMIENTO DE LA TOMA DE MUESTRA DE LOS CILINDROS</b>	
<p>1. Elige un espacio apropiado en la obra para elaborar las probetas con estas características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficie horizontal, plana y rígida.</li> <li>- Libre de vibraciones.</li> <li>- De preferencia, debe tener un techo a fin de moldear las probetas bajo sombra.</li> </ul> <p>2. Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, revisa lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los pernos que cierran los moldes deben estar en perfectas condiciones.</li> <li>- Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.</li> <li>- La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento (figura 1).</li> <li>- La superficie interior de los moldes debe estar limpia.</li> <li>- Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.</li> </ul> <p>3. Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin.</p>	
<p>El moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm de altura, de acuerdo a lo siguiente:</p>	
<p><b>Primera capa :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner la mezcla en el molde y mézclala con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.</li> <li>• Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. El extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.</li> <li>• Una vez culminada la compactación de esta capa, golpea ligeramente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.</li> </ul>	
<p><b>Segunda capa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coloca la mezcla en el molde y distribúyela de manera uniforme con el cucharón.</li> <li>• Compactar 25 inserciones con la varilla lisa. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.</li> <li>• Para liberar las burbujas de aire golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo.</li> </ul>	
<p><b>Tercera capa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En esta última capa, añade suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.</li> <li>• Compacta esta tercera capa también mediante 25 inserciones con la varilla lisa, tomando en cuenta que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocada. No olvides que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.</li> <li>• Para liberar las burbujas de aire de la mezcla, golpea ligeramente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo.</li> </ul>	

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: <https://www.construyendoseguro.com/aprende-el-procedimiento-para-elaborar-probetas-de-concreto/>

Una vez transcurridas las primeras 24 horas se procede a desmoldar e inmediatamente se acondiciona la probeta para su mantenimiento (curado del hormigón norma (NTE INEN 2528 2010) hasta el momento de ensayo.

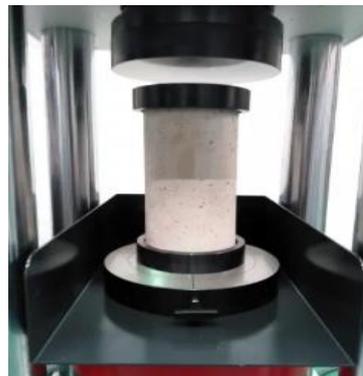
**Figura 23** *Cámara de curado de los cilindros de hormigón*



Fuente: María José Gavilanes Jaramillo

Se realiza el ensayo de compresión en la máquina, se sitúa la probeta en la prensa de manera lo más enfocada posible para prevenir una desviación en la aplicación de la carga que pueda generar variaciones en el ensayo. La máquina se ajusta para que, al llegar a la carga máxima de la probeta, se interrumpa el ensayo. Los valores obtenidos del ensayo son fundamentalmente los de máxima carga.

**Figura 24** *Compresión Cilindros de Hormigón*



Fuente: <https://www.ibertest.es/products/maquina-de-ensayo-para-materiales-de-alta-resistencia-la-compresion-serie-meh/>

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN MUESTRAS DE PRUEBA.

Para aprobar una dosificación, los ensayos a la compresión de las probetas deberán superar el 65 al 70% de la resistencia especificada a los 7 días de edad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 33** *Ensayo de compresión de los cilindros de hormigón a los 7 días*

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>							
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS DE HORMIGÓN $f_c$ 240 kg/cm <sup>2</sup> A LOS 7 DÍAS							
ORIGEN:	Quito		ENSAYO N°:	1			
ENSAYADO POR:	María José Gavilanes Jaramillo		FECHA:	6/2/2025			
NORMA:	NTE INEN 1573						
#	Diámetro	Fecha		Descripción	Edad (días)	Carga de la Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
		Elaboración	Ensayo				
1	15.00	29/1/2025	5/2/2025	SIN FIBRA	7	27.4	155.1
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		7	26.5	150
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		7	27.1	153.4
2	15.00	29/1/2025	5/2/2025	3% CON FIBRA POLIPROPILENO	7	27.7	156.6
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		7	26.7	151.1
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		7	27.5	155.6
3	15.00	29/1/2025	5/2/2025	6% CON FIBRA POLIPROPILENO	7	28.1	159
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		7	27.4	155.1
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		7	26.9	152.2

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

La segunda rotura de los cilindros de hormigón deberá superar el 85 al 90% de la resistencia especificada a los 14 días de edad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 34** Ensayo de compresión de los cilindros de hormigón a los 14 días

 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>							
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS A LOS 14 DÍAS							
<b>ORIGEN:</b>	Quito	<b>ENSAYO N°:</b>	1,2,3				
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	13/2/2025				
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 1573						
#	Diámetro	Fecha		Descripción	Edad (días)	Carga de la Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
		Elaboración	Ensayo				
1	15.00	29/1/2025	5/2/2025	SIN FIBRA	14	36.4	206
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		14	34.6	195.8
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		14	36.2	204.9
2	15.00	29/1/2025	5/2/2025	3% CON FIBRA POLIPROPILENO	14	37.3	211.11
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		14	34.9	197.5
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		14	36.2	204.9
3	15.00	29/1/2025	5/2/2025	6% CON FIBRA POLIPROPILENO	14	37.5	212.2
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		14	36.2	204.9
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		14	35.4	200.3

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

La tercera rotura de los cilindros de hormigón deberá superar el 100 al 110% de la resistencia especificada a los 28 días de edad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 35** Ensayo de compresión de los cilindros de hormigón a los 28 días

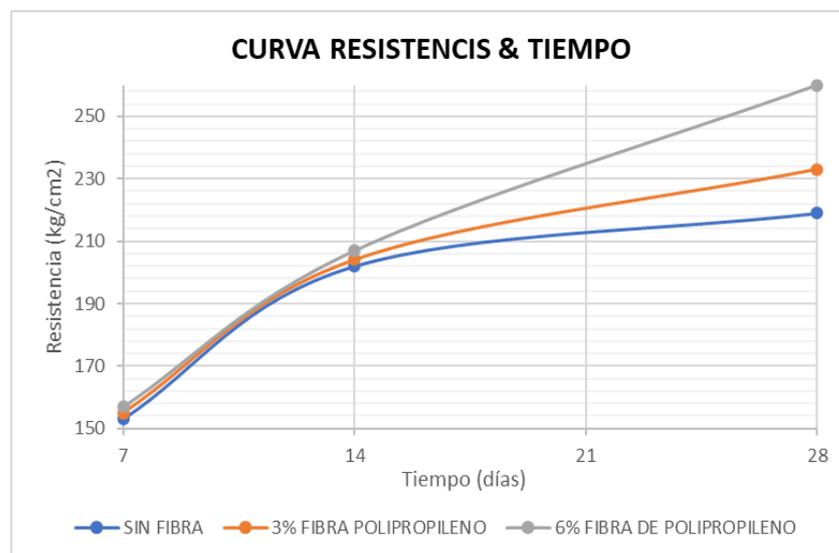
 <b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>INGENIERO CIVIL</b>							
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS A LOS 28 DÍAS							
<b>ORIGEN:</b>	Quito	<b>ENSAYO N°:</b>	1,2,3				
<b>ENSAYADO POR:</b>	María José Gavilanes Jaramillo	<b>FECHA:</b>	13/2/2025				
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 1573						
#	Diámetro	Fecha		Descripción	Edad (días)	Carga de la Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
		Elaboración	Ensayo				
1	15.00	29/1/2025	5/2/2025	SIN FIBRA	28	38.85	219
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		28	37.96	215
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		28	39.66	224
2	15.00	29/1/2025	5/2/2025	3% CON FIBRA POLIPROPILENO	28	40.68	230
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		28	41.72	236
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		28	41.68	235
3	15.00	29/1/2025	5/2/2025	6% CON FIBRA POLIPROPILENO	28	45.27	256
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		28	46.66	264
	15.00	29/1/2025	5/2/2025		28	45.72	259

Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

En el siguiente cuadro se resume las resistencias obtenidas de los ensayos a compresión a las cuales fueron sometidas las probetas de hormigón con y sin fibras de polipropileno.

RESITENCIA 240 kg/cm <sup>2</sup>			
EDAD	SIN FIBRA	3% F. P	6% F.P
días	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
7	153	155	157
14	202	204	207
28	219	233	260



Elaborado por: María José Gavilanes Jaramillo

Fuente: Norma ACI 211.1

## Capítulo V

### CONCLUSIONES

- El agregado grueso se utilizó de la Cantera de Guayllabamba y para el agregado fino de la Cantera Mitad del Mundo para ser ensayados en el laboratorio TESPECON para obtener las características de los materiales, tales como granulometría, módulo de finura, porcentaje de absorción y porcentaje de humedad, están dentro de los límites aceptables que las especificaciones del ACI para la fabricación de un hormigón de 240 kg/cm<sup>2</sup>.
- La longitud de la fibra de polipropileno es fundamental para una correcta dosificación ya que tiene mejor adherencia con la mezcla dependiendo su longitud, la fibra utilizada en la investigación fue de  $\frac{3}{4}$  para hormigón.
- La fibra de polipropileno no es biodegradable, se mantiene en el tiempo agregando reforzamiento al hormigón en todas sus etapas, a comparación de las fibras naturales que con el tiempo se degradan.
- La dosificación con la fibra de polipropileno debe estar en el rango de 0.3 kg/m<sup>3</sup> a 1.2 kg/m<sup>3</sup> de hormigón para que aporte reforzamiento, el porcentaje de la primera dosificación con fibra de polipropileno 0,3 kg/m<sup>3</sup> y la segunda dosificación con 0.6 kg/m<sup>3</sup> están entre los rangos establecidos.
- Las fibras de polipropileno en hormigón en los primeros 7 días alcanza el 65% de la resistencia esperada, con relación a los 14 días con el 86 % de la resistencia, sin embargo, a los 28 días supera en 108% el parámetro de resistencia requerida de  $f'c$  240 kg/cm<sup>2</sup>.
- Las resistencias de los cilindros de Hormigón sin y con el 3% y 6% de fibras de polipropileno a los 7 días son de 153Kg/cm<sup>2</sup>, 155Kg/cm<sup>2</sup> y 157 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

- Las resistencias de los cilindros de Hormigón sin y con el 3% y 6% de fibras de polipropileno a los 14 días alcanzo la resistencia de 202 Kg/cm<sup>2</sup>, 204 Kg/cm<sup>2</sup> y 207 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- Las resistencias de los cilindros de Hormigón sin y con 3% y 6% de fibras de polipropileno a los 28 días son de 219Kg/cm<sup>2</sup>, 233 Kg/cm<sup>2</sup> y 260 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- De acuerdo al procedimiento para determinar la resistencia requerida para un diseño de 240 kg/cm<sup>2</sup>, el hormigón con fibra de polipropileno al 6% supera la resistencia característica de 260 kg/cm<sup>2</sup>. Estos datos demuestran un aumento 20% en la resistencia a la compresión del hormigón a causa de la incorporación de fibras.
- El objetivo de la investigación es comparar el comportamiento mecánico del hormigón sin y con fibras de polipropileno, se realizaron varias roturas de los cilindros de hormigón. Se demostró que la separación de las fibras de polipropileno no es sencilla en comparación con relación a las probetas sin fibras.
- Las fibras de polipropileno funcionan como una red que vincula la mezcla manteniéndola como un único componente durante un periodo más extenso, lo que dificulta su aniquilación, lo que se transforma en un elemento de seguridad en caso de un desastre natural.

## **RECOMENDACIONES**

- En el diseño de la mezcla de hormigón, es crucial determinar el contenido de humedad en los agregados, ya que estos pueden ceder agua si los agregados están excesivamente húmedos o reducir el agua de la mezcla si están excesivamente secos. Para ello, es necesario tomar muestras representativas de los agregados 24 horas antes y a través de estos valores efectuar una correcta corrección por humedad en el diseño.
- En la mezcla del hormigón se incorpora la fibra de polipropileno se debe tener en cuenta el tiempo de mezclado de 5 a 7 minutos para que tenga una homogeneidad el hormigón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arista Ordinola Jesús Eduardo. 2022. *Fibra de Vidrio Para Mejorar Las Propiedades Mecánicas Del Concreto*.
- Caizaguano Guevara Oscar Paúl, and Terán Tandazo Gabriela Estefanía. 2020. "CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NATURALES DEL RAQUIS DE LA PALMA AFRICANA DE ACEITE Y ESTOPA DE COCO. Quito.
- Caizaguano Guevara, Oscar Paúl, and Terán Tandazo Gabriela Estefanía. 2020. "CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NATURALES DEL RAQUIS DE LA PALMA ABRICANA DE ACEITE T ESTOFA DEL COCO. Quito.
- Castro Solano Erik Patricio. 2020. *ESTUDIO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEMENTO DE ALTA INICIAL POR PUZOLANA DE CENIZA VOLCÁNICA EL DISEÑO DE HORMIGÓN*. Quito.
- Chango Masaquiza Tania Marisol, and Tulcán Novoa Ana Gabriela. 2018. *Correlación Del Módulo de Rotura Del Hormigón Simple En Vigas Elaboradas Con Agregados Pétreos Naturales y Agregados Reciclad*os. Quito.
- Conrado Díaz María Belén, and Rojas Santiago Jairo Alejandro. 2012. *DISEÑO DE HORMIGONES CON FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA A LA COMPRESIÓN DE 21 Y 28 MPa CON DE LA CANTERA DE GUAYLLABAMBA*. Quito.
- Cox Santillán, Edy Julián, and Santiago Javier Departamento Vizcaíno Narváez. 2021. *Sistematización y Clasificación de Materiales Pétreos de 4 Canteras Representativas de La Provincia de Pichincha Mediante Una Aplicación Para Sistema Android, Que Permita Dosificar Sin Aditivos, Hormigón Con Resistencia Menor a 350 Kg/Cm 2*.

- Fernanda, María. 2013. *Comportamiento Del Hormigón Reforzado Con Fibras de Polipropileno y Su Influencia En Sus Propiedades Mecánicas En El Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.*
- Fernández Álvarez, Ramiro Paul. 2021. *'ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE ALUMINOSILICATOS DEL CANTÓN GUAYAQUIL PARA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND IP'*. Ambato.
- Flores Díaz Carlos Javier, and Guerrero Palma Lissette Erlinda. 2015. *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXO-TRACCIÓN DEL HORMIGÓN UTILIZANDO COMO AGREGADO LA FIBRA DE POLIPROPILENO Y NYLON.* Manta.
- Huamán Quispe Alexander. 2015. *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO.*
- Marco Eduardo Montalvo Guevara. 2015. *'PAVIMENTOS RIGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES'*. Lima.
- Millán Castillo, María Fernanda. 2013. *COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON DE POLIPROPILENO Y SU INFLUENCIA EN SUS MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.* Ambato.
- Montalvo Guevara Marco Eduardo. 2015. *'PAVIMENTOS RIGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES'*.
- Norma INEN 855. 2010. *Áridos. Determinación de La Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción Del Árido Grueso.*
- NTE INEN 696. 2011. *Áridos. Análisis Granulométrico En Los Áridos Fino y Grueso.*
- NTE INEN 856. 2010. *Áridos. Determinación De La Densidad Relativa (Gravedad Específica) Y Absorción Del Árido Fino.*

- NTE INEN 857. 2010. *Áridos. Determinación de La Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción Del Árido Grueso.*
- NTE INEN 858. 2010. 'Áridos. Determinación De La Masa Unitaria (Peso Volumétrico) Y El Porcentaje De Vacíos.'
- NTE INEN 860. 2011. 'Áridos. Determinación Del Valor de La Degradación Del Árido Grueso de Partículas Menores a 37,5 Mm Mediante El Uso de La Máquina de Ángeles.'
- NTE INEN 862. 2011. *Áridos Para Hormigón. Determinación Del Contenido Total De Humedad.*
- NTE INEN 1573. 2010. *Hormigón de Cemento Hidráulico. Determinación de La Resistencia a La Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón de Cemento Hidráulico.*
- NTE INEN 1576. 2011. *Hormigón de Cemento Hidráulico. Elaboración y Curado En Obra de Especímenes Para Ensayo.*
- NTE INEN 2528. 2010. *Cámaras de Curado, Gabinetes Húmedos, Tanques Para Almacenamiento En Agua y Cuartos Para Elaborar Mezclas, Utilizados En Ensayos de Cementos Hidráulicos y Hormigon.Requisitos.*
- Núñez Meneses Johana Lizbeth. 2016. *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN COMÚN CON EL HORMIGÓN ADICIONADO FIBRAS DE NYLON, UTILIZANDO AGREGADOS EXISTENTES EN LA PROVINCIADE PASTAZA.* Ambato.
- Remache Lema Andrés Vicente. 2021. *Diseño de Un Hormigón Bio-Compuesto de Baja Densidad Utilizando Papel Bond Reciclado.* Quito.
- Toro Tipán, Edwin Alexander, and Gabriela Estefanía Terán Tandazo. 2020. 'ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE UN

*HORMIGÓN ALIVIANADO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO CON  
RELACION A UN HORMIGÓN DE PESO NORMAL'. Quito.*

## Anexos



*Recopilación de los Agregados grueso y fino de su respectiva Canteras*



Almacenamiento de los agregados



*Fibra de polipropileno de la Empresa TESPECON*



*Pesar la cantidad de fibra de polipropileno*



*Pesar la cantidad de agregados*



*Toma de agua en litros*



*Probetas de cilindros para incorporar el hormigón*



*Mezcla de los materiales para el hormigón sin fibra*



*Mezcla de los materiales para el hormigón con fibra de polipropileno*



Colocación del hormigón en los cilindros



Varillado al hormigón con 25 golpes por cada 10 cm



Arrasar la superficie del hormigón



Toma de la muestra del cono de Abrams



*Toma del asentamiento*



Colocación de las etiquetas en los cilindros