

# CONCRETO AVANZADO DE ALTA RESISTENCIA

Jhoan Sebastián Moreno Rincón



Especialización en Diseño y Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones, Facultad de

ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2024

**Concreto Avanzado de Alta Resistencia**

**Jhoan Sebastián Moreno Rincón**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Diseño y**

**Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones**

**Director de Trabajo de Grado:  
JOSE DARIO GAVILANES  
I.C. MAGISTER EN CONSTRUCCIÓN**

**Línea de Investigación:  
Tecnologías Alternativas en Materia de Construcción para el Desarrollo**



**Especialización en Diseño y Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones, Facultad de**

**ingenierías**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá D.C.**

**2024**

### **Dedicatoria**

Esta tesis es en dedicación a mis padres Luis Ángel Moreno y Nelly Rincón por todo su apoyo incondicional durante estos años, su paciencia y consejo en los momentos difíciles, la persona que soy hoy en día es gracias a ellos, A Dios por brindarme la oportunidad de culminar una nueva meta en mi vida.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer de manera especial al ingeniero José Darío Gavilanes por apoyar el proyecto desde el principio al ser una guía para conseguir un nuevo logro a nivel profesional en mi carrera, a la empresa Toxement fabrica y comercializadora de especialidades químicas para la industria de la construcción por facilitar los insumos necesarios para poder realizar los ensayos y muestras correspondientes, gracias a su apoyo económico no se hubiera podido desarrollar este proyecto, al laboratorista José Rozo por estar en plena disposición cuanto presentábamos alguna duda en cuanto a los ensayos a realizar y su paciencia en cuanto a los tiempos necesarios para desarrollar dichos ensayos, a la universidad la gran Colombia por facilitarnos material granular para los ensayos correspondientes y muestras necesarias y el uso de las instalaciones y equipos para desarrollar el proyecto.

**Tabla de contenido****Contenido**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>4 OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>5 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>5.1 CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1.1 DEFINICIÓN .....</b>	<b>22</b>
5.1.1.1 RELACIÓN AGUA-CEMENTO .....	22
5.1.1.2 MANEJABILIDAD .....	23
5.1.1.2.1 HUMO DE SÍLICE .....	23
5.1.1.2.2 TAMAÑO DEL AGREGADO .....	23
5.1.1.2.3 ADITIVOS.....	23
5.1.1.2.3.1 TIPOS DE ADITIVOS .....	24
<b>6 MARCO HISTÓRICO .....</b>	<b>25</b>
<b>6.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>25</b>
<b>7 ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>26</b>
<b>7.1 MUESTRAS PATRÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>7.2 MUESTRAS FINAL .....</b>	<b>27</b>
7.2.1 EDAD DE ROTURA DE CILINDROS .....	27

**7.2.2 ROTURA DE VIGAS ..... 27**

**7.3 CURADO..... 27**

**8 ENSAYOS DE LABORATORIO..... 28**

**8.1 ORIGEN DE MATERIALES GRANULARES..... 28**

**8.1.1 REQUISITO DE GRADACIÓN PARA AGREGADO GRUESO NTC 174 ..... 28**

**8.1.2 MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS NTC 77 ..... 29**

**8.2 ENSAYO DE DENSIDAD DEL CEMENTO NTC 221..... 31**

**8.3 DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA Y LOS VACÍOS ENTRE PARTÍCULAS DEL AGREGADO GRUESO NTC 92  
..... 33**

**8.4 DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NTC 237 ..... 33**

**8.5 DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NTC 176 ..... 35**

**9 ANÁLISIS ..... 37**

**9.1 DISEÑO DE MEZCLA..... 37**

**9.1.1 SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO ..... 38**

**9.1.2 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO..... 38**

**9.1.3 ESTIMACIÓN DE CONTENIDO DE AGUA..... 38**

**9.1.4 RELACIÓN AGUA/CEMENTO ..... 39**

**9.1.5 CALCULO DE CONTENIDO DE CEMENTO ..... 40**

**9.1.6 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO ..... 40**

**9.1.7 CONTENIDO DE AGREGADO FINO ..... 42**

**9.1.8 VOLUMEN DE AGUA..... 42**

**9.1.9 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO..... 43**

**PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO SE REALIZA LA SIGUIENTE ECUACIÓN: ..... 43**

**9.1.10 VOLUMEN DE AIRE TEÓRICO ..... 43**

**9.1.10 VOLUMEN DE AGREGADO FINO ..... 43**

**10 RESULTADOS..... 53**

<b>10.1 RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS .....</b>	<b>57</b>
<b>10.2 RESULTADOS DE FLEXIÓN DE LOS CILINDROS .....</b>	<b>59</b>
<b>11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>12 REFERENCIAS .....</b>	<b>62</b>
<b>13 ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

**Lista de figuras**

FIGURE 1 TAMICES USADOS-FUENTE PROPIA .....	28
FIGURE 2 TAMAÑO NOMINAL FUENTE NTC 174 .....	29
FIGURE 3 TAMAÑO NOMINAL FINO FUENTE PROPIA .....	30
FIGURE 4 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO FUENTE PROPIA.....	30
FIGURE 5 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO FUENTE PROPIA.....	30
FIGURE 6: TRABAJO DE LABORATORIO-FUENTE PROPIA .....	31
FIGURE 7: CEMENTO ESTRUCTURAL-FUENTE PROPIA .....	31
FIGURE 8: SELLADO FRASCO LE CHATELIER-FUENTE PROPIA .....	32
FIGURE 9: ENRAZADO-FUENTE PROPIA .....	33
FIGURE 10: APISONADO-FUENTE PROPIA.....	33
FIGURE 11: PESO AGREGADO FINO- FUENTE PROPIA.....	34
FIGURE 12: COMPROBACIÓN DE HUMEDAD DE MUESTRA-FUENTE PROPIA .....	34
FIGURE 13 MUESTRA SECANDO EN EL HORNO FUENTE PROPIA .....	35
FIGURE 14 DETERMINACIÓN DE MASA APARENTE EN AGUA.....	35
FIGURE 15 MATERIALES FUENTE PROPIA .....	48
FIGURE 16 AGREGADO GRUESO FUENTE PROPIA .....	48
FIGURE 17 PESO DE MATERIALES.....	49
FIGURE 18 MEZCLA DE MATERIALES FUENTE PROPIA.....	49
FIGURE 19 CUARTEO DE MATERIALES.....	49
FIGURE 20 MEZCLA DE CEMENTO.....	49
FIGURE 21 MEZCLA DE CILINDROS .....	50
FIGURE 22 MEZCLA DE AGUA EN EL TROMPO .....	50
FIGURE 23 MEZCLA DE VIGAS .....	50

FIGURE 24 ROTURA DE CILINDRO CON FIBRA .....50

FIGURE 25 FIBRA.....51

FIGURE 26 ROTURA DE VIGA SIN FIBRA .....51

FIGURE 27 CILINDRO SIN FIBRA .....51

FIGURE 28 CILINDRO CON FIBRA.....51

FIGURE 29 COMPORTAMIENTO DE FIBRAS A FLEXIÓN FUENTE PROPIA .....52

FIGURE 30 ROTURA DE VIGA CON FIBRA FUENTE PROPIA.....52

FIGURE 31RELACION TIEMPO RESISTENCIA EN LOS CILINDROS FUENTE PROPIA.....57

**Lista de Tablas**

TABLA 1 % PASA DE AGREGADO GRUESO FUENTE PROPIA .....29

TABLA 2 DENSIDAD DEL CEMENTO FUENTE PROPIA .....32

TABLA 3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO FUENTE PROPIA .....37

TABLA 4 ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS .....38

TABLA 5 CANTIDAD DE AGUA.....39

TABLA 6 RELACIONES DE RESISTENCIA -FUENTE ADAPTADA DE ACI (2002) .....39

TABLA 7 MODULO DE FINURA FUENTE PROPIA.....41

TABLA 8 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO FUENTE PROPIA .....41

TABLA 9 ESTIMACIÓN INICIAL DE MATERIALES ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS  
 RODRÍGUEZ .....44

TABLA 10 HUMEDAD DE LOS AGREGADOS ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS  
 RODRÍGUEZ .....44

TABLA 11 CORRECCIÓN DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH  
 CASTELLANOS RODRÍGUEZ .....44

TABLA 12 DISEÑO CON FIBRAS DEFINITIVO ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS  
 RODRÍGUEZ .....45

TABLA 13 DISEÑO SIN FIBRA ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS RODRÍGUEZ .....45

TABLA 14 CORRECCION DE HUMEDAD DE DISEÑO SIN FIBRA ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH  
 CASTELLANOS RODRÍGUEZ .....46

TABLA 15 CORRECCION DE HUMEDAD DE AGREGADOS EN DISEÑOS SIN FIBRA ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE  
 YULIETH CASTELLANOS RODRÍGUEZ .....46

TABLA 16 DISEÑO SIN FIBRAS DEFINITIVO ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS  
 RODRÍGUEZ .....47

TABLA 17 PORCENTAJE DE PASA TAMIZ DE AGREGADO GRUESO FUENTE PROPIA .....53

TABLA 18 RESULTADOS DE NTC 92 ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS RODRÍGUEZ  
 PLANTILLA TOMADA DE CAMPUS VIRTUAL UGC .....54

TABLA 19 RESULTADOS DE NTC 237 ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS RODRÍGUEZ  
 PLANTILLA TOMADA DE CAMPUS VIRTUAL UGC .....55

TABLA 20 RESULTADO DE NTC 176 ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH CASTELLANOS RODRÍGUEZ  
 PLANTILLA TOMADA DE CAMPUS VIRTUAL UGC .....56

TABLA 21 RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE YULIETH  
 CASTELLANOS RODRÍGUEZ .....58

TABLA 22 RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ELABORADO POR JHOAN SEBASTIÁN MORENO RINCÓN Y ANGIE  
 YULIETH CASTELLANOS RODRÍGUEZ .....59

TABLA 23 RESISTENCIAS FINALES DEL CONCRETO FUENTE PROPIA.....60

TABLA 24 PORCENTAJE ÓPTIMO DE FIBRA.....61

## RESUMEN

Este proyecto muestra una investigación en conjunto con la estudiante de ingeniería civil Angie Yulieth Castellanos Rodríguez, el cual se basa en realizar un diseño para un concreto con fibra y sin fibra de alta resistencia (42 Mpa o más) usando el método ACI, siguiendo los parámetros establecidos en la literatura para esta clase de material, este debe superar las resistencias que se usan normalmente en el sector de la construcción llegando al diseño ideal para ambas mezclas. Al ser desarrollado en los laboratorios de la Universidad La Gran Colombia con el uso de equipos convencionales, teniendo en cuenta factores claves como la relación agua-cemento, el tamaño máximo nominal del agregado a usar y el porcentaje de fibras óptimas, generando una posible solución al reducir la cantidad de materias primas usadas para el sector de la construcción, permitiendo una ejecución más rápida, ahorro en costos, desarrollo social y un bienestar ambiental en proyectos donde lo convencional se vuelve obsoleto debido a las especificaciones que se requieren; con lo cual se logra impactar en los Objetivos y metas del Desarrollo Sostenible 2030.

### **Abstract**

This project shows a joint research with the civil engineering student Angie Yulieth Castellanos Rodríguez, which is based on making a design for a concrete with fiber and without fiber of high strength (42 Mpa or more) using the ACI method, following the parameters established in the literature for this kind of material, this should exceed the resistances that are normally used in the construction sector reaching the ideal design for both mixtures. Being developed in the laboratories of the Universidad La Gran Colombia with the use of conventional equipment, taking into account key factors such as the water-cement ratio, the maximum nominal size of the aggregate to be used and the percentage of optimal fibers, generating a possible solution by reducing the amount of raw materials used for the construction sector, allowing a faster execution, cost savings, social development and environmental welfare in projects where the conventional becomes obsolete due to the specifications that are required; with which it is achieved impact on the Objectives and goals of Sustainable Development 2030.

## **1 Introducción**

El concreto avanzado de alta resistencia es una tecnología innovadora, que se ha venido implementando en el área de la construcción debido a la necesidad de desarrollar estructuras con dimensiones cada vez más grandes, pero con secciones reducidas con el fin de ahorrar material, o en proyectos donde lo convencional se vuelve obsoleto debido a las especificaciones que se requieren. Teniendo como referencia el aumento poblacional de las ciudades y el desarrollo generado por la industrialización se hace necesario el uso de materiales más eficientes y con mejores características para cumplir con las especificaciones cada vez más exigentes al momento de ejecutar un proyecto, además de un desarrollo en cuanto a tecnología en materia de construcción este tipo de materiales van a permitir una ejecución más rápida, ahorro en costos, desarrollo social y un bienestar ambiental; con lo cual se logra impactar en los Objetivos y metas del Desarrollo Sostenible 2030, propuestos por la Organización de las Naciones Unidas.

## 2 Planteamiento del problema

El mal estado de las infraestructuras, así como el permanente crecimiento y desplazamiento de la población mundial hacia las zonas urbanas donde se evidencia un alto consumo de energía, agua potable, aire limpio, como la protección del ambiente (ASCE, 2010), requiere del desarrollo de sistemas, métodos y nuevos materiales que sean solución a estos problemas que continuamente se profundizan.

De la misma manera, en la actualidad se han realizado proyectos de construcción ambiciosos que generan cambios significativos en las sociedades, transformando el entorno que los rodea, según (Lorente, 2017) “las grandes Ciudades como Pekín, Londres o Nueva York, entre otras, presentan un crecimiento muy rápido para acoplar su población, la cual se encuentra en constante crecimiento, por lo tanto están construyendo lo que podrían ser ciudades dentro de ciudades. Estas megas construcciones que pretenden dar una solución a la falta de espacio”.

Así mismo, para ejecutar proyectos de infraestructura de tal magnitud es necesario el uso de tecnologías de vanguardia que permitan realizar estos trabajos fuera de lo común, cumpliendo los requisitos específicos para tal fin, debido a estas circunstancias el concreto de alta resistencia se vuelve indispensable en estos objetivos. “Los avances tecnológicos relacionados sobre el concreto han avanzado de manera abismal, llegando alcanzar elevadas resistencias a compresión del orden de 120Mpa hasta 150Mpa” (Argos, 2022), esto debido a varios factores como el continuo crecimiento de la población en las ciudades lo que ha contribuido a la expansión urbana en área y en altura; así como la disminución de los recursos y la materia prima para la producción de concreto en especial de agregados gruesos y finos.

De acuerdo con la (ASCE, 2010) “El gremio de la construcción de la ingeniería civil ha reconocido cada vez más la realidad de la reducción de los insumos necesarios para la ejecución de proyectos de construcción, por lo tanto se ha generado el deseo de realizar prácticas y diseños más sostenibles para establecer una igualdad social en el consumo de recursos”.

“El crecimiento poblacional en las ciudades está generando la necesidad de contar con nuevos avances en infraestructuras sostenibles que permitirán a las ciudades adaptarse más rápido al cambio climático e impulsar el crecimiento económico al modernizar la infraestructura y reestructurar las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficiencia impulsando la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios” (Unidas, 2016).

Así las cosas, el uso adecuado del Concreto de Alta Resistencia, permite la ejecución de infraestructura, obras civiles y edificaciones con secciones más pequeñas, aprovechando sus características mecánicas. Esto genera un mejor uso de los espacios, mayor rendimiento en procesos constructivos, al ser más eficientes y garantiza las resistencias necesarias para cumplir las exigencias de los proyectos que se desarrollen en las obras de actualidad y el futuro.

En este contexto, se busca profundizar desde el Semillero de Materiales de Construcción y Sostenibilidad SEIMAS, en la elaboración de mezclas de Concreto hidráulico de Alta Resistencia, con el fin de situar a la Facultad de Ingenierías como generadora de propuestas de innovación e investigación que redunden en una mejor sociedad; esto se genera mediante el desarrollo y ejecución de proyectos de investigación que permitan la interacción de docentes, estudiantes y el sector externo.

Como parte de este propósito se propone desde el semillero la ejecución de un proyecto de investigación en conjunto con la estudiante Angie Yulieth Castellanos Rodríguez fin de entender y comprender como se debe realizar un diseño de mezclas de concretos de Hormigón de Alta Resistencia – HAR, en donde se puede identificar los materiales propios a ser utilizados y la dosificación requerida para cada uno de ellos; en este contexto la pregunta de investigación a desarrollar es ¿Cómo realizar un concreto de Alta Resistencia en los laboratorios de la facultad de ingenierías de la Universidad La Gran Colombia Sede Bogotá? Los hallazgos encontrados en este trabajo en conjunto se encuentran en capítulo conocido como conclusiones.

### 3 Justificación

El Concreto de Alta resistencia (HAR) y de ultra alto rendimiento (UHPC) está emergiendo como una tecnología revolucionaria para las aplicaciones de infraestructura. UHPC tiene propiedades autocompactantes y es un producto cementoso extremadamente duradero que logra una resistencia a la compresión 120Mpa hasta 150Mpa (Sherif El-Tawil Y.-S. T., 2020).

Debido a sus grandes beneficios en resistencia, es un material idóneo en aplicaciones para construcciones verticales al reducir las secciones de las columnas y aprovechar más el espacio en las edificaciones e infraestructura como los puentes, por su potencial de desarrollo se pueden crear elementos livianos y duraderos por su alta resistencia a la compresión, además de esto reducir los costos de mantenimiento a largo plazo.

De acuerdo con investigaciones experimentales, se presume que las estructuras UHPC tengan una vida útil de al menos 100 años con un mantenimiento mínimo. En comparación con el hormigón normal, estructuras que pueden necesitar un mantenimiento extenso durante dicho período (y posiblemente reemplazarse al menos una vez), los ahorros de costos podrían ser bastante altos (Sherif El-Tawil Y.-S. T., 2020).

Por otro lado, la ejecución de elementos más esbeltos, resistentes y con pocos procesos de mantenimiento termina redundando en elementos y proyectos más amigables con el medio ambiente, dado que se consume menos material tanto en la fabricación como en el mantenimiento de la misma en su etapa de operación.

De la misma forma, trae consigo un ahorro significativo con relación a la vida útil, que si bien se puede ver un incremento en el costo inicial a lo largo del tiempo se va disminuyendo hasta ser incluso menor que el de un concreto convencional.

Por otro lado, desde el inicio de la humanidad se ha propuesto el desarrollo de construcciones cada vez más grandes y altas, los zigurat, las pirámides de Egipto en la época antigua, así como en la actualidad el Burj Khalifa, la Torre de Shanghai evidencia lo mencionado en este sentido “La humanidad ansía llegar a tocar el cielo. Los desarrollos tecnológicos y arquitectónicos facilitan la construcción de edificaciones cada vez más altas” (La Republica S.A.S, 2022).

Debido a las posibilidades que hay sobre el uso del concreto de Alta Resistencia y su desempeño en construcción al desarrollar estructuras más ligeras en un menor tiempo, pero sin reducir sus características de resistencia, llegando a optimizar espacios y disminuir la cantidad de mantenimientos que deba realizarse a la estructura es un material que permite un avance hacia el futuro de la sociedad, el cual debe ser estudiado y usado en todos los países del mundo o por lo menos en aquellos que persigan satisfacer los Objetivos de Desarrollo sostenible.

## **4 Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Comparar los resultados de concreto de alta resistencia con Fibras Sintéticas Estructurales con una muestra patrón de un concreto de 42Mpa

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el diseño de mezclas que permita obtener un concreto de 42Mpa de resistencia, siguiendo los parámetros establecidos en la literatura para esta clase de concreto.
- Determinar cuál es el porcentaje óptimo de Fibras Sintéticas Estructurales para alcanzar una manejabilidad, resistencia a compresión, tracción directa y flexión.

## 5 Marco teórico

Los avances sobre el comportamiento a cortante de elementos estructurales de concreto se han llevado a cabo durante casi un siglo. Estos desarrollos han ido evolucionando con la aparición de nuevos recursos e insumos, haciendo necesario acoplar los diseños de mezclas tradicionales adaptar las formulaciones tradicionales a los nuevos insumos. Por ejemplo, el concreto Reforzado con Fibras (HRF) es un material muy prometedor en términos de comportamiento a cortante, sin embargo, los diseños de mezclas tradicionales del comportamiento a cortante deben adaptarse para poder ser utilizadas también en este material (Asencio, 2021).

El uso de las fibras se basa aumentar la capacidad de la resistencia al agrietamiento del concreto. Sin ellas, pueden llegar a perder resistencia a la tracción, lo que puede llegar a provocar aparición de grietas. Estos defectos se producen debido a la contracción plástica durante el secado. Al incluir fibras, se consigue reducir la permeabilidad del material, lo que impide que pierda demasiada agua. Así, se reduce el agrietamiento cuando se está curando (Structuralia, 2022).

Es un material oportuno debido a su amplio espectro de aplicación, Entre los usos del concreto con fibras se destacan:

- Elementos prefabricados
- Concreto lanzado
- Pavimentación industrial y comercial
- Concreto de alta resistencia
- Concreto ligero (BECOSAN, 2020)

El comité del Instituto Americano del Concreto lo define como aquel que cumple los siguientes requisitos de comportamiento y uniformidad:

- Facilidad de colocación y acabado sin segregación
- Propiedades mecánicas a largo plazo
- Desarrollo de resistencia a edades tempranas
- Ductilidad
- Estabilidad Volumétrica
- Larga vida de servicio en condiciones ambientales severas

Las propiedades convencionales de los concretos de alto desempeño pueden conllevar una alta resistencia a la compresión, alto módulo de elasticidad y larga vida de servicio en condiciones medioambientales severas. No se puede asegurar que los concretos inferiores a 42MPa en compresión tengan un mal desempeño; el alto desempeño determina el aumento de características que favorecen a un tipo de estructura, sometida a cargas específicas de diseño estructural y su conservación en el tiempo (Benavides, 2014).

## **5.1 Concreto de Alta Resistencia**

### **5.1.1 Definición**

En las grandes ciudades es posible observar grandes construcciones como rascacielos, pero esto fue posible gracias a las numerosas investigaciones desarrolladas entorno al concreto llegando a obtener resultados como mejorar su resistencia, durabilidad por medio del uso de aditivos como acelerantes, reductores de agua, plastificantes de alto rango, fibras sintéticas o metálicas y humo de sílice etc.

Por lo general en el campo de la construcción se utiliza el concreto convencional el cual comprende una resistencia entre los 100 Kg/cm<sup>2</sup> y 400 Kg/cm<sup>2</sup>, el concreto de alta resistencia, es aquel que tiene una resistencia a la compresión  $f'_c \geq 420$  kg/cm<sup>2</sup> o 42 megapascales (MPa). (Martinez, 2021).

Para poder desarrollar un concreto de alta resistencia se tomaron en cuenta las siguientes características:

#### **5.1.1.1 Relación Agua-Cemento**

Las propiedades que se desean para un hormigón depende de la dosificación de la mezcla por lo cual un factor importante es su relación agua-cemento, ya que nos va a indicar su resistencia y durabilidad deseada. Esta relación influye en la estructura interna del concreto ya que cuanto mayor cantidad de agua halla, mayor cantidad de capilares habrá, por lo tanto, su porosidad será mayor y traerá consigo una disminución en la resistencia en cambio si la relación Agua-Cemento es más baja esto será mucho mejor ya que la cantidad de capilares serán menores por lo tanto su resistencia se incrementará en el diseño de mezcla.

### **5.1.1.2 Manejabilidad**

Es una de las principales exigencias en estado fresco para los concretos de alta resistencia para conseguir esto se utilizan reductores de agua, plastificantes o acelerantes, también influye la finura de los aditivos a usar como el humo de sílice el cual posee una finura mayor al cemento otro factor es la calidad de los agregados, ya que los agregados con partículas alargadas consumen más agua y reducen la resistencia del concreto.

#### **5.1.1.2.1 humo de sílice**

Es un aditivo en polvo el cual se adiciona al concreto para mejorar la resistencia y durabilidad, las partículas finas llenan los espacios entre las partículas del cemento creando un concreto más denso y menos permeable su dosificación esta entre el 3% y el 10% del peso del cemento.

#### **5.1.1.2.2 Tamaño del agregado**

Los concretos de alta resistencia por lo general poseen en su granulometría tamaños máximos nominales (TMN) de 9,5 mm a 12,5 mm ( 3/8" a 1/2") debido a que presentan mejor adherencia con la pasta de cemento, también se debe tener en cuenta que el tamaño máximo del agregado debe ser menor a 3/4 del espaciamiento libre entre las barras de refuerzo de acuerdo con la NSR-10

#### **5.1.1.2.3 Aditivos**

Son insumos que se agregan en pequeñas cantidades al concreto antes o durante el mezclado con el fin de obtener propiedades específicas, esto modifica ciertas características del concreto en estado fresco o endurecido como:

- Tiempo de fraguado, calor de hidratación y resistencia inicial de la pasta de cemento
- Manejabilidad, reducción de agua, exudación y segregación en estado fresco

- Resistencia, impermeabilidad y durabilidad en estado endurecido.

Los aditivos proporcionan:

- Buena manejabilidad
- Incremento de la resistencia a compresión
- Durabilidad del concreto
- No varía demasiado la dosificación al incorporarlos

#### **5.1.1.2.3.1 tipos de Aditivos**

- ❖ Reductores de agua
- ❖ Retardantes
- ❖ Acelerantes
- ❖ Reductor de agua y retardante
- ❖ Reductor de agua y acelerante
- ❖ Reductor de agua de alto rango

## 6 Marco Histórico

### 6.1 ANTECEDENTES

Muchos investigadores de todo el mundo han desarrollado hormigones que podrían clasificarse como UHPC. Aunque existen diferencias entre los tipos de UHPC, también existen muchas similitudes generales. el UHPC tiene el potencial de expandir el uso del concreto a nuevas formas que hasta ahora han sido imposibles (U.S Department of Transportation, 2006).

La resistencia a compresión de este tipo de concreto, puede llegar a ser siete veces mayor que la de un concreto tradicional. Debido a esto se hace posible construir estructuras más ligeras con un menor tamaño, pero con la misma resistencia estructural, además de esto facilita crear formas novedosas para que los arquitectos puedan usar su creatividad. La porosidad de este nuevo material es nula, por lo tanto, la durabilidad de este concreto deberá ser mayor. (Oliveira, 2019).

Por lo tanto, se convierte en una adecuada solución ante el crecimiento y desarrollo poblacional en las ciudades,” a través de programas de mejoramiento de vivienda y mejoramiento integral de las condiciones habitacionales de la población, vivienda nueva que permitan vivir con condiciones mínimas de dignidad, habitabilidad, calidad, sostenibilidad y seguridad al interior de las viviendas y su entorno garantizando la universalidad en el acceso a la vivienda de calidad, equipamiento colectivo y espacio público en las zonas urbanas y rurales del país (El congreso de Colombia, 2021).

Es una solución que proporciona durabilidad y optimiza el uso de insumos constructivos en elementos estructurales (Argos, 2022).

## 7 Aspectos Metodológicos

Para determinar las características del concreto de alta resistencia propuesto es necesario evaluar sus características en estado fresco y endurecido realizando los respectivos ensayos de acuerdo con la literatura técnica recopilada, en este sentido esta investigación es de tipo exploratoria y correlativa.

Se presenta como exploratoria al ser el primer proyecto ejecutado desde el semillero, se requiere identificar y reconocer los diferentes ensayos, procedimientos y diseños que se requieren para la ejecución de concretos tipo HAR y UHPC, por otro lado se presenta correlacional debido a que el diseño de mezclas patrón se le añadirá fibras con el objetivo de conocer cómo influyen estos elementos en el concreto; por cuanto, juega un papel preponderante la contratación de resultados entre probetas realizadas.

Para la ejecución del objetivo específico se realizarán las siguientes actividades:

- A. Identificar los ensayos que se requieren para la implementación de un diseño de mezclas que adapten a las condiciones de resistencia propuestas.
- B. Calcular el diseño de mezclas de acuerdo con los procedimientos y ecuaciones que indica la literatura técnica con relación a los concretos de Alta Resistencia.
- C. Establecer los procedimientos de curado de las probetas para la ejecución de concretos tipo HAR.

Para poder realizar este proyecto se desarrollaron unas muestras patrón.

### 7.1 Muestras patrón

Se realizaron 3 muestras con fibra y 3 muestras sin fibra con la finalidad de saber el comportamiento aproximado de la mezcla final a una edad de 7,14 y 28 días llevando acabo el ensayo de compresión de cilindros NTC 673.

## **7.2 Muestras Final**

El tamaño de las muestras para los cilindros fue de 4" de ancho por 8" de alto en el caso de las vigas fue de 15 cm de ancho, 15 cm de alto y 53 cm de profundidad.

### **7.2.1 Edad de rotura de cilindros**

- ❖ Para los cilindros se toman 3 especímenes con fibra y 3 especímenes sin fibra los cuales se fallarán a los 7 días.
- ❖ Para los cilindros se toman 3 especímenes con fibra y 3 especímenes sin fibra los cuales se fallarán a los 14 días.
- ❖ Para los cilindros se toman 3 especímenes con fibra y 3 especímenes sin fibra los cuales se fallarán a los 28 días.

Por medio del ensayo NTC 673.

### **7.2.2 Rotura de vigas**

- ❖ Para las vigas se toman 6 especímenes con fibra
- ❖ Para las vigas se toman 3 especímenes sin fibra

En las cuales se llevará a cabo el ensayo de resistencia a flexión el cual consiste en el uso de una viga simplemente apoyada cargada en el punto central según la norma INV E 415-13

## **7.3 Curado**

El factor de curado es uno de las características más importantes para garantizar un concreto de buena calidad, curar el concreto es mantener el hormigón bajo condiciones de temperatura y humedad optimas garantizando la hidratación de las muestras en el laboratorio permitiendo su desarrollo en óptimas condiciones.

## 8 Ensayos de laboratorio

Para poder determinar los factores más importantes del concreto de alta resistencia se realizaron una serie de ensayos de acuerdo con la literatura técnica, estos son los siguientes ensayos que se realizaron durante esta investigación:

### 8.1 Origen de Materiales Granulares

El agregado grueso y fino utilizado para desarrollar este proyecto se encuentra en las instalaciones del laboratorio de la facultad de ingenierías de la Universidad La Gran Colombia, Su uso se encuentra bajo la supervisión de los laboratoristas de la institución, este material paso por un tamizaje para poder conocer si su granulometría era la adecuada para desarrollar el concreto de la alta resistencia, además de esto se ejecutó la norma INV E-102 la cual consiste en la descripción e identificación de suelos de manera visual y manual, gracias a esto se logra identificar que estos materiales granulares son una arenisca triturada con un 90% de arena media y 10% de finos amarillentos no plásticos.

#### 8.1.1 Requisito de gradación para agregado grueso NTC 174

se toma una muestra representativa de 4,099 kilos para realizarle un tamizaje y determinar si cumple con la curva granulométrica necesaria para usar en los diseños de mezcla.



Figure 1 Tamices usados-Fuente Propia

De acuerdo a la NTC 174 la granulometría se debe encontrar dentro de estos rangos

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90-100	-	25-80	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-
357	50 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-80	-	0-10	0-5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	80-100	10-30	0-10	0-5

Figure 2 Tamaño nominal Fuente NTC 174

Por lo tanto, podemos observar en la siguiente tabla que la granulometría de los agregados gruesos cumple:

Medida Tamiz	Peso Retenido (g)	Peso Retenido (Kg)	% Retenido	Acumulado	% Pasa	% Mínimo	% Máximo
19 mm	0		0	0	100	100	100
12,5 mm	0	0	0	0	100	90	100
9,5 mm	1097,7	1,10	26,78	26,78	73,22	40	100
4,76 mm	2561,3	2,56	62,48	89,26	10,74	10	30
2,36 mm	270,4	0,27	6,60	95,86	4,14	0	10
Fondo	169,8	0,17	4,14	100,00	0,00		
TOTAL	4099,2	4,10	100,00				

Tabla 1 % Pasa de Agregado Grueso Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

Además de esto como nos muestra la siguiente grafica la granulometría se encuentra dentro de los rangos mínimos y máximos permitidos

### 8.1.2 Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos NTC 77

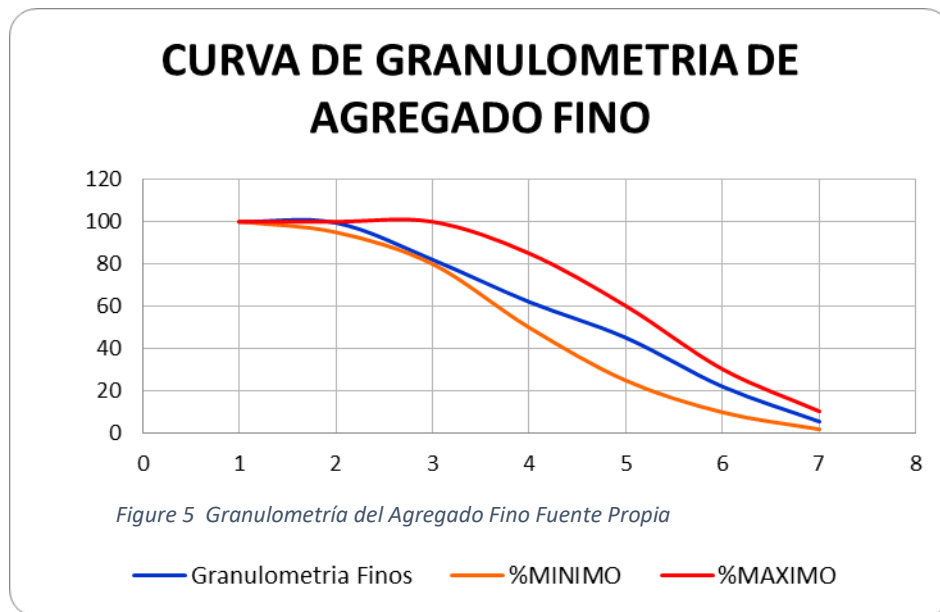
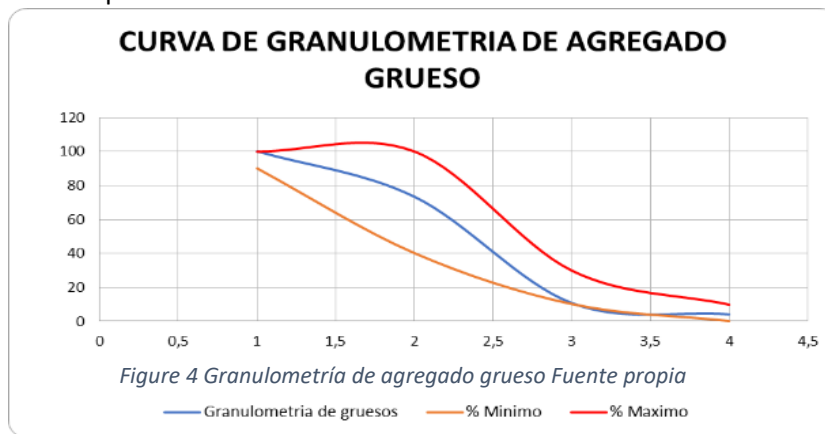
se toma una muestra representativa de 2,081 Kilos ya que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 9,5 mm para el diseño patrón y para el diseño del concreto de alta resistencia con Fibras Sintéticas.

De acuerdo a la NTC 77 la granulometría se debe encontrar dentro de estos rangos

Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

Figure 3 Tamaño nominal Fino Fuente Propia

Además de esto como nos muestra la siguiente grafica la granulometría se encuentra dentro de los rangos mínimos y máximos permitidos.



## 8.2 Ensayo de densidad del cemento NTC 221

Este ensayo consiste en determinar la densidad del cemento. Se deben utilizar 64 gramos de cemento (Cemento Estructural Max).



Figure 7: Cemento Estructural-Fuente Propia

Se llena el frasco de Le Chatelier con kerosene entre las marcas 0 ml y 1 ml, se toma registro de esta medida y se agregan los 64 gramos de cemento en pequeñas cantidades con ayuda del embudo.



Se llena el frasco y se utiliza el compresor para extraer las burbujas de aire del kerosene del frasco de le chatelier.



Figure 8: Sellado Frasco Le Chatelier-Fuente Propia

Cuando se extraigan las burbujas, se deja en el frasco en reposo para registrar lo datos al siguiente día, con los datos obtenidos se realizan los siguientes cálculos.

$$r = \frac{\text{Masa Del Cemento}}{\text{Volumen Desplazado}}$$

r=Densidad del cemento

Como se puede observar en la siguiente tabla la densidad del cemento

ENS AYO No.	PESO DEL RECIPIENTE O VOLUMES
PES O DEL FRAS CO +LIQUIDO (Ma)	352,54 gr
P FRAS CO+LIQUIDO+CEMENTO(Mt)	416,68 gr
LECT FINAL LIQUIDO	21,90 mm
REGIS TRO NIVEL DEL QUEROS ENO:	0,70 mm
VOLUMEN FINAL	21,20 mm
MAS A DEL CEMENTO US ADO (Mt)	64,00 gr
DENS IDAD DEL CEMENTO (g/c m3)	3,019 g/cm3

Tabla 2Densidad del Cemento Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

### 8.3 Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas del agregado grueso NTC 92

Para este ensayo se toma el peso del molde y su volumen, Se llena una tercera parte del molde, se apisona con la varilla de apisonamiento mediante 25 golpes uniformes distribuidos durante 3 etapas hasta llenar



Figure 10: Apisonado-Fuente Propia



Figure 9: Enrazado-Fuente Propia

el molde luego en la superficie cuando el molde se encuentre lleno se realiza la nivelación con la varilla de apisonamiento para registrar el dato este procedimiento se realiza 3 veces

### 8.4 Densidad y absorción del agregado fino NTC 237

Para el este ensayo se toma una muestra representativa con la cual se va a llenar el molde cónico en una superficie plana hasta que se encuentre lleno y se apisona 25 veces con el pistón en caída libre luego se levanta el cono con cuidado. Debido a que el material presentaba todavía más humedad de la necesaria se realizaron varios secados en el horno hasta obtener la humedad deseada.

Se extraen 500 gramos y el frasco de chatelier se llena con agua hasta 1 ml a una temperatura de 23° C y se introduce la muestra en el frasco y se utiliza una bomba para eliminar los vacíos, después de esto se pesa el frasco.

Se extrae la muestra del frasco y se seca en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C



*Figure 11: Peso Agregado fino- Fuente Propia*



*Figure 12: Comprobación de Humedad de Muestra-Fuente Propia*

después se deja enfriar y se registra la masa, se determina la masa del picnómetro lleno con agua entre el rango de 0 ml a 1 ml se registra esta lectura se agregan 55 gramos y se vuelve a tomar datos.

### 8.5 Densidad Relativa y Absorción del agregado grueso NTC 176

Se toma una muestra representativa de 6,2 kilogramos aproximadamente esta muestra se tamizo en la malla N° 4 (4,75mm) y se rechaza el material que pase por este tamiz, se lava el material aprobado y se deja secando en el horno a una temperatura de 110°C.



Figure 13 Muestra Secando en el Horno Fuente Propia



Figure 14 Determinación de Masa Aparente en agua

Se retira del horno y se deja enfriar el material durante 3 horas. Se deja el agregado en agua sumergido durante 24 horas, se retira la muestra del agua y con un trapo absorbente remueve la película de agua

para secar la muestra, se toman los datos de la condición saturada y superficialmente seca después de esto se coloca la muestra en el contenedor y se determina su masa aparente en agua. Se mueve el contenedor con la intención de remover las partículas de aire atrapadas en el agua después de esto se deja secar la muestra en el horno a una temperatura de 110°C, se deja enfriar y se determina su masa para poder realizar los respectivos cálculos de este ensayo.

## 9 Análisis

### 9.1 Diseño de mezcla

Para la realización del diseño de mezcla es necesario tener en cuenta los datos obtenidos a través de los siguientes ensayos de laboratorio:

- ❖ Gradación para agregado grueso mediante la NTC 174
- ❖ Gradación y tamizado de los agregados finos mediante la NTC 77
- ❖ Densidad del Cemento mediante la NTC 221
- ❖ Determinación de la masa unitaria y vacíos entre partículas del agregado grueso mediante la NTC 92
- ❖ Densidad y Absorción del agregado fino mediante la NTC 237
- ❖ Densidad relativa y absorción del agregado grueso mediante la NTC 176

Gracias a esta recopilación de información por medio de los ensayos realizados en el laboratorio de La Universidad La Gran Colombia podemos obtener la siguiente tabla.

Propiedades Físicas	Cemento	Agregado Fino	Agregado grueso
Densidad Aparente	3019 Kg/m <sup>3</sup>	557 Kg/m <sup>3</sup>	2129 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Compactado			1381 Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Natural	-	-	-
Absorción	-	3,36%	6,38%
Modulo de Finura	-	2,84	
Tamaño Máximo Nominal	-	-	9,50 mm

*Tabla 3 Resultados de los ensayos de laboratorio Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez*

En la cual se pueden describir propiedades físicas tales como: Densidad aparente, Peso unitario seco compacto, Porcentaje de Absorción y el Tamaño máximo nominal, los cuales según El método de la ACI 211 son los datos necesarios para poder elaborar un diseño de mezcla. Al describir paso a paso lo que se debe tener en cuenta para la dosificación de la mezcla a continuación:

### 9.1.1 Selección de Asentamiento

Debido a que los elementos a fundir son muros, vigas reforzadas y columnas es necesario que la mezcla presente una consistencia semifluida según la tabla 4

Tipos de construcción	Asentamiento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	75	25
Zapatas, cajones y muros de subestructura sin refuerzo	75	25
Muros y vigas reforzados	100	25
Columnas	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Concreto en masa	50	25

Fuente: Adaptado de ACI (2002).

Tabla 4 Asentamientos Recomendados

### 9.1.2 Selección del Tamaño Máximo del agregado

Los tamaños máximos nominales de un agregado bien graduado, tienen menos vacíos que los tamaños más pequeños, en efecto requieren menos cantidad de mortero por unidad de volumen. Por lo tanto, para producir altas resistencias se debe tener una relación a/c más baja y un TMN de 9,5 mm según los ensayos de los numerales 8.1.1 y 8.1.2 anteriores.

### 9.1.3 Estimación de contenido de agua

La cantidad de agua por unidad de volumen requerida, para un asentamiento dado, depende del tamaño nominal máximo de los agregados, por lo tanto, se usa la siguiente tabla para determinar la cantidad de agua necesaria para la mezcla.

Agua en l/m <sup>3</sup> para el tamaño nominal máximo indicado								
Asentamiento (mm)	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
<b>Concreto sin entrada de aire</b>								
25 a 50	208,1	199,2	187,3	178,4	163,5	154,6	130,8	113,0
75 a 100	228,9	217,0	202,2	193,2	178,4	169,5	145,7	124,9
150 a 175	243,8	229,0	214,1	202,2	187,3	178,4	160,5	-
Más de 175	-	-	-	-	-	-	-	-
Cantidad aproximada de aire en mezcla (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Tabla 5 Cantidad de Agua

#### 9.1.4 Relación Agua/Cemento

La selección de la relación a/c determina los requisitos de resistencia. La tabla 6 muestra las relaciones de resistencia a la edad estimada de 28 días usando cemento Portland Tipo I, y su comparación con la propuesta por Asocreto (2011)

Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)	Relación a/c (ACI)	Relación a/c (ASOCRETO)
42	0,41	-
35	0,48	0,40
28	0,57	0,47
21	0,68	0,57
14	0,82	0,72

Tabla 6 Relaciones de resistencia -Fuente Adaptada de ACI (2002)

Ya que se está buscando una resistencia igual o superior a 44 MPa se realiza la siguiente interpolación.

Donde:

Y= Relación a/c para una resistencia de 44 MPa.

X= Resistencia a la compresión de 44 MPa.

X1= Resistencia a la compresión de 48 MPa.

Y1= Relación a/c de 0,34 para una resistencia de 48 MPa.

X2= Resistencia a la compresión de 42 MPa.

Y2= Relación a/c de 0,41 para una resistencia de 42 MPa.

$$Y = y_1 + \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1)$$

Se reemplazan los datos y obtenemos la relación agua/cemento

$$Y = 0,34 + \frac{(0,41 - 0,34)}{(42 - 48)}(44 - 48)$$

$$Y = 0,386$$

### 9.1.5 Calculo de Contenido de Cemento

Se utiliza la siguiente ecuación para determinar la cantidad de cemento:

$$C = \frac{a}{a/C}$$

a: Cantidad de agua por unidad de volumen (Kg/m<sup>3</sup>)

C: Cantidad de cemento por unidad de volumen (Kg/m<sup>3</sup>)

a/C: Relación agua-cemento

$$541,894 \text{ Kg} = \frac{2081 * 0,99 \text{ kg/L}}{0,38}$$

Por lo tanto, aproximamos a 542 kg de cemento para un metro cubico.

### 9.1.6 Contenido de Agregado Grueso

Los agregados de tamaño máximo nominal similar y granulometría parecida son capaces de producir concretos de manejabilidad satisfactoria, por lo tanto, el módulo de finura encontrado en la siguiente tabla obtenida del ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos NTC 77.

MEDIDA TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO (Kg)	% RETENIDO	% ACUMULADO	% PASA	%MINIMO	%MAXIMO
9,5 mm	0	0,00	0	0	100	100	100
4,75 mm	9,1	0,01	0,44	0,44	99,563	95	100
2,36 mm	363,6	0,36	17,48	17,91	82,09	80	100
1,18 mm	416	0,42	19,99	37,91	62,09	50	85
600 µm	352,7	0,35	16,95	54,86	45,14	25	60
300 µm	481,5	0,48	23,14	78,00	22,00	10	30
150 µm	344,9	0,34	16,58	94,58	5,42	2	10
74 µm	89,4	0,09	4,30	98,88	1,12		
Fondo	23,40	0,02	1,12	100,00	0,00		
TOTAL	2080,6	2,081	100,000		100		
MODULO DE FINURA				2,84			

Tabla 7 Modulo de finura Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

por lo tanto según el módulo de finura y el TMN nos indica el volumen de agregado grueso según la tabla 8.

Tamaño nominal máximo del agregado (mm)	Volumen de agregado grueso compactado por unidad de volumen para concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,59
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Adaptado de ACI (2002).

Tabla 8 Volumen de Agregado grueso fuente propia

Ya que el módulo de finura es de 2,84 y el TMN es de 9,5 mm no se encuentra en la tabla el volumen del agregado a usar por lo tanto se realiza una interpolación para hallar el resultado del agregado grueso compactado por unidad de volumen.

Donde:

Y=Volumen de agregado grueso.

X=módulo de finura ideal.

X1= módulo de finura 3.

Y1= Volumen según módulo de finura 3

X2= Modulo de finura 2,8

Y2= Volumen según módulo de finura 2,8

Se utiliza la siguiente ecuación

$$Y = y1 + \frac{(y2 - y1)}{(x2 - x1)}(x - x1)$$

Se reemplazan los datos y obtenemos el volumen para el agregado grueso

$$Y = 0,44 + \frac{(0,46 - 0,44)}{(2,8 - 3)}(2,9 - 3)$$

$$Y = 0,456$$

### 9.1.7 Contenido de Agregado Fino

El cálculo del agregado fino se realiza por la metodología del volumen absoluto mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{W}{D}$$

D: Densidad del material (kg/m<sup>3</sup>)

V: Volumen ocupado por el material (m<sup>3</sup>)

W: Cantidad de Cemento por metro cubico (Kg)

Volumen de cemento:

$$V_{Cemento} = \frac{542 \text{ Kg}}{3019 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{Cemento} = 0,1795 \text{ m}^3$$

### 9.1.8 Volumen de Agua

Gracias a la tabla 5 podemos obtener el volumen de agua que es 208,1 l/m<sup>3</sup> .

### 9.1.9 Volumen de agregado grueso

Para el cálculo del Volumen del agregado grueso se realiza la siguiente ecuación:

$$V_{Grueso} = \frac{\text{Peso Unitario seco compacto } \left(\frac{kg}{m^3}\right) * \text{Contenido de agregado grueso}}{\text{Densidad aparente } \left(\frac{Kg}{m^3}\right)}$$

$$V_{Grueso} = \frac{1381 \frac{Kg}{m^3} * 0,456 m^3}{2129 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$V_{Grueso} = 0,2957 m^3$$

### 9.1.10 Volumen de aire teórico

$$V_{Aire} = 0,02 * 1 m^3 = 0,02 m^3$$

### 9.1.10 Volumen de Agregado fino

Para calcular el volumen del agregado fino se toma el metro cubico de concreto de alta resistencia teorico y se restan los volúmenes encontrados anteriormente como se muestra a continuación.

$$V_{Fino} = 1 m^3 - 0,1795 m^3 - 0,2081 m^3 - 0,2957 m^3 - 0,02 m^3 - 0,0172 m^3 - 0,00516 m^3 - 0,002 m^3$$

$$V_{Fino} = 0,27234 m^3$$

Una vez hallado el volumen de agregado fino se hace una estimación de los materiales en peso en la siguiente tabla:

DISEÑO CON FIBRA				
Material	Densidad	Volumen	Peso	porcentaje
Cemento	3019 Kg/m <sup>3</sup>	0,18060m <sup>3</sup>	545,23kg	34,450
Agua	1000 Kg/m <sup>3</sup>	0,20810m <sup>3</sup>	208,10kg	13,149
Agregado Grueso	2129 Kg/m <sup>3</sup>	0,29570m <sup>3</sup>	629,62kg	39,782
Agregado Fino	557 Kg/m <sup>3</sup>	0,27234m <sup>3</sup>	151,57kg	9,577
Aire	-	0,02000m <sup>3</sup>	-	
Fibra (TUF STRAND )	920 Kg/m <sup>3</sup>	0,00200m <sup>3</sup>	3,03kg	0,2
Humo de silice	2300 Kg/m <sup>3</sup>	0,01720m <sup>3</sup>	39,56kg	2,500
Reductor de Agua(Plastol Extender 3000)	1080 Kg/m <sup>3</sup>	0,00516m <sup>3</sup>	5,57kg	0,352
		1 m <sup>3</sup>	1582,68kg	100,000

Tabla 9 Estimación inicial de Materiales Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

Los ajustes por humedad se realizan de acuerdo a las características de los agregados:

Material	% absorcion	% Humedad	%Absorcion-humedad
Agregado Grueso	6,378	1,0638	5,3142
Agregado Fino	3,363	4,363	-1

Tabla 10 Humedad de los agregados Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

Según los resultados calculados de los ensayos el agregado grueso y fino presentan una humedad inferior a su absorción; por lo tanto, hay que adicionar agua a la mezcla como se muestran a continuación:

Material	Peso por m <sup>3</sup> (Kg)	% absorcion-humedad	agua en adición
Agregado Grueso	629,62kg	5,3142	6,692
Agregado Fino	151,57kg	-1	-1,516

Tabla 11 Corrección de humedad de los agregados Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

Con el ajuste por humedades el agua de mezclado seria:

$$\text{Agua} = 208,1 \text{ Kg} + 6,691 \text{ Kg} + 1,571$$

Agua: 213,276 Kg

Finalmente, las cantidades para un m3 de la mezcla es:

DISEÑO CON FIBRAS DEFINITIVO			RELACION a/c
Material	Peso	%	
Cemento	545,231kg	34,337	0,39
Agua	213,276kg	13,432	
Agregado Grueso	629,622kg	39,652	
Agregado Fino	151,568kg	9,545	
Aire	-		
Fibra (TUF STRAND )	3,030kg	0,191	
Humo de silice	39,560kg	2,491	
Reductor de Agua(Plastol Extender 3000)	5,573kg	0,351	
	1587,861kg	100,00	

Tabla 12 Diseño con Fibras definitivo Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

Volumen de agregado fino:

$$V_{\text{fino}} = 1\text{m}^3 - 0,1795\text{m}^3 - 0,2081\text{m}^3 - 0,2957\text{m}^3 - 0,02\text{m}^3 - 0,0172\text{m}^3 - 0,00516\text{m}^3$$

$$V_{\text{fino}} = 0,27434\text{m}^3$$

Una vez hallado el volumen de agregado fino se hace una estimación de los materiales en peso:

DISEÑO SIN FIBRA				
Material	Densidad	Volumen	Peso	porcentaje
Cemento	3019 Kg/m <sup>3</sup>	0,18060m <sup>3</sup>	545,23kg	34,450
Agua	1000 Kg/m <sup>3</sup>	0,20810m <sup>3</sup>	208,10kg	13,149
Agregado Grueso	2129 Kg/m <sup>3</sup>	0,29570m <sup>3</sup>	629,55kg	39,777
Agregado Fino	557 Kg/m <sup>3</sup>	0,27434m <sup>3</sup>	152,81kg	9,655
Aire	-	0,02000m <sup>3</sup>	-	0,200
Humo de silice	2300 Kg/m <sup>3</sup>	0,01720m <sup>3</sup>	39,56kg	2,500
Reductor de Agua(Plastol Extender 3000)	1080 Kg/m <sup>3</sup>	0,00516m <sup>3</sup>	5,57kg	0,352
		1 m <sup>3</sup>	1580,82kg	100

Tabla 13 Diseño sin fibra Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

Los ajustes por humedad se realizan de acuerdo a las características de los agregados:

Material	% absorcion	% Humedad	%Absorcion-humedad
Agregado Grueso	6,378	1,0638	5,3142
Agregado Fino	3,363	4,363	-1

*Tabla 14 Correccion de Humedad de diseño sin fibra Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez*

Según los resultados calculados de los ensayos el agregado grueso y fino presentan una humedad inferior a su absorción; por lo tanto, hay que adicionar agua a la mezcla como se muestra a continuación:

Material	Peso por m3 (Kg)	% absorcion-humedad	agua en adicion
Agregado Grueso	629,55kg	5,3142	6,691
Agregado Fino	152,81kg	-1	-1,528

*Tabla 15 Correccion de humedad de agregados en diseños sin fibra Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez*

Con el ajuste por humedades el agua de mezclado seria:

$$\text{Agua} = 208,1\text{Kg} + 6,691\text{Kg} + 1,571\text{ Kg}$$

$$\text{Agua} = 213,263\text{ Kg}$$

Finalmente, las cantidades para un m<sup>3</sup> de concreto de alta resistencia con sus correcciones por humedad y relación agua/cemento 0,386 aproximado a 0,39 es:

<b>DISEÑO SIN FIBRAS DEFINITIVO</b>			RELACION a/c
Material	Peso	%	
Cemento	545,23kg	34,337	0,39
Agua	213,26kg	13,431	
Agregado Grueso	629,55kg	39,647	
Agregado Fino	152,81kg	9,623	
Aire	-	0,200	
Humo de silice	39,56kg	2,491	
Reductor de Agua(Plastol Extender 3000)	5,57kg	0,351	
	1585,98kg	100	

*Tabla 16 Diseño sin fibras definitivo Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez*

Con los diseños finales obtenidos para las mezclas se procede a realizar las mezclas correspondientes, realizándose unas muestras patrón para verificar que el diseño a los 7 días haya alcanzado el 70% de resultado como mínimo en las siguientes imágenes se puede observar el proceso de elaboración del concreto de alta resistencia:



Figure 16 Agregado Grueso Fuente Propia



Figure 15 Materiales Fuente Propia



Figure 20 Mezcla de Cemento



Figure 19 Cuarteo de materiales



Figure 18 Mezcla de materiales fuente propia



Figure 17 Peso de materiales



Figure 22 Mezcla de agua en el trompo



Figure 21 Mezcla de cilindros



Figure 23 Mezcla de Vigas



Figure 24 Rotura de cilindro con fibra



Figure 28 Cilindro con fibra



Figure 27 Cilindro sin fibra



Figure 26 rotura de viga sin fibra

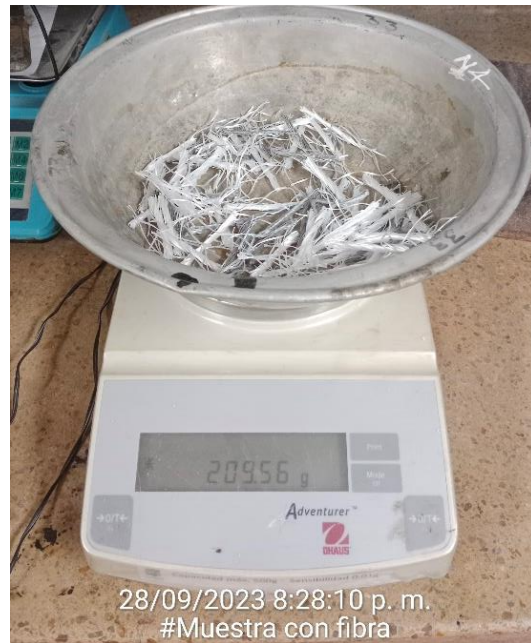


Figure 25 Fibra



Figure 30 Rotura de viga con fibra fuente propia



Figure 29 Comportamiento de fibras a flexión fuente propia

## 10 Resultados

Al realizar los ensayos de laboratorio en las instalaciones de La Universidad La Gran Colombia se obtuvieron los siguientes resultados de cada ensayo respectivamente.

- Ensayo de Gradación de agregado grueso según la NTC 174 se puede observar en la curva granulometrica de la "Figure 3" que la gradacion de este material se encuentra dentro de los parametros establecidos en la norma, ademas en la siguiente tabla se muestra que los porcentajes que pasan tamiz tambien cumplen con los rangos entre minimo y maximo porciento permitido.

MEDIDA TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO (Kg)	% PASA	% Minimo	% Maximo
19 mm	<b>0</b>		100	100	100
12,5 mm	<b>0</b>	0	100	90	100
9,5 mm	<b>1097,7</b>	1,10	73,22	40	100
4,76 mm	<b>2561,3</b>	2,56	10,74	10	30
2,36 mm	<b>270,4</b>	0,27	4,14	0	10
Fondo	169,8	0,17	0,00		
TOTAL	4099,2	4,10			

*Tabla 17 Porcentaje de Pasa Tamiz de agregado grueso fuente propia*

- Ensayo para tamizado de los agregados finos NTC 77 174 se puede observar en la curva granulometrica de la "Figure 5" que la gradacion de este material se encuentra dentro de los parametros establecidos en la norma.
- Ensayo de densidad del cemento NTC 221 se utilizo para determinar la densidad del cemento estructural Max, los resultados obtenidos se encuentran en la "Tabla 2 Densidad del cemento".
- Ensayo de masas unitarias y vacios en agregado grueso NTC 92 para este Ensayo se sigue el procedimiento del numeral 8.3 en el cual obtenemos la siguiente table con los datos obtenidos

Descripción de material:	AGREGADO GRUESO		
Procedencia:	MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD		
Volumen del molde, m <sup>3</sup> :	0,01402	Humedad material, %: <b>0,10</b>	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
ENSAYO No.	PESO DEL MATERIAL	PESO DEL RECIPIENTE	PESO Kg
1	27,62 Kg	9,10 Kg	18,52 Kg
2	27,44 Kg	9,10 Kg	18,34 Kg
3	27,74 Kg	9,10 Kg	18,64 Kg
PESO PROMEDIO (Kg) PESO UNITARIO SUELTO			18,50 Kg
DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m3)			<b>1319,544</b>
<b>CALCULO DE CONTENIDO DE VACIOS</b>			
M= DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m3)			1319,544
S=DENSIDAD NOMINAL (BASE SECA) (NTC 176 Y NTC 237)			2491,847
W=DENSIDAD DEL AGUA 998 (Kg/m3)			998
$\% \text{ Vacios} = 100 \frac{(S * W) - M}{S * W}$			99,95
<b>PESO UNITARIO APISONADO</b>			
ENSAYO No.	PESO DEL MATERIAL	PESO DEL RECIPIENTE	PESO gr
1	28,52 Kg	9,10 Kg	19,42 Kg
2	28,44 Kg	9,10 Kg	19,34 Kg
3	28,42 Kg	9,10 Kg	19,32 Kg
PESO PROMEDIO (Kg) PESO UNITARIO APISONADO			19,36 Kg
DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m3)			<b>1380,884</b>
<b>CALCULO DE CONTENIDO DE VACIOS</b>			
M= DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m3)			1380,884
S=DENSIDAD NOMINAL (BASE SECA) (NTC 176 Y NTC 237)			2491,847
W=DENSIDAD DEL AGUA 998 (Kg/m3)			998
$\% \text{ Vacios} = 100 \frac{(S * W) - M}{S * W}$			99,94

Tabla 18 Resultados de NTC 92 Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC

Gracias a la obtención de la densidad del agregado suelto y apisonado se pudo realizar el diseño de mezcla para un concreto con alta resistencia.

- Ensayo de densidad y absorción del agregado fino NTC 237 para este Ensayo se sigue el procedimiento del numeral 8.4 obteniendo los siguientes resultados.

Pruebas No	GRAMOS	KILOGRAMOS		
A: Peso al aire de la muestra seca (SH) (g)	114,6	0,1146		
Peso Frasco (Matrax)	178,8	0,1788		
B: Peso del picnómetro aforado lleno de agua (g)	677,6	0,6776		
C: Peso del Picnómetro aforado + muestra + agua	972,2	0,9722		
S: Peso Muestra S.S.S	500	0,500		
Gravedad Especifica (SH) A / (B+S-C)	0,558			
Densidad (SH) Kg/m <sup>3</sup>				
Gravedad Especifica S.S.S S / (B+S-C)	2,434			
Densidad SSS Kg/m <sup>3</sup>				
Gravedad Especifica Apararente A / (B+A-C)	0,637			
Densidad Aparente Kg/m <sup>3</sup> 997,5 A/(B+S-C)	556,541			
% Humedad del Agregado Fino	4,363			
Absorción (%) (S - A) / A * 100	3,363			
Promedio Gravedad Especifica (SH)	0,558	7.2 Para mezclas de concreto hidráulico se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente humedad, se puede,	<b>Condiciones de ensayo numeral 7.2</b>	
Promedio Gravedad Especifica S.S.S	2,434		<b>Secado previo a masa constante 110 ± 5</b>	
Promedio Gravedad Especifica Apararente	0,637		<b>Inmersión previa 24 ± 4 hr.</b>	
Promedio Absorción	3,363		<b>Temperatura del agua 23 ± 2 c°</b>	
			<b>Densidad del agua Kg/m<sup>3</sup></b>	

Tabla 19 Resultados de NTC 237 Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC

- Ensayo de densidad relative y absorcion del agregado grueso NTC 176 para este Ensayo se sigue el procedimiento del numeral 8.4 obteniendo los siguientes resultados.

N°	A	
	GRAMOS	KG
A : Masa de la muestra secada al horno (SH) (g)	5828,30 gr	5,83 Kg
B: Masa de la muestra saturada superficialmente seca S.S.S (gr)	6200,00 gr	6,20 Kg
C : Peso sumergido de la muestra (gr)	3469,60 gr	3,47 Kg
Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SH) =A / (B-C)	2,135	
Densidad S.S.S (Saturado y Superficialmente seco)=B / (B-C)	2,271	
Densidad relativa Aparente (Gravedad Especifica Aparente) A/ (A-C)	2,471	
Densidad (SH) (Secado al Horno) , Kg/m³= 997,5 A/(B-C)	2129,259	
Densidad SSS, Kg/m³ 997,5 B/(B-C)	2265,053	
Gravedad Especifica Aparente A / (A-C) 997,5 A/(A-C)	2464,802	
Densidad Aparente, Kg/m³	2129,3	
% Humedad del agregado Grueso	1,0638	
Absorción (%) (B-A) / A * 100	6,378 %	
Promedio Gravedad Especifica (SH)	2,135	7.2 Para mezclas de concreto hidráulico se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente
Promedio Gravedad Especifica S.S.S	2265,053	
Promedio Gravedad Especifica Aparente	2464,802	
Promedio Absorción	6,378 %	

Tabla 20 Resultado de NTC 176 Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC

Gracias a los datos obtenidos de las humedades y porcentajes de absorción de los agregados gruesos y finos se pudo realizar una corrección en la cantidad de agua a utilizar para el diseño, al prever un error en la relación de agua/cemento esperada obteniendo resultados lo mas cercanos a la teoría planteada en este documento.

### 10.1 Resultados de compresión de los cilindros

Como se puede observar en la tabla 16 el estimado de la resistencia para un concreto de 44 MPa a los 7 días supera el 70% tanto en la muestra patrón como en las muestras finales para concreto con fibra y sin fibra.

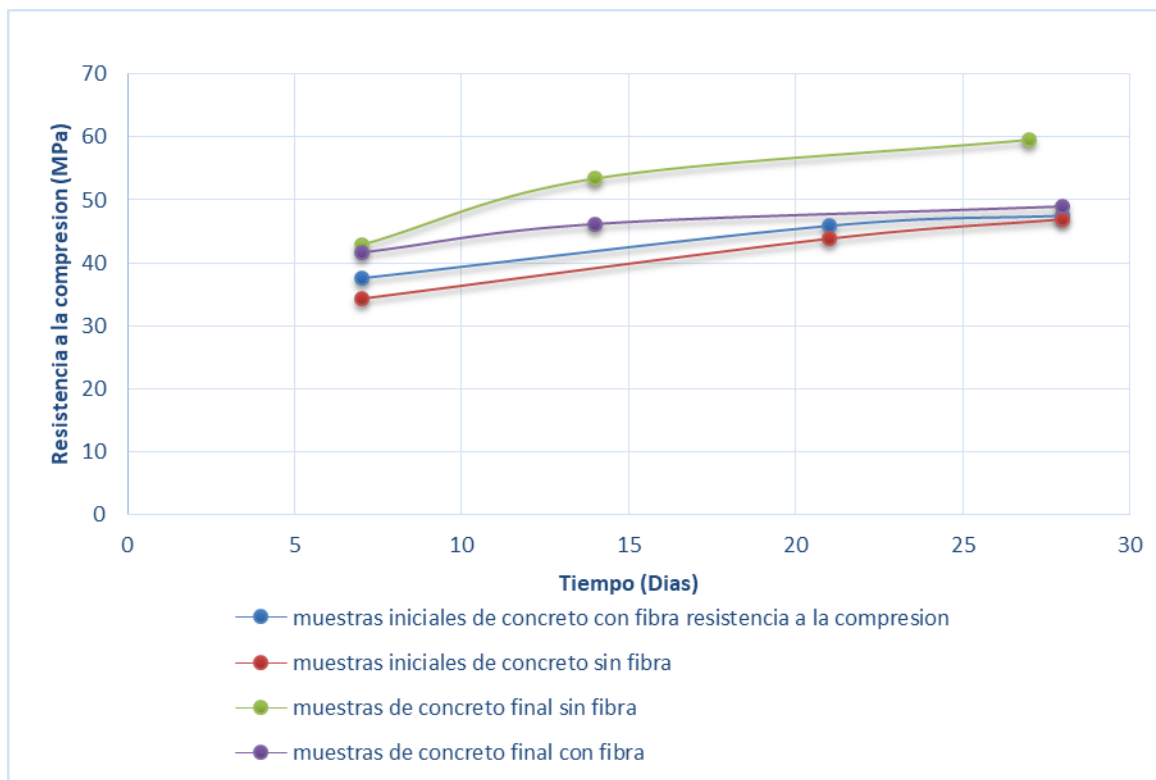


Figure 31 Relación tiempo resistencia en los cilindros Fuente Propia

Como se puede observar en la "Figure 31" la muestra de concreto final sin fibra obtuvo mayor resistencia que la muestra de concreto final con fibra, esto se debe al espacio que ocuparon las partículas del Humo de sílice en el concreto sin fibra fue mayor ya que este, es un tipo de aditivo muy fino el cual se encarga de hacer el concreto más compacto y resistente, en cambio el concreto con fibra fue capaz de resistir más cargas a flexión como se muestra en la tabla 22

NOMBRE DE LA MUESTRA	FECHA DE LA MUESTRA			RESISTENCIA (PSI)	RESISTENCIA (Mpa)	EDAD DE ROTUR.	FECHA DE LA ROTURA			MEDIDAS (cm)		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)		PROMEDIO (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO			% DE DESARROLLO
	D	M	A				D	M	A	Diam	Alt		CARGA MAXIMA (KN)	PROMEDIO (KN)		Kg/cm <sup>2</sup>	PSI	Mpa	
JESTRAS INICIALES E CONCRETO CON FIBRA	28/09/2023			6286	44	7	5/10/2023	10	20	78,54	294,4	294,4	294,4	374,8	5390,2	37,484	85%		
							19/10/2023	10	20	78,54	360,4	360,4	360,4	458,9	6598,6	45,888	104%		
							26/10/2023	10	20	78,54	373,3	373,3	373,3	475,3	6834,8	47,530	108%		
JESTRAS INICIALES E CONCRETO SIN FIBRA	28/09/2023		6286	44	7	5/10/2023	10	20	78,54	268,8	271,1	270	343,7	4942,6	34,371	78%			
						19/10/2023	10	20	78,54	344,2	344,2	344,2	438,2	6302,0	43,825	100%			
						26/10/2023	10	20	78,54	368,2	368,2	368,2	468,8	6741,4	46,881	107%			
JESTRAS CONCRETO FINAL SIN FIBRA	16/11/2023		6286	44	7	23/11/2023	10	20	78,54	318,4	354,5	337,0	428,6	6163,5	42,861	97%			
						30/11/2023	10	20	78,54	439,7	428,7	390,2	419,5	534,2	7681,3	53,417	121%		
						16/11/2023	10	20	78,54	482,5	439,7	483,2	467,8	595,6	8565,0	59,562	135%		
MUESTRAS DE CONCRETO FINAL CON FIBRA	17/11/2023		6286	44	7	24/11/2023	10	20	78,54	308,4	300,1	374,5	417,2	5999,3	41,720	95%			
						17/11/2023	10	20	78,54	344,2	359,8	383,7	362,6	6638,3	46,163	105%			
						4/11/2023	10	20	78,54	373,5	383,8	394,7	384	7030,1	48,888	111%			

Tabla 21 Resultados de compresión de los cilindros Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

**10.2 Resultados de flexión de los cilindros**

UNIVERSIDAD La Gran Colombia		INFORME DE ENSAYO										
		RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ										
		NORMA IN.V E-414-13										
DESCRIPCION: CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA												
FUENTE: PROPIA												
LOCALIZACION	FECHA		EDAD	DIMENSIONES			CARGA FLEXION kN	RESISTENCIA			MODULO R	
	TOMA	ROTURA		DIAS	ANCHO	ALTO		LUZ	CARGA kN	ESFUERZO MPa		PROMEDIO KN
				mm	mm	mm						N/mm2
MUESTRA DE CONCRETO FINAL CON FIBRA	2023-11-17	2023-11-24	7	150,0	150,0	530,0	4,6		26,83	4,213	26,83	6,3
	2023-11-03	2023-12-01	28	150,0	150,0	530,0	7,0		28,07	4,408	28,07	6,6
	2023-11-03	2023-12-01	28	150,0	150,0	530,0	5,1		25,33	3,978	25,33	6,0
	2023-11-15	2023-11-29	14	150,0	150,0	530,0	6,8		27,02	4,243	27,02	6,4
	2023-11-15	2023-11-29	14	150,0	150,0	530,0	7,8		24,95	3,918	24,95	5,9
	2023-11-16	2023-12-13	27	150,0	150,0	530,0	5,1		26,55	4,169	26,55	6,3
MUESTRA DE CONCRETO FINAL SIN FIBRA	2023-11-16	2023-11-23	7	150,0	150,0	530,0	No Aplica		21,54	3,383	21,54	5,07
	2023-11-14	2023-11-28	14	150,0	150,0	530,0	No Aplica	25,48	25,47	4,000	25,475	6,00
	2023-11-16	2023-11-30	14	150,0	150,0	530,0	No Aplica	28,90	26,04	4,089	27,47	6,47

Tabla 22 Resistencia a flexión del concreto de alta resistencia Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

En la tabla N°18 se puede observar que el porcentaje de desarrollo del concreto de alta resistencia con fibra y sin fibra fue mayor al 100 % al poseer una resistencia mayor a 44 MPA a una edad de 28 días, Según los textos para que un concreto sea considerado de alta resistencia en Latinoamérica su resistencia a una edad de 28 días debe ser mayor a 44 MPA por lo tanto al seguir los procesos adecuados de curado, mezclado y almacenamiento de materiales se puede desarrollar un concreto de alta resistencia en los laboratorios de la Universidad La Gran Colombia.

NOMBRE DE LA MUESTRA	FECHA DE LA MUESTRA			RESISTENCIA DISEÑO (PSI)	RESISTENCIA DISEÑO (Mpa)	EDAD DE ROTUR.	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO			% DE DESARROLLO
	D	M	A				Kg/cm2	PSI	Mpa	
MUESTRAS INICIALES DE CONCRETO CON FIBRA	28/09/2023			6286	44	7	374,8	5390,2	37,484	85%
						21	458,9	6598,6	45,888	104%
						28	475,3	6834,8	47,530	108%
MUESTRAS INICIALES DE CONCRETO SIN FIBRA	28/09/2023			6286	44	7	343,7	4942,6	34,371	78%
						21	438,2	6302,0	43,825	100%
						28	468,8	6741,4	46,881	107%
MUESTRAS CONCRETO FINAL SIN FIBRA	16/11/2023	6286	44	7	428,6	6163,5	42,861	97%		
	14/11/2023			14	534,2	7681,3	53,417	121%		
	16/11/2023			27	595,6	8565,0	59,562	135%		
MUESTRAS DE CONCRETO FINAL CON FIBRA	17/11/2023	6286	44	7	417,2	5999,3	41,720	95%		
	17/11/2023			14	461,6	6638,3	46,163	105%		
	4/11/2023			28	488,9	7030,1	48,888	111%		

Tabla 23 Resistencias finales del concreto Fuente propia

### 11 Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones que se presentan a continuación resaltan los objetivos de este documento los cuales

son:

***Determinar cuál es el porcentaje óptimo de Fibras Sintéticas Estructurales para alcanzar una manejabilidad, resistencia a compresión, tracción directa y flexión.***

DISEÑO CON FIBRAS DEFINITIVO			RELACION a/c
Material	Peso	%	
Cemento	545,231kg	34,337	0,39
Agua	213,276kg	13,432	
Agregado Grueso	629,622kg	39,652	
Agregado Fino	151,568kg	9,545	
Aire	-		
Fibra (TUF STRAND )	3,030kg	0,191	
Humo de silice	39,560kg	2,491	
Reductor de Agua(Plastol Extender 3000)	5,573kg	0,351	
	1587,861kg	100,00	

Tabla 24 Porcentaje óptimo de fibra

Es recomendable tener un especial cuidado sobre el porcentaje de fibra a usar como nos indica la tabla 24, ya que el uso excesivo de este material puede provocar que la mezcla adquiera una segregación indeseada además de una difícil manejabilidad afectando el resultado final en cuanto a su resistencia esperada. El porcentaje de uso de la Macrofibra sintética "TUF-STRAND SF" no debe ser mayor al 1% del peso del cemento ya que esto generaría problemas con la mezcla y con su resistencia final, además de esto es necesario seguir las especificaciones de la ficha técnica sobre la cantidad de aditivo para no cometer reprocesos. El concreto avanzado de alta resistencia nos ofrece unas resistencias a flexión aproximadamente de 5 KN después de su falla a flexión como se muestra en la tabla 22, permitiendo obtener un tiempo extra en caso del colapso de una estructura vertical.

## 12 Referencias

Argos, G. (2022). Concreto de altas resistencias. *Concreto de altas resistencias*. Medellín, Colombia.

Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_vaLbaevxto&ab\\_channel=Argos](https://www.youtube.com/watch?v=_vaLbaevxto&ab_channel=Argos)

ASCE. (2010). La Visión para la Ingeniería Civil en el 2025. 19. Virginia, EEUU: ASCE. Obtenido de

<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784478868.004#:~:text=En%202025%2C%20los%20ingenieros%20civiles,que%20conforman%20la%20pol%C3%ADtica%20p%C3%ABlica.&text=ha%20avanzar%20a%20la%20comunidad%20de%20la%20ingenier%C3%ADa%20civil%20hacia%20la%20V>

Asencio, E. (18 de junio de 2021). Hormigones reforzados con fibras de acero. Conceptos fundamentales

y aplicaciones estructurales. 1. milan, Italia: Revista Hormigón 60. Obtenido de

<https://revistahormigon.org/hormigones-reforzados-con-fibras-de-acero-conceptos-fundamentales-y-aplicaciones-estructurales/>

BECOSAN. (17 de Enero de 2020). Hormigón con fibras de acero. España. Obtenido de

<https://www.becosan.com/es/hormigon-con-fibras-de-acero/>

Benavides, I. J. (2014). Concreto de Alto Desempeño. Bogotá DC, Colombia. Obtenido de

[https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/189/CF-](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/189/CF-Maestria%20Ingenier%EDa%20Civil-87060970.pdf;jsessionid=542D511133838F7BF68F74C768B791B3?sequence=1)

[Maestria%20Ingenier%EDa%20Civil-](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/189/CF-Maestria%20Ingenier%EDa%20Civil-87060970.pdf;jsessionid=542D511133838F7BF68F74C768B791B3?sequence=1)

[87060970.pdf;jsessionid=542D511133838F7BF68F74C768B791B3?sequence=1](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/189/CF-Maestria%20Ingenier%EDa%20Civil-87060970.pdf;jsessionid=542D511133838F7BF68F74C768B791B3?sequence=1)

El congreso de Colombia. (14 de Enero de 2021). ley 2079 de 2021. 2. Vivienda digna y de calidad.

Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=160946>

La Republica S.A.S. (22 de Abril de 2022). Ocho de los 10 edificios en construccion mas altos del mundo

se encuentran en china. Colombia: La República S.A.S. Obtenido de

<https://www.larepublica.co/globoeconomia/estos-son-los-10-edificios-en-construccion-mas-altos-del-mundo-3348072>

Lorente, C. F. (2017). Megaconstrucciones que transformarán las grandes ciudades del mundo en 2030.

Obtenido de <https://blogthinkbig.com/megaconstrucciones-que-transformaran-las-grandes-ciudades-del-mundo-en-2030>

Martinez, M. A. (21 de 01 de 2021). *Diseño estructural de edificios altos tipo torre empleando concreto*

*de alta resistencia*. Mexico. Obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/474/5/A5.pdf>

Oliveira, F. (26 de june de 2019). Argos logra patente de concreto de ultra alta resistencia.

España,Portugal: KHL Group. Obtenido de

<https://www.construccionlatinoamericana.com/news/Argos-logra-patente-de-concreto-de-ultra-alta-resistencia/4139015.article>

Sherif El-Tawil, Y.-S. T. (june de 2020). Open-Recipe Ultra-High-Performance concrete. *Open-Recipe*

*Ultra-High-Performance concrete*, 36-37. Obtenido de <https://hiperfibersolutions.com/wp-content/uploads/2020/05/CI06-El-Tawil.pdf>

Sherif El-Tawil, Y.-S. T. (june de 2020). Open-Recipe Ultra-High-Performance Concrete. *Open-Recipe*

*Ultra-High-Performance Concrete*, 33. Obtenido de <https://hiperfibersolutions.com/wp-content/uploads/2020/05/CI06-El-Tawil.pdf>

Structuralia. (30 de mayo de 2022). Hormigón con fibra:sus tipos,características y aplicaciones clave.

Madrid, Alcobendas, España. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/hormigon-con-fibra-caracteristicas-tipos-y-aplicaciones>

U.S Departament of Transportation. (August de 2006). Material Property Characterizacion Of Ultra-High

Perfomance Concrete. 1. Washington DC, Turner - Fairbank Highway Research Center, EE.UU.

Obtenido de





[https://www.researchgate.net/publication/312468990\\_Material\\_Property\\_Characterization\\_of\\_Ultra-High\\_Performance\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/312468990_Material_Property_Characterization_of_Ultra-High_Performance_Concrete)

Unidas, N. (Mayo de 2016). OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE. *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una oportunidad para América Latina y el Caribe*, 25. Publicación de las Naciones Unidas. Obtenido de


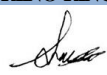
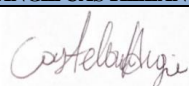
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311197/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>

13 Anexos




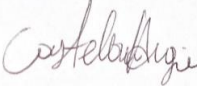
En los anexos se encuentran los resultados de los ensayos de laboratorio más detallados elaborados con la estudiante de ingeniería Angie Yulieth Castellanos Rodríguez

 <b>UNIVERSIDAD La Gran Colombia</b>		<b>TOMA DE DATOS</b>			
		<b>DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - NTC - 176 – 2019</b>			
<b>Muestra No:</b>	1				
<b>Descripción de material:</b>	AGREGADO GRUESO				
<b>Procedencia:</b>	MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD				
		<b>GRAMOS</b>	<b>KG</b>		
<b>A : Masa de la muestra secada al horno (SH) (g)</b>		5828,30 gr	5,83 Kg		
<b>B: Masa de la muestra saturada superficialmente seca S.S.S (gr)</b>		6200,00 gr	6,20 Kg		
<b>C : Peso sumergido de la muestra (gr)</b>		3469,60 gr	3,47 Kg		
<b>Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SH) =A / (B-C)</b>		2,135			
<b>Densidad S.S.S (Saturado y Superficialmente seco)=B / (B-C)</b>		2,271			
<b>Densidad relativa Aparente (Gravedad Especifica Aparente) A/ (A-C)</b>		2,471			
<b>Densidad (SH) (Secado al Horno) , Kg/m³= 997,5 A/(B-C)</b>		2129,259			
<b>Densidad SSS, Kg/m³ 997,5 B/(B-C)</b>		2265,053			
<b>Gravedad Especifica Aparente A / (A-C) 997,5 A/(A-C)</b>		2464,802			
<b>Densidad Aparente, Kg/m³</b>		2129,3			
<b>% Humedad del agregado Grueso</b>		1,0638			
<b>Absorción (%) (B-A) / A * 100</b>		6,378 %			
<b>Promedio Gravedad Especifica (SH)</b>	2,135	<b>7.2</b> Para mezclas de concreto hidráulico se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente	<b>Condiciones de ensayo numeral 7.2</b>		
<b>Promedio Gravedad Especifica S.S.S</b>	2265,053		<b>Secado previo a masa constante 110 ± 5</b>		
<b>Promedio Gravedad Especifica Aparente</b>	2464,802		<b>Inmersión previa 24 ± 4 HORAS</b>		
<b>Promedio Absorción</b>	6,378 %		<b>Temperatura del agua 23 ± 2 c°</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>ELABORADO POR: JHOAN SEBASTIAN MORENO RINCON</b>			<b>ELABORADO POR: ANGIE CASTELLANOS</b>		
<b>FIRMA:</b>		<b>FIRMA:</b>			
<b>FECHA:</b>	13/06/2023	<b>FECHA:</b>	28/01/2024		
<b>CARGO:</b>	ESTUDIANTE	<b>CARGO:</b>	ESTUDIANTE		




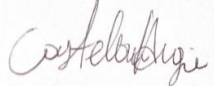
Ensayos 1: NTC 176- Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC

		TOMA DE DATOS		Fecha: 13/06/2023
		DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO NTC 237 – 1995		
Muestra No:	1			
Descripción de material:	AGREGADO FINO			
Procedencia:	MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD			
Pruebas No	GRAMOS	KILOGRAMOS		
A: Peso al aire de la muestra seca (SH) (g)	114,6	0,1146		
Peso Frasco (Matrax)	178,8	0,1788		
B: Peso del picnómetro aforado lleno de agua (g)	677,6	0,6776		
C: Peso del Picnómetro aforado + muestra + agua	972,2	0,9722		
S: Peso Muestra S.S.S	500	0,500		
Gravedad Especifica (SH) A / (B+S-C)	0,558			
Densidad (SH) Kg/m <sup>3</sup>				
Gravedad Especifica S.S.S S / (B+S-C)	2,434			
Densidad SSS Kg/m <sup>3</sup>				
Gravedad Especifica Apararente A / (B+A-C)	0,637			
Densidad Aparente Kg/m <sup>3</sup> 997,5 A/(B+S-C)	556,541	556,541		
% Humedad del Agregado Fino	4,363			
Absorción (%) (S - A) / A * 100	3,363	3,363		
Promedio Gravedad Especifica (SH)	0,558	7.2 Para mezclas de concreto hidráulico se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente humedad, se puede,	Condiciones de ensayo numeral 7.2	
Promedio Gravedad Especifica S.S.S	2,434		Secado previo a masa constante 110 ± 5	
Promedio Gravedad Especifica Apararente	0,637		Inmersión previa 24 ± 4 hr.	
Promedio Absorción	3,363		Temperatura del agua 23 ± 2 c°	
			Densidad del agua Kg/m <sup>3</sup>	
COMENTARIOS				
ELABORADO POR: JHOAN SEBASTIAN MORENO RINCON			ELABORADO POR: ANGIE CASTELLANOS	
FIRMA:		FIRMA:		
FECHA:	13/03/2023	FECHA:	28/01/2024	
CARGO:	ESTUDIANTE	CARGO:	ESTUDIANTE	


Ensayos 2: NTC 237- Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC

 <b>UNIVERSIDAD</b> La Gran Colombia	<b>TOMA DE DATOS</b>		 FACULTAD DE INGENIERÍAS
	<b>DETERMINACION DE LA MASA UNITARIA Y LOS VACIOS ENTRE PARTICULAS DE LOS AGREGADOS - NTC 92 – 1995</b>		
Muestra No:	1		
Descripción de material:	AGREGADO GRUESO		
Procedencia:	MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD		
<b>Volumen del molde, m³:</b>	0,01402	<b>Humedad material, %: 0,10</b>	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
ENSAYO No.	PESO DEL MATERIAL	PESO DEL RECIPIENTE	PESO Kg
1	27,62 Kg	9,10 Kg	18,52 Kg
2	27,44 Kg	9,10 Kg	18,34 Kg
3	27,74 Kg	9,10 Kg	18,64 Kg
PESO PROMEDIO (Kg) PESO UNITARIO SUELTO			18,50 Kg
DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m³)			1319,544
<b>CALCULO DE CONTENIDO DE VACIOS</b>			
M= DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m³)			1319,544
S=DENSIDAD NOMINAL (BASE SECA) (NTC 176 Y NTC 237)			2491,847
W=DENSIDAD DEL AGUA 998 (Kg/m³)			998
$\% \text{ Vacios} = 100 \frac{(S * W) - M}{S * W}$			99,95
<b>PESO UNITARIO APISONADO</b>			
ENSAYO No.	PESO DEL MATERIAL	PESO DEL RECIPIENTE	PESO gr
1	28,52 Kg	9,10 Kg	19,42 Kg
2	28,44 Kg	9,10 Kg	19,34 Kg
3	28,42 Kg	9,10 Kg	19,32 Kg
PESO PROMEDIO (Kg) PESO UNITARIO APISONADO			19,36 Kg
DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m³)			1380,884
<b>CALCULO DE CONTENIDO DE VACIOS</b>			
M= DENSIDAD VOLUMETRICA DEL AGREGADO (Kg/m³)			1380,884
S=DENSIDAD NOMINAL (BASE SECA) (NTC 176 Y NTC 237)			2491,847
W=DENSIDAD DEL AGUA 998 (Kg/m³)			998
$\% \text{ Vacios} = 100 \frac{(S * W) - M}{S * W}$			99,94
OBSERVACIONES:			
<b>ELABORADO POR: JHOAN SEBASTIAN MORENO RINCON</b>		<b>ELABORADO POR: ANGIE CASTELLANOS</b>	
FIRMA		FIRMA	
FECHA	13/06/2023	FECHA	28/01/2024
CARGO	ESTUDIANTE POSTGRADO	CARGO	ESTUDIANTE



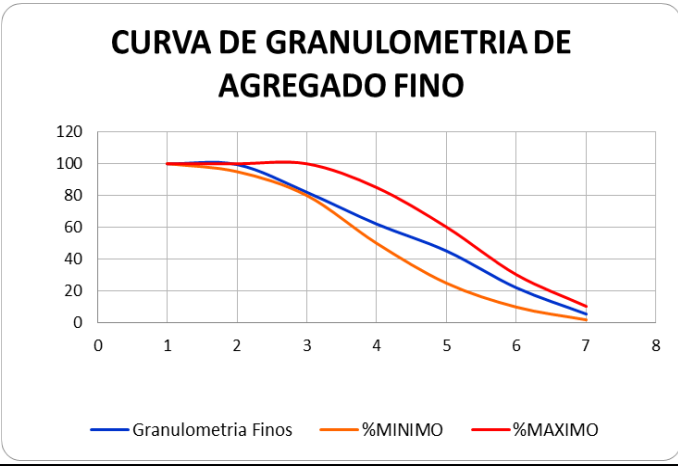


*Ensayos 3: NTC 92- Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC*

 <b>UNIVERSIDAD</b> La Gran Colombia	<b>TOMA DE DATOS</b>		 FACULTAD DE INGENIERÍAS
	<b>DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRAULICO - NTC 221</b>		
<b>Muestra No:</b>	1		
<b>Descripción de material:</b>	CEMENTO PORLANDO ESTRUCTURAL TIPO ART		
<b>Procedencia:</b>	MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD		
<b>Volumen del molde, m³:</b>		<b>Humedad material, %: 0,10</b>	
ENSAYO No.	PESO DEL RECIPIENTE O VOLUMEN		
PESO DEL FRASCO + LIQUIDO (Ma)	352,54 gr		
P FRASCO + LIQUIDO + CEMENTO (Mt)	416,68 gr		
LECT FINAL LIQUIDO	21,90 mm		
REGISTRO NIVEL DEL QUEROSENO:	0,70 mm		
VOLUMEN FINAL	21,20 mm		
MASA DEL CEMENTO USADO (Mt)	64,00 gr		
DENSIDAD DEL CEMENTO (g/c m3)		3,019 g/cm3	
OBSERVACIONES:			
<b>ELABORADO POR: JHOAN SEBASTIAN MORENO RINCON</b>		<b>ELABORADO POR : ANGIE CASTELLANOS</b>	
FIRMA		FIRMA	
FECHA	13/06/2023	FECHA	28/01/2024
CARGO	ESTUDIANTE POSTGRADO	CARGO	ESTUDIANTE

*Ensayos 4: NTC 221- Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC*

		TOMA DE DATOS												
		ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO -REQUISITOS DE GRADACION PARA AGREGADO GRUESO-NTC 174												
Muestra No:	1													
Descripción de material:	AGREGADO GRUESO													
Procedencia:	MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD													
Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90-100	-	25-80	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2	83 mm a 37,5 mm	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-
367	50 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	19-40	0-15	0-5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-80	-	0-10	0-5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5
Medida Tamiz	Peso Retenido (g)	Peso Retenido (Kg)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	% Mínimo	% Máximo							
19 mm	0		0	0	100	100	100							
12,5 mm	0		0	0	100	90	100							
9,5 mm	1097,7	1,10	26,78	26,78	73,22	40	100							
4,76 mm	2561,3	2,56	62,48	89,26	10,74	10	30							
2,36 mm	270,4	0,27	6,60	95,86	4,14	0,000	10							
Fondo	169,8	0,17	4,14	100,00	0,00									
TOTAL	4099,2	4,10	100,00											
FORMULAS														
% RETENIDO = % ACUMULADO 2 - % ACUMULADO 1														
% RETENIDO = (PESO RETENIDO / PESO TOTAL) * 100														
PESO RETENIDO = PESO TOTAL * (% RETENIDO / 100)														
% PASA = 100 - % ACUMULADO														
% ACUMULADO = 100 - % PASA														
CURVA DE GRANULOMETRIA DE AGREGADO GRUESO														
														
ELABORADO POR: JOHAN SEBASTIAN MORENO RINCON				ELABORADO POR: ANGIE CASTELLANOS										
FIRMA				FIRMA										
FECHA	13/06/2023			FECHA	28/01/2024									
CARGO	ESTUDIANTE POSTGRADO			CARGO	ESTUDIANTE									

Ensayos 5:NTC 174- Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC

 <b>UNIVERSIDAD</b> <b>La Gran Colombia</b>		<b>TOMA DE DATOS</b>																					
		<b>METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS-NTC 77</b>																					
Muestra No:		1																					
Descripción de material:		AGREGADO FINO																					
Procedencia:		MATERIAL DE LA UNIVERSIDAD																					
<p><b>6.3</b> No debe suceder que cualquier tamiz pase más del 45 % del agregado fino y quede retenido en el siguiente tamiz según lo mostrado en el numeral 6.1. Los módulos de finura no deben ser menores de 2,3 ni mayores de 3,1.</p>																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)</th> <th>Porcentaje que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9,5 mm</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4,75 mm</td> <td>95 a 100</td> </tr> <tr> <td>2,36 mm</td> <td>80 a 100</td> </tr> <tr> <td>1,18 mm</td> <td>50 a 85</td> </tr> <tr> <td>600 µm</td> <td>25 a 60</td> </tr> <tr> <td>300 µm</td> <td>10 a 30</td> </tr> <tr> <td>150 µm</td> <td>2 a 10</td> </tr> </tbody> </table>				Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa	9,5 mm	100	4,75 mm	95 a 100	2,36 mm	80 a 100	1,18 mm	50 a 85	600 µm	25 a 60	300 µm	10 a 30	150 µm	2 a 10				
Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa																						
9,5 mm	100																						
4,75 mm	95 a 100																						
2,36 mm	80 a 100																						
1,18 mm	50 a 85																						
600 µm	25 a 60																						
300 µm	10 a 30																						
150 µm	2 a 10																						
Medida Tamiz	Peso Retenido (g)	Peso Retenido (Kg)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	% MINIMO	% MAXIMO																
9,5 mm	0	0,00	0	0	100	100	100																
4,75 mm	9,1	0,01	0,44	0,44	99,56	95	100																
2,36 mm	363,6	0,36	17,48	17,91	82,09	80	100																
1,18 mm	416	0,42	19,99	37,91	62,09	50	85																
600 µm	352,7	0,35	16,95	54,86	45,14	25	60																
300 µm	481,5	0,48	23,14	78,00	22,00	10	30																
150 µm	344,9	0,34	16,58	94,58	5,42	2	10																
74 µm	89,4	0,09	4,30	98,88	1,12																		
Fondo	23,40	0,02	1,12	100,00	0,00																		
TOTAL	2080,6	2,081	100,000		100																		
MODULO DE FINURA				2,84																			
<p align="center"><b>CURVA DE GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO</b></p> 																							
ELABORADO POR: JHOAN SEBASTIAN MORENO RINCON				ELABORADO POR: ANGIE CASTELLANOS																			
FIRMA				FIRMA																			
FECHA	13/06/2023			FECHA	28/01/2024																		
CARGO	ESTUDIANTE			CARGO	ESTUDIANTE																		

Ensayos 6:NTC 77- Elaborado por Jhoan Sebastián Moreno Rincón y Angie Yulieth Castellanos Rodríguez plantilla tomada de Campus Virtual UGC