

**EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS DE GUADUA COMO  
REFUERZO DEL CONCRETO PARA MINIMIZAR EL PROCESO DE FISURACIÓN.**

**JOHN SEBASTIAN MARTINEZ MORALES**

**JESSICA ALEJANDRA POVEDA JARAMILLO**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**PROGRAMA TECNÓLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS**

**BOGOTÁ. COLOMBIA**

**2018**

Evaluación de la utilización de fibras de guadua como refuerzo del concreto para minimizar el  
proceso de Fisuración

John Sebastián Martínez Morales

Jessica Alejandra Poveda Jaramillo

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de  
Tecnólogo en construcciones arquitectónicas

Director trabajo investigativo:

Ing. Olga Lucia Vanegas Alfonso

Director curso integrador:

Arq. Melisa Gálvez Bohórquez

Universidad la gran Colombia

Facultad de arquitectura

Programa tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá, Colombia

2018

## Contenido

Resumen .....	8
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
Palabras clave.....	9
<b>KeyWords.....</b>	<b>9</b>
Introducción .....	10
Problema De Investigación.....	11
CAPITULO UNO.....	13
<b>1.1 Justificación .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Metodología .....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Diseño de la mezcla.....	13
1.2.2. Ejecución de ensayos.....	15
1.2.3. Análisis y comparación de los resultados.....	16
<b>1.3. Alcance.....</b>	<b>16</b>
Objetivos .....	17
<b>Objetivo general .....</b>	<b>17</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>17</b>
CAPITULO DOS .....	18
2. Marco teórico.....	18
<b>2.1Concreto.....</b>	<b>18</b>
2.1.1 Concreto reforzado con fibras.....	20
2.1.2 Beneficios de las fibras en el concreto.....	22
<b>2.2 Fisuras En El Concreto .....</b>	<b>22</b>
2.2.1Tipos de fisuras.....	22
<b>2.3 Guadua.....</b>	<b>24</b>
2.3.1Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua.....	24
<b>2.4 Fibras de guadua.....</b>	<b>24</b>
2.4.1 Extracción de las fibras de guadua.....	25
2.4.2Usos.....	26
<b>2.5 Antecedentes De La Utilización De Fibras En El Concreto .....</b>	<b>26</b>
CAPITULO TRES.....	28
3. Especificación de los materiales.....	28
<b>3.1 Cemento tipo portland.....</b>	<b>28</b>

<b>3.1.1 Clasificación</b> .....	<b>28</b>
3.1.2 componentes cemento portland tipo I.....	29
3.1.3 Especificaciones físicas y mecánicas del concreto.....	30
<b>3.2 Agua usada en el concreto</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3 Agregados</b> .....	<b>32</b>
3.3.1 Tipos de agregados.....	32
3.3.2 Propiedades de los agregados finos y gruesos.....	32
3.3.3 Ensayo de granulometría aplicado a los agregados.....	33
3.3.4 Forma de los agregados.....	33
3.3.5. Propiedades mecánicas de los agregados finos y gruesos.....	34
3.3.6. Generalidades del concreto.....	35
3.3.6.2 Concreto en estado endurecido.....	39
CAPITULO CUATRO.....	42
4. Diseño De La Mezcla.....	42
CAPITULO CINCO.....	55
5. Desarrollo Experimental.....	55
<b>5.1. Ensayo a tracción indirecta</b> .....	<b>55</b>
5.2.1 Resultado resistencia tracción indirecta concreto sin adición de fibras.....	60
5.2.2 Resultado resistencia a la tracción indirecta cilindros en concreto con fibras de vidrio 1%.....	61
5.2.3 Resultados resistencia a la tracción indirecta cilindros en concreto con fibras de guadua 1%.....	61
CAPITULO SEIS.....	63
6. Comparación De Resultados.....	63
CAPITULO SIETE.....	66
7. Conclusiones.....	66
CAPITULO OCHO.....	68
8. Recomendaciones.....	68
CAPITULO NUEVE.....	71
9. Anexos.....	71

## Indicé de figuras

Figura 1: Fisuras en el concreto.....	11
Figura 2: Fisuras en vigas.....	12
Figura 3: cilindros en concreto elaborados con los tres tipos de mezcla.....	14
Figura 4: Ensayos a tracción indirecta cilindros en concreto.....	14
Figura 5: Proceso de ensayo a tracción indirecta.....	15
Figura 6: Ensayo cono de Abrams.....	18
Figura 7: Fisura por retracción plástica.....	23
Figura 8: Fisura por precipitación de agregados.....	23
Figura 9: Ubicación del agua en la mezcla de concreto.....	31
Figura 10: Cono de Abrams.....	36
Figura 11: Llenado cono de Abrams.....	36
Figura 12: Enrase y medición de asentamiento.....	37
Figura 13: Cemento Argos Portland tipo I (uso general).....	43
Figura 14: extracción fibras de guadua.....	44
Figura 15: Proceso de corte de fibras.....	44
Figura 16: Proceso de inmunización con cal.....	45
Figura 17: proceso de secado de las fibras.....	45
Figura 18: agregado grueso.....	46
Figura 19: agregado fino (arena de rio).....	46
Figura 20: Fibras de vidrio.....	47
Figura 21: Fibras de guadua.....	47
Figura 22: Proceso de mezcla concreto convencional.....	48
Figura 23: Proceso de mezcla concreto con fibras de vidrio.....	48
Figura 24: Proceso de mezcla concreto con fibras de guadua.....	48
Figura 25: Ensayo de asentamiento concreto simple 1 1/2"......	49
Figura 26: ensayo de asentamiento concreto con fibras de vidrio 1".....	49
Figura 27: Ensayo de asentamiento concreto con fibras de guadua 1".....	50
Figura 28: llenado de moldes cilindros concreto simple.....	50
Figura 29: Llenado de moldes concreto con fibras de vidrio.....	51
Figura 30: Llenado de moldes concreto con fibras de guadua.....	51

Figura 31: Curado cilindros en concreto.....	52
Figura 32: prensa hidráulica y platinas en acero.....	55
Figura 33: trazado de cilindros. ....	56
Figura 34: Ensayo a tracción indirecta .....	56
Figura 35: Grafica lineal resistencia a tracción indirecta cilindros concreto convencional. ....	57
Figura 36: Grafica lineal resistencia a tracción indirecta cilindros concreto con fibras de vidrio. ....	58
Figura 37: Grafica lineal resistencia a tracción indirecta cilindros concreto con fibras de vidrio. ....	59
Figura 38: Resistencia cilindros a tracción indirecta MPA. ....	60
Figura 39: Resultados cilindros concreto convencional.....	60
Figura 40: Resultados cilindros concreto con fibras de vidrio. ....	61
Figura 41: Resultados cilindros concreto con fibras de guadua. ....	62
Figura 42: Mezcla concreto con fibras de vidrio. ....	63
Figura 43: Mezcla de concreto con fibras de guadua. ....	64
Figura 44: cilindros en concreto con fibras de guadua. ....	64
Figura 45: Fisuras de cilindros en concreto convencional. ....	65
Figura 46: Fisuras concreto con 1% de adición de fibras de vidrio. ....	65
Figura 47: Fisuras concreto con 1% de adición de fibras de guadua. ....	65
Figura 48: Aspecto físico cilindros en concreto convencional, concreto con fibras de guadua. ....	66
Figura 49: Proceso de fisuración de los cilindros según su diseño de mezcla. ....	67

### **Indicé de tablas**

Tabla 1: Granulometría agregado fino .....	19
Tabla 2: Propiedades de las fibras.....	21
Tabla 3: Procesos de extracción de las fibras de guadua .....	25
Tabla 4: Antecedentes. ....	26
Tabla 5 Componentes químicos cemento portland tipo I.....	29
Tabla 6 Propiedades de los componentes del cemento .....	29
Tabla 7 clasificación de los agregados según su forma. ....	33
Tabla 8: Clasificación del concreto según su consistencia. ....	38
Tabla 9: Especificación de los agregados.....	42
Tabla 10: Especificaciones técnicas cemento .....	43

Tabla 11: Tiempo curado de cilindros.....	52
Tabla 12: Diseño de mezcla para 9 cilindros en concreto convencional.....	53
Tabla 13: Diseño de mezcla concreto con adición 1% de fibras de vidrio. ....	53
Tabla 14: Diseño de mezcla concreto con adición 1% de fibras de guadua. ....	54
Tabla 15: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto convencional. ....	57
Tabla 16: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto con fibras de vidrio. ....	58
Tabla 17: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto con fibras de guadua. ....	58

## **Resumen**

En el presente trabajo de investigación se busca determinar las propiedades mecánicas obtenidas en concreto reforzados con fibras de guadua. Para lo cual se realizará un comparativo entre diferentes tipos de concreto como son: concreto sin adición de fibras, concreto con adición de fibras de vidrio y concreto con adición de fibras de guadua. La proporción de fibra de guadua utilizada corresponde al 1% con respecto a la cantidad de la mezcla del concreto. Esta dosificación se basó en el referente de la tesis comportamiento del concreto con adición de fibras de cáñamo en una proporción de 2 %, (mora, 2017), en el cual se concluye que la dosificación y la dimensión de las fibras naturales deberían ser menores a las trabajadas.

Para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto investigativo se elaboraron 27 cilindros, 9 de ellos elaborados en concreto sin adición de fibras, 9 con adición de fibras de vidrio y 9 con adición de fibras de guadua, los especímenes fueron sometidos a pruebas de tracción indirecta, dicho ensayo se rige bajo la norma colombiana NTC 722 método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción indirecta de los cilindros de concreto.

## **Abstract**

Se In the present work investigation looks to determine the mechanic properties obtained in concrete and strengthen with guadua fibers. For which there will be a comparative between different types of concrete such as : concrete with no additional fibers, concrete with glass fibers and concrete with guadua fibers.

The amount of guadua fiber used is 1% compared to the quantity of concrete. This dosage is based on the thesis of behavior of the concrete with hemp fibers of a 2% quantity (mora,2017) in which it is concluded that the dosage and the dimension of the natural fibers should be less than the ones worked with.

To complete the development of this investigative project 27 cylinders were made : 9 with concrete with no additional fibers, 9 with additional glass fibers, and 9 with additional guadua fibers. The specimens were put to indirect traction tests, this test is based under the regulation colombian ntc 722 test method to determine the resistance of the indirect traction with the concrete cylinders

## Palabras clave

- Concreto
- Concreto portland tipo I
- Concreto reforzado con fibras
- Fisuración
- Fisura estructural
- Guadua
- Fibras
- Fibras sintéticas
- Fibras naturales
- Inmunización
- Ensayo a tracción indirecta
- Cono de Abrams

## KeyWords

- Concrete
- Portland Concrete Type I
- Fiber Reinforced concrete
- Cracking
- Structural fissure
- Guadua
- fibers
- synthetic fibers
- Natural fibers
- Immunization
- Indirect tensile test
- Abrams Cone

## Introducción

El concreto es uno de los materiales que más se utiliza en el campo de la construcción debido a sus propiedades físico mecánicas es un material que posee excelente resistencia a la compresión, pero una muy baja resistencia a la tracción, en la actualidad se hace uso de fibras sintéticas, metálicas y algunas naturales. Estudios realizados por (Sika 2014) determinan la viabilidad de la incorporación de fibras al concreto con el fin de reforzarlo y aportando mayor resistencia a la tensión y de esta manera disminuir el proceso de Fisuración en las estructuras.

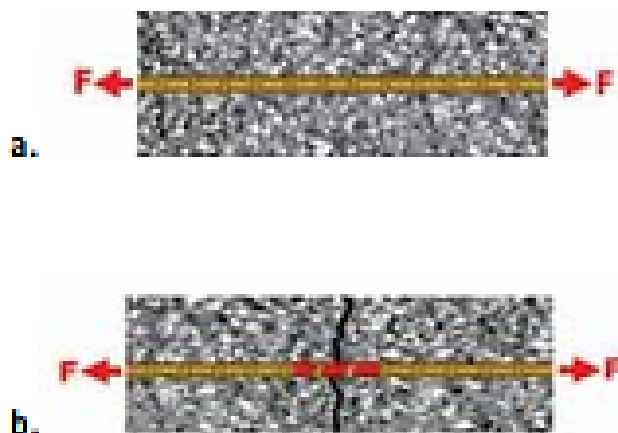
Se ha buscado implementar de forma continua el uso de fibras naturales debido a su facilidad de obtención y bajo índice de contaminación con respecto a otro tipo de fibras que se usan actualmente, estudios realizados por (Estrada 201) determinan que la guadua y en especial la de tipo angustifolia kunt es considerada la más resistente ya que cuenta con las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo de las bambuceas y gran durabilidad.

El fin de esta investigación es realizar un comparativo entre el concreto sin adición de fibras, con adición de fibras de vidrio y adición de fibras de guadua para realizar dicho estudio se utilizara una mezcla de cemento portland tipo I, agua potable, agregado grueso, arena de rio, fibras de vidrio y fibras de guadua se usa un 1% de adición de fibras con respecto a la cantidad de cemento usada con el fin de determinar su manejabilidad y resistencia

## Problema De Investigación

El concreto es un material que tiende a fisurarse debido a tres causas principales, un mal proceso de fundición y curado, una elevada pérdida de humedad por evaporación o excesiva carga a la cual sea sometido el elemento en concreto. La aparición de fisuras se evidencia debido a la baja resistencia a esfuerzos de tracción, (Sika. 2017) realizó un comparativo entre los diversos tipos de fibras ya sean naturales, sintéticos o metálicos en el cual establece que la resistencia a tracción equivale a una décima parte de la resistencia a compresión alcanzada por el elemento en concreto, para dar mayor resistencia al material se hace uso de aceros de refuerzo los cuales tienen como finalidad soportar los esfuerzos a tensión y permiten la buena ductilidad del concreto, la NSR 10 en el título C3 especifica la normativa que se debe seguir para realizar adecuadamente el armado de un concreto estructural.

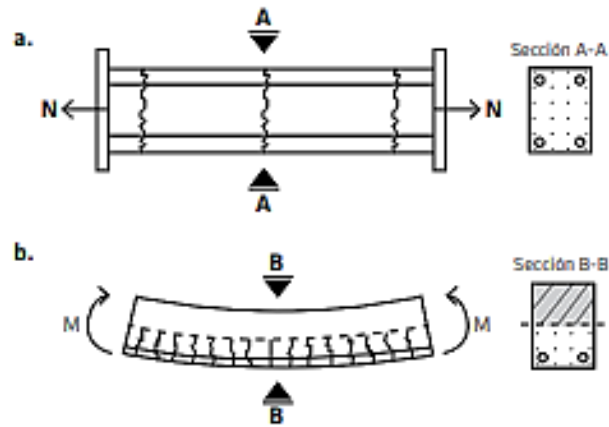
Al aplicar esfuerzos que generan tracción a un concreto reforzado, se generan las fisuras como se puede apreciar en la (figura1).



**Figura 1: Fisuras en el concreto.**

Fuente: (Sika. 2014)

Dependiendo el tipo de carga y apoyo al cual será sometida la estructura se determina el tipo de fisura y la afectación que pueda esta tener en el elemento, en la (figura 2) se muestra un ejemplo de ello si es una viga apoyada en los extremos las fisuras aparecerán en la parte inferior de la zona, pero si la carga se genera de manera homogénea en todo el elemento las fisuras aparecerán de la misma manera.



**Figura 2: Fisuras en vigas.**  
Fuente: (Sika. 2014)

Teniendo presente el problema expuesto anteriormente se plantea dar solución a la siguiente pregunta de investigación ¿Es probable minimizar el proceso de fisuración del concreto con la ayuda de fibras de origen natural (guadua)?

## CAPITULO UNO

### 1.1 Justificación

El concreto es un material que tiende a fisurarse debido a 3 factores, mala ejecución en el proceso de fundición y curado, pérdida excesiva de humedad o exceso de carga al que sea sometido el elemento de concreto. (Sika. 2017) realizó un estudio en el cual se determina que la resistencia a tracción equivale a una décima parte de la resistencia a compresión alcanzada por el elemento en concreto.

En este trabajo de investigación se plantea analizar y comparar el comportamiento del concreto convencional, concreto con adición de fibras sintéticas (vidrio) y concreto con fibras naturales (guadua) para ellos se adaptó la mezcla utilizada por Mora (2017).variando el tipo y la dosificación de fibras utilizadas.

Se busca generar un menor impacto ambiental, ya que durante el proceso de producción de las fibras sintéticas se genera un alto índice de contaminación, se plantea utilizar las fibras de guadua, angustifolia kunt. Se demostró que las fibras de guadua reducen el proceso de fisuración.

### 1.2 Metodología

Partiendo de la recolección de toda la información, desarrollo del marco teórico y antecedentes sobre concreto reforzado con diversos tipos de fibra natural de esta manera se podrá determinar el diseño de la mezcla, dosificaciones y futuras aplicaciones para el concreto reforzado con fibras de guadua.

#### 1.2.1. Diseño de la mezcla.

Se elabora un diseño de mezcla para 27 cilindros de concreto portland tipo I 9 cilindros sin adición de fibras, 9 con fibras de vidrio y 9 con fibras de guadua en una adición de 1% de fibras con respecto al peso del cemento (figura 3) , los 27 cilindros deben tener el mismo diseño de mezcla y de esta manera se podrá realizar el comparativo entre los tres tipos. Los especímenes se fallarán a los 7, 14 y 28 días posteriores al fraguado (figura 4).



Figura 3: cilindros en concreto elaborados con los tres tipos de mezcla  
Fuente: (autores. 2018)



Figura 4: Ensayos a tracción indirecta cilindros en concreto.  
Fuente: (Autores. 2018)

Debido a que las fibras pueden presentar agentes biológicos y químicos que afecten la mezcla se debe realizar un proceso de inmunizado (Terreros & Carvajal, 2016) por este motivo se sumergieron las fibras en agua con cal hidratada por 12 horas aproximadamente, se utilizaron 10 gr de cal por cada litro de agua.

Pasadas las 12 horas se lavan las fibras con abundante agua hasta dejarlas libres de cualquier residuo de cal, posterior a esto se dejan secar durante 72 horas aproximadamente todo este proceso se realiza con el fin de evitar la presencia de alcalinidad en la mezcla.

### 1.2.2. Ejecución de ensayos.

Se realizaron pruebas de laboratorio con el fin de determinar si la proporción de fibras agregadas a la mezcla contribuyen de buena manera a la resistencia a tracción del concreto. El ensayo se regula por la norma NTC 1377 elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio (Norma técnica colombiana 1994), NTC 722 ensayo a tracción indirecta de cilindros de concreto (Norma técnica colombiana 1994), NTC 1000 metodología sistema internacional de unidades (Norma técnica colombiana 1994). El uso de estas normativas tiene como fin determinar el proceso indicado para la elaboración de la mezcla, los testigos y las pruebas a tracción (Figura 5).



Figura 5: Proceso de ensayo a tracción indirecta.

Fuente: (Autores. 2018)

### **1.2.3. Análisis y comparación de los resultados.**

Al terminar los ensayos en el laboratorio, se realizaron los análisis comparativos entre los resultados extraídos del concreto sin adición de fibras, con adición de fibras de vidrio y adición de fibras de guadua, de esta manera se determinó la resistencia alcanzada por los cilindros en concreto con guadua y la viabilidad de la utilización del material natural como refuerzo del concreto.

### **1.3. Alcance**

Se realizó un estudio investigativo con el fin de determinar si es útil emplear las fibras de guadua en el concreto, realizando pruebas de tracción indirecta. En la comparación se realizarán ensayos sin adición de fibras con adición de fibras sintéticas ‘vidrio’ y adición de fibras naturales ‘guadua’.

Para determinar la viabilidad se realizarán 27 testigos los cuales serán fallados a 7, 14 y 28 días mediante el ensayo de tracción indirecta, una vez obtenidos los resultados se para elaborar la gráfica de curva y analizar y comparar los resultados, teniendo en cuenta estos resultados diagnosticar si es factible o no la implementación de estas fibras naturales en el concreto.

## Objetivos

### Objetivo general

Analizar el desempeño del concreto reforzado con fibras de guadua, por medio de ensayos de resistencia, con el fin de determinar la viabilidad de remplazar las fibras sintéticas por las de origen natural.

### Objetivos específicos

- Establecer el tipo de mezcla a utilizar en el proceso de elaboración de los testigos, especificando tipo de concreto, dosificación de agregados y porcentaje de fibras que se añadirá a la mezcla.
- Determinar mediante pruebas de tracción indirecta la resistencia alcanzada por los cilindros de concreto en intervalos de los 7,14 y 28 días según el estipulado en la norma NTC 722 (método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción indirecta en especímenes cilíndricos de concreto).
- Desarrollar graficas de función a partir de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio sobre el comportamiento de los testigos y así determinar la resistencia máxima y la aplicabilidad de las fibras de guadua en elementos constructivos de concreto.

## CAPITULO DOS

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Concreto

El concreto es un material aglomerante compuesto por agregados finos, gruesos, agua y aditivos, estos aditivos tienen como finalidad acelerar o retardar el proceso de fraguado y curado. Al llevarse a cabo el proceso de endurecimiento se forma una piedra artificial concluyendo que al ser sometida a diferentes tipos de carga esta resiste mayor mente a esfuerzos a compresión, todo lo contrario, sucede cuando un elemento en concreto es sometido a pruebas de tracción

El cemento es el material más importante de la mezcla usada para realizar el concreto por sus características y sobretodo su contenido en la mezcla el cual tiene una gran influencia en la resistencia del concreto. A mayor cantidad de cemento agregado mayor resistencia.

(Abrams 1918) formuló la conocida “Ley de Abrams, en el cual se determina la resistencia que alcanzara el concreto según el asentamiento alcanzado, esta resistencia se refleja directamente en la relación agua cemento de la mezcla sometida a la prueba, a continuación se presenta la fórmula que expresa esta relación.

Relación agua-cemento =  $A/C$

A= Contenido de agua en la mezcla en kg

C= Contenido de cemento en la mezcla en kg

En la (figura 6) se expone el paso a paso del ensayo del cono de Abrams. El cual esta abalado por la NTC 396.

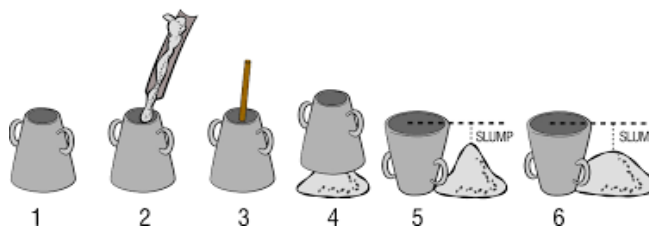


Figura 6: Ensayo cono de Abrams  
Fuente: (Ciencia y cemento, 2013)

La resistencia del concreto puede disminuir dependiendo de dos causas principales, al aumentar la cantidad de agua de la mezcla o disminuyendo la cantidad de cemento en la mezcla, se deben tener en cuenta estas causas al momento de la elaboración de la mezcla ya que por lo general se altera la relación agua cemento planteada con el fin de restablecer asentamiento o aumentar el tiempo de manejabilidad, lo cual va en detrimento de la resistencia del concreto y por tanto esta práctica debe evitarse para garantizar la resistencia para la cual el concreto fue diseñado.

De igual manera se debe tener en cuenta si el concreto lleva aire incluido, por esta razón se disminuye la resistencia del mismo para que un concreto con aire incluido tenga buena

### **Influencia de los agregados.**

Los agregados finos y gruesos deben cumplir con las normas estipuladas en ASTM C-33 y las normas NTC 77, 78, 92, 93, 98, 123, 127, 129, 176, 237, 579, 589 y 1776.

Dentro de los agregados finos se encuentra la arena natural u otro material que cumpla las normas NTC 174 y ASTM C 33. La granulometría de la arena estará dentro de los límites mostrados a continuación en la (Tabla 1).

Tabla 1: Granulometría agregado fino

<b>TAMIZ</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA EN MASA</b>
9.5 mm (% pulg)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600µm (N°30)	25 a 60
300µm (N° 50)	10 a 30 *
150µm (N° 100)	2 a 10**

Fuente: (Autores 2018)

El agregado fino usado debe cumplir con las siguientes especificaciones.

- El módulo de finura se encuentra entre 2,3 y 3,1
- Debe pasar por un tamiz 200 no mayor del 3% para hormigón de alta resistencia y 5% para otro uso.

- Libre de agentes contaminantes u otro material que afecte la resistencia del concreto.

La forma y textura de los agregados influye en la elaboración de una mezcla los agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia a comparación de los agregados redondeados y lisos lo que aumenta la resistencia del concreto

### **2.1.1 Concreto reforzado con fibras.**

Existen diversos tipos de fibras dentro de los que se encuentran de acero, plástico, vidrio, de materiales naturales (celulosa de madera) y sistemas múltiples, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.

A continuación, se realiza la (Tabla 2) comparativo entre las propiedades de los diferentes tipos de fibras empleadas.

Tabla 2: Propiedades de las fibras

Fibras de acero	Fibras de vidrio	Fibras sintéticas	Fibras naturales
<p>Características</p> <p>-Diámetro: 0.15 a 1 mm.</p> <p>-Densidad: 7840 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>-Resistencia a tracción: 343 a 3000 MPa.</p> <p>-Módulo de Young: 200GPa.</p> <p>-Alargamiento de rotura: 4% a 10%.</p>	<p>Características</p> <p>-Diámetro: 0.005 a 015 mm</p> <p>-Densidad: 2500 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>-Resistencia a tracción: 1000 a 2600 MPa.</p> <p>-Módulo de Young: 70 a 80 GPa.</p> <p>-Alargamiento de rotura: 1.5% a 3.5%</p>	<p>Características</p> <p>-Diámetro: 0.02 a 0.35 mm.</p> <p>-Densidad: 1100 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>-Resistencia a tracción: 200 a 400 MPa.</p> <p>-Módulo de Young: 2 GPa.</p> <p>-Alargamiento de rotura: 1.1%</p>	<p>Características</p> <p>-Diámetro: 0.08 a 0.53 mm.</p> <p>-Densidad: 680 a 1030 kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>-Resistencia a tracción: 108 a 800 MPa.</p> <p>-Módulo de Young: 2.5 a 32 GPa</p> <p>-Alargamiento de rotura: 1.5%</p>
<p>Norma</p> <p>EN 14889-17 ISO 13270.</p> <p>ASTM C 1399 tipo de ensayo en el cual se determina el esfuerzo del concreto con adición de fibras</p> <p>NTC 5721 determina la absorción de energía de las fibras</p>	<p>Norma</p> <p>ACP 2600 seg 243.</p> <p>ASTM C 1399 tipo de ensayo en el cual se determina el esfuerzo del concreto con adición de fibras</p> <p>NTC 5541 concreto reforzado con fibras.</p> <p>NTC 5721 método para determinar la capacidad de absorción de las fibras.</p>	<p>Norma</p> <p>ASTM C 1116 especificaciones para concreto lanzado con fibras</p> <p>ASTM 1550 ensayo resistencia a la tensión.</p>	<p>Norma</p> <p>NTC 5517, norma ASTM C15'0/ C150 M-09 ASTM NTC 5214 fibras de acero , NTC 5541 concreto reforzado con fibras</p>
<p>Las fibras se añadieron de forma manual, se pueden agregar a la mezcla luego de añadir los otros materiales o con los agregados, antes de que estos sean añadidos a la mezcla</p>	<p>El grc es, normalmente mortero de Cemento Portland y arena silícica, amasado controlando su proporción de añadidura de fibras y agregados</p>	<p>Las fibras se añadieron al concreto en baja proporción en un porcentaje de 1% respecto al peso total de la mezcla se determinó que esta cantidad de adición es adecuada para el tipo de fibras usado</p>	<p>Las fibras naturales se añaden de acuerdo a los porcentajes previos de estudio y para evitar que estas fallen o sufran grandes afectaciones se llevan a cabo proceso de mineralización (petrificación) los cuales mejoran la adherencia entre la fibra y la matriz.</p>
<p>El concreto reforzado con fibras de acero tiene la capacidad de absorber energía posterior al agrietamiento y tiene una buena resistencia a la fatiga por flexión.</p>	<p>Las fibras aumentan la durabilidad del concreto haciendo uso de químicos que ayudan el el combate contra agentes contaminantes reduciendo la capacidad de infiltración del hidróxido de calcio.</p>	<p>Las fibras sintéticas reducen la contracción plástica y la fisuración de igual manera ayudan al concreto después que se fisura.</p>	<p>Las fibras naturales disminuyen la alta tenacidad o capacidad de absorción de energía producida, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad se incrementen significativamente.</p>

Fuente: (Elaboración propia basada en el estudio de la normatividad en la materia, 2018)

Para dar un uso adecuado a dichas fibras y garantizar la buena calidad del concreto fibra reforzado los diversos estudios que se realicen sobre este tema se debe regir bajo las siguientes normativas estos datos han sido extraídos de Concreto reforzado con fibras Sika (2009):

- **EN 14889-1 “Fibras para concreto Parte 1- Fibras de acero Definición, especificaciones y conformidad.”**
- **EN 14889-2 “Fibras para concreto Parte 2- Fibras de polímeros o sintéticas Definición, especificaciones y conformidad.”**
- **NTC 5214 “Fibras de acero para refuerzo de concreto”**
- **NTC 5541 “Concretos reforzados con fibras”**

### **2.1.2 Beneficios de las fibras en el concreto.**

Las fibras en el concreto deben estar uniformemente distribuidas y pueden ser metálicas, sintéticas o preferiblemente naturales, cada tipo de fibras aporta propiedades diferentes a una mezcla de concreto. Las fibras son de medidas variadas dependiendo su forma y material de donde son extraídas.

## **2.2 Fisuras En El Concreto**

Las fisuras en el concreto o fracturas se presentan en la superficie de un elemento realizado en concreto, se pueden presentar por tres causas principales mal proceso de elaboración de la mezcla, una elevada pérdida de humedad o excesiva carga a la que sea sometido el elemento.

### **2.2.1 Tipos de fisuras.**

- Fisuras por retracción plástica.

**Causas:** se forman debido a temperaturas altas en el aire, humedad relativa, evaporación acelerada del agua de la superficie.

**Características:** no son muy profundas, alargadas y de forma poligonal.

**Soluciones:** humedecimiento de sub-base previo a la colocación del concreto, colocación de rompe vientos.

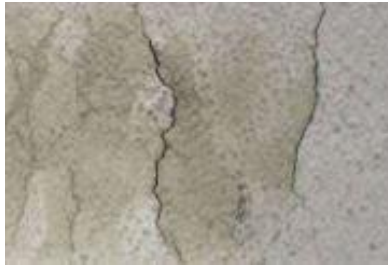


Figura 7: Fisura por retracción plástica  
Fuente: (López, S. 2014)

- Fisuras por precipitación de agregados.

**Causas:** asentamiento, tamaño del elemento y tamaño de los agregados.

**Características:** son fisuras anchas que se presentan en la superficie, el concreto se restringe por el encofrado lo cual genera vacíos en el elemento.

**Soluciones:** colocar rompe viento, humedecer la sub base previo a la colocación del concreto.

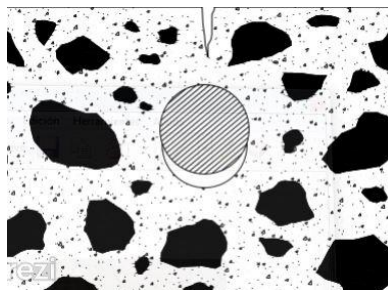


Figura 8: Fisura por precipitación de agregados.  
Fuente: (Rivero, R. (2016)

- Fisuras por entumecimiento

**Causas:** se producen por aumento de volumen del concreto debido a materiales expansivos incluidos en la mezcla.

- **Fisuras estructurales**

En esta investigación se profundizará en las fisuras de tipo estructural, a continuación, se da una breve explicación a este tipo de fisuras y sus causas.

### ***2.2.1.1 Fisuras estructurales.***

OSORIO (2011) determina que para evitar estas fisuras se deben seguir con las especificaciones dadas desde el inicio de la obra, cumpliendo con cantidades, tipos de materiales y calidad de los mismos.

Agregar fibras al concreto disminuye el proceso de fisuración en el concreto sin importar el tipo de fibras que se utilicen, lo único que se debe tener en cuenta es la finura de las mismas y de esta manera se especifica proporción y tratamiento que se le deba dar a las mismas.

## **2.3 Guadua**

(Martínez, 2005) indica que “la guadua es Planta de tallos robustos, leñosa, y absorbente que pertenece a la familia del bambú, su uso en la construcción se debe a su alta resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción. La guadua se ha utilizado para la construcción de edificaciones gracias a su alta relación entre resistencia y peso, y a su acelerado crecimiento”.

Las propiedades que posee la guadua a resistencia y flexibilidad se deben a la gran presencia de fibras y sílice en su estructura.

### **2.3.1 Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua.**

Teniendo compuesto de partida es necesario tener claras las propiedades fisicomecánicas de la guadua y de esta manera tener presente la resistencia que podrían aportar dichas fibras al concreto, para esto a continuación se citan los resultados extraídos de (Pérez. H. 2014) cuya tesis tuvo como fin determinar las propiedades de las fibras guadua angustifolia..

- **Resistencia a la flexión**
- **Resistencia a la tracción paralela a la fibra**
- **Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra**
- **Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra**

## **2.4 Fibras de guadua.**

Se consideran material natural resultado de la fotosíntesis las fibras, plumas incluso el cabello han sido utilizados en la construcción como un refuerzo de material cerámico.

### 2.4.1 Extracción de las fibras de guadua.

La extracción de las fibras de guadua debe hacerse de una manera cuidadosa debido a que se encuentran sujetas a otros componentes de la planta, se busca causar el menor daño a las fibras por este motivo se han desarrollado tres tipos de proceso de extracción, en la tesis realizada por (Estrada, 2010) explica en que consiste cada uno de estos procesos (Tabla 3).

Tabla 3: Procesos de extracción de las fibras de guadua

procesos de extraccion de las fibras de guadua	
tipo de proceso	caracteristicas
Proceso mecanico	Se extraen las fibras de forma manual o con ayuda de rocas y molinos que permitan extraer fibras de plantas como la caña de azúcar, el cáñamo o el yute. Este proceso no es recomendable ya que las fibras se dañan con mayor facilidad y el proceso de separación no es el mejor.
Proceso biologico	Este proceso se lleva a cabo por la producción de encimas de distintos organismos (bacterias) las cuales tienen como fin descomponer la lignina que se encuentra adherida a las fibras. Este proceso dura de 2 a 3 semanas aunque si se encuentra en un clima cálido húmedo este proceso podrá tardar menos.
Proceso quimico	El fin de este proceso es separar la celulosa, la hemicelulosa y la lignina de la materia prima vegetal, son efectivos para eliminar gran parte de la lignina pero degradan gran cantidad de la celulosa y por esto a esto las fibras resultantes no corresponden al total del material fibroso de la planta

Fuente: (autores 2018)

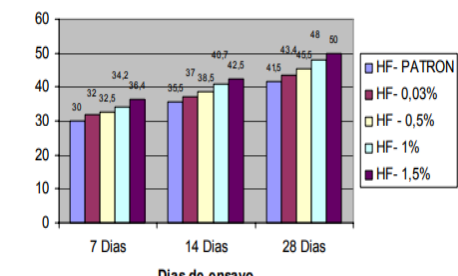
### 2.4.2 Usos.

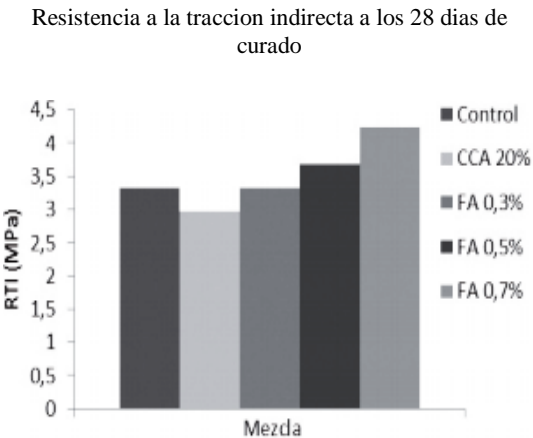

- Hilos y textiles
- Telas no tejidas y tejidas
- Materiales para la construcción
- Geo-textiles
- Refuerzo de matrices poliméricas

## 2.5 Antecedentes De La Utilización De Fibras En El Concreto

Se han desarrollado diversas investigaciones que determinan la viabilidad del uso de fibras en el concreto teniendo como conclusiones las señaladas en la (Tabla 4).

Tabla 4: Antecedentes.

Titulo tesis	Conclusiones	Grafica de resultados																								
<p>Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de vidrio</p>	<p>El fin de la investigación realizada por Muñoz. J (2007) era estudiar la incidencia de la incorporación de fibras de vidrio en el hormigón realizando ensayos comparativos entre hormigón sin adiciones y hormigón fibra reforzado, en esta tesis se realizaron pruebas de compresión y resistencia a la flexo tracción, según los resultados extraídos se llegó a la conclusión que las fibras de vidrio favorecen la resistencia mecánica del hormigón.</p>	<p style="text-align: center;"><b>resistencia a la flexotracción del H-30</b></p>  <p style="text-align: center;">Dias de ensayo</p> <p style="text-align: center;"><a href="http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcim971c/doc/bmfcim971c.pdf">http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcim971c/doc/bmfcim971c.pdf</a></p> <table border="1" style="display: none;"> <caption>Data for resistance to flexure traction of H-30</caption> <thead> <tr> <th>Dias de ensayo</th> <th>HF-PATRON</th> <th>HF- 0,03%</th> <th>HF- 0,5%</th> <th>HF- 1%</th> <th>HF- 1,5%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7 Dias</td> <td>30</td> <td>32</td> <td>32,5</td> <td>34,2</td> <td>36,4</td> </tr> <tr> <td>14 Dias</td> <td>36,5</td> <td>37</td> <td>38,5</td> <td>40,7</td> <td>42,5</td> </tr> <tr> <td>28 Dias</td> <td>41,5</td> <td>43,4</td> <td>46,5</td> <td>48</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	Dias de ensayo	HF-PATRON	HF- 0,03%	HF- 0,5%	HF- 1%	HF- 1,5%	7 Dias	30	32	32,5	34,2	36,4	14 Dias	36,5	37	38,5	40,7	42,5	28 Dias	41,5	43,4	46,5	48	50
Dias de ensayo	HF-PATRON	HF- 0,03%	HF- 0,5%	HF- 1%	HF- 1,5%																					
7 Dias	30	32	32,5	34,2	36,4																					
14 Dias	36,5	37	38,5	40,7	42,5																					
28 Dias	41,5	43,4	46,5	48	50																					

<p>Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero</p>	<p>Robayo, Matthey &amp; Delvasto (2013) demostraron la viabilidad de producir concreto fluido con adición de ceniza de cascarilla de arroz y con refuerzo de fibras de acero determinando así que la cascarilla de arroz disminuye el consumo de cemento hasta en un 20% ,”La incorporación de volúmenes bajos de fibras de acero, ocasiona una ligera disminución de la resistencia a la compresión a edades tempranas, aunque un incremento de esta resistencia a una edad cercana a 60 días de curado. Cabe resaltar que la incorporación del 0,7% de fibras en volumen, genera un incremento en la resistencia a la tracción del 42%, en la tenacidad en flexión del 1026% y en el módulo de elasticidad del 12%” .P.150</p>	<p>Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado</p>  <p>Control CCA 20% FA 0,3% FA 0,5% FA 0,7%</p> <p><a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127629284011">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127629284011</a></p>
<p>comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar</p>	<p>Osorio, Varón &amp; Herrera (2007) determinaron en su artículo investigativo que las fibras que se utiliza del bagazo de caña aporta importantes propiedades mecánicas al compuesto, principalmente en las probetas con adiciones entre 0,5 y 2,5 % en relación al peso definitivo de los agregados gruesos dichas fibras cumplen con una longitud entre 15 y 25 mm y alcanzan resistencia a compresión a los 14 días de fraguado entre 8,6 y 16,88 MPa estando muy por encima de las probetas sin adición de fibras. El material compuesto con las fibras permite reducciones de densidad que varían entre 141 y 336 Kg/m<sup>3</sup> a comparación a la densidad regular de probetas sin adiciones de fibras cuyo peso se acerca a los 2400 Kg/m<sup>3</sup>.</p>	<p>Ensayo de tracción por flexión a los especímenes</p>  <p><a href="http://dspace.ucenca.edu.ec/bitstream">http://dspace.ucenca.edu.ec/bitstream</a></p>

Fuente: (Autores. 2018)

## CAPITULO TRES

### 3. Especificación de los materiales.

#### 3.1 Cemento tipo portland.

Se denomina cemento portland a un aluminio silicato de calcio, se nombra de esta manera por su semejanza con un tipo de piedra que abunda en la localidad portland de Inglaterra, se forma a raíz de una mezcla de minerales molidos, piedra caliza y arcilla, se debe realizar un calentamiento en hornos giratorios. Es un material que se endurece y fragua en presencia del agua.

##### 3.1.1 Clasificación.

- **Cemento portland tipo I.**

Este tipo de cemento se usa normalmente en las construcciones de hormigón en general, (Canal construcción, 2018) siempre y cuando en las especificaciones de la obra no se determine otro tipo de cemento especial.

- **Cemento portland tipo II.**

Su resistencia a los ataques de sulfato es media, y necesitan un calor de hidratación moderado, (Canal construcción. 2018) se usa generalmente en la fabricación de tuberías de hormigón y construcción de puentes.

- **Cemento portland tipo III.**

Su resistencia inicial es alta, a los 3 días de fundido alcanzaría la misma resistencia que los cementos de tipo I y II y es usado en prefabricados y viviendas de emergencia (Canal construcción. 2018).

- **Cemento portland tipo IV.**

Se usa cuando es requerido un bajo calor de hidrataciones y que este no produzca dilataciones durante su fraguado (Canal construcción. 2018) se usa en estructuras de gran tamaño como diques.

- **Cemento portland tipo V.**

Es usado en la elaboración de obras que deben cumplir con una resistencia superior al ataque de sulfatos (Canal construcción. 2018), ejemplo de ellos son las alcantarillas, caños o infraestructuras portuarias.

### 3.1.2 componentes cemento portland tipo I.

Los componentes químicos del cemento portland tipo I son silicato tricálcico, silicato dicálcico, ferroaluminato tetracálcico y aluminato tricálcico. En la (Tabla 5) se especifica la formula molecular de los componentes químicos del cemento portland tipo I.

Tabla 5 Componentes químicos cemento portland tipo I

Nombre del compuesto	Composición del óxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3CaOSiO_2$	C <sub>3</sub> S
Silicato dicálcico	$2CaOSiO_2$	C <sub>2</sub> S
Aluminio tricálcico	$3CaOAl_2O_3$	C <sub>3</sub> A
Ferroaluminato tetracálcico	$4CaOFe_2O_3Al_2O_3$	C <sub>4</sub> AF

Fuente: (Sánchez. 1996)

Tabla 6 Propiedades de los componentes del cemento

PROPIEDAD	C3S	C2S	C2A	C4AF
Resistencia	Buena	buena	Pobre	pobre
Intensidad de reacción	Media	Lenta	Rápida	Rápida
Calor desarrollado	Media	Pequeño	Grande	Pequeño
Resistencia a los sulfatos	buena	Buena	pobre	Media

Fuente: (Sánchez. 1996) editada por (Autores, 2018)

### **3.1.3 Especificaciones físicas y mecánicas del concreto.**

Según (Sánchez. 1996) El cemento debe cumplir con las propiedades requeridas, de igual manera se deben realizar ensayos para determinar si cumple con las especificaciones de peso específico, densidad, superficie específica, expansión, fluidez, fragua y consistencia.

### **3.2 Agua usada en el concreto**

Uno de los componentes necesarios en una mezcla de concreto es el agua ya que esta permite la manejabilidad e hidratación de los demás elementos. (Rivera. 2003) plantea que de toda el agua que se incorpora en la mezcla solo una parte hidrata el cemento, la otra parte se evapora lo cual genera vacíos en el elemento y disminuye su resistencia y durabilidad, se determina que la cantidad ideal de agua que requiere una mezcla de concreto esta entre el 25% y 30% de la masa total del cemento, pero por lo general esta cantidad es mínima y no permite la fácil manejabilidad de la mezcla por ello se hace uso de un 40% de agua respecto al total del cemento, teniendo presente lo anterior se debe tener en cuenta agregar la mínima cantidad de agua posible garantizando la buena manejabilidad de la mezcla.

Se establece que el agua adecuada para las mezclas de concreto es la de consumo humano (agua potable) lo que quiere decir que cualquier agua que sea apta para el consumo humano ya sea tratada con agentes químicos o no sirve para mezclar el concreto en la (figura 10) se explica gráficamente la ubicación del agua en una mezcla de cemento.

Cuando no se cuenta con redes de acueducto el agua puede ser tomada de fuentes naturales, pero se debe tener en cuenta que esta puede contener agentes orgánicos y sales inorgánicas por tal motivo se debe realizar un tratamiento físico como la filtración de dichos agentes.

- **Agua de hidratación.**

Es el agua que queda en la mezcla y tiene reacción química con el cemento formando la pasta hidratada los siguientes datos son extraídos del trabajo investigativo realizado por Mora. (2017).

- **Agua evaporable.**

Este tipo de agua se encuentra en la mezcla, pero se evapora lo que puede generar vacíos y pérdida de resistencia.

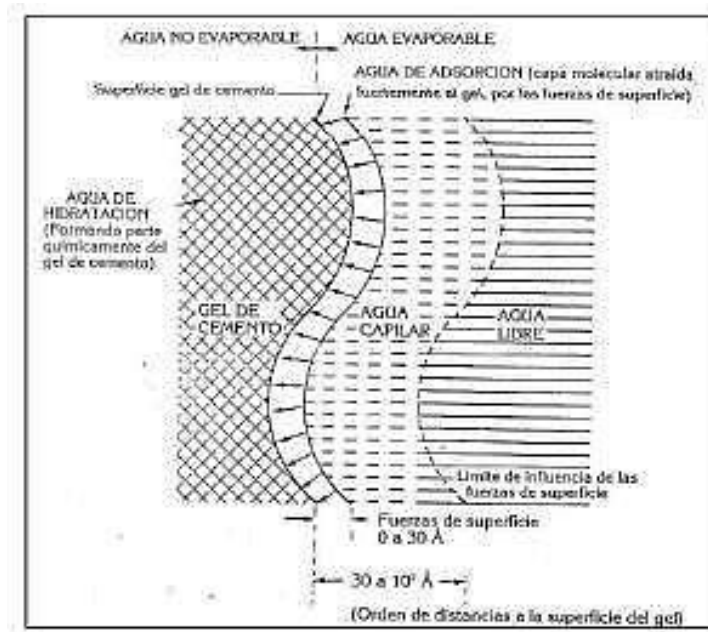


Figura 9: Ubicación del agua en la mezcla de concreto  
Fuente: (Sánchez, 1996) Extraída de: (Mora, 2017)

- **Agua de absorción.**

Es la parte del agua que se adhiere a las superficies por fuerzas intermoleculares.

- **Agua capilar.**

Llena los poros capilares de la pasta, y sujeta las fuerzas de la superficie de la misma.

- **Agua libre.**

Está ubicado fuera de la superficie de la mezcla lo cual permite su fácil evaporación.

- **Agua para el curado de los cilindros.**

Para el proceso de endurecimiento del concreto el suministro de agua adicional es elemental ya que permite la buena hidratación de la mezcla el agua debe ser de igual manera potable y no puede contener sales ni otros agentes que puedan contaminar el elemento en concreto.

### **3.3 Agregados.**

Los agregados componen aproximadamente un 70% de la mezcla del concreto en total debido a sus propiedades y resistencia, (Niño. 2010) determina que debido a que no son materiales que se compactan entre si requieren del cemento y el agua para formar una pasta homogénea, estos agregados no alteran las propiedades del cemento, a su vez aportan adherencia y resistencia a la mezcla para determinar la cantidad de agregados se debe realizar un ensayo de granulometría, densidad y forma.

#### **3.3.1 Tipos de agregados.**

- **Por su tamaño.**

Se dividen en agregados finos y gruesos los cuales se clasifican gracias al ensayo de granulometría.

Los tamaños de los agregados finos o arenas están clasificados dentro de 4.76 mm a 0.075 mm y a partir de 4.76mm en adelante se consideran agregados gruesos, las gravillas tiene dimensiones entre 4.76 mm y 19 mm y las gravas son de 19 mm a 51 mm aproximadamente.

- **Por su origen.**

se clasifican según su fuente de procedencia ya sea natural o artificial.

Naturales: son originarios de la explotación de zonas naturales como ríos, canteras y depósitos de arrastre fluvial.

Artificiales: se obtienen de productos procesados como arcillas, Clinker, escorias etc.

#### **3.3.2 Propiedades de los agregados finos y gruesos.**

Por lo general los agregados no tienen reacción química ante los demás componentes del concreto, se debe tener en cuenta que pueden presentarse reacciones que modifiquen las composición de la mezcla formando expansiones y alcalinidad entre los materiales que componen el concreto.

### 3.3.3 Ensayo de granulometría aplicado a los agregados.

Este ensayo consiste en dividir los agregados según su tamaño para lograr esta división se hace uso de tamices de diferentes tamaños, por los cuales pasaran los agregados, el fin de este ensayo es obtener un concreto con una masa homogénea con vacíos reducidos y de esta manera garantizar la resistencia de la mezcla.

### 3.3.4 Forma de los agregados.

La forma de los agregados depende de él origen de los mismos ya que estos pueden ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico según su procedencia las propiedades pueden variar de manera importante, dichos agregados se pueden clasificar en redondos, irregulares, angulares, escamosos, elongados o escamosos y elongados en la (Tabla 7) se describe la clasificación de los agregados según su tamaño y forma.

Tabla 7 clasificación de los agregados según su forma.

Clasificación	Descripción
A- Redondeada	Totalmente desgastada por el agua o completamente limada por frotamiento.
B- Irregular	Irregularidad natural, o parcialmente limada por frotamiento y con caras redondeadas.
C- Angular	Posee caras bien definidas que se forman en la intersección de caras más o menos planas.
D- Escamosa (laminar)	Material en el cual el espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones.
E- Elongada	Material normalmente angular, en el cual la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones.
F- Escamosa y elongada	Material cuya longitud es considerablemente mayor que el ancho y éste considerablemente mayor que el espesor.

Fuente: (Sánchez. 1996) extraída de: (Mora. 2017)

- **Textura.**

Se refiere al agregado principalmente a la forma que tiene la roca originaria, teniendo presente que esto influye en las propiedades del concreto principalmente relacionado con su adherencia.

- **Densidad.**

De la misma manera que le resto de las características, la densidad está directamente relacionada con el origen del agregado, lo que difiere esta característica del resto es que entre el agregado se

Encuentran cavidades que pueden estar vacías o llenas de agua lo cual modifica la densidad del material.

### **3.3.5. Propiedades mecánicas de los agregados finos y gruesos.**

Para determinar la resistencia del agregado es necesario tener presente las siguientes propiedades

- **Resistencia.**

Se determina dependiendo la resistencia del origen del agregado y de esta manera aportara resistencia a la mezcla de concreto.

- **Adherencia**

Esta propiedad es una de las más importantes ya que si no hay una buena adherencia entre las partículas la resistencia del concreto será baja.

- **Dureza.**

Esta propiedad se determina realizando el ensayo de resistencia al desgaste, se realiza a los agregados gruesos con el fin de determinar la construcción mineralógica de los mismos.

- **Tenacidad.**

Se determina por el ensayo de falla por impacto e indica la baja calidad de los materiales.

### **3.3.6. Generalidades del concreto.**

Según lo expresado anterior mente el concreto se considera uno de los materiales más utilizados en el campo de la construcción como se determinó anteriormente en la investigación realizada por (Sánchez. 1996), es un material aglutinante que se compone por cemento portland, agua, agregados y en algunos casos aditivos, este material presenta 3 etapas, la primera es cuando se presenta como un material blando y manejable, la segunda durante el fraguado y la tercera propiedad corresponde al endurecimiento que es donde el concreto alcanza su resistencia.

#### ***3.3.6.1. Concreto en estado fresco.***

Es importante señalar que para que el concreto logre alcanzar su resistencia y durabilidad, debe cumplir con unas características esenciales en estado fresco, de esto depende su buena resistencia en estado seco.

##### ***3.3.6.1.1. Manejabilidad.***

Se define como la trabajabilidad de la mezcla de concreto, lo que permite un buen manejo, mezclado y compactado teniendo presente que el concreto no debe perder su consistencia ni debe presentar segregación.

Para determinar esta característica se deben tener presentes las características de la mezcla, un factor que puede alterar la manejabilidad de la mezcla es la cantidad de humedad presente en los agregados, si un agregado está muy seco este absorberá una gran cantidad de el agua lo que posiblemente afecte negativamente la manejabilidad del concreto y se endurecerá más rápido.

- **Ensayo de asentamiento.**

Para la realización de este ensayo se hace uso del cono de Abrams, (figura 11) el calibre del metal debe ser mínimo N° 16, el cono en la parte superior debe tener  $203\text{mm} \pm 3.0 \text{ mm}$  de

diámetro en la base mayor,  $102 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$  de diámetro en la base menor y  $305 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$  de diámetro en la base menor y  $305 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$  de altura según lo indica la (NTC 1992), también se requiere de una varilla compactadora en acero, textura lisa con un diámetro de 16 mm y un largo aproximado de 600 mm.



Figura 10: Cono de Abrams.  
Fuente: (autores. 2018)

- **Procedimiento.**

Se ubica el cono sobre una superficie plana, rígida y que no absorba, se ubican los pies firmemente sobre las patillas que se encuentran en la parte inferior del cono para evitar que este se mueva durante el desarrollo del ensayo.

Se debe llenar el molde en tres capas de igual volumen y cada una de estas es apisonada con 25 golpes dados por la varilla de una manera uniforme.

Al realizar todo el llenado y apisonado se deben dar 3 golpes suaves con el chipote de goma para disminuir el exceso de aire, en la (figura 12) se puede observar el proceso de llenado y apisonamiento.



Figura 11: Llenado cono de Abrams  
Fuente: (Barreros. 2014)

El paso siguiente es enrasar la capa superior, posterior a esto se sujeta el molde de las manijas liberando las patillas inferiores y se levanta de manera rápida sin mover el concreto

durante aproximadamente 12 segundos, este procedimiento no debe tardar más de 3 minutos (Figura 13).

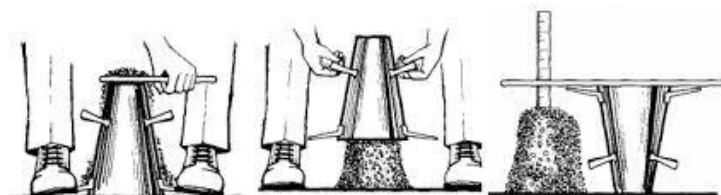







Figura 12: Enrase y medición de asentamiento  
Fuente: (Barreros. 2014)

#### ***3.3.6.1.2. El concreto según su consistencia.***

Es una característica que se refleja directamente con la manejabilidad de la mezcla y se define como la fluidez del concreto en estado plástico.

Para determinar el estado plástico se debe tener en cuenta el momento en el que el concreto es moldeable permitiendo el cambio de forma del mismo.

Tabla 8: Clasificación del concreto según su consistencia

Revenimiento en cm	Fluidez de la mezcla	Uso y tipo de estructura
 0 a 2 cm	Seca	No recomendable.
 3 a 5 cm	Plástica	Pavimentos, banquetas, guarniciones (hasta 6 cm), presas, puentes, cimentaciones, muros de contención, etcétera.
 6 a 9 cm	Blanda	Cimentaciones (hasta 8 cm. ).
 10 a 15 cm	Fluida	Superestructura: (hasta 10 cm), losas, trabes, muros. Piezas de pequeñas dimensiones, con bastante armado.
 Mayor de 15 cm	Líquida	Superestructura con bomba (hasta 18 cm )

Fuente:(Construcción, c. 2014)

### 3.3.6.1.3. Contenido de agua.

El elemento que influye directamente con la manejabilidad de la mezcla es el agua, la cantidad utilizada no debe ser mucha pero tampoco puede ser poca ya que en cualquiera de los dos casos la mezcla sería muy poco resistente y demasiado complicada de manejar.

#### ***3.3.6.1.4. Contenido de aire.***

Este elemento siempre estará presente en una mezcla se le conoce como aire naturalmente atrapado, siempre se debe tener en cuenta para la elaboración de la mezcla teniendo en cuenta que dicho aire se libera durante el proceso de compactación.

#### ***3.3.6.1.5. Segregación.***

Se define como la separación de los materiales que componen la mezcla, lo cual genera la pérdida de distribución uniforme por falta de cohesión de los materiales.

#### ***3.3.6.1.6. Exudación.***

Es el proceso en el cual la mezcla se eleva a la superficie durante el proceso de vertimiento del concreto o fraguado del mismo se define como la manera en la que las partículas no tienen la capacidad de contener el agua cuando se asientan.

### **3.3.6.2 Concreto en estado endurecido.**

En su estado endurecido el concreto es una masa heterogénea, las exigencias dadas en este estado deben ser mayores puesto que de esto depende la resistencia y durabilidad, durante este proceso se determinan las propiedades físicas y químicas y su resistencia.

Para determinar la resistencia del concreto se realiza el ensayo a compresión final a los 28 días, teniendo este resultado se determina si se alcanzó la resistencia planteada.

#### ***3.3.6.2.1. Contenido de cemento.***

Para la realización de la mezcla se deben tener presentes las características y el tipo de cemento que se utilizara , esto es importante debido a que el cemento es el material más activo de la mezcla (Sánchez, 1996), es importante tener en cuenta que no porque se use más cemento en una mezcla de concreto este va a contar con una mayor resistencia, se debe tener presente la relación agua- cemento, cuando hay mayor cantidad de cemento este no se hidrata totalmente produciendo esfuerzos de contracción dentro de la mezcla.

### ***3.3.6.2.2. Relación Agua- Cemento.***

Para determinar la resistencia del concreto se debe tener presente la relación agua-cemento debido a que al ser mayor la cantidad de agua en una mezcla respecto a la cantidad de cemento, genera baja resistencia lo que conlleva a una menor durabilidad.

En el caso contrario si la cantidad de agua es menor que la de cemento, la mezcla resultante suele obtener una mayor resistencia, otro aspecto que también afecta directamente en la resistencia es el proceso de compactación.

### ***3.4.6.2.3. Agregados.***

Los agregados componen el 70 % de la mezcla y pueden afectar por granulometría, forma y textura.

- **Granulometría.**

Con una granulometría continua permite una mayor densidad del concreto fresco lo que implica una buena resistencia en estado endurecido.

- **Resistencia y rigidez.**

La resistencia del agregado influye en la del concreto debido a que es muy diferente la resistencia de un concreto con baja densidad y poca porosidad a la de un concreto muy denso y poroso.

- **Textura y forma.**

Un agregado de forma cubica y textura rugosa permiten mayor adherencia comparación de los de forma lisa y redondeada.

### ***3.4.6.2.4. Fraguado.***

Se define como la velocidad en la que el concreto se endurece pasando de un estado plástico un estado endurecido gracias a las condiciones climáticas y temperatura.

Dependiendo a estas condiciones climáticas se plantea si se debe usar o no aditivos acelerantes o retardantes.

#### **3.4.6.2.5. Edad.**

Tiempo que se le da al concreto para alcanzar su resistencia máxima, en concretos convencionales esta resistencia se alcanza a los 28 días, debido a que después de los 28 aumenta, pero no de la misma forma que sucede en los 28 primeros días después de su proceso de fundición.

#### **3.4.6.2.6. Curado.**

Un concreto debe hidratarse de manera continua durante los primeros 7 días después de fundido, para este proceso se recomienda una temperatura entre 10° y 32°c, Si el concreto no se cura tendrá una menor resistencia.

## CAPITULO CUATRO

### 4. Diseño De La Mezcla.

Este trabajo investigativo se realizó con el objetivo de determinar que la resistencia del concreto con fibras de guadua es mayor y el proceso de Fisuración es menor a comparación de un concreto simple o un concreto con fibras de vidrio.

Para determinar esta resistencia se realizaron pruebas de tracción a los 7, 14 y 28 días, se realizó una adición de 1% de fibras con respecto a la mezcla de concreto total.

Se define como diseño de mezcla al proceso de selección de los materiales que componen la mezcla determinando las cantidades de los mismos, se deben tener en cuenta las propiedades que se han mencionado anteriormente para elegir adecuadamente los componentes de la mezcla.

Para la elaboración de la mezcla es determinante tener en cuenta los materiales que serán usados (Mora. 2017), a continuación, se muestra la (Tabla 9) donde se especifica la cantidad de agregados.

Tabla 9: Especificación de los agregados.

	<b>Agregado</b>	<b>Especificaciones</b>
<i>Agregado Fino (arena de rio)</i>		
1	Peso Especifico	2,72 g/cm <sup>3</sup>
2	Peso Unitario Suelto Seco	2,56 g/cm <sup>3</sup>
3	Peso Unitario Seco Compacto	2,62 g/cm <sup>3</sup>
4	Humedad Natural	4,53 %
5	Absorción	2,25 g/cm <sup>3</sup>
6	Módulo de Finura	2,23
<i>Agregado Grueso (Grava)</i>		
1	Perfil	Angular
2	Tamaño Max. Nominal	2,54 cm
3	Peso Especifico	2,73 g/cm <sup>3</sup>
4	Peso Unitario Suelto Seco	2,66 g/cm <sup>3</sup>
5	Peso Unitario Seco Compacto	2,68 g/cm <sup>3</sup>
6	Humedad Natural	1,03 %
7	Absorción	1,03%
8	Módulo de Finura	7,78

Fuente: (Formato ensayos concrecol. 2017)

Se usó cemento portland tipo I de la empresa Argos, el cual cuenta con las siguientes especificaciones dadas en la (Tabla 10).

Tabla 10: Especificaciones técnicas cemento

PARÁMETROS QUÍMICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 321 Tipo I	ASTM C-1157 TIPO GU.
Óxido de magnesio, MgO, máximo (%)	6.00	7.00	-
Trióxido de azufre, SO <sub>3</sub> , máximo (%)	3.50	3.50	-
PARÁMETROS FÍSICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 121 Tipo I	ASTM C-1157 TIPO GU.
Fraguado inicial <sup>(1)</sup> , mínimo (minutos)	45	45	45
Fraguado final <sup>(1)</sup> , máximo (minutos)	420	480	420
Expansión autoclave, máximo (%)	0.8	0.8	0.8
Expansión en agua <sup>(2)</sup> , máximo (%)	0.02	-	0.02
Resistencia a 3 días <sup>(3)</sup> , mínimo (Mpa)	9.0	8.0	13.0
Resistencia a 7 días <sup>(3)</sup> , mínimo (Mpa)	16.0	15.0	20.0
Resistencia a 28 días <sup>(3)</sup> , mínimo (Mpa)	26.0	24.0	28.0
Blaine, mínimo (cm <sup>2</sup> /gr)	2800	2800	-

Fuente: (Argos. 2018)



Figura 13: Cemento Argos Portland tipo I (uso general)

Fuente: (Argos. 2018)

El proceso de extracción se realizó de manera manual, lo que garantizó que las fibras no se alteraran con ningún agente químico ni biológico en la (Figura 15) se puede visibilizar el método de extracción.



Figura 14: extracción fibras de guadua  
Fuente: (Autores. 2018)

Las fibras se cortaron a una longitud de 3cm lo que garantiza su mejor trabajabilidad y adherencia al resto de la mezcla (Sika. 2017) determina que las fibras de 5 cm o menos aportan una mejor resistencia a la tracción en elementos en concreto (Figura 16).

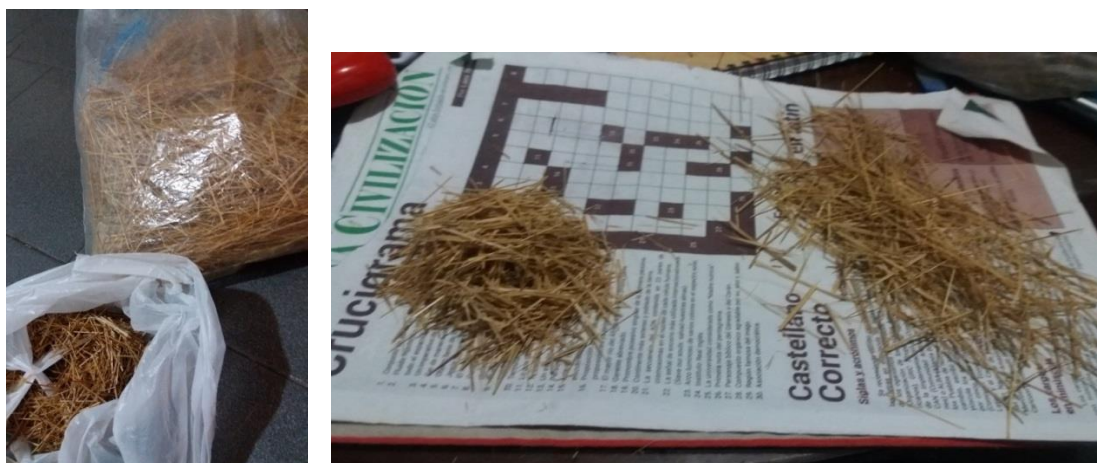


Figura 15: Proceso de corte de fibras.  
Fuente: (Autores. 2018)

Antes de realizar la mezcla es necesario llevar a cabo el proceso de inmunización de las fibras, al ser de origen naturales estas contienen agentes contaminantes que alteran la mezcla y

generan alcalinidad, en la (Figura 17) se refleja la cantidad de cal utilizada para llevar a cabo este proceso.



**Figura 16:** Proceso de inmunización con cal.  
Fuente: (Autores. 2018)

Pasadas 12 horas se extraen las fibras de la cal se enjuagan con abundante agua y se someten a un proceso de secado durante aproximadamente 48 horas lo que garantizara una gran pérdida de humedad como se puede observar en la (Figura 18).



**Figura 17:** proceso de secado de las fibras.  
Fuente: ( Autores. 2018)

Al realizar el proceso de inmunización se puede proceder a realizar la mezcla, se debe tener en cuenta que cada uno de los agregados debe estar en una temperatura entre 20° y 30°c en un espacio seco, sin humedad e independiente.



**Figura 18:** agregado grueso.  
Fuente: (autores .2018)



**Figura 19:** agregado fino (arena de rio)  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 20: Fibras de vidrio.  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 21: Fibras de guadua.  
Fuente: (Autores. 2018)

Se realizó un diseño de mezcla semi- seca con un asentamiento de (1 ½") como se muestra en la figura 26, en las (Figuras 23, 24 y 25) se muestra el proceso de preparación de la mezcla para el concreto convencional y concreto con de vidrio y guadua. Para llevar a cabo correctamente el ensayo de asentamiento se siguieron las normas estipuladas por la (NTC 396)



Figura 22: Proceso de mezcla concreto convencional.  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 23: Proceso de mezcla concreto con fibras de vidrio.  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 24: Proceso de mezcla concreto con fibras de guadua.  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 25: Ensayo de asentamiento concreto simple 1 1/2".  
Fuente: (Autores. 2018)

Se evidencio un cambio en el asentamiento con el concreto con adición de fibras debido a un aumento en el índice de absorción de agua lo que hizo la mezcla más seca, en el ensayo de cono de Abrams realizado a estas dos mezclas se obtuvo un asentamiento de 1" respectivamente como se puede observar en las (Figuras 27 y 28).



Figura 26: ensayo de asentamiento concreto con fibras de vidrio 1".  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 27: Ensayo de asentamiento concreto con fibras de guadua 1".  
Fuente: (Autores. 2018)

Al obtener el asentamiento se vierte la mezcla de concreto en los moldes que deben estar limpios y engrasados para evitar que la mezcla se pegue según lo estipulado en la norma NTC 1377 Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio (Figura 29).

En dicha norma se especifica que cada cilindro debe ser llenado en tres capas, cada capa equivale a un tercio del cilindro, se debe apisonar 25 veces y luego dar 10 golpes con el chipote de caucho para eliminar los vacíos de aire que se presenten en la mezcla, en las (Figuras 30 y 31) se evidencia el proceso de llenado de los cilindros para los tipos de mezclas.



Figura 28: llenado de moldes cilindros concreto simple.  
Fuente: (Autores . 2018)



Figura 29: Llenado de moldes concreto con fibras de vidrio.  
Fuente: (Autor. 2918)



Figura 30: Llenado de moldes concreto con fibras de guadua.  
Fuente : (Autores. 2018)

Trascurridas 24 horas se lleva acabo el desencofrado de los cilindros, se codifican y se inicia el proceso de curado, para lo cual se hace uso de una piscina con agua potable la cual debe estar en un rango de temperatura aproximado a los 23 °C (Figura 32) según lo indica la (NTC 550).

El tiempo de curado de los cilindros es de 28 días para que los mismos alcancen su resistencia maxima.






Figura 31: Curado cilindros en concreto.

Fuente: (Autores. 2018)

Tabla 11: Tiempo curado de cilindros.

Tiempo de curado de los especimenes cilindricos	
Ensayo de traccion indirecta	tiempo de curado
concreto simple C.S.1	7 Días
concreto simple C.S.2	7 Días
concreto simple C.S.3	7 Días
concreto simple C.S.4	14 Días
concreto simple C.S.5	14 Días
concreto simple C.S.6	14 Días
concreto simple C.S.7	28 Días
concreto simple C.S.8	28 Días
concreto simple C.S.9	28 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.1	7 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.2	7 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.3	7 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.4	14 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.5	14 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.6	14 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.7	28 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.8	28 Días
concreto 1% fibras de vidrio C.V.9	28 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.1	7 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.2	7 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.3	7 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.4	14 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.5	14 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.6	14 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.7	28 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.8	28 Días
concreto 1% fibras de guadua C.G.9	28 Días

7 días	
14 días	
28 días	

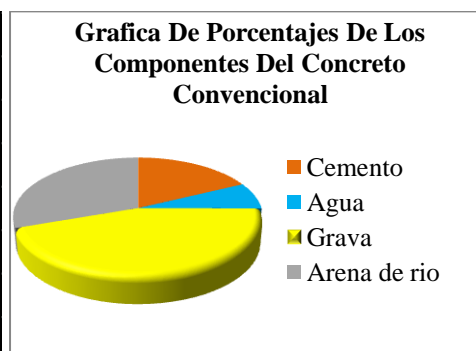
Fuente: (Autores. 2018)

Los cilindros en concreto tienen una dimensión aproximada de 103 mm \* 204mm, después de establecer esta dimensión se calcula en desperdicio de 10% del total de la mezcla.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente sobre los agregados y el diseño de la mezcla se indica en la (Tabla 12) el diseño de mezcla de los 9 cilindros de concreto convencional.

Tabla 12: Diseño de mezcla para 9 cilindros en concreto convencional.

Diseño mezcla 9 cilindros concreto convencional			
material	peso en (kg)	densidad(kg/m <sup>3</sup> )	vol (m <sup>3</sup> )
cemento	6,409	2681,4	0.00239
agua	2,628	1000	0.00263
grava	16,05	2520	0.00637
arena de rio	10,92	2430	0.00449
aire	..	..	0.0001556
total:			0.01604

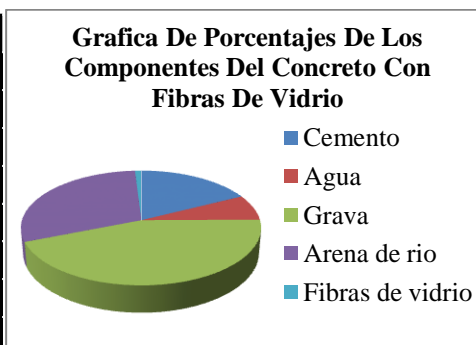


Fuente: (Mora. 2017)

El diseño de mezcla empleado en los cilindros con fibra de vidrio y de guadua es el mismo su única variante es la adición de 1% de cada tipo de fibra (Tabla 13 y 14).

Tabla 13: Diseño de mezcla concreto con adición 1% de fibras de vidrio.

Diseño mezcla 9 cilindros concreto con fibras vidrio.			
material	peso en (kg)	densidad(kg/m <sup>3</sup> )	vol (m <sup>3</sup> )
cemento	6,409	2681,4	0.00239
agua	2,628	1000	0.00263
grava	16,05	2520	0.00637
arena de rio	10,92	2430	0.00449
aire	..	..	0.0001556
fibras de vidrio	0.361		0,00058962
total:			0,01662

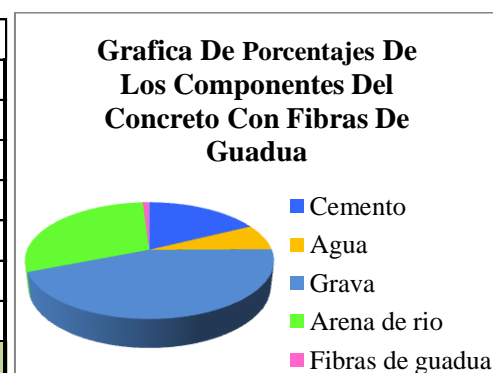


Fuente: (Autores. 2018)

Tabla 14: Diseño de mezcla concreto con adición 1% de fibras de guadua.

Diseño mezcla 9 cilindros concreto con fibras de guadua			
material	peso en (kg)	densidad(kg/m <sup>3</sup> )	vol (m <sup>3</sup> )
cemento	6,409	2681,4	0.00239
agua	2,628	1000	0.00263
grava	16,05	2520	0.00637
arena de rio	10,92	2430	0.00449
aire	..	..	0.0001556
fibras de guadua	0. 361		0,00058962
total:			0,01662

Fuente: (Autores. 2018)



## CAPITULO CINCO

### 5. Desarrollo Experimental

#### 5.1. Ensayo a tracción indirecta.

Se realizaron pruebas de tracción indirecta teniendo en cuenta las especificaciones dadas por la norma I.N.V.E- 411-07 (ensayo de tracción indirecta de cilindros normales de concreto), este ensayo tiene como finalidad determinar la resistencia máxima a tracción indirecta de los cilindros en concreto convencional y con adición de fibras.

Para ello se hizo uso de una prensa hidráulica convencional que debe cumplir con una velocidad de carga de 0.25 Mpa/s y dos platinas de apoyo con un ancho no menos a 51 mm, estas platinas deben tener la misma longitud del cilindro o superarla.



Figura 32: prensa hidráulica y platinas en acero.

Fuente: (Autores. 2018)

Los cilindros en concreto se extraen del tanque de curado se secan, miden y pesan para posteriormente realizar una línea para garantizar que el cilindro quede centrado en las platinas, y de esta manera se podrá proceder a realizar la falla.



Figura 33: trazado de cilindros.  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 34: Ensayo a tracción indirecta  
Fuente: (Autores. 2018)

## 5.2. Análisis De Los Resultados (Resistencia A Tracción Indirecta)

Pasados los 7, 14 Y 28 días posteriores al proceso de fundición, los cilindros fueron sometidos tracción indirecta, siguiendo con los pasos planteados anteriormente para llevar a cabo dichos ensayos.

Como resultado de los ensayos se obtuvieron los datos expuestos en las (tablas 15, 16,17) que corresponden a los 3 tipos de mezcla elaborados.

Teniendo presentes los datos extraídos de determina la resistencia alcanzada por los cilindros en los diferentes tipos de mezcla y de esta manera se procede determinar las conclusiones arrojadas tras dicho análisis.

Tabla 15: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto convencional.

CONCRETO CONVENCIONAL						
cod	Edad concreto	peso (kg)	diametro (mm)	altura (mm)	carga max(Kn)	Ensayo a tracción en (Mpa)
C.S.1	7Días	3,708	100	200	59,9	<b>1,90</b>
C.S.2	7 Días	3,697	100	200	57,9	<b>1,84</b>
C.S.3	7 Días	3,694	100	200	53,8	<b>1,71</b>
C.S.4	14 Días	3,982	101	201	72,2	<b>2,26</b>
C.S.5	14 Días	3,901	98	199	70,1	<b>2,28</b>
C.S.6	14 Días	3,950	102	203	84,6	<b>2,60</b>
C.S.7	28 Días	3,950	101	203	93,7	<b>2,90</b>
C.S.8	28 Días	3,918	100	204	78,1	<b>2,43</b>
C.S.9	28 Días	4,005	103	203	97,3	<b>2,96</b>

Fuente: (Autores. 2018)

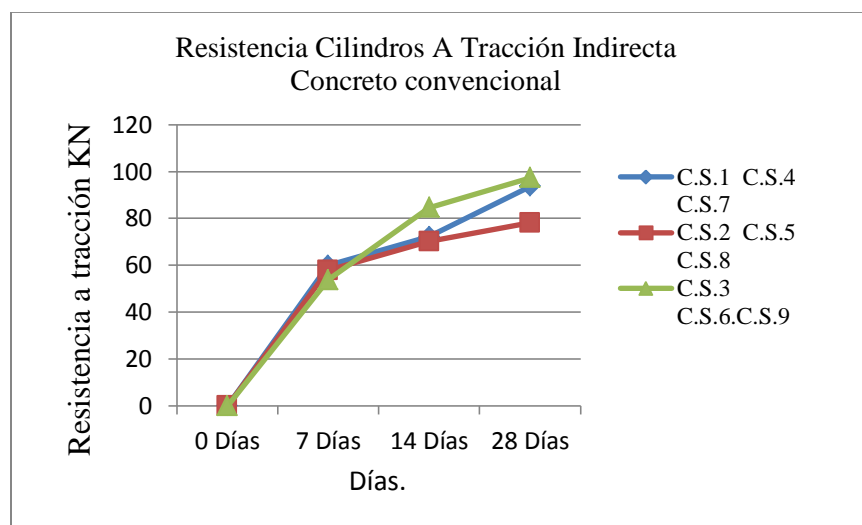


Figura 35: Grafica lineal resistencia a tracción indirecta cilindros concreto convencional.

Fuente: (Autores.2018)

Tabla 16: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto con fibras de vidrio.

CONCRETO CON ADICION 1% FIBRAS DE VIDRIO						
cod	Edad concreto	peso (kg)	diametro (mm)	altura (mm)	carga max(Kn)	Ensayo a tracción en (Mpa)
C.V.1	7Días	3.696	101	201	49,2	<b>1,54</b>
C.V.2	7 Días	3.639	100	203	59,7	<b>1,76</b>
C.V.3	7 Días	3.667	103	198	47,5	<b>1,48</b>
C.V.4	14 Días	3,641	101	202	45,8	<b>1,42</b>
C.V.5	14 Días	3,763	101	203	53,0	<b>1,64</b>
C.V.6	14 Días	3,775	101	200	59,2	<b>1,85</b>
C.V.7	28 Días	3700	100	202	61,1	<b>1,92</b>
C.V.8	28 Días	3731	100	204	68,2	<b>2,12</b>
C.V.9	28 Días	3783	101	202	61,2	<b>1,90</b>

Fuente: (Autores. 2018)

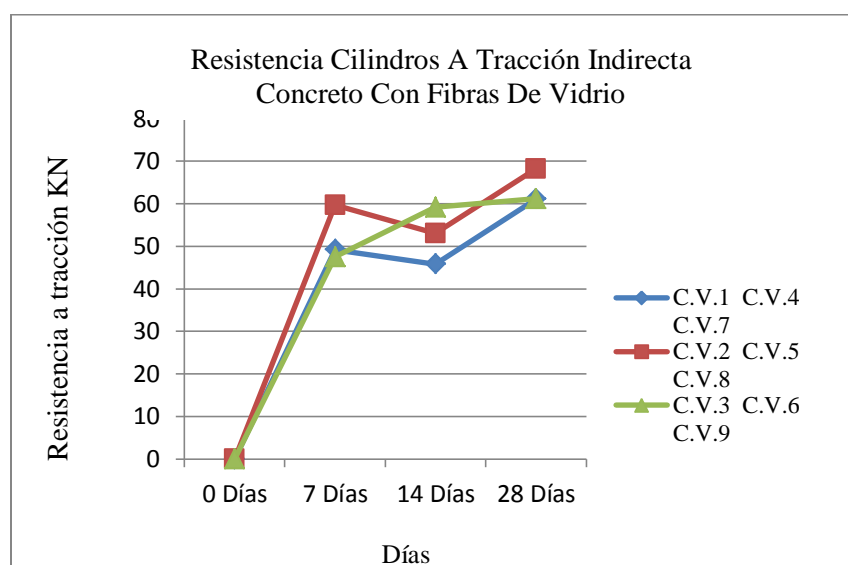


Figura 36: Grafica lineal resistencia a tracción indirecta cilindros concreto con fibras de vidrio.

Fuente: (Autores 2018)

Tabla 17: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto con fibras de guadua.

CONCRETO CON ADICION 1% FIBRAS DE GUADUA						
cod	Edad concreto	peso (kg)	diametro (mm)	altura (mm)	carga max(Kn)	Ensayo a tracción en (Mpa)
C.G.1	7Días	3.708	99	200	54,4	<b>1,74</b>
C.G.2	7 Días	3.697	101	199	60,5	<b>1,91</b>
C.G.3	7 Días	3.694	100	201	59,6	<b>1,88</b>
C.G.4	14 Días	3.697	101	203	70,5	<b>2,18</b>
C.G.5	14 Días	3.772	103	202	73,7	<b>2,24</b>
C.G.6	14 Días	3.752	103	203	70,5	<b>2,14</b>
C.G.7	28 Días	3,673	101	201	75,8	<b>2,37</b>
C.G.8	28 Días	3,654	102	203	74,9	<b>2,30</b>
C.G.9	28 Días	3,811	101	203	79,3	<b>2,46</b>

Fuente: (Autores. 2018)

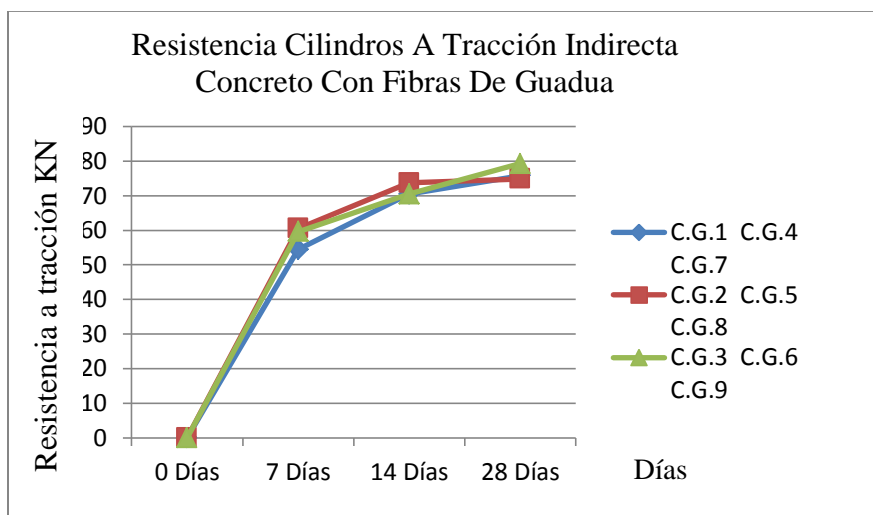


Figura 37: Grafica lineal resistencia a tracción indirecta cilindros concreto con fibras de guadua  
Fuente: (Autores, 2018)

Teniendo presentes las convenciones dadas en las gráficas lineales expuestas anteriormente se pueden evidenciar las resistencias de carga máxima para cada tipo de concreto elaborado, para ello se indica su resistencia en KN, debido a que la prensa hidráulica arroja este dato en dicha unidad de medida. Para hallar la tracción indirecta se hace uso de la siguiente formula.

$$T.I = \frac{C.M * 2}{\pi * L * D}$$

Una vez realizadas todas las conversiones de KN a MPA que es la unidad de medida de tracción indirecta se realizó un gráfico de barras (figura 39) en el cual se determina la resistencia mayor de los cilindros fallados y puede evidenciar el comparativo entre los tres tipos de mezcla.

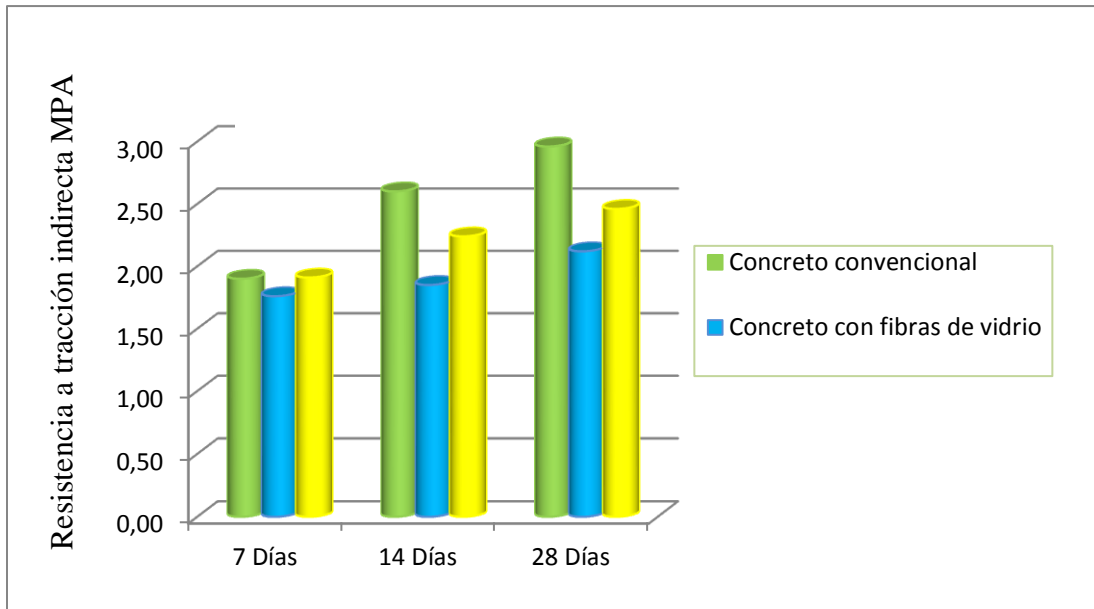


Figura 38: Resistencia cilindros a tracción indirecta MPA.  
Fuente: (Autores, 2018)

### 5.2.1 Resultado resistencia tracción indirecta concreto sin adición de fibras.

Para este proyecto investigativo se elaboraron 9 cilindros de concreto simple, todos con el mismo diseño de mezcla, al realizar las pruebas de tracción indirecta se determinó que la resistencia es mayor en estos especímenes pero de igual manera se pudo evidenciar que el desplazamiento de las fisuras fue mayor en los cilindros realizados con concreto sin adición de fibras (figura 40).



Figura 39: Resultados cilindros concreto convencional  
Fuente: (Autores, 2018)

### 5.2.2 Resultado resistencia a la tracción indirecta cilindros en concreto con fibras de vidrio 1%.

Para realizar el comparativo planteado en la formulación del proyecto fue necesario hacer una mezcla de concreto con adición de fibras de vidrio en un porcentaje de 1% respecto al peso total del concreto, al igual que con el concreto convencional se realizaron 9 cilindros que fueron sometidos a el ensayo de tracción indirecta a loa 7, 14 y 28 días posteriores al proceso de fundición.

Se determinó que en el comparativo el concreto que menor resistencia a tracción indirecta obtuvo fue el realizado con fibras de vidrio (Figura. 41), teniendo presente que debido a las características de dicho material durante el proceso de realización de la mezcla se evidencio que las fibras se enredaban lo cual no permitía una distribución uniforme.



Figura 40: Resultados cilindros concreto con fibras de vidrio.

Fuente: (Autores, 2018)

### 5.2.3 Resultados resistencia a la tracción indirecta cilindros en concreto con fibras de guadua 1%.

Luego de realizar las pruebas de tracción indirecta al concreto con fibras de guadua se determina que si bien la resistencia alcanzada es menor que la obtenida por el concreto sin adición de fibras,

Gracias a las dimensiones de las fibras de guadua utilizadas se logró una distribución uniforme en la mezcla, la manejabilidad de la misma fue buena a comparación del concreto con fibras de vidrio en este caso las fibras formaban unos nudos que dificultaban el proceso de fundición y no tuvieron buena adherencia con la mezcla de concreto.



Figura 41: Resultados cilindros concreto con fibras de guadua.  
Fuente: (Autores, 2018)

Las fisuras que se presentaron en el concreto con adición de fibras de guadua fueron menores a comparación de los otros dos diseños de mezcla de igual el tamaño de las fisuras no fue mayor a 3 mm y su desplazamiento fue menor de 2 cm.

## CAPITULO SEIS

### 6. Comparación De Resultados

Para realizar el comparativo planteado en este trabajo investigativo se utilizó el diseño de mezcla planteado por (Mora. 2017) en el cual formula la utilización de fibras de cáñamo en un porcentaje de 2% respecto al peso total de la mezcla de concreto, se adaptó este tipo de mezcla realizando variaciones en dosificación y tipo de fibras agregadas.

Para ello se elaboraron 27 cilindros de concreto, 9 de concreto convencional, 9 con fibras de vidrio y 9 con fibras de guadua, las fibras se agregaron en una proporción de 1% respecto al peso total de las mezclas, los cilindros elaborados se sometieron a falla a los 7, 14 y 28 días. Posterior al proceso de desencoframiento se evidenciaron vacíos significativos en los cilindros con fibras debido a que el índice de absorción fue mayor lo que dificultó su trabajabilidad.

En el caso de las fibras de vidrio no se logró tener una adherencia adecuada con el concreto debido a la presencia de nudos en la mezcla generados por las fibras (Figura 43). Por ende la resistencia obtenida en los ensayos a tracción indirecta realizados a los cilindros elaborados con este tipo de mezcla fue menor.



Figura 42: Mezcla concreto con fibras de vidrio.  
Fuente: (Autores. 2018)

El tamaño de las fibras de guadua influyo de manera positiva en la mezcla se obtuvo una buena adherencia del concreto con las fibras como se observa en la (Figura 44), también se logró determinar que si bien su trabajabilidad es buena el índice de absorción es mayor lo que género que en algunos de los cilindros se presentaran vacíos más significativos que en otros como se muestra en la (Figura 45).

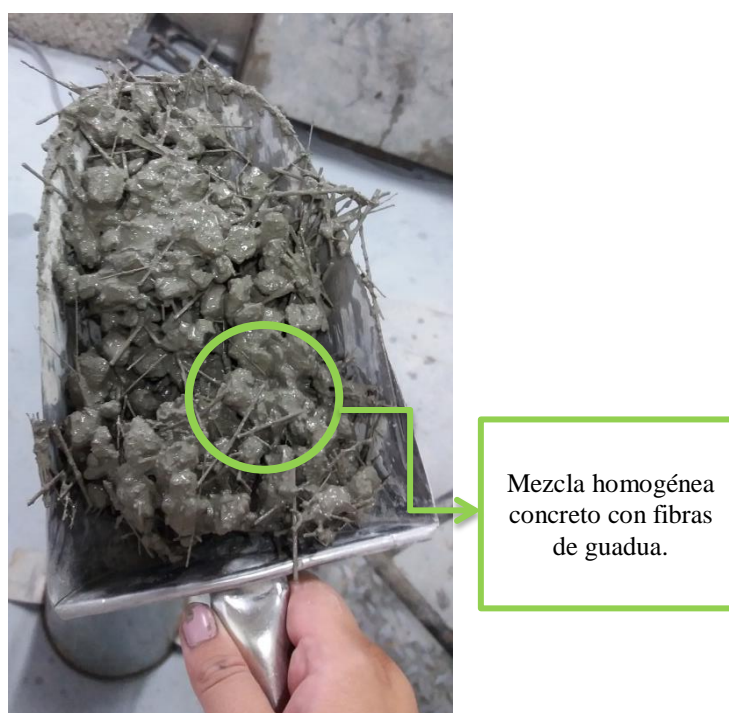


Figura 43: Mezcla de concreto con fibras de guadua.  
Fuente: (Autores. 2018)



Figura 44: cilindros en concreto con fibras de guadua.  
Fuente: (Autores. 2018)

Como se menciona anteriormente el tamaño de las fibras incidió de manera adecuada en la mezcla con fibras de guadua caso contrario ocurrió en el concreto con fibras de vidrio, se logró determinar que aunque el concreto que obtuvo mayor resistencia a la tracción indirecta fue el concreto convencional, el concreto con fibras de guadua tubo un índice de fisuración menor

como se puede evidenciar en las (Figuras 46, 47 y 48 ) donde se ve de manera clara la dimensión de las fisuras presentadas en los cilindros.



Figura 45: Fisuras de cilindros en concreto convencional.  
Fuente: (Autores.2108)



Figura 46: Fisuras concreto con 1% de adición de fibras de vidrio.  
Fuente: (Autores.2018)



Figura 47: Fisuras concreto con 1% de adición de fibras de guadua.  
Fuente: (Autores.2018)

## CAPITULO SIETE

### 7. Conclusiones

- Para llevar a cabo el comparativo entre los tres tipos de mezcla se utilizó la misma cantidad de material para la realización de cada una de ellas, la adición de fibras correspondió a 1% con respecto al peso total del concreto, se logró evidenciar que el concreto con adición de fibras tuvo un índice de absorción de agua mayor.

El concreto sin adición de fibras fue mucho más trabajable revelando la presencia de vacíos poco representativos en los testigos, caso contrario se pudo evidenciar en los cilindros de concreto con fibras de guadua en los cuales se detectaron vacíos de gran importancia (Figura 49).



Figura 48: Aspecto físico cilindros en concreto convencional, concreto con fibras de guadua.

Fuente: (Autores. 2018)

- El concreto realizado con adición de fibras de vidrio obtuvo la resistencia a la tracción indirecta más baja a comparación de los otros dos tipos de mezcla, durante el proceso de fundición se evidencio la presencia de nudos generados por dichas fibras los cuales generaron la mala adherencia de este material con el concreto.

- Tras obtener las resistencias máximas de los cilindros con adición de fibras de guadua se concluye que la proporción y dimensiones de fibras fue adecuada, teniendo presente que para futuras investigaciones se debe calcular una mayor cantidad de agua lo cual permita una mejor manejabilidad de la mezcla, también se determinó que si bien la resistencia fue menor que la obtenida en cilindros de concreto convencional el índice de fisuración de los testigos guadua fue menor a comparación de los otros diseños.



Figura 49: Proceso de fisuración de los cilindros según su diseño de mezcla.

Fuente: (Autores. 2018)

- En los cilindros de concreto con fibras de guadua se observó un mal aspecto físico por tal motivo es necesario el uso de un material de recubrimiento para dar el acabado planteado al elemento que se elabore.

## CAPITULO OCHO

### 8. Recomendaciones

En este trabajo investigativo se plantea la utilización de fibras de guadua en el concreto para minimizar el proceso de fisuración, para ello se realizaron ensayos a tracción indirecta con el fin de determinar la incidencia de las fibras en este proceso de ensayo.

Se recomienda mantener la proporción de 1% de adición de fibras de guadua y tamaño utilizado en este trabajo investigativo teniendo en cuenta que la dosificación del agua debe ser mayor lo cual permita una mejor trabajabilidad de la mezcla y así garantizar un mejor estado de los elementos al momento del desencoframiento.

También se plantea realizar ensayos de compresión tracción y reacción del material ante cambios significativos de temperatura con el fin de garantizar si las propiedades físicas y mecánicas se mantienen.

Se recomienda hacer un nuevo trabajo investigativo variando la proporción de agregado de fibra y de esta manera se podrá hacer un comparativo para determinar en qué cantidad porcentual resulta ser más beneficiosa la fibra.

El uso de fibras de vidrio es viable teniendo en cuenta una variación en el porcentaje de adición y tamaño de las fibras que se empleen de igual manera que con las fibras de guadua se debe tener presente que la dosificación de agua sea mayor.

## Bibliografía

- Martínez, H. (2005). La cadena de la guadua. Bogotá.
- Moreno, L., Trujillo, E. y Osorio, L. (2017). Estudio de las características físicas de haces de fibra de guadua angustifolia. Recuperado de : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934104>.
- Cuéllar, A., y Muñoz, I. (2017). Fibra de guadua como refuerzo de matrices poliméricas. Recuperado de [Revistas.unal.edu.co](http://Revistas.unal.edu.co). Revisado 22 Octubre 2017.
- Juárez, C. (2002). Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lechuguilla), como materiales para construcción en México. México: Universidad autónoma de nuevo león.
- Comité ACI 224. (2003). Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón. Farmington Hills, Michigan.
- Kosmatka, S., & Panarese, W. (1992). Diseño y control de mezclas de concreto. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Mora, J. (2017). Análisis mecánico de un concreto con adición del 2% de fibra natural de cáñamo. (Tesis de ingeniería) Universidad Católica de Colombia. facultad de ingeniería civil. Bogotá
- Asocreto, 2016. [en línea] 2017. <https://www.asocreto.org.co/Sitio2/clubpremium.php>.
- Rivera, G. Universidad del cauca. [en línea] <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/fic%20y%20geotec%20sem%202%20de%202010/tecnologia%20del%20concreto%20-%2020pdf%20ver.%20%202009/cap.%2006%20-%20resistencia.pdf>.
- Sanchez, D. (1996) .Tecnología del concreto y del mortero. Bogotá: bhadar editores Ltda., 1996. p. 38

- Niño, J. (2010). Tecnología del concreto tomo 1: materiales, propiedades y diseño de mezclas. Bogotá: asocreto, 2010. Tercera edición.
- Terreros, L. y Carvajal, I. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un hormigón convencional adicionando fibra de cáñamo. (Tesis ingeniería). Universidad Católica de Colombia. Facultad ingeniería civil. Bogotá.
- Sika. (2017). [en línea] [Http://col.sika.com/es/produccion-de-concreto/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html](http://col.sika.com/es/produccion-de-concreto/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html)

## CAPITULO NUEVE

### 9. Anexos

Fichas de recolección de datos ensayo a tracción indirecta para especímenes en concreto convencional, concreto con adición de fibras de vidrio y concreto con adición de fibras de guadua. Donde se muestra la carga máxima soportada por los cilindros, especificando proporción de agregados, medidas y peso de cada elemento y resultados obtenidos tras la realización de cada ensayo.

Se tuvo en cuenta la edad de los testigos para garantizar la veracidad de los datos y de esta manera realizar adecuadamente los gráficos comparativos. En estas fichas se logra evidenciar el registro fotográfico del proceso de falla.

Para dar diferencia a las fichas se hace uso de colores el verde representa concreto convencional, el color azul concreto con fibras de vidrio y el color amarillo simboliza concreto con fibras de guadua.

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)**

**Especificaciones**

<b>Código de identificación del testigo</b>	C.S.1	
<b>Peso del testigo en Kg</b>	3.913KG	
<b>Dimensiones del testigo en mm</b>	D: 100 mm	L: 200mm
<b>Cantidad de agua potable Kg</b>	0.292Ml	
<b>Cantidad de agregado grueso Kg</b>	1.783kg	
<b>Cantidad de agregado fino Kg</b>	1.213Kg	
<b>Cantidad de adición de fibras Kg</b>	No Aplica	
<b>Edad del testigo</b>	7Dias	
<b>Historial de curado</b>	7Dias	
<b>Tipo de espécimen</b>	Cilindrico	

**Registro fotográfico**


Fuente: (Autores,2018)

**Resultados**

<b>Defectos de espécimen</b>	Presenta vacios poco representativos
<b>Tipo de fisura</b>	Estructural
<b>Carga máxima en KN</b>	59.9Kn
<b>Esfuerzo a tracción indirecta</b>	1.90MPa

**Desplazamiento de las fisuras**

- 1) 2.3cm\* 0.5mm
- 2) 2.6cm\* 0.6mm
- 3) 3cm\* 0.4mm
- 4) 3cm\*1mm



Fuente: (Autores,2018)



Fuente: (Autores,2018)

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.S.2
Peso del testigo en Kg	3.827kg
Dimensiones del testigo en mm	D: 100 mm   L: 200mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292Ml
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica
Edad del testigo	7Dias
Historial de curado	7Dias
Tipo de espécimen	Cilindrico

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados

Defectos de espécimen	Presenta vacíos poco representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	57.9Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	1.84Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1) 4.4cm\* 2mm
- 2) 4.3cm\* 0.5mm
- 3) 5cm\* 2mm
- 4) 4.3cm\*3mm



Fuente: (Autores,2018)



Fuente: (Autores,2018)

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.S.3	
Peso del testigo en Kg	3.970kg	
Dimensiones del testigo en mm	D: 100 mm	L: 200mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica	
Edad del testigo	7Dias	
Historial de curado	7Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados

Defectos de espécimen	presenta vacios poco representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	53.8Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	1.17Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1) 1.9cm\* 1.5mm
- 2) 4.5cm\* 0.2mm
- 3) 3.1cm\* 1mm
- 4) 4.3cm\* 2mm



Fuente: (Autores,2018)



Fuente: (Autores,2018)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1952	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.S.4		
Peso del testigo en Kg	3.982Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D: 101mm	L: 201mm	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica		
Edad del testigo	14Dias		
Historial de curado	14Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
  			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	Presenta vacios poco representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	70.1Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	2.28Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1) 2.5cm *1.5mm			
2) 2.6cm *2mm			
3) 2.3cm*1.2mm			
4) 2.6cm*0.5mm			
Fuente: (Autores,2018)			

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.S.5	
Peso del testigo en Kg	3,901	
Dimensiones del testigo en mm	D: 98mm	L: 199mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica	
Edad del testigo	14Dias	
Historial de curado	14Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados






Defectos de espécimen	Presenta vacíos poco representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	69.8Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	2.27Mpa




## Desplazamiento de las fisuras

- 1) 4.5cm\*1mm
- 2) 4.7cm\*1.5mm
- 3) 1.8cm\*1.6mm
- 4) 2.5cm\*2mm



Fuente: (Autores,2018)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1961
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.S.6	
Peso del testigo en Kg	3.950 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D: 102 mm	L: 203mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica	
Edad del testigo	14Dias	
Historial de curado	14Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
  		
fuente: ( autores 2018)		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	Presenta vacíos poco representativos	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	71.5 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	2.19Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1) 2.2cm*1.2mm		
2) 2.5cm*2mm		
3) 2.2cm*1mm		
4) 2.0cm*1.5mm		
		
		Fuente: (Autores,2018)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1959
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.S.7	
Peso del testigo en Kg	3,950Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D: 101 mm	L: 203mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica	
Edad del testigo	28Dias	
Historial de curado	28Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
		
Fuente: (Autores,2018)		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	Presenta vacíos poco representativos	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	93.7 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	2.90 Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1) 2.5cm* 1mm		
2) 3.6cm* 1.5mm		
3) 2.3cm* 1mm		
4) 2.6cm* 1mm		
		Fuente: (Autores,2018)

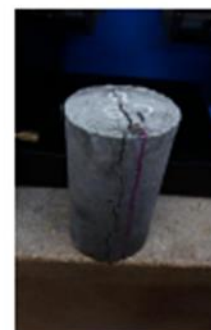
## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.S.8	
Peso del testigo en Kg	3,918Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D: 100 mm	L: 204mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica	
Edad del testigo	28Dias	
Historial de curado	28Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados

Defectos de espécimen	Presenta vacíos poco representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	78.1 Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	2.43 Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1) 2.4cm\* 2.5mm
- 2) 2.5cm\* 2mm
- 3) 2.3cm\* 2mm
- 4) 4.1cm\* 2.1mm



Fuente: (Autores,2018)

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.S.9	
Peso del testigo en Kg	4,005Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D: 99 mm	L: 203mm
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	No Aplica	
Edad del testigo	28Dias	
Historial de curado	28Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados

Defectos de espécimen	Presenta vacíos poco representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	97.3 Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	3.08 Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1) 3.8cm\* 1.5mm
- 2) 2.5cm\* 1.6mm
- 3) 2.4cm\* 1.5mm
- 4) 2.3cm\* 1.5mm



Fuente: (Autores,2018)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1951	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.V.1		
Peso del testigo en Kg	3.696Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D: 101	L: 201	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	7Dias		
Historial de curado	7Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	49.2 Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	1.54 Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)1.5cm*1.8mm			
2)2.1cm* 1.7mm			
3)1.7cm* 1.5mm			
4)0.7* 2mm			
			
		Fuente: (Autores,2018)	

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.V.2
Peso del testigo en Kg	3.639 Kg
Dimensiones del testigo en mm	D:100   L: 203
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg
Edad del testigo	7Dias
Historial de curado	7Dias
Tipo de espécimen	Cilindrico

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados

Defectos de espécimen	presenta vacios representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	59.7 Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	1.76 Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1)1.5cm\* 1mm
- 2)3.6cm\* 2mm
- 3)1.7cm\* 1.4mm
- 4)2.3cm\* 1.9mm



Fuente: (Autores,2018)

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.V.3	
Peso del testigo en Kg	3.667 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:103	L:198
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	7Dias	
Historial de curado	7Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)



## Resultados

Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativos
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	47.5 Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	1.48 Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1)2.1cm\* 1.1mm
- 2)2.5cm\* 1.5mm
- 3)2.5cm\* 0.9mm
- 4)2.8cm\* 0.6mm



Fuente: (Autores,2018)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1952
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.V.4	
Peso del testigo en Kg	3.641 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L:202
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidadde agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	14Dias	
Historial de curado	14Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
 <p>Fuente: (Autores,2018)</p>		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativos	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	45.8 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	1.42 Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1)2cm* 1.5mm	 <p>Fuente: (Autores,2018)</p>	
2)1.5cm* 2.5mm		
3)1.1cm* 1.5mm		
4)2.4cm* 1.5mm		

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)



## Especificaciones

Código de identificación del testigo	C.V.5	
Peso del testigo en Kg	3.773 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L: 203
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	14Dias	
Historial de curado	14Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	

## Registro fotográfico



Fuente: (Autores,2018)

## Resultados



Defectos de espécimen	
Tipo de fisura	Estructural
Carga máxima en KN	53.0 Kn
Esfuerzo a tracción indirecta	1.64 Mpa

## Desplazamiento de las fisuras

- 1)1.8cm\* 1.9mm
- 2)2.4cm\* 2mm
- 3)2.6cm\* 2.1mm
- 4)2cm\* 2mm




Fuente: (Autores,2018)



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1981	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.V.6		
Peso del testigo en Kg	3.775 Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L: 200	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	14Dias		
Historial de curado	14Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	59.2 Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	1.85 Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)2.6cm* 1.5mm			
2)2.5cm* 1.5mm			
3)2.2cm* 1.7mm			
4)2.3cm* 2mm			
Fuente: (Autores,2018)			

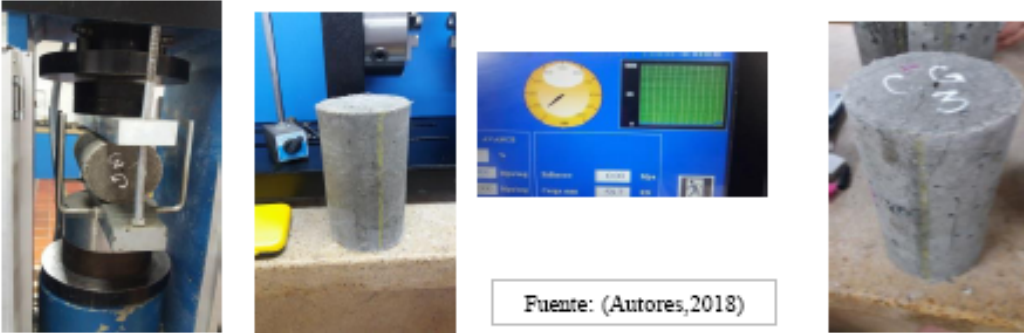
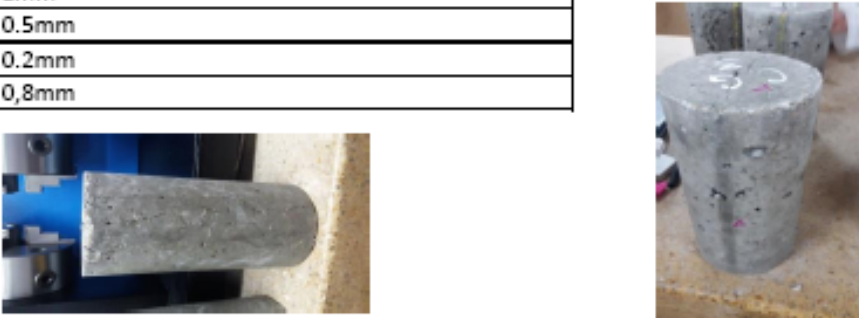
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1965	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.V.7		
Peso del testigo en Kg	3.700Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:100	L:202	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	28Dias		
Historial de curado	28Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	61.1Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	1.92Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1) 4.8cm* 2mm			
2)3.1cm*1.5mm			
3)3.4cm*1.3mm			
4)4.5cm*2mm			
Fuente: (Autores,2018)			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1989	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.V.8		
Peso del testigo en Kg	3731Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:100	L:204	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	28Dias		
Historial de curado	28Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	68.2Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	2,12Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)5.2cm* 2mm	Fuente: (Autores,2018)		
2)4.4cm* 2mm			
3)3.2cm* 1.5mm			
4)3.6cm* 1.6mm			
			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1951	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.V.9		
Peso del testigo en Kg	3783Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L:202	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	28Dias		
Historial de curado	28Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	61.2Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	1.90Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)3.6cm* 1.5mm			
2)3.4cm* 1.4mm			
3)2.9cm* 1.5mm			
4)3.4cm* 1.5mm			
Fuente: (Autores,2018)			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.G.1		
Peso del testigo en Kg	3.708 Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D: 99	L:200	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	7Dias		
Historial de curado	7Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
Fuente: (Autores,2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	54.4 Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	1.74 Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)0,7cm* 1mm			
2)1.3cm* 1mm			
3)0.7cm* 1.5mm			
4)0.6cm* 0.4mm			
			
			
Fuente: (Autores,2018)			







FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.G.2	
Peso del testigo en Kg	3.697 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L:199
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	7Dias	
Historial de curado	7Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
 <p style="text-align: center;">Fuente: (Autores,2018)</p>		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	60.5 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	1.91 Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1)0.5cm* 0.8mm	 <p style="text-align: center;">Fuente: (Autores,2018)</p>	
2)1.1cm* 2mm		
3)0.9cm* 1mm		
4)1.7cm* 0.5mm		



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1958
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.G.3	
Peso del testigo en Kg	3.694 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:100	L:201
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	7Dias	
Historial de curado	7Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
 <p style="text-align: center;">Fuente: (Autores,2018)</p>		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	Presenta vacíos medianamente representativos	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	59.6 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	1.88 Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1)0.5cm* 1mm		
2)2.5cm* 0.5mm		
3)2.3cm* 0.2mm		
4)1.3cm* 0,8mm		
Fuente: (Autores,2018)		



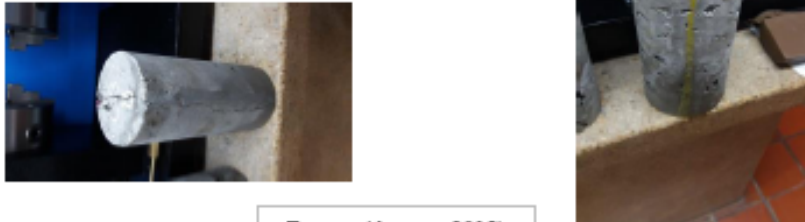
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1961
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.G.4	
Peso del testigo en Kg	3.697 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L:203
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	14Dias	
Historial de curado	14Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
		
fuente: ( autores 2018)		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	70.5 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	2.18 Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1)2cm* 1mm		
2)1.5cm* 0.8mm		
3)1.6cm* 1mm		
4)1.9cm* 1mm		
Fuente: (Autores,2018)		

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.G.5		
Peso del testigo en Kg	3.772 Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:103	L:202	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	14Dias		
Historial de curado	14Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
		fuente: ( autores 2018)	
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	73.7 Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	2.24 Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)1.6cm* .8mm			
2)1.9cm* 1mm			
3)1.7cm* 1mm			
4)2cm* 1mm			
		Fuente: (Autores,2018)	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1951
<b>Especificaciones</b>		
Código de identificación del testigo	C.G.6	
Peso del testigo en Kg	3.752 Kg	
Dimensiones del testigo en mm	D:103	L:203
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML70.5 KN	
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg	
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg	
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg	
Edad del testigo	14Dias	
Historial de curado	14Dias	
Tipo de espécimen	Cilindrico	
<b>Registro fotográfico</b>		
		
fuente: ( autores 2018)		
<b>Resultados</b>		
Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativo	
Tipo de fisura	Estructural	
Carga máxima en KN	70.5 Kn	
Esfuerzo a tracción indirecta	2.14 Mpa	
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>		
1)1.7cm* 1mm 2)1.5cm* 0.8mm 3)2cm* 0.5mm 4)1.7cm* 1mm		
		
Fuente: (Autores,2018)		

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)							
<b>Especificaciones</b>							
Código de identificación del testigo	C.G.7						
Peso del testigo en Kg	3.674Kg						
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L:201					
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML						
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg						
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg						
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg						
Edad del testigo	28Dias						
Historial de curado	28Dias						
Tipo de espécimen	Cilindrico						
<b>Registro fotográfico</b>							
   <p>fuelle: ( autores 2018)</p>							
<b>Resultados</b>							
Defectos de espécimen	presenta vacios medianamente representativos						
Tipo de fisura	Estructural						
Carga máxima en KN	75.8Kn						
Esfuerzo a tracción indirecta	2.37Mpa						
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>							
<table border="1"> <tr> <td>1)1.9* 1mm</td> </tr> <tr> <td>2)1.7cm* 1mm</td> </tr> <tr> <td>3)1.5cm* 0.6mm</td> </tr> <tr> <td>4)1.8cm* 1mm</td> </tr> </table>				1)1.9* 1mm	2)1.7cm* 1mm	3)1.5cm* 0.6mm	4)1.8cm* 1mm
1)1.9* 1mm							
2)1.7cm* 1mm							
3)1.5cm* 0.6mm							
4)1.8cm* 1mm							
  <p>Fuente: (Autores,2018)</p>							

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)		UNIVERSIDAD La Gran Colombia Fundada en 1959	
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.G.8		
Peso del testigo en Kg	3.654Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:102	L:203	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	28Dias		
Historial de curado	28Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
fuente: ( autores 2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	74.9Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	2.30Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)2.3cm* 1mm			
2)2cm* 0.8mm			
3)1.7cm* 1mm			
4)1.6cm* .8mm			
			
Fuente: (Autores,2018)			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Ensayo a tracción indirecta)			
<b>Especificaciones</b>			
Código de identificación del testigo	C.G.9		
Peso del testigo en Kg	3.811Kg		
Dimensiones del testigo en mm	D:101	L:203	
Cantidad de agua potable Kg	0.292ML		
Cantidad de agregado grueso Kg	1.783Kg		
Cantidad de agregado fino Kg	1.213Kg		
Cantidad de adición de fibras Kg	0.40kg		
Edad del testigo	28Dias		
Historial de curado	28Dias		
Tipo de espécimen	Cilindrico		
<b>Registro fotográfico</b>			
			
fuente: ( autores 2018)			
<b>Resultados</b>			
Defectos de espécimen	presenta vacios representativos		
Tipo de fisura	Estructural		
Carga máxima en KN	79.3Kn		
Esfuerzo a tracción indirecta	2,46Mpa		
<b>Desplazamiento de las fisuras</b>			
1)1.8cm* 0.7			
2)1.6cm* 0.7			
3)1.8cm* 0.5			
4)1.4cm* 0.7			
			
Fuente: (Autores,2018)			



