



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE PORCENTAJE DE
FIBRAS ORGÁNICAS DE BAMBÚ, EN MUESTRAS DE
HORMIGÓN”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: MIGUEL SEBASTIÁN LITUMA PÉREZ

DIRECTOR: JUAN SEBASTIÁN MALDONADO NOBOA MSc

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE PORCENTAJE DE FIBRAS
ORGÁNICAS DE BAMBÚ, EN MUESTRAS DE HORMIGÓN

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: MIGUEL SEBASTIAN LITUMA PEREZ

DIRECTOR: ING. JUAN SEBASTIAN MALDONADO NOBOA MSc.

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Miguel Sebastián Lituma Pérez portador de la cédula de ciudadanía N° 0105231039. Declaro ser el autor de la obra: "Análisis de la incidencia de porcentaje de fibras orgánicas de bambú, en muestras de hormigón", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 13 de junio de 2023

F: 
Miguel Sebastián Lituma Pérez
0105231039

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Juan Sebastián Maldonado Noboa con C.I. 0104005152 en calidad de director de tesis certifico que el trabajo “Análisis de la incidencia de porcentaje de fibras orgánicas de bambú, en muestras de hormigón”, fue realizado por el estudiante Miguel Sebastián Lituma Pérez, bajo mi supervisión.

Cuenca, 13 de junio de 2023



Ing. Juan Sebastián Maldonado Noboa

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Miguel y Soraya, quienes me han apoyado durante toda mi formación, me alentaron siempre a salir adelante y querer el bien para mi persona.

A mis hermanos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza y sabiduría durante todo el proceso.

A mis padres Miguel y Soraya, quienes me han inculcado por el camino correcto para ser una persona con valores.

Agradezco a mi director el Ing. Juan Maldonado por brindarme su apoyo y conocimientos, y de manera especial al Ing. Marcos Gonzales que me apoyó desde el principio para la ejecución de los ensayos de laboratorio en base a su conocimiento y experiencia.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se propone la implementación de fibras orgánicas de bambú de diferentes tamaños y porcentajes en cilindros de hormigón, con el objetivo de mejorar la resistencia tanto a compresión como a tracción, disminuir su peso y compararlo con un hormigón patrón el cual no haya sido añadido fibras.

Los tamaños de las fibras fueron divididas en “Fibra Corta” y “Fibra Larga” las cuales varían de 4 a 5 cm y de 8 a 10 cm respectivamente; en cuanto a los porcentajes, estos fueron agregados al hormigón con tres diferentes de 1, 2 y 5%.

Se obtuvo un total de 84 cilindros, a los cuales se realizaron ensayos a compresión y tracción indirecta, en donde se obtuvo los resultados esperados al incorporar las fibras ya que los cilindros aumentaron su resistencia para cada uno de los ensayos.

Palabras clave: bambú, hormigón, fibra corta, fibra larga.

ABSTRACT

This research proposes the implementation of organic bamboo fibers of different sizes and percentages in concrete cylinders, aiming to improve both compressive and tensile strength, reduce its weight, and compare it with standard concrete in which no fibers have been added.

The fiber sizes were divided into "short fiber" and "long fiber", which vary from 4 to 5 cm and 8 to 10 cm, respectively; the percentages were added to the concrete in three different percentages of 1, 2, and 5%.

A total of 84 cylinders were obtained, on which compression and indirect tensile tests were carried out, where the expected results were obtained by incorporating the fibers since the cylinders increased their resistance in each of the tests.

Keywords: bamboo, concrete, short fiber, long fiber

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Delimitación del problema.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Tipo de investigación.....	5
1.6 Objetivos.....	6
1.6.1 Objetivo General.....	6
1.6.2 Objetivos Específicos.....	6
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Definiciones Generales del Hormigón.....	7
2.2 Cemento Portland.....	7
2.3 Agregados para el Hormigón.....	8
2.3.1 Agregados Pétreos.....	8
2.3.2 Agua.....	8

2.4	Propiedades Mecánicas del Hormigón	9
2.5	Hormigón con fibra	9
2.6	Tipos de fibras	10
2.6.1	Fibra de acero	10
2.6.2	Fibra de nylon.....	11
2.6.3	Fibra de vidrio	11
2.6.4	Fibra natural	12
2.7	Bambú guadua	13
2.7.1	Características del Bambú.....	14
2.7.2	Usos del bambú en construcción.....	14
2.7.3	Adherencia entre el hormigón y bambú	16
2.8	Diseño de mezcla de hormigón, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (Método Fuller-Thompson)	16
2.9	Ensayo “Cono de Abrams” para asentamiento.....	20
2.10	Ensayo de compresión	21
2.11	Ensayo de Tracción Indirecta	23
3.	CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	25
3.1	Elaboración de fibras de bambú	26
3.2	Elaboración del hormigón	28
3.2.1	Procedimiento.....	29
3.2.2	Preparación del hormigón	30
3.2.3	Procedimiento ensayo “Cono de Abrams”	31

3.2.4	Elaboración de cilindros de hormigón	32
3.2.4.1	Procedimiento.....	33
3.3	Elaboración de hormigón con fibras.....	34
4.	CAPITULO 4. RESULTADOS.....	39
4.1	Diferencia de pesos hormigón patrón – hormigón con fibra	39
4.2	Método alternativo de curado	40
4.3	Resultados Ensayo de Compresión.....	41
4.3.1	Resultados ensayo de compresión “Fibra Corta”	41
4.3.2	Resultados ensayo a compresión “Fibra Larga”	44
4.4	Resultados Ensayo de Tracción Indirecta.....	48
4.4.1	Resultados ensayo de tracción indirecta “Fibra Corta”.....	48
4.4.2	Resultados ensayo tracción indirecta “Fibra Larga”	50
5.	CONCLUSIONES	53
6.	RECOMENDACIONES.....	55
7.	BIBLIOGRAFÍA	56
8.	ANEXOS	59
	Anexo 1: Gravedad específica de los agregados (grueso y finos)	59
	Anexo 3: Granulometría de la Grava y Arena	61
	Anexo 4: Diseño método Fuller – Thomson.....	63
	Anexo fotográfico	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fibras de acero.....	10
Figura 2 Fibras de nylon.	11
Figura 3 Fibras de vidrio.....	12
Figura 4 Fibras naturales.....	12
Figura 5 Edificación con bambú.	15
Figura 6 Bambú en obra falsa.	15
Figura 7 Curva de agregados y Fuller.....	17
Figura 8 Grafica del ejemplo de Fuller.	20
Figura 9 Molde para ensayo de asentamiento.....	21
Figura 10 Bloque de carga esférico típico.	22
Figura 11 Maquina de ensayo.	23
Figura 12 Ejemplo de ensayo tracción indirecta.....	24
Figura 13 Proceso de corte de entrenudos.	26
Figura 14 Tablillas de bambú.	27
Figura 15 Fibras cortas y largas.....	28
Figura 16 Materiales para mezcla de hormigón.....	30
Figura 17 Proceso de mezcla de materiales.	31
Figura 18 Ensayo Cono de Abrams.	32
Figura 19 Probetas para cilindros de hormigón.	33
Figura 20 Cilindros patrón.....	34
Figura 21 Fibras de bambú saturadas.....	35
Figura 22 Materiales para hormigón con fibra.	36
Figura 23 Proceso de mezcla de hormigón con fibras.	36
Figura 24 Hormigón con fibra.	37

Figura 25	Proceso de curado de hormigón con fibra corta.	38
Figura 26	Proceso de curado de hormigón con fibra larga.	38
Figura 27	Método alternativo de curado de cilindros con fibras.	41
Figura 28	Resistencias de ensayos a compresión FC 1, 2 y 5%.	42
Figura 29	Curva Esfuerzo - Deformación fibra corta 1%.....	43
Figura 30	Fisura Tipo 2.....	44
Figura 31	Resistencias de ensayos a compresión FL 1, 2 y 5%.	45
Figura 32	Curva Esfuerzo - Deformación fibra larga 1%.....	46
Figura 33	Fisura Tipo 3.....	47
Figura 34	Curva Esfuerzo – Deformación Fibra Corta 1% 7, 14, y 28 días.....	47
Figura 35	Curva Esfuerzo – Deformación Fibra Larga 1% 7, 14, y 28 días.	48
Figura 36	Resistencias de ensayo tracción indirecta FC 1,2 y 5%.	49
Figura 37	Tipo de falla a tracción indirecta.	50
Figura 38	Resistencias de ensayo tracción indirecta FL 1,2 y 5%.....	51
Figura 39	Tipo de falla a tracción indirecta.	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades mecánicas de diferentes tipos de fibras naturales.....	13
Tabla 2 Cantidad de agua.....	17
Tabla 3 Pesos específicos de los materiales.....	19
Tabla 4 Detalle de numero de muestras ensayadas.....	26
Tabla 5 Granulometrías de Arena y Grava.	29
Tabla 6 Dosificación para 1 m ³	30
Tabla 7 Pesos de cada uno de los cilindros a ser ensayados.....	39
Tabla 8 Pesos promedio de los cilindros.....	40
Tabla 9 Resultados ensayo a compresión "Fibra Corta".....	41
Tabla 10 Resultados ensayo a compresión "Fibra Larga".	44
Tabla 11 Resultados ensayo tracción indirecta "Fibra corta".	48
Tabla 12 Resutados ensayo tracción indirecta "Fibra larga".	50

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE PORCENTAJE DE FIBRAS ORGÁNICAS DE BAMBÚ, EN MUESTRAS DE HORMIGÓN

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En la actualidad, se han realizado varios estudios de las bondades del bambú en el área de la construcción, cada vez son más las formas de implementación de este material natural no únicamente en usos estéticos sino también en la parte estructural debido a sus propiedades físico – mecánicas.

El bambú es usado como material de construcción desde el principio del hombre para fines de comodidad y bienestar, actualmente este material sigue aportando su contribución al mundo de la construcción, según investigaciones más de 1 billón de personas habitan en casas de bambú como en ciudad de la India y en el país como es el caso de la ciudad de Guayaquil donde un 50% de su población lo utilizan para construir este tipo de viviendas. (Rodríguez Romo, 2006).

Es de conocimiento general que el hormigón simple es un material noble que nos brinda gran resistencia a compresión, pero a tracción el material no cumple un gran desempeño y es por eso que cuando el hormigón se encuentra sometido a cargas de flexión que son las combinaciones de cargas de compresión y cargadas de tracción su capacidad de resistir se ve afectada.

El hormigón presenta dos estados; el estado fresco es el producto inmediato de la mezcla de sus componentes, desde el primer momento se producen reacciones químicas que condicionan las características del material endurecido. El hormigón fresco tiene las siguientes

propiedades: consistencia, docilidad, homogeneidad, masa específica. (Garrido Hernández , 2008).

El hormigón endurecido es el otro estado que se presenta, es la parte final del fraguado del mismo este se compone de áridos finos y gruesos, cemento, agua y aire. Tiene las siguientes características como la densidad, compacidad, permeabilidad, resistencia, dureza, retracción. (Garrido Hernández , 2008).

Dada la problemática que tiene el hormigón cuando trabaja en tracción, se han encontrado maneras de mejorar su comportamiento, agregándole acero longitudinal de refuerzo y varillas transversales de acero, pero en la actualidad se ha demostrado que existen investigaciones de nuevas técnicas de refuerzo del hormigón simple con fibras de diferentes materiales, ya sean de plásticos, metálicos, naturales, etc. Teniendo en cuenta las técnicas actuales para mejorar el rendimiento del hormigón simple, se plantea buscar el aporte que tendría el hormigón simple al brindarle fibras de bambú de dos especies, y como su desempeño varía dependiendo el tipo de bambú. (Correa Villareal, 2021).

El objetivo general de la investigación es realizar ensayos mecánicos del hormigón utilizando la fibra de bambú con el fin de realizar un análisis comparativo el comportamiento del nuevo hormigón frente al hormigón tradicional, una vez definido se proseguirá con los objetivos específicos de la investigación que es analizar la incidencia de diferentes tamaños de fibra de bambú y su comportamiento en hormigón, también se definirá un método alternativo de curado ya que al ser el bambú un material orgánico tiende a pudrirse al sumergirlo en agua y se obtendrá los resultados de los ensayos mediante curvas de carga vs deformación.

Para apreciar los resultados de las fibras de bambú, se plantea prácticas de laboratorio que consisten en la comparación del hormigón tradicional frente al hormigón con fibras de bambú

en diferentes porcentajes, obteniendo resultados de un hormigón alivianado, pero manteniendo sus propiedades mecánicas.

1.2 Descripción del problema

El propósito de este trabajo de titulación es comparar las resistencias de un hormigón tradicional contra un hormigón adicionado fibra de bambú. El hormigón tradicional tiene una producción de 1.6 billones de toneladas, lo cual representado en dióxido de carbono global ocupa un 8% que existe en la atmosfera. La mezcla tradicional del hormigón ocupa un 17% en cemento, 75% en áridos finos y gruesos y lo restante en agua, esto quiere decir que este material consume un promedio aproximado de 10 a 11 millones de toneles de agregados al año, el cual tiene un peso específico de 2400 kg/m³. (Villarreal García & Toro Tipán, 2019).

Desde hace miles de años el ser humano ha tratado de crear pastas cementicias con diversas combinaciones ya sea con materiales pétreos u orgánicos, finalmente concluyendo con el material de construcción llamado hormigón. Este al ser un producto muy rentable en la construcción, ha exigido algunos parámetros que representan un problema, tanto en su constitución física como química. La primera desventaja es que por las condiciones geológicas de algunos lugares la materia prima para la elaboración del material es muy escasa como, por ejemplo, la arena o la grava. El segundo problema se puede considerar la complejidad de algunas construcciones arquitectónicas y estructurales con hormigón, es decir que al material se le exige más capacidad de carga, siendo una de las soluciones, hormigones que contribuyan con menos peso unitario. Sumado a lo anterior descrito, el hormigón presenta considerables pérdidas en la elasticidad y resistencia tras sufrir daños por sismos, factores climáticos, incendios. (Galvez Alvarado et al., 2020).

El hormigón alivianado se define como aquel que tienen sus propiedades definidas y que por métodos planificados desarrollan un peso específico menor frente al hormigón tradicional.

Existen varios métodos para desarrollar hormigones ligeros como: uso de espumas ligeras, reemplazo parcial o total de áridos, uso de áridos de baja densidad o incorporar burbujas de aire en el interior de la mezcla. La característica más importante al realizar hormigones alivianados es que su peso al tener una densidad menor se reduce su carga muerta, esto provocando una mayor rapidez en la construcción y la reducción de costos. (Llontop Esquerre & Ruiz Chávez, 2019).

Los hormigones alivianados tienen varias ventajas dentro de la ingeniería civil como es: la optimización de diseños estructurales, procesos constructivos, disminución de tiempos en construcción, ahorros en costos y reducción del impacto ambiental. (Villarreal García & Toro Tipán, 2019).

1.3 Delimitación del problema

Una vez identificado el problema de investigación se va realizar ensayos mecánicos con el hormigón en el cual se agregara porcentajes de fibras de bambú, dentro de la investigación se van a identificar variables de observación como los resultados de los ensayos mecánicos aplicados en el hormigón y también el proceso del bambú hasta obtener fibras para poder utilizarlo en la mezcla del hormigón, el método de curado que se va a aplicar para el diseño de hormigón y el resultado de la aplicación de diferentes porcentajes de fibra de bambú en la mezcla del hormigón.

1.4 Justificación

Durante varios años el diseño del hormigón se ha realizado de manera tradicional con áridos finos y gruesos, pero se ha visto la necesidad de innovar con nuevos materiales como es el caso del bambú, con el fin de buscar una manera la cual se mejore las características físicas del hormigón. La planta de bambú tiene características de flexibilidad y costos bajos en el medio.

La planta de bambú se puede reforestar ya que sembrando alrededor de 80 plántulas de esta especie en un área de terreno de alrededor de 1000 m², en un tiempo de 5 años se puede desarrollar un guadual, esto genera mayor interés ya que es un material que se contribuye con la protección del medio ambiente reduciendo el consumo de energía para obtener materiales pétreos en minas también se da un tratamiento a las emisiones generadas, la huella de carbono y la generación de desechos.

La flexibilidad y la resistencia a tensión hacen que el bambú sea un material óptimo para realizar ensayos con hormigones simples, la importancia de este material está dada generalmente por el nivel socioeconómico y por la región del país donde es utilizado; generalmente usado en construcciones como asentamientos o zonas costaneras, lo cual ha generado que profesionales lo conozcan y aprovechen las cualidades de esta especie. (Gómez Castro & Acha Daza, 2010).

1.5 Tipo de investigación

La investigación del tipo cuantitativa comparativa ya que al generar las mezclas de hormigón con fibras de bambú y hormigón tradicional se analizará los cambios en su peso y resistencia.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Analizar la incidencia de fibras orgánicas de bambú añadidas al hormigón y determinar sus propiedades mediante ensayos de laboratorio para comparar su comportamiento frente a un hormigón tradicional.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Definir un método alternativo de curado de hormigón con fibras de bambú, para evitar la saturación del material orgánico.
- Comparar las propiedades mecánicas de un hormigón convencional de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con las de un hormigón de la misma resistencia adicionado fibras de bambú en 1, 2 y 5%.
- Determinar un porcentaje adecuado de fibras de bambú con el cual la resistencia del hormigón a ser diseñado sea superior.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones Generales del Hormigón

El hormigón es una mezcla de roca, grava y arena, y demás agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. A menudo se utiliza, aditivos que se agregan para mejorar o cambiar ciertas características del hormigón, como el tiempo de fraguado, durabilidad y ductilidad. (McCormac & Brown, 2011).

De la misma manera que la mayoría de los materiales pétreos, el hormigón tiene mayor resistencia sometido a compresión y su resistencia a tensión es muy baja. (McCormac & Brown, 2011).

El hormigón es un material resultado de la mezcla de materiales que se puede fabricar en planta o en obra el cual tiene varias facetas. La intención al fabricarlo es obtener una mezcla que soporte los requerimientos impuestos por el diseñador. (NEC Estructuras de Hormigón Armado, 2015).

Un aspecto importante a tomar en cuenta en el proceso de fabricación y el cual se puede controlar, es la relación agua-cemento (a/c) la cual determina la resistencia de la mezcla y la protección ante agentes agresivos. Controlando estas variables se puede obtener un hormigón de gran duración. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

2.2 Cemento Portland

El cemento Portland es un polvo fino, de color gris, que se compone esencialmente de aluminio y silicatos de calcio, provenientes de la combinación de yeso, arcillas o pizarras y calizas, mediante procesos especiales. El color semejante a las piedras de la región de Portland, en Inglaterra, le da origen a su nombre. (Romo Proaño M, 2008).

El hormigón fabricado con cemento portland normal requiere alrededor de dos semanas para alcanzar una resistencia suficiente que permita retirar el encofrado y emplear cargas moderadas. Estos hormigones adquieren sus resistencias de diseño después de aproximadamente 28 días, posterior continúan aumentando su resistencia a un menor ritmo. (McCormac & Brown, 2011).

2.3 Agregados para el Hormigón

Los agregados utilizados en el hormigón ocupan alrededor de tres cuartas partes del volumen del hormigón. Al ser más económicos que el cemento, es importante utilizar la mayor cantidad de estos que sea posible. (McCormac & Brown, 2011).

2.3.1 Agregados Pétreos

Las propiedades físicas y mecánicas juegan un papel muy importante en las del hormigón. Estos pueden provenir de la trituración de roca natural o de cantos rodados, de la selección de fragmentos naturales de roca, redondeados o prismáticos; o de materiales artificialmente fabricados. Deben estar compuestos de partículas resistentes, limpias, sanas, libres de desperfectos ocultos, no tener la adherencia como de grasas, aceites, arcillas, limo y libre de materia orgánica. (NEC Estructuras de Hormigón Armado, 2015).

El material granular debe estar compuesto, como mínimo, de dos partes de tamaños distintos; el árido fino, el cual el tamaño de las partículas esta entre 75 μm y 4.75 mm y el árido grueso, las cuales sus partículas son más grandes que 4.75 mm de diámetro nominal (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

2.3.2 Agua

El agua es de vital importancia en el hormigón. Es el componente que se combina químicamente con el cemento para originar la mezcla que junta las partículas del árido, las

mantiene unidas y ayuda en gran medida a la resistencia y a las propiedades mecánicas del hormigón. (NEC Estructuras de Hormigón Armado, 2015).

El agua utilizada en la mezcla debe estar libre de partículas que perjudiquen al hormigón como álcalis, ácidos, sales, aceites, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser nocivas para la mezcla o para el acero de refuerzo. (NEC Estructuras de Hormigón Armado, 2015).

2.4 Propiedades Mecánicas del Hormigón

Usualmente, la propiedad mecánica más importante del hormigón es su resistencia a la compresión, conseguida del ensayo de probetas cilíndricas. Partiendo de este parámetro como referencia para determinar otras propiedades mecánicas, ya que tiene vinculación directa con la mayoría de ellas. (NEC Estructuras de Hormigón Armado, 2015).

2.5 Hormigón con fibra

Dichos hormigones se caracterizan por ser reforzados a través de la introducción de fibras. Estas son pequeñas, discretas y se colocan de manera aleatoria en la mezcla con el objetivo de mejorarla; se puede controlar el agrietado y la contracción durante el fraguado. También, disminuyen la permeabilidad del material y la pérdida de agua que se pueda dar. (Grupo Nuñez, 2023).

Desde que se determinó que las fibras de asbesto pueden ser peligrosas para la salud, se empezó con la búsqueda de sustitutos que proporcionen al hormigón las propiedades que el asbesto le daba y tener de igual manera su precio y calidad. (Juárez Alvarado, 2003).

Juárez Alvarado (2003) afirma que las fibras de acero, vidrio y polipropileno, son alternativas viables para reforzar el hormigón. No obstante, otro grupo de fibras llamadas naturales o vegetales han sido motivo de diferentes estudios para su aplicación como refuerzo del concreto.

La finalidad del uso de las fibras se centra en disminuir el agrietado del hormigón. Sin ellas, disminuye su resistencia a tracción. Estas averías son a causa de la contracción plástica y por producto del secado. (Grupo Nuñez, 2023).

2.6 Tipos de fibras

Las fibras son un factor importante para mejorar las características del hormigón. Existen cuatro tipos las que más se utilizan. Cada una de ellas con diferentes cualidades, que son de gran ayuda en la construcción.

2.6.1 Fibra de acero

Son pequeños alambres de acero que se combinan con el cemento, arena y grava. Estos conceden a la mezcla una mejoría en la resistencia estructural y aumentan la resistencia a flexión, lo que obstaculiza la deformación del hormigón. Junto a esto, esta fibra concede ductilidad, control del fracturado y permiten soportar impactos sin romperse. Los resultados son similares a los que ofrece una malla electrosoldada. (Grupo Nuñez, 2023).

Dichas fibras conceden al hormigón una alta resistencia a tracción y torsión, un aumento de ductilidad y resistencia a flexión estática. (PSI Concreto, 2020).



Figura 1 Fibras de acero.

Fuente: (Grupo Nuñez, 2023).

2.6.2 Fibra de nylon

La fibra de nylon se introduce en la mezcla de hormigón para aumentar su resistencia o el control de la fisuración durante el fraguado. También, ayuda al bombeo ya que reduce la pérdida de material en las tuberías. De este modo, se aprovecha al máximo, al mismo tiempo que se mejora sus propiedades y características. (Grupo Nuñez, 2023).

Esta fibra posee una alta resistencia a los impactos y golpes; tiene buena rigidez, dureza y estabilidad térmica. (Grupo Nuñez, 2023).



Figura 2 Fibras de nylon.

Fuente: (Grupo Nuñez, 2023).

2.6.3 Fibra de vidrio

Principalmente, se emplea en la elaboración de paneles para fachadas de edificaciones. Estas fibras se colocan sobre una base mortero en diversas capas, cuyo material resultante presenta módulo de elasticidad conveniente y un aumento en su resistencia a la tracción. Por regla general, se utiliza un volumen de 5 % del peso seco del hormigón en fibra. (Grupo Nuñez, 2023).



Figura 3 Fibras de vidrio.

Fuente: (Grupo Nuñez, 2023).

2.6.4 Fibra natural

Las fibras naturales se llevan utilizando desde hace muchísimos años debido a su bajo coste, fácil implementación y sus buenas propiedades. En general, las fibras naturales más comunes son la caña de azúcar, el bambú, el coco y ciertos tipos de madera que ofrezcan hebras de diámetro menor a 0.5 milímetros.



Figura 4 Fibras naturales.

Fuente: (Grupo Nuñez, 2023).

Los hormigones realizados con cemento portland y fibras naturales no procesadas como el sisal, coco, caña de azúcar, bambú, yute, madera etc., se han ensayado para determinar sus propiedades en ingeniería y su posible aplicación en la construcción en al menos 40 diferentes países. (Juárez Alvarado, 2003).

En la Tabla 1 se muestra las propiedades mecánicas típicas de algunas fibras naturales.

Tabla 1 Propiedades mecánicas de diferentes tipos de fibras naturales.

Propiedades Mecánicas Típicas de las Fibras Naturales							
Tipo de Fibra	Longitud	Diámetro	Densidad Absoluta	Módulo de Elasticidad	Resistencia Última a Tensión	Elongación a la Ruptura	Absorción de Agua
	mm	mm	g/cm ³	GPa	MPa	%	%
Lino	500	....	....	100	1000	1.8 - 2.2	....
Caña de azúcar	50 - 300	0.20 - 0.40	1.20 - 1.30	15 - 19	170 - 290	....	70 - 75
Yute	1800 - 3000	0.10 - 0.20	1.02 - 1.04	26 - 32	250 - 350	1.5 - 1.9	62
Coco	50 - 350	0.10 - 0.40	1.12 - 1.15	19 - 26	120 - 200	10 - 25	130 - 180
Bambú	2500 - 3500	0.05 - 0.40	1.52	33 - 40	350 - 500	....	40 - 45

Fuente: (Juarez Alvarado, 2002).

2.7 Bambú guadua

Los bambúes son cañas grandes y no una especie de árbol. Pertenecen a la familia de los *Bambu-soideae*. El bambú, en general, es una caña tubular, que está dividida por diafragmas transversales en los nodos. (Ghavami, 2005).

El bambú representa uno de los más grandes recursos naturales renovables del universo ya que provee una gran variedad de productos forestales de diversos usos, los cuales juegan un rol vital en la economía. Los bambúes son fáciles de cultivar, utilizar, transportar, cortar y moldear, tienen un rápido crecimiento y alcanzan la madurez relativamente en un período de tiempo corto. (Mercedes, 2006).

El bambú tiene una amplia variedad de usos y ha estado íntimamente asociado con las actividades de la civilización humana desde los tiempos antiguos. Actualmente, tiene una

amplia gama de aplicación en el campo de la Arquitectura, Ingeniería, Medicina, Química y la Industria. (Mercedes, 2006).

2.7.1 Características del Bambú

El bambú es un material compuesto, formado por fibras de celulosa largas y paralelas incrustadas en una matriz leñosa. La densidad de las fibras en la sección transversal de una cáscara de bambú varía a lo largo de su espesor. Este presenta un material degradado funcionalmente, evolucionado de acuerdo con el estado de distribución de tensiones en su entorno natural. (Ghavami, 2005).

También es un material sustentable ya que su reforestación es acelerada con respecto a otras especies maderables y es una especie endémica a comparación con otras variedades introducidas en el país. (Mendoza Castro & Rosales Salcedo, 2014).

Otra característica es que tiene un crecimiento rápido con relación a sus especies similares, alcanza su altura definitiva en un lapso de cuatro a seis meses; su estructura cambia dependiendo de la sección de la planta, está dividido en: rizoma, tallo y ramas. El diámetro del tallo puede llegar a tener de 5 a 19 centímetros y alcanzar una altura de 18 a 22 metros aproximadamente. (Mendoza Castro & Rosales Salcedo, 2014).

2.7.2 Usos del bambú en construcción

En la construcción el bambú se puede utilizar de varias formas, se coloca en techos de viviendas, los troncos son utilizados como vigas y amarrados con alambre galvanizado este sustituyendo el enreglado de madera para colocar teja. También se puede utilizar como elementos verticales estructurales en forma de columnas (Falck, 2008).

En la Figura 5 se puede observar una edificación en donde se utiliza el bambú tanto como columnas y para techo.



Figura 5 Edificación con bambú.

Fuente: (Nativa Bambú Ecolodge, 2018).

Falck (2008) también habla sobre la obra falsa en la construcción como los andamios y encofrados, los cuales se pueden utilizar como sustituto de pingos de madera que puede servir como parantes para sostener el encofrado de una losa.

En la Figura 6 se observa el bambú empleado como postes para sostener una losa como obra falsa.



Figura 6 Bambú en obra falsa.

Fuente: (Falck, 2008).

2.7.3 Adherencia entre el hormigón y bambú

Al ser agregado a un fragmento de hormigón, funcionando como armadura de tracción, el bambú puede soportar variaciones volumétricas durante el proceso de fraguado de hormigón; en un primer momento, el bambú tiende a hincharse debido al humedecimiento incitado por el contacto con el hormigón fresco; y posteriormente se invierte esa tendencia. El hormigón, aún fraguando, pero ya endurecido, pasa a absorber el agua del bambú y éste tiende a secarse marchitándose. (González Salcedo, 2001).

Diferentes trabajos han sido orientados con el objetivo de superar este problema de adherencia. Gran parte de ellos han tenido como enfoque principal la disminución de las alteraciones volumétricas del bambú a través de un bloqueo del paso del agua por este material, y se sugiere también el uso de tratamientos químicos sobre el bambú para hacerlo más impermeable; el empleo de productos químicos puede no solamente encarecer el producto final obtenido (bambucreto), sino también desanimar a sus eventuales usuarios, principalmente pequeños y medianos agricultores. (González Salcedo, 2001).

2.8 Diseño de mezcla de hormigón, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (Método Fuller-Thompson)

Este método consiste en una curva granulométrica continua para definir la composición óptima de los agregados para el hormigón.

Se recomienda utilizar este método cuando:

- La estructura no está fuertemente armada
- El tamaño máximo del agregado es menor de $50 \pm 20 \text{ mm}$
- Los agregados son preferiblemente de forma redondeada

Procedimiento de diseño

Una vez que se haya realizado la granulometría de los materiales escogidos se grafica las curvas de Fuller y los agregados para definir los porcentajes de arena y grava. En la Figura 7 se muestra un ejemplo.

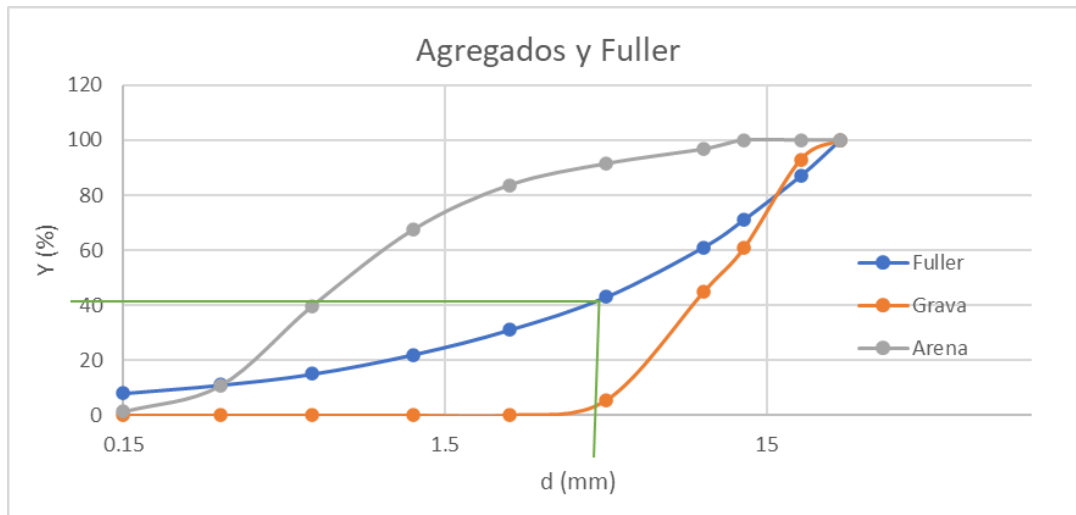


Figura 7 Curva de agregados y Fuller

Fuente: Elaboración propia

a) Cantidad de agua

Se conoce la cantidad de agua en base al asentamiento (S) y a el tamaño máximo del agregado, como se muestra en la Tabla 2.

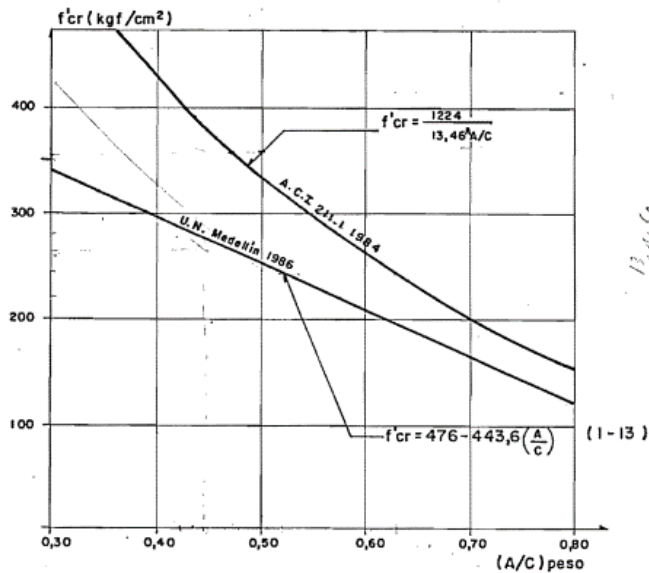
Tabla 2 Cantidad de agua

Asentamiento (cm)	Agua en kgf. Por metro cubico de hormigón para los diferentes tamaños de agregados específicos en mm (Pulg.)							
	10mm (3/8")	12.5 (1/2")	20 (3/4")	25 (1")	40 (3/2")	50 (2")	70 (3")	150 (6")
Hormigón sin aire incluido								
3 - 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 - 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 - 18	240	230	210	205	185	180	170	---
% aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: (Giraldo Bolívar, 1987).

b) Relación Agua – Cemento, A/C

La relación Agua – Cemento se encuentra en la gráfica presentada a continuación tomando en cuenta el f'_{cr}



c) Cantidad de cemento

En base a la relación Agua – Cemento se puede conocer la cantidad de cemento aplicando la igualdad

$$\frac{A}{C} = \frac{A}{C}$$

d) Volumen de los agregados

Con los pesos específicos de los materiales y la igualdad presentada se obtiene el volumen de los agregados en m^3 , como son la grava y la arena.

En la Tabla 3 se muestra los pesos específicos de los materiales a ser usados.

$$1m^3 = V_{H2O} + V_{cemento} + V_{agregados}$$

Tabla 3 Pesos específicos de los materiales.

Y Agregados		
H2O	1000	kg/m ³
Cemento	2900	kg/m ³
Grava sss	2670	kg/m ³
Arena sss	2500	kg/m ³

Fuente: (Giraldo Bolívar, 1987).

e) Pesos y proporciones

Una vez obtenidos los volúmenes de cada uno de los materiales, como del agua, cemento y agregados pétreos se puede saber la dosificación para 1m³ de hormigón y conocer su peso específico que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³.

f) Corrección por humedad

Una vez encontrado los pesos de los materiales se procede con la corrección por humedad de los agregados tanto de grava como de arena y corrección de la cantidad de agua.

g) Combinación de Fuller

Con la combinación de los agregados se obtiene una gráfica de “Abertura de los tamices (mm) vs % que pasa acumulado”, la cual debe ser parecida a la curva de Fuller, como se muestra en la Figura 8.

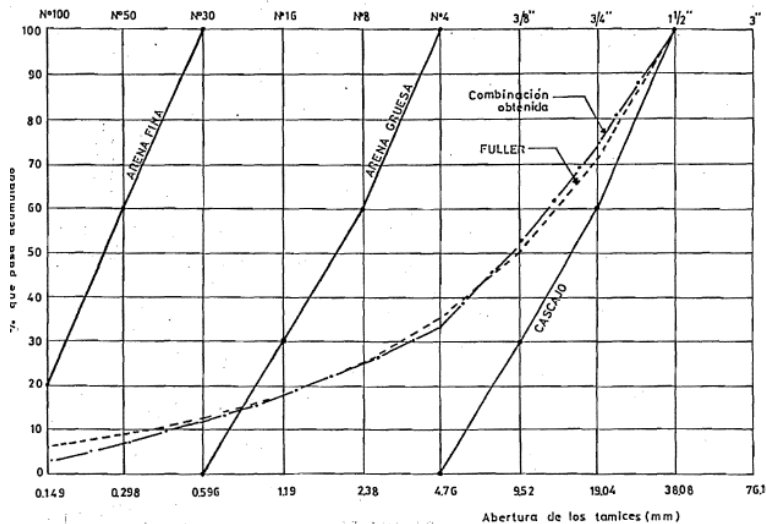


Figura 8 Grafica del ejemplo de Fuller.

Fuente: (Giraldo Bolívar, 1987).

2.9 Ensayo “Cono de Abrams” para asentamiento

Este ensayo se basa en la normativa NTE INEN 1 578:2010, el cual tiene por objeto proporcionar al usuario un procedimiento para determinar el asentamiento de hormigones de cemento hidráulico en estado plástico. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010).

Para realizar este ensayo se necesita de los siguientes materiales:

- Molde (Cono de Abrams)
- Bandeja
- Varilla de compactación
- Instrumento de medida (flexómetro)
- Cucharon
- Bailejo

La norma NTE INEN 1 578:2010 indica que el hormigón recién mezclado se coloca dentro del molde con forma de cono truncado (Cono de Abrams) y se compacta con una varilla, el molde es levantado permitiendo que el hormigón fresco se asiente, posterior se mide la

diferencia de alturas entre el cono y la parte superior de la mezcla desplazada, la diferencia de alturas se conoce el asentamiento de la mezcla realizada.

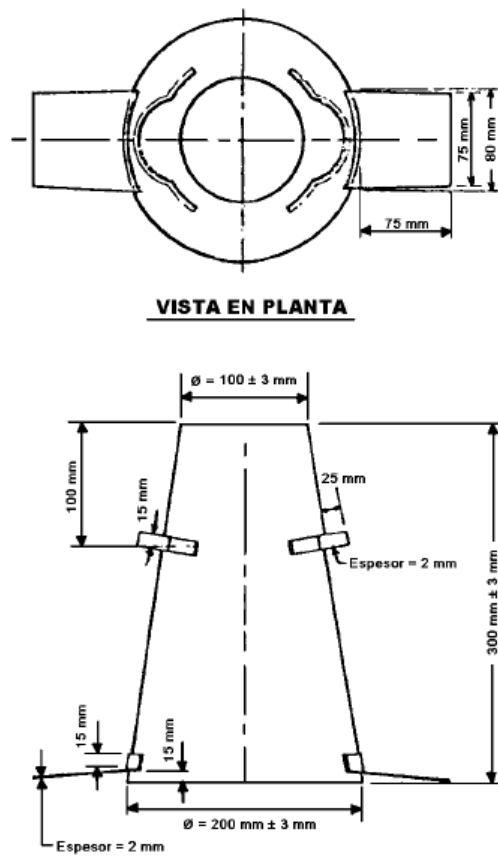


Figura 9 Molde para ensayo de asentamiento.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010).

2.10 Ensayo de compresión

La norma NTE INEN 1 573: 2010 que hace referencia al ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión dice que este método consiste en emplear una carga axial de compresión a los cilindros moldeados de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla de la muestra.

La velocidad debe ser aplicada continuamente y sin impacto sobre el espécimen de 0.25 ± 0.05 MPa/s. Se debe mantener la velocidad de movimiento al menos durante la última mitad de la fase de carga. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010).

Los especímenes de ensayo estándar son cilindros de hormigón de 150 x 300 mm o 100 x 200 mm. Pueden utilizarse cilindros de otras dimensiones, siempre y cuando cumplan con la relación Longitud/Diámetro = 2. (ASTM, 1996).

En las Figuras 10 se muestra el esquema de un bloque de carga esférico típico.

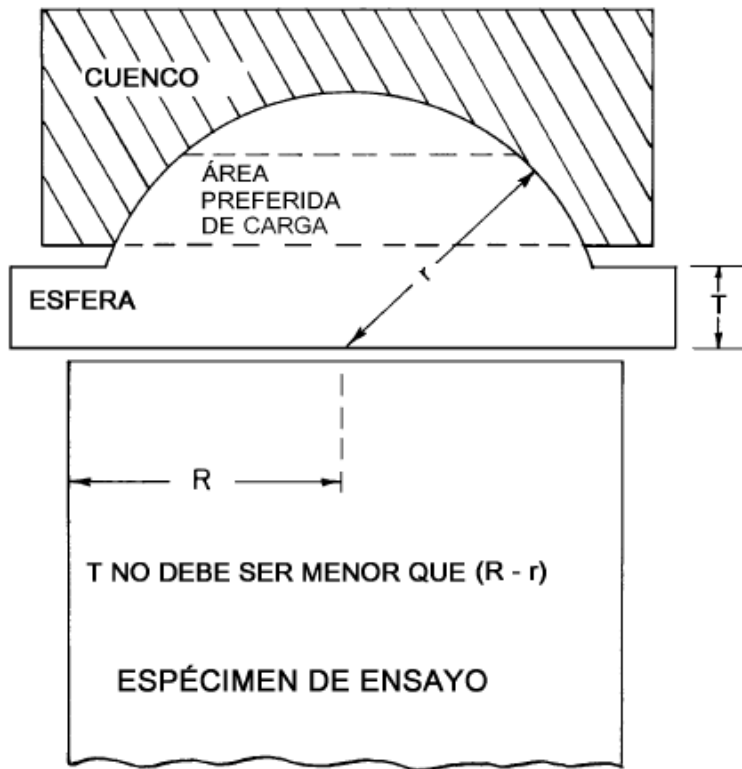


Figura 10 Bloque de carga esférico típico.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010).

En la Figura 11 se muestra la máquina de ensayo con la que se realizaron los ensayos de laboratorio



Figura 11 Maquina de ensayo.

Fuente: Elaboración propia.

2.11 Ensayo de Tracción Indirecta

La norma NTE INEN 2648:2013 la cual hace referencia a la determinación de la resistencia a la tracción por compresión dice que este ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión a lo largo de una muestra cilíndrica de hormigón, a una velocidad establecida en la norma, hasta lograr la falla. La carga provoca esfuerzos de tracción en el plano que contiene la carga aplicada y esfuerzos de compresión altos en el área circundante a la carga aplicada.

La velocidad de carga que indica la norma ASTM C496 para el ensayo de tracción indirecta está dentro de un rango de 100 a 200 psi/min (689 a 1380 kPa/min) de forma continua, sin

golpes y a velocidad constante hasta que ocurra la falla en la probeta. En la Figura 12 se muestra la forma en la que se realiza el ensayo.



Figura 12 Ejemplo de ensayo tracción indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del esfuerzo de tracción, en la norma NTE INEN 2648 2013 indica la siguiente formula:

$$T = \frac{2P}{\pi l d}$$

Donde:

- T = Resistencia a tracción por compresión diametral, (kg/cm²),
- P = Carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, kg,
- l = Longitud, cm,
- d = diámetro, cm.

3. CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En el presente trabajo de grado, se realizaron dos tipos de ensayos, los cuales fueron de compresión y tracción indirecta, estos fueron realizados en probetas cilíndricas de 100 mm de diámetro y 200 mm de alto cumpliendo la relación 1:2. A dichas probetas se agregaron fibras de bambú en diferentes tamaños y porcentajes; con respecto a tamaños se adiciono fibras cortas y fibras largas las cuales varían de 4 a 5 cm y 9 a 10 cm respectivamente. Y para los porcentajes se añadió en 1, 2 y 5%.

En la normativa ACI 544.1R-96 en la Tabla 5.1 indica que el bambú para considerarse como una fibra debe estar entre los 0.05 y 0.4 mm de diámetro independientemente de su longitud. Dicho esto, en el presente trabajo se consideró diámetros de 2 a 3 mm, debido a que el proceso de manufactura para la elaboración de fibras tiene un alto costo económico y conlleva un largo proceso; por lo que las fibras fueron elaboradas a mano con la ayuda de herramientas menores como sierras y cuchillas obteniendo dichos diámetros.

Por otra parte, con relación a los porcentajes utilizados, en la normativa ACI 544.1R-96 señala que el porcentaje de fibras naturales sin procesar utilizadas en una mezcla varia del 3 al 30 % según el tipo de fibra utilizada. Expuesto esto según Archila, H., Kaminski, S. (2018) afirma que un porcentaje óptimo de bambú que se puede agregar en una mezcla es máximo el 3%; tomando en cuenta esta referencia se utilizó el 1 y 2% como recomendación y el 5% se utilizó con fines investigativos.

En este trabajo se analizó varias muestras de diferentes tipos, las cuales fueron las probetas cilíndricas tanto de hormigón patrón como las que se agregaran fibras en sus diferentes porcentajes y tamaños. En total se consideraron 84 muestras de las cuales 12 fueron de hormigón patrón y 24 para cada tipo de fibra. En la Tabla 4 se muestra a detalle el número de muestras ensayadas.

Tabla 4 Detalle de numero de muestras ensayadas.

Porcentaje de fibra	0%						1%						2%						5%								
	compresión			tracción indirecta			compresión			tracción indirecta			compresión			tracción indirecta			compresión			tracción indirecta					
Días	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
Hormigón patrón	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fibra corta	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Fibra larga	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	12						24						24						24								
	84																										

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Elaboración de fibras de bambú

En primer lugar, para la preparación de las fibras se partió de una caña, la cual previamente tuvo un proceso de tratado y secado, con la ayuda de una sierra se procedió a separar los nudos de los entrenudos como se observa en la Figura 13:



Figura 13 Proceso de corte de entrenudos.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se obtuvo las partes de los entrenudos con la ayuda de un machete se procedió a realizar cortes longitudinales y obtener pedazos tipo tablillas, de las cuales con la ayuda de una sierra se realizaron los cortes para fibras cortas y fibras largas como se observa en la Figura 14.



Figura 14 Tablillas de bambú.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los pedazos tipo tablillas con la ayuda de una cuchilla se realizó cortes longitudinales para obtener las fibras de diferentes tamaños (fibra corta y fibra larga), los cuales su ancho varía de 2 a 3 mm como se observa en las Figura 15.



Figura 15 Fibras cortas y largas.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Elaboración del hormigón

Para obtener la resistencia requerida del hormigón primero se realizó el diseño del hormigón mediante el método Fuller-Thompson; una vez obtenido el diseño se procedió a elaborar el mismo, para ellos se utilizó diferentes materiales y herramientas enlistadas a continuación:

Materiales:

- Cemento Holcim Fuerte Ecoplanet
- Agregado grueso
- Agregado fino
- Agua
- Fibras vegetales de bambú en diferentes tamaños

Herramientas:

- Mezcladora
- Molde cilíndrico de 20x10 cm
- Balanza
- Balde
- Recipientes
- Pala
- Bailejo

3.2.1 Procedimiento

Primero se adquirieron los agregados pétreos de una cantera local, la cual trae el material del cantón Santa Isabel de la provincia de Azuay. Una vez obtenido el material se procedió a realizar los ensayos granulométricos de los agregados grueso y fino, estos en base a la normativa NTE INEN 696. En la Tabla 5 se muestran los resultados de los ensayos de granulometría.

Tabla 5 Granulometrías de Arena y Grava.

Granulometría			
	Malla	Arena	Grava
25.4	1"	100	100
19.1	3/4"	100	92.97
12.7	1/2"	100	60.71
9.52	3/8"	96.78	44.77
4.76	Nº 4	91.5	5.58
2.38	Nº 8	83.74	0
1.19	Nº 16	67.42	0
0.58	Nº 30	39.78	0
0.3	Nº 50	10.72	0
0.15	Nº 100	1.24	0

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Preparación del hormigón

Una vez obtenidos los resultados de ensayo granulométrico se procede a emplear el diseño previamente seleccionado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Fuller-Thompson), con el cual se determinó las cantidades de material necesarias para realizar la mezcla de hormigón. En la Tabla 6 se detalla la dosificación con relación al peso del material. El diseño fue realizado para 1 m^3 de hormigón.

Tabla 6 Dosificación para 1 m^3 .

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	464.29	kg
Agua	185.83	kg
Arena	672.69	kg
Grava	1047.80	kg

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber obtenido las cantidades solicitadas se procedió a pesar el material requerido en diferentes recipientes en este caso cemento, grava, arena y agua. Figura 16:



Figura 16 Materiales para mezcla de hormigón.

Fuente: Elaboración propia.

Con los materiales ya pesados se procede a realizar el proceso de mezcla en la hormigonera como se muestra en la Figura 17.



Figura 17 Proceso de mezcla de materiales.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez terminada la mezcla se vacía en un recipiente para posterior realizar el ensayo para determinación de asentamiento.

3.2.3 Procedimiento ensayo “Cono de Abrams”

Una vez que el hormigón es vaciado en la bandeja se tiene que humedecer el molde y un operador debe sostener firmemente el mismo, la muestra se coloca en el cono en tres capas, cada una aproximadamente un tercio del volumen del molde, cada capa se compacta con 25 golpes con la varilla de compactación. Con la capa superior compactada se enrasa la superficie del hormigón sobre el borde superior del molde. Realizadas ya las tres capas se debe retirar de

inmediato el molde levantándolo de forma vertical en un rango de 2 a 5 segundos con un movimiento uniforme y sin movimientos laterales, y a continuación medir el asentamiento. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010).

Para este diseño se determinó que la mezcla debe tener un asentamiento de 7 cm, como se observa en la Figura 18:



Figura 18 Ensayo Cono de Abrams.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Elaboración de cilindros de hormigón

Para la elaboración de los cilindros de hormigón se siguió el proceso descrito en la norma NTE INEN 3124 (Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio), de la cual se eligió utilizar moldes cilíndricos de dimensiones 10 cm de diámetro y 20 cm de alto cumpliendo la relación 1:2.

La norma NTE INEN 3124 describe los equipos necesarios para la elaboración como: moldes cilíndricos (10cm x 20cm), varilla compactadora, martillo con cabeza de caucho, herramienta menor y bandejas.



Figura 19 Probetas para cilindros de hormigón.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.1 Procedimiento

Se debe realizar los especímenes lo más cerca posible del lugar donde serán almacenados, con los cilindros ubicados en una superficie plana y aplicados desmoldante se procede a colocar el hormigón en los moldes, el llenado se lo realiza en dos capas iguales como indica en la norma siguiendo el método de consolidación por varillado. Una vez aplicada la primera capa se varilla hasta el fondo un total de 25 veces y de igual manera la segunda capa, después de que cada capa haya sido varillada se golpe ligeramente el exterior del molde con el martillo de cabeza de caucho de 10 a 15 veces para cerrar vacíos y liberar burbujas de aire.

Luego de haber realizado la consolidación se enraza la superficie del hormigón evitando que tenga depresiones mayores a 3 mm.

Pasado 24 horas se desmoldan las muestras, estas tienen que ser desmoldadas en un tiempo máximo de 48 horas; posterior a esto se marcan los cilindros y son curados en húmedo a una temperatura de $23^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ desde el tiempo del moldeo hasta el momento del ensayo.



Figura 20 Cilindros patrón.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Elaboración de hormigón con fibras

Una vez realizadas las muestras patrón y haber comprobado su resistencia se procede a realizar nuevas probetas con la adición de las fibras; para determinar los porcentajes de fibra a ser añadidas a los cilindros se tomó en cuenta el peso volumétrico del hormigón que se va a utilizar y a este se agregó el porcentaje requerido ya sea para el 1, 2 o 5%.

Para agregar las fibras a la mezcla de hormigón estas fueron previamente saturadas en agua, para que al momento que entren en contacto con el hormigón no absorban humedad y esto no afecte su resistencia. La fibra fue añadida directamente a la concreteira el momento que la mezcla ya se encontraba homogenizada en la mezcladora con ello se evita que esta sufra daños.



Figura 21 Fibras de bambú saturadas.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22 se muestra los diferentes materiales (agregados, cemento, fibras, agua) previos a ser incorporados en la concreteira.



Figura 22 Materiales para hormigón con fibra.

Fuente: Elaboración propia.

En las Figura 23 y Figura 24 se muestra los materiales en la concretera y la mezcla ya terminada respectivamente.

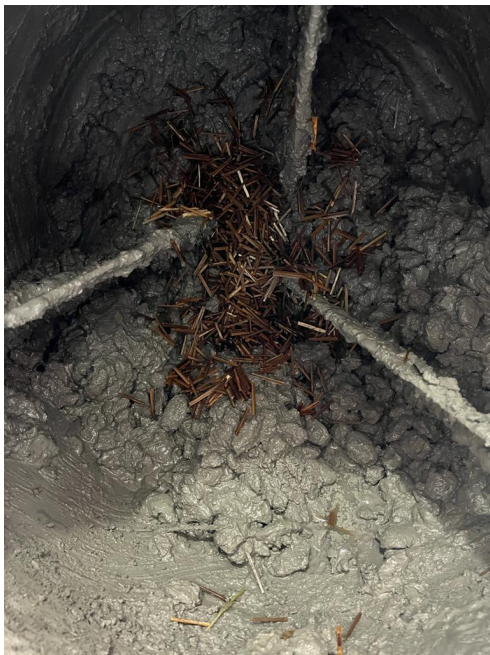


Figura 23 Proceso de mezcla de hormigón con fibras.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 24 Hormigón con fibra.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez elaborados y desmoldados los cilindros se realizó el proceso de curado, el cual se determinó en envolverlos con papel film; previo a envolver los cilindros estos fueron sumergidos en agua cierto tiempo para que se humedezcan, con las probetas ya sumergidas se procedió a sacarlas para ser envueltas, de tal manera que retengan humedad o el agua impregnada permanezca durante los 28 días, pero sin llegar al punto de ocasionar daños en las fibras. En la figura 25 y 26 se muestra cómo fueron envueltos los cilindros.



Figura 25 Proceso de curado de hormigón con fibra corta.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 26 Proceso de curado de hormigón con fibra larga.

Fuente: Elaboración propia.

4. CAPITULO 4. RESULTADOS

4.1 Diferencia de pesos hormigón patrón – hormigón con fibra

Previo a realizar los ensayos cada cilindro fue medido y pesado como indica la normativa; una de los beneficios que nos da la adición de fibras al hormigón es la disminución de peso debido a la diferencia de densidades, en la Tabla 7 se muestra cada uno de los pesos de los cilindros a ser ensayados con los dos tipos de fibra y sus respectivos porcentajes.

De igual manera en la Tabla 8 se muestra los valores de los pesos de cada tipo de muestra en promedio y se determina que:

- Los cilindros con la adición de fibra corta en 1, 2 y 5% tuvieron una disminución de peso de: con 1% una disminución de un 0.54%; con 2% hubo una disminución en un 1.05% y con el 5% una disminución de 2.65%.
- De igual manera con los cilindros adicionados fibra larga hubo una disminución en su peso de: con 1% una disminución de un 0.48%; con el 2% una disminución de 1.03% y con el 5% una disminución de 2.67%.

Tabla 7 Pesos de cada uno de los cilindros a ser ensayados.

Hormigón	Pesos (gr)					
	Fibra Corta			Fibra Larga		
	1%	2%	5%	1%	2%	5%
Patrón						
3865	3843	3823	3761	3845	3823	3763
3875	3854	3835	3774	3854	3833	3773
3915	3895	3873	3813	3899	3874	3814
3951	3930	3910	3847	3930	3908	3848
3794	3774	3754	3694	3778	3753	3693
3878	3856	3836	3773	3855	3845	3771
3921	3900	3878	3819	3899	3880	3812
3880	3858	3837	3774	3857	3838	3769
3878	3857	3835	3776	3867	3836	3776

3905	3885	3864	3803	3884	3862	3802
3891	3868	3847	3786	3870	3850	3787
3825	3802	3783	3719	3804	3785	3722

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8 Pesos promedio de los cilindros.

Hormigón patrón	1%	2%	5%	1%	2%	5%
3881	3860	3840	3778	3862	3841	3777

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Método alternativo de curado

El tratamiento que se dio a las probetas previo a realizar los ensayos fue de sumergir los cilindros un tanque de agua para su curado y evitar su deshidratación esto con respecto a los cilindros patrón.

Por otro lado, a las probetas con la adición de fibra se dio un tratamiento de curado sin ser sumergidas en agua, ya que estas podrían sufrir daño en sus fibras debido a que es un material orgánico, por esto la solución más viable fue, que una vez desmoldados los cilindros fueran saturados y posterior fueran forrados con papel film para mantener la humedad. Este método alternativo de curado dio un buen resultado, dado que al momento de retirar el papel film las probetas se encontraban húmedas asumiendo que tuvieron un correcto curado, y las fibras no fueron afectadas ya que al momento de realizar los ensayos se pudo observar que las fibras no tuvieron daño. En la Figura 27 se muestra como fueron envueltos los cilindros con papel film.



Figura 27 Método alternativo de curado de cilindros con fibras.

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Resultados Ensayo de Compresión

4.3.1 Resultados ensayo de compresión “Fibra Corta”

Resultado de cilindros ensayados a compresión: hormigón patrón y hormigón con “Fibra Corta” adicionado del 1, 2 y 5% de fibra.

Tabla 9 Resultados ensayo a compresión "Fibra Corta".

Resultados Ensayo de Compresión (kgf/cm ²)			
Fibra Corta 1, 2 Y 5%			
	7 días	14 días	28 días
Patrón	129.65	154.01	215.01
FC 1%	137.28	175.47	221.93
FC 2%	146.03	157.49	208.99
FC 5%	88.67	135.96	148.04

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28 se presenta el comportamiento de las resistencias adquiridas del ensayo a compresión para el cilindro patrón comparado con los que fueron añadidos “Fibra Corta”; a los 28 días el cilindro patrón alcanzo 215 kg/cm², con la adición del 1% alcanzo 222 kg/cm² a los 28 días, con la adición del 2% alcanzo 209 kg/cm² a los 28 días y con el 5% alcanzo una resistencia de 148 kg/cm² a los 28 días.

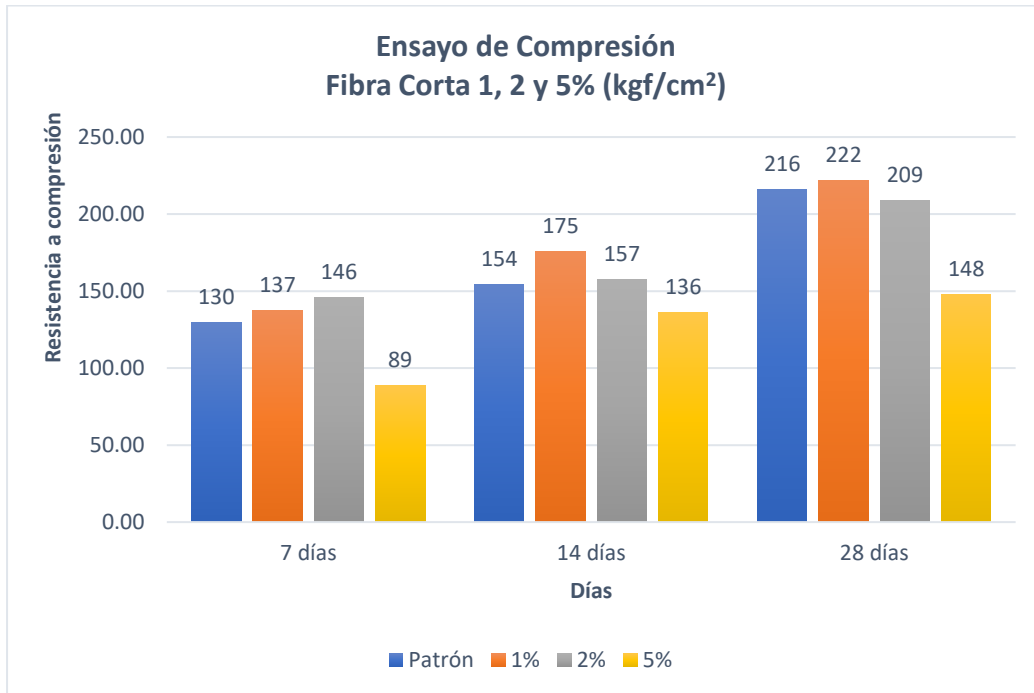


Figura 28 Resistencias de ensayos a compresión FC 1, 2 y 5%.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del diseño patrón el cual cumplió la resistencia propuesta alcanzando un máximo de 215 kg/cm²; se puede observar que el cilindro con la adición del 1% de fibras fue el más favorable ya que supero al cilindro patrón en un 5.71% su resistencia y llegando a un máximo de 222 kg/cm², por otro lado, el testigo con la adición de 5% fue el más desfavorable ya que tuvo una brusca caída en la resistencia incluso más baja que la del patrón con 148 kg/cm²; con la adición del 2% de fibra no hubo un aumento de resistencia ya que a los 28 días el testigo obtuvo una resistencia aproximada a la del diseño patrón con 209 kg/cm².

En la Figura 29 se muestra la curva Esfuerzo – Deformación a los 28 días del hormigón adicionado “Fibra Corta” en 1%, el cual fue el más favorable de los porcentajes.

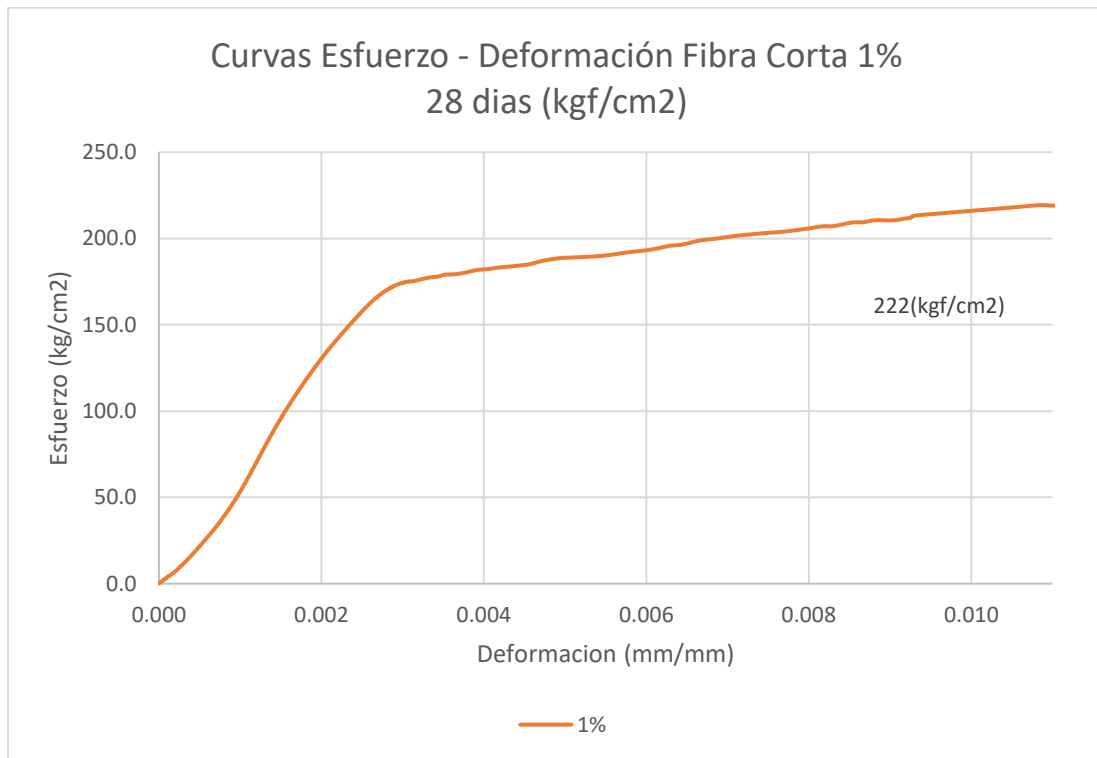


Figura 29 Curva Esfuerzo - Deformación fibra corta 1%.

Fuente: Elaboración propia.

Según la norma NTE INEN 1 573:2010 indica seis tipos de fisuras de la cual en la Figura 30 la fractura del cilindro es de Tipo 2 diciendo que es un cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales que recorren a través de la cabecera, como no muy definido en el otro extremo.

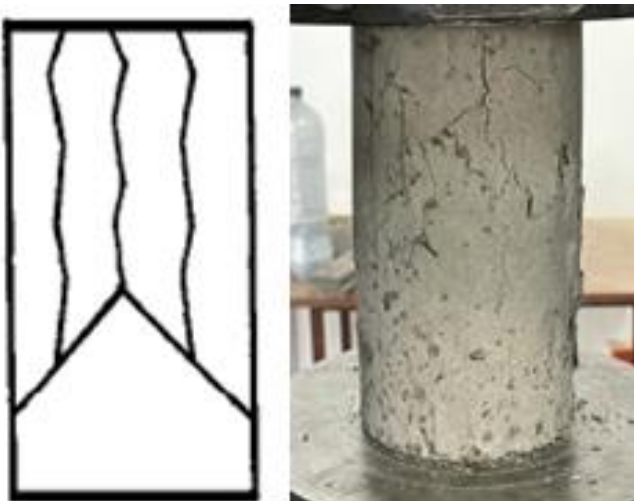


Figura 30 Fisura Tipo 2.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010), Elaboración propia.

4.3.2 Resultados ensayo a compresión “Fibra Larga”

Resultado de cilindros ensayados a compresión: hormigón patrón y hormigón con “Fibra Larga” adicionado del 1, 2 y 5% de fibra.

Tabla 10 Resultados ensayo a compresión "Fibra Larga".

Resultados Ensayo de Compresión (kgf/cm ²)			
Fibra Larga 1, 2 Y 5%			
	7 días	14 días	28 días
Patrón	129.65	154.01	215.01
FL 1%	158.17	208.77	233.10
FL 2%	167.93	169.02	219.94
FL 5%	105.60	142.82	156.71

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31 se presenta el comportamiento de las resistencias adquiridas del ensayo a compresión para el cilindro patrón comparado con los que fueron añadidos “Fibra Larga”; a los 28 días el cilindro patrón alcanzo 215 kg/cm², con la adición del 1% alcanzo 233 kg/cm² a

los 28 días, con la adición del 2% alcanzo 220 kg/cm² a los 28 días y con el 5% alcanzo una resistencia de 157 kg/cm² a los 28 días.

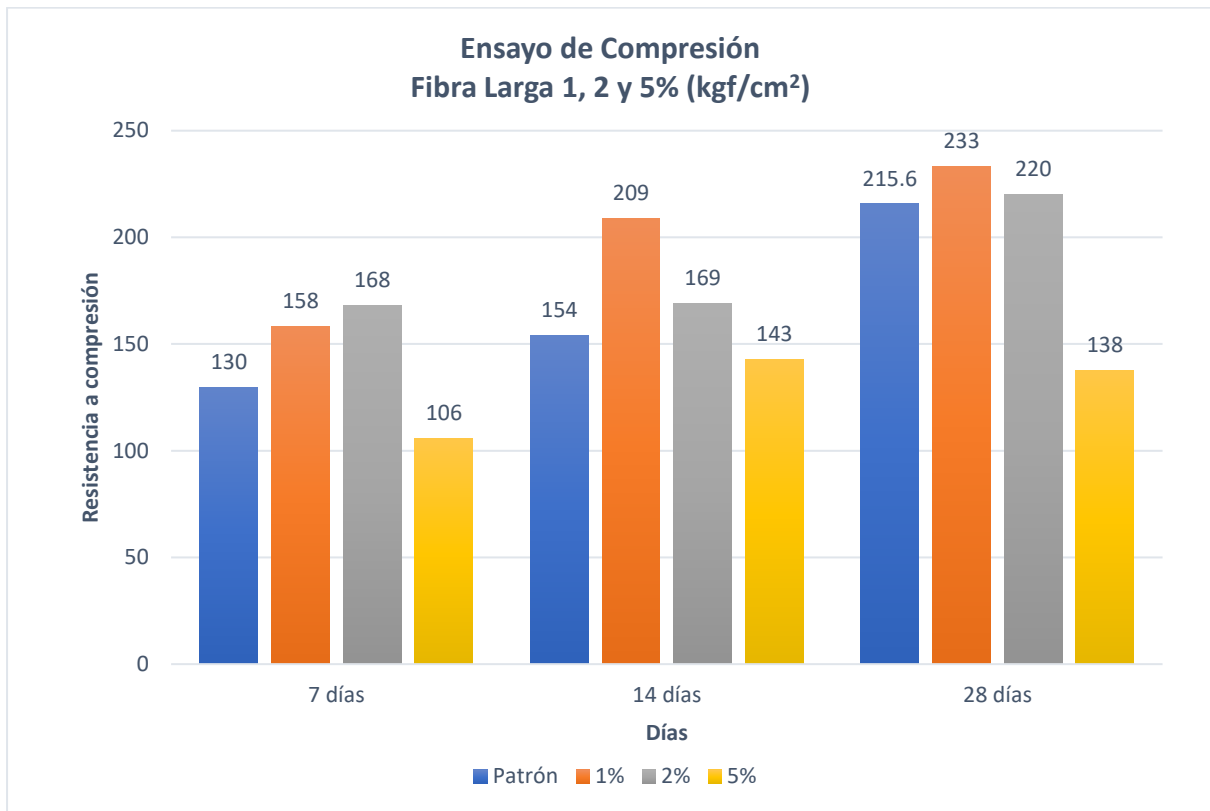


Figura 31 Resistencias de ensayos a compresión FL 1, 2 y 5%.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del diseño patrón el cual cumplió la resistencia propuesta alcanzando un máximo de 215 kg/cm²; se puede observar que el cilindro con la adición del 1% de “Fibra larga” al igual que con la “Fibra Corta” fue el más favorable incluso superándolo con un aumento de resistencia en 10.95%, por otro lado, el testigo con la adición de 5% fue el más desfavorable de igual manera que con la fibra corta el cual también tuvo una caída en la resistencia con 157 kg/cm²; con la adición de 2% de fibra hubo también un aumento en la resistencia superando al patrón en un 4.76% alcanzando 220 kg/cm².

En la Figura 32 se muestra la curva Esfuerzo – Deformación a los 28 días del hormigón adicionado “Fibra Larga” en 1%, el cual fue el más favorable de los porcentajes.

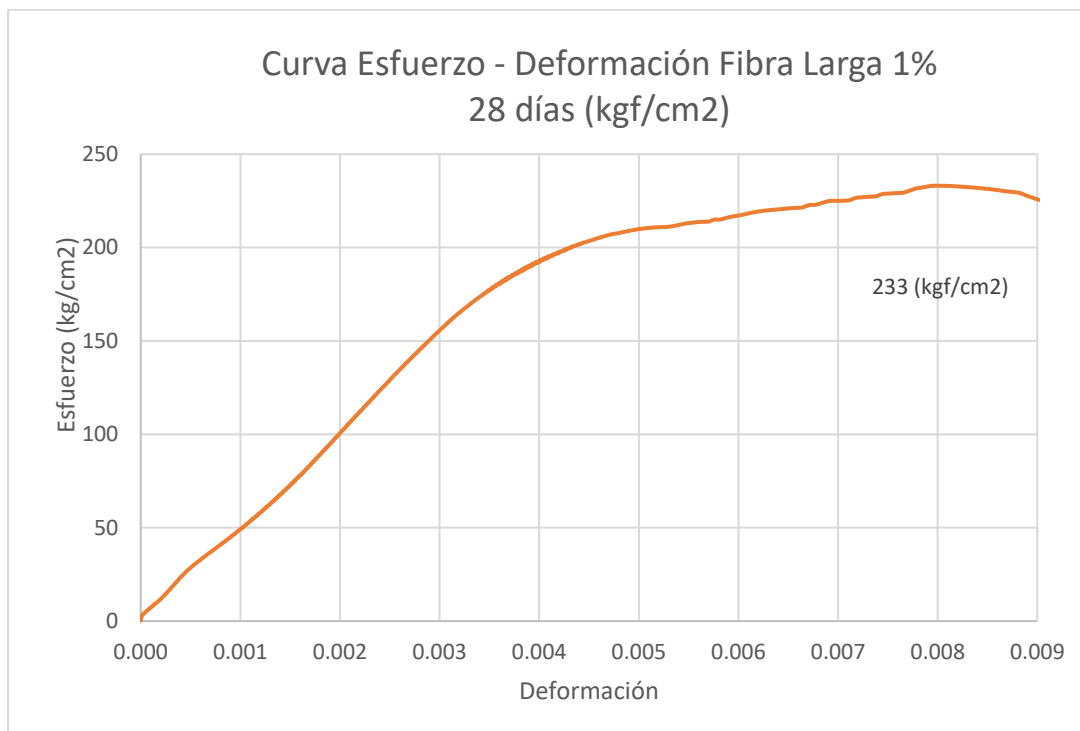


Figura 32 Curva Esfuerzo - Deformación fibra larga 1%.

Fuente: Elaboración propia.

Según la norma NTE INEN 1 573:2010 indica seis tipos de fisuras, de la cual en la Figura 33 la fractura del cilindro es de Tipo 3 diciendo que es una fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos.

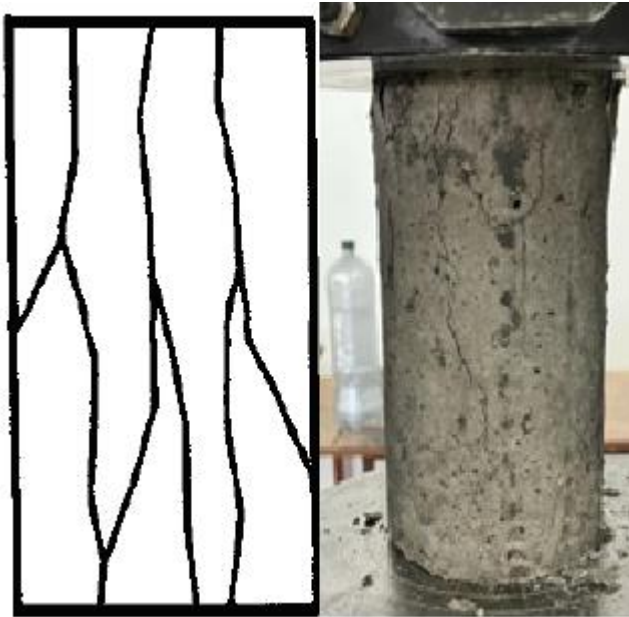


Figura 33 Fisura Tipo 3.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010), Elaboración propia.

En la Figura 34 y Figura 35 se muestra la curva Esfuerzo – Deformación a los 28 días del hormigón adicionado “Fibra Corta” y “Fibra Larga” en 1, 2 y 5%.

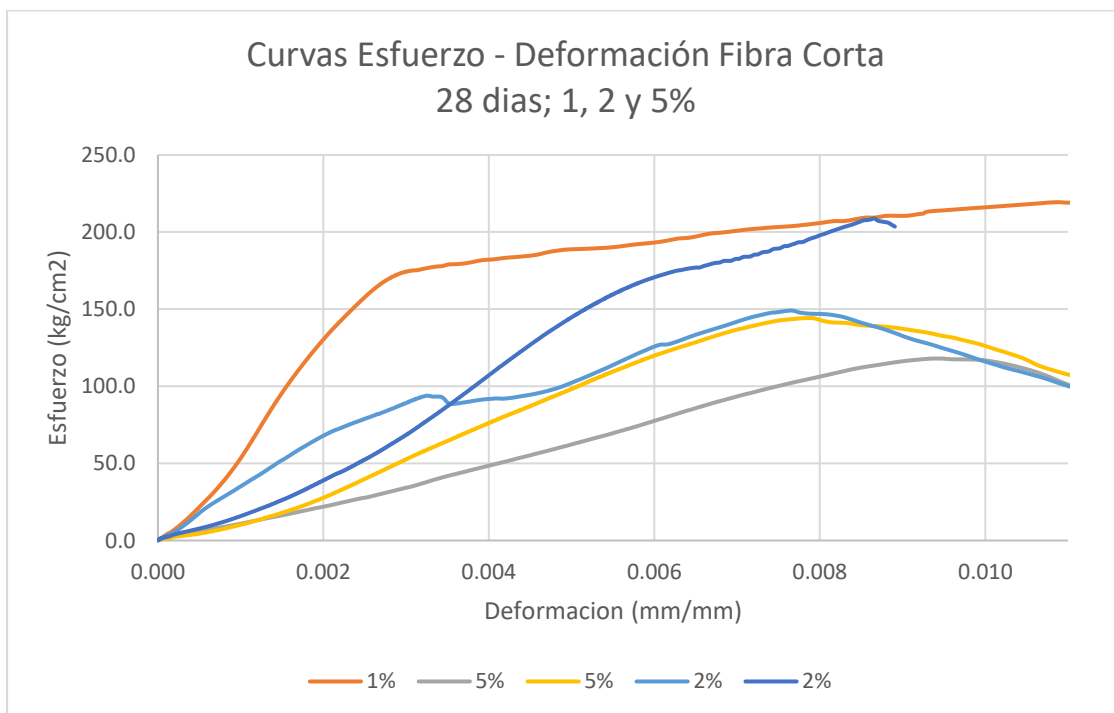


Figura 34 Curva Esfuerzo – Deformación Fibra Corta 1% 7, 14, y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

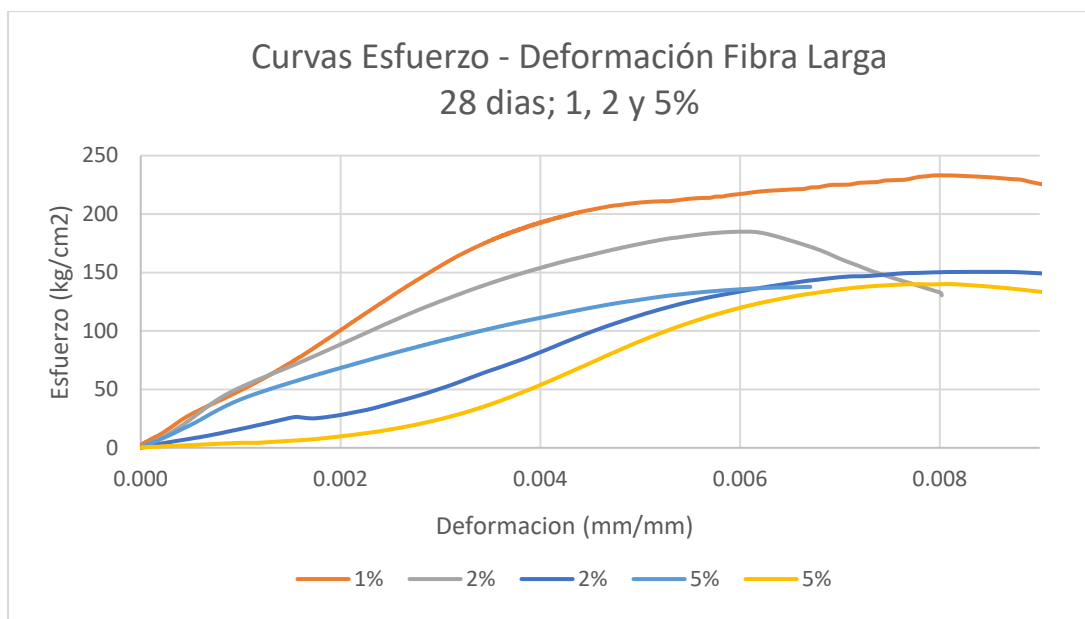


Figura 35 Curva Esfuerzo – Deformación Fibra Larga 1% 7, 14, y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Resultados Ensayo de Tracción Indirecta

Para obtener los valores de esfuerzo de la resistencia a tracción indirecta, se utilizó la fórmula antes mencionada en el apartado 2.11 que indica la norma NTE INEN 2648 2013.

4.4.1 Resultados ensayo de tracción indirecta “Fibra Corta”

Resultado de cilindros ensayados a tracción indirecta: hormigón patrón y hormigón con “Fibra Corta” adicionado del 1, 2 y 5% de fibra.

Tabla 11 Resultados ensayo tracción indirecta "Fibra corta".

Resultados Ensayo de Tracción Indirecta (kgf/cm ²)			
Fibra Corta 1, 2 Y 5%			
	7 días	14 días	28 días
Patrón	16.81	18.90	21.45
FC 1%	14.95	20.20	24.82
FC 2%	14.66	18.89	23.05
FC 5%	10.52	12.24	13.71

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 38 se presenta el comportamiento de las resistencias adquiridas del ensayo a tracción indirecta al cilindro patrón comparado con los que fueron añadidos “Fibra Corta”; a los 28 días el cilindro patrón alcanzo 21.4 kg/cm², con la adición del 1% alcanzo 24.8 kg/cm² a los 28 días, con la adición del 2% alcanzo 23 kg/cm² a los 28 días y con el 5% alcanzo una resistencia de 13.7 kg/cm² a los 28 días.

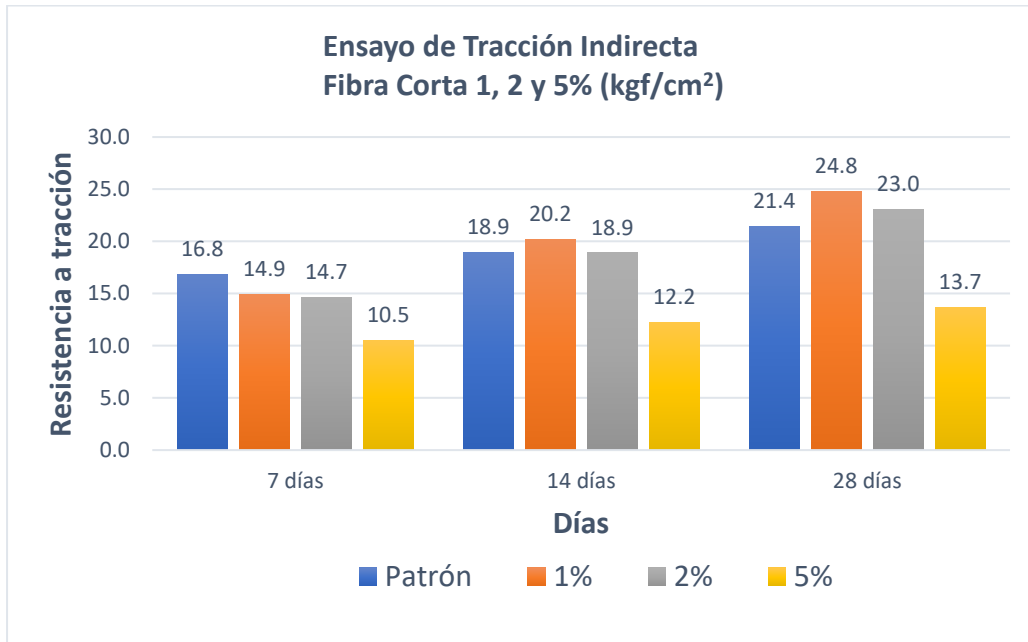


Figura 36 Resistencias de ensayo tracción indirecta FC 1,2 y 5%.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizados los ensayos se pudo conocer que el hormigón patrón a los 28 días alcanzo un máximo de 21.4 kg/cm², tomando en cuenta dicho valor y comparado al hormigón con diferentes porcentajes de fibra se tiene que: con el 1% de fibra alcanzo 24.8 kg/cm² superando al patrón en un 15.71% siendo este el más favorable con relación a los demás, de igual manera con el 2% hubo un aumento en la resistencia de 7.46% con una resistencia de 23 kg/cm², y con respecto al 5% la resistencia disminuyo en 36.10% con una resistencia de 13.7 kg/cm² siendo este el más desfavorable.

Según la normativa ASTM C496 indica el plano de falla que se debe dar como resultado del ensayo, tal como se observa en la Figura 40.



Figura 37 Tipo de falla a tracción indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Resultados ensayo tracción indirecta “Fibra Larga”

Resultado de cilindros ensayados a tracción indirecta: hormigón patrón y hormigón con “Fibra Larga” adicionado del 1, 2 y 5% de fibra.

Tabla 12 Resultados ensayo tracción indirecta "Fibra larga".

Resultados Ensayo de Tracción Indirecta (kgf/cm ²)			
Fibra Larga 1, 2 Y 5%			
	7 días	14 días	28 días
Patrón	16.81	18.90	21.45
FL 1%	15.20	17.80	24.98
FL 2%	14.86	18.73	24.15
FL 5%	11.85	10.70	15.62

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 41 se presenta el comportamiento de las resistencias adquiridas del ensayo a tracción indirecta al cilindro patrón comparado con los que fueron añadidos “Fibra Larga”; a los 28 días el cilindro patrón alcanzo 21.4 kg/cm², con la adición del 1% alcanzo 24.9 kg/cm² a los 28 días, con la adición del 2% alcanzo 24.1 kg/cm² a los 28 días y con el 5% alcanzo una resistencia de 15.6 kg/cm² a los 28 días.

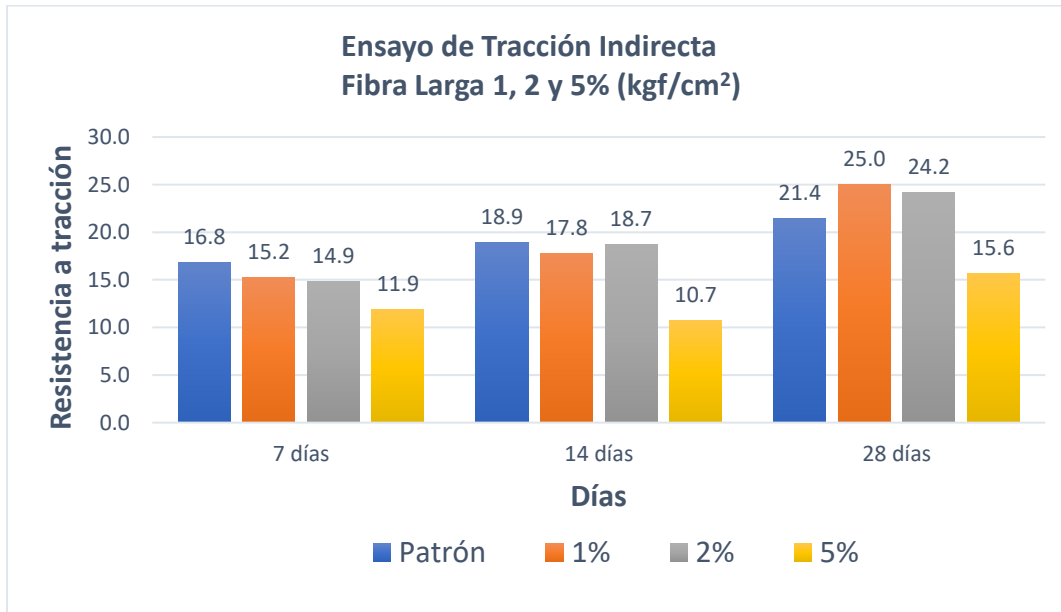


Figura 38 Resistencias de ensayo tracción indirecta FL 1,2 y 5%.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizados los ensayos se pudo conocer que el hormigón patrón a los 28 días alcanzo un máximo de 21.4 kg/cm², tomando en cuenta dicho valor y comparado al hormigón con diferentes porcentajes de fibra se tiene que: con el 1% de fibra alcanzo 25 kg/cm² superando al patrón en un 16.51% siendo este el más favorable con relación a los demás, por otro lado, con la adición del 5% de fibra la muestra tuvo una caída en la resistencia con 15.6 kg/cm² teniendo un 27.14% menos que del hormigón patrón; y con la adición del 2% de fibra el hormigón también mejoro en un 12.63% con una resistencia de 24.2 kg/cm².

Según la normativa ASTM C496 indica el plano de falla que se debe dar como resultado del ensayo, tal como se observa en la Figura 43.



Figura 39 Tipo de falla a tracción indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo de titulación se determinó de manera exitosa un porcentaje adecuado de fibras de bambú, con el cual el hormigón aumentó su capacidad tanto a compresión como a tracción y su peso fue reducido, obteniendo resistencias mejores a las de un hormigón patrón sin que el material orgánico sea afectado.

Con la adición de fibras se logró reducir el peso de las probetas de hormigón en ciertos porcentajes con el 1% se redujo un 0.54%; con el 2% se redujo un 1.05% y con el 5% disminuyó en 2.65%. Sin embargo, con mayor cantidad de fibras como en este caso el 5% los resultados no fueron óptimos, ya que estos no alcanzaron las resistencias requeridas.

Como se ha podido observar con la adición de diferentes tamaños y porcentajes de fibras de bambú, la “Fibra Larga” añadida en 1% tuvo el mejor desempeño ya que aumento en un 10.91% su resistencia, esto en cuanto al ensayo a compresión: por otro lado, el ensayo a tracción indirecta de igual manera la “Fibra Larga” añadida en 1% fue la más favorable ya que aumentó su capacidad en un 16.51%; dichos valores con referencia al hormigón patrón.

Al comparar los valores obtenidos de tipos y porcentajes de fibra se puede decir que al agregar fibras al hormigón mejora sus propiedades, haciendo que este aumente la resistencia. En este caso la adición de 1% de fibras orgánicas de bambú ya sea en tamaños de 5 o 10 cm mejoran significativamente al hormigón, siendo este el porcentaje optimo que se debería añadir.

Los resultados de los ensayos fueron satisfactorios, sabiendo que la fibra de bambú al ser un material orgánico no sufrió daño alguno, esto debido al método de curado que se aplicó a los cilindros; se comprobó que las fibras no se dañaron ya que, al momento de ser ensayados los cilindros, se pudo observar que estas se encontraban en perfecto estado.

Finalmente se concluye que la adición de fibras en ciertos porcentajes ayuda al hormigón a mejorar sus propiedades; por otra parte, con porcentajes diferentes el hormigón pierde sus capacidades de resistencia. Por lo que una vez terminada la investigación se pudo saber que en un rango de 1 a 2% de adición de fibras el hormigón mejora, pero al añadir un 5% o más este tiende a una fácil rotura y pérdida de sus propiedades.

6. RECOMENDACIONES

Durante la elaboración de los cilindros se notó que, con más porcentaje de fibras la trabajabilidad del hormigón se complica y como se observó en los resultados su resistencia baja, por lo que se recomienda que al utilizar las fibras no exceder más del 2%.

En este trabajo se realizaron los ensayos en moldes de 10 x 20 cm lo cual se complicó al momento de colocar la mezcla debido al tamaño de las fibras sobre todo en la “Fibra Larga”, se recomienda realizar en moldes de 15 x 30 cm.

Con respecto a la elaboración de las fibras estas se realizaron manualmente el cual es un proceso que toma tiempo y tiene cierta dificultad, para ello se recomienda que al momento de utilizar este hormigón las fibras sean fabricadas en un taller de carpintería.

Para futuras investigaciones se recomienda realizar estos ensayos en vigas reduciendo la cantidad de acero, ya que en el ensayo a tracción indirecta tuvo un gran aumento en su resistencia y por ende la cohesión entre las fibras y la mezcla fue muy buena, haciendo que la viga tenga más capacidad a tensión y se utilizaría menor cantidad de acero.

Como recomendación final, se propone elaborar nuevos ensayos mezclando fibras de acero algún fabricante y mezclarlas con las de bambú y así se podría obtener mejores resultados de lo ya obtenidos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ASTM. (1996). *ASTM C496-96, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*
- Bacuilima Muñoz, Á. R., & Guillén Chima, W. P. (2019). *Diseño de una mezcla de hormigón de alta resistencia y su comportamiento en una viga de hormigón armado sometida a cargas de flexión.* Cuenca: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería .
- Correa Villareal, B. (2021). *Análisis de vigas reforzadas con cables de bambú sometidas a flexión.* Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador .
- Falck, N. B. (26 de Marzo de 2008). *El bambú usado como material de construcción.* Obtenido de XXII Congreso de Centroamérica y Panamá en Ingeniería Sanitaria y Ambiental: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/centroa22/Ponencia3.pdf
- Galez Alvarado, J., Barzola Gastelú, C., Gómez Minaya, R., & Torre Carillo, A. (2020). Estudio de las diatomitas de ICA como materia prima en la fabricación de áridos artificiales de arcilla para su uso como agregados ligeros en mezclas de hormigón diseñados en base a las exigencias de la NTP y ASTM. *Investigacion & Desarrollo* , 113-134.
- Garrido Hernández , A. (2008). *Materiales de Construcción II.* Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena .
- Ghavami, K. (2005). Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement & Concrete Composites, Volume 27*, 637-649.
- Giraldo Bolívar, O. (1987). *Guía practica para el diseño de mezclas de hormigón.* Medellín: UNAL - Medellín.
- Gonzáles Salcedo, L. O. (2001). *Uso del bambú en el concreto reforzado .* Palmira: Feriva S.A.

- Grupo Nuñez. (3 de Marzo de 2023). *Hormigón con fibra: sus tipos, características y aplicaciones clave*. Obtenido de Strcuturalia: <https://blog.structuralia.com/hormigon-con-fibra-caracteristicas-tipos-y-aplicaciones>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 2648:2013 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2010). *NTE INEN 1 578:2010 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2010). *NTE INEN 1 573:2010 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.
- Juarez Alvarado, C. A. (2002). *CONCRETOS BASE CEMENTO PORTLAND REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES (AGAVE LECHEGUILLA), COMO MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO*. Nuevo Leon: Universidad Autonoma de Nuevo Leon
- Juárez Alvarado, C. A. (2003). Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en el concreto. *Ciencia UANL*, 465-476.
- McCormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Mendoza Castro, J. A., & Rosales Salcedo, J. N. (2014). *Uso de la caña guadua en la vivienda modular*. Cuenca: Universidad de Cuenca Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Mercedes, J. R. (2006). *Guía Técnica Cultivo del Bambú*. Santo Domingo, República Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (DEDAF).

Nativa Bambú Ecolodge. (2018). *Hotel Nativa Bambú Ecolodge*.

NEC Estructuras de Hormigón Armado. (2015). *Estructuras de Hormigón Armado*. Quito: MIDUVI.

PSI Concreto. (16 de junio de 2020). *Fibra de acero: guía de usos, tipos, características y recomendaciones*. Obtenido de <https://psiconcreto.com/fibra-de-acero/#:~:text=Alta%20resistencia%20a%20la%20tracci%C3%B3n%20y%20la%20torsión%20de%20la%20ductilidad%20y%20resistencia%20en%20la%20flexión%20estática.&text=Alta%20absorción%20de%20energía>

Rodríguez Romo, J. (2006). El Bambú como Material de Construcción. *Conciencia Tecnológica*, 31, 67-69.

Romo Proaño, M. (2008). *Temas de Concreto Armado*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.

Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogota, Colombia : Bhandar Editores Ltda.


Villarreal García, G. A., & Toro Tipán, E. A. (2019). *Análisis Comparativo de las Propiedades Físico-Mecánicas de un Hormigón Alivianado con Poliestireno Expandido con Relación a un Hormigón de Peso Normal*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Zerbino, R. L. (2020). El hormigón reforzado con fibras y sus proyecciones dentro de la industria de la construcción. *Revista de Ingeniería; año LXVII, no. 153*, págs. 14-18.

8. ANEXOS

Anexo 1: Gravedad específica de los agregados (grueso y finos)

Grava


 Universidad Católica de Cuenca		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS (GRUESOS Y FINOS)			
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA GRAVA: MÉTODO GRAVIMÉTRICO			
A=	500.0	g.	PESO MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B=	3166.00	g.	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	2853.00	g.	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA
D=	493.00	g.	PESO DEL MATERIAL SECO
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA AL HORNO} = \frac{D}{A - (B - C)} = \frac{493.00}{500.00 - (3166.00 - 2853.00)} = \frac{493.00}{137.00} = 2.64$			
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO} = \frac{A}{A - (B - C)} = \frac{500.00}{500.00 - (3166.00 - 2853.00)} = \frac{500.00}{137.00} = 2.67$			
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE} = \frac{D}{D - (D - C)} = \frac{493.00}{493.00 - (493.00 - 2853.00)} = \frac{493.00}{2360.00} = 0.17$			
$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{(A - D) \times 100}{D} = \frac{(500.00 - 493.00) \times 100}{493.00} = \frac{7.00 \times 100}{493.00} = 1.42$			

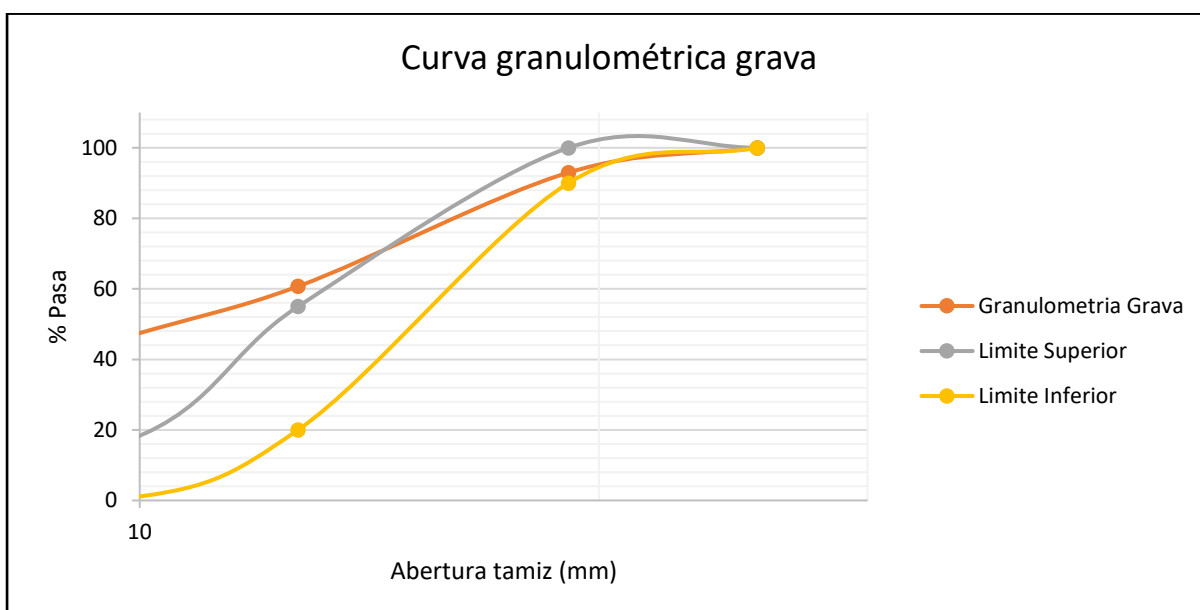
Arena

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA: MÉTODO GRAVIMÉTRICO			
Material Pasante en el Tamiz No. 4			
A=	710.0	g.	PESO MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B=	3278.50	g.	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	2853.00	g.	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA
D=	697.50	g.	PESO DEL MATERIAL SECO
<p>GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA $\frac{D}{A - (B - C)}$</p> <p>AL HORNO= $\frac{D}{A - (B - C)}$</p> <p style="text-align: center;">2.45</p> <p>GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADO $\frac{A}{A - (B - C)}$</p> <p>SUPERFICIALMENTE SECO= $\frac{A}{A - (B - C)}$</p> <p style="text-align: center;">2.50</p> <p>GRAVEDAD ESPECÍFICA $\frac{D}{D - (D - C)}$</p> <p>APARENTE= $\frac{D}{D - (D - C)}$</p> <p style="text-align: center;">0.24</p> <p>% DE ABSORCIÓN= $\frac{(A - D) \times 100}{D}$</p> <p style="text-align: center;">1.79</p> <p>OBSERVACIONES: Muestra depositado en el Laboratorio</p>			
<hr/> LABORATORISTA			

Anexo 3: Granulometría de la Grava y Arena

Grava

 Universidad Católica de Cuenca		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA							
PROYECTO:		TESIS					
MUESTRA:							
SOLICITADO POR :		MIGUEL SEBASTIAN LITUMA PEREZ					
FECHA:		19 / DICIEMBRE / 2022					
TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gramos)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gramos)	% RETENIDO	% PASA	ESPECIFICACIONES NORMA	
						LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR
3"	76.2	0	0	0	100		
2 1/2"	63.5	0	0	0	100		
2"	50.8	0	0	0	100		
1 1/2"	38.1	0	0	0	100		
1"	25.4	0	0	0	100	100	100
3/4"	19.1	961.5	961.5	7.03	92.97	100	90
1/2"	12.7	4414.5	5376	39.29	60.71	55	20
3/8"	9.52	2181	7557	55.23	44.77	15	0
Nº4	4.76	5362	12919	94.42	5.58	0	0
Fondo		733.5					
Peso antes del ensayo (gramos) =		13682.5		Peso después del ensayo (gramos) =		13652.5	



Arena



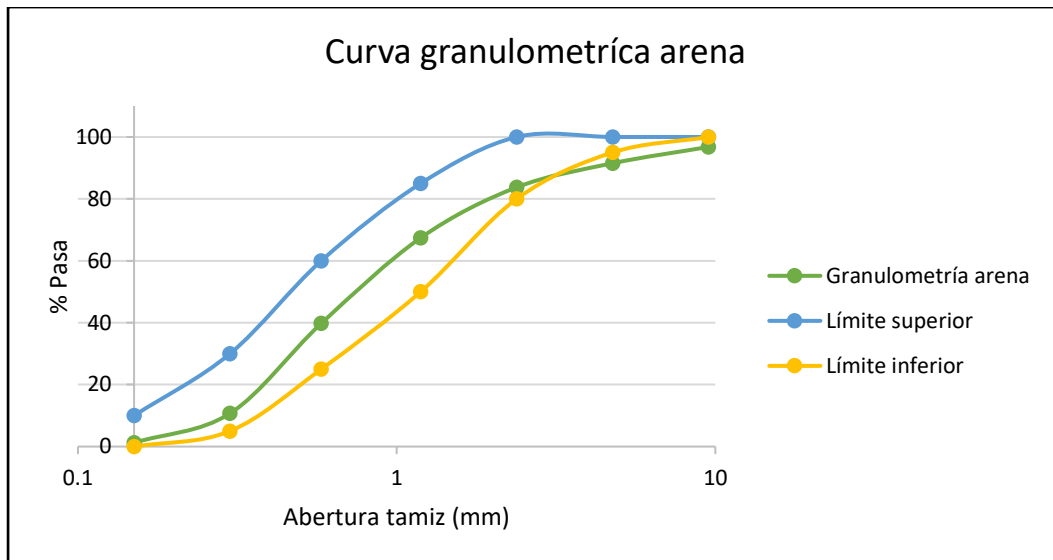
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA

PROYECTO:	TESIS
MUESTRA:	
SOLICITADO POR :	MIGUEL SEBASTIAN LITUMA PEREZ
FECHA:	19 / DICIEMBRE / 2022

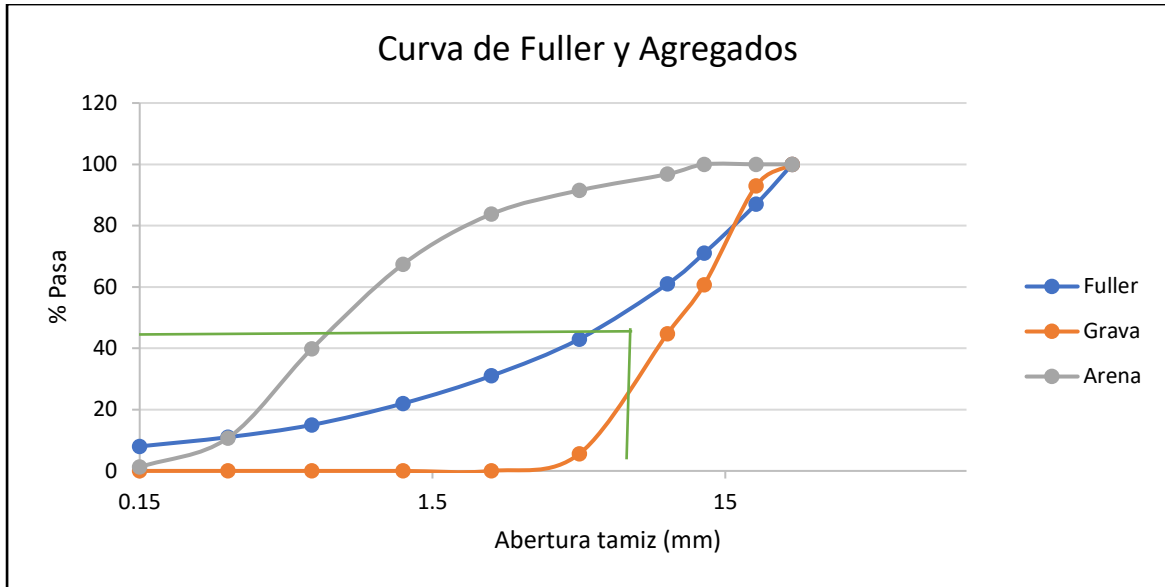
TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gramos)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gramos)	% RETENIDO	% PASA	ESPECIFICACIONES NORMA		
						LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	
1"	25.4	0	0		100			
3/4"	19.1	0	0		100			
1/2"	12.7	0	0		100			
3/8"	9.52	16.1	16.1	3.22	96.78	100	100	
Nº4	4.76	26.4	42.5	8.5	91.5	100	95	
Nº8	2.38	38.8	81.3	16.26	83.74	100	80	
Nº16	1.19	81.6	162.9	32.58	67.42	85	50	
Nº30	0.58	138.2	301.1	60.22	39.78	60	25	
Nº50	0.3	145.3	446.4	89.28	10.72	30	5	
Nº100	0.15	47.4	493.8	98.76	1.24	10	0	
Nº200	0.075	3.8	497.6	99.52	0.48			
FONDO		1.5	-----					
TOTAL		499.1	-----					
Peso antes del ensayo (gramos) =			500	Peso húmedo antes del lavado (gramos) =				
Peso después del ensayo (gramos) =		499.1	Peso seco antes del lavado (gramos) =					
% Humedad=			Peso seco después del lavado (gramos) =					
					=			



Anexo 4: Diseño método Fuller – Thomson

Asentamiento, S =	7.5	cm
Tamaño máximo del agregado =	25.4	mm
Cantidad de agua para un S= 7.5 cm y un T.M= 1" A = 195 kg		

Granulometría				
Malla		Fuller	Arena	Grava
25.4	1"	100	100	100
19.1	3/4"	87	100	92.97
12.7	1/2"	71	100	60.71
9.52	3/8"	61	96.78	44.77
4.76	Nº 4	43	91.5	5.58
2.38	Nº 8	31	83.74	0
1.19	Nº 16	22	67.42	0
0.58	Nº 30	15	39.78	0
0.3	Nº 50	11	10.72	0
0.15	Nº 100	8	1.24	0



1) Agua

Asentamiento (cm.)	Agua en Kgf. por metro cúbico de hormigón para los diferentes tamaños de agregados especificados en mm. (Pulg.)							
	10mm (3/8")	12,5 (1/2")	20 (3/4")	25 (1")	40 (3/2")	50** (2")	70** (3")	150** (6")
Hormigón sin aire incluido								
3 - 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 - 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 - 18	240	230	210	205	185	180	170	---
%de aire atrapado	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

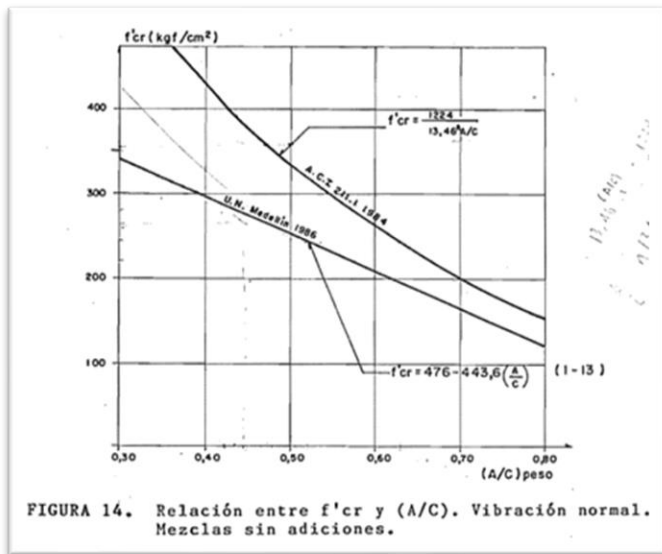
A=195 kg

2) f'cr

TABLA 4. Valores de f'cr cuando se desconozca σ_n

Si $f'c \leq 210 \text{ Kgf/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70 \text{ Kgf/cm}^2$
$210 < f'c \leq 350$ "	$f'cr = f'c + 84$ "
$f'c > 350$ "	$f'cr = f'c + 100$ "

3) Relación Agua – Cemento



$$A/C = 0.42$$

4) Cantidad de cemento

$A/C = A/C$	
$C = A/(A/C)$	
C (kg)	464.29

5) Volumen de agregados

Y Agregados		
H2O	1000	kg/m3
Cemento	2900	kg/m3
Grava sss	2670	kg/m3
Arena sss	2500	kg/m3

V agregados	0.645	→ 100%
V grava 60%	0.39	m3
V arena 40%	0.26	m3

6) Pesos

Grava	1033.13
Arena	644.90

7) Proporciones

H2O	195.00
Cemento	464.29
Grava	1033.13
Arena	644.90
	2337

8) Corrección por humedad

Grava		Arena	
Húmeda	548	Húmeda	460
Seca	544	Seca	441
% humedad	0.74	% humedad	4.31
% Absorción	1.420	% Absorción	1.79

Combinación

Corrección de H2O	
Grava seca	1033.13
Arena seca	644.90
Aporte de Humedad Grava	-7.07
Aporte de Humedad Arena	16.24
$\Sigma =$	9.17

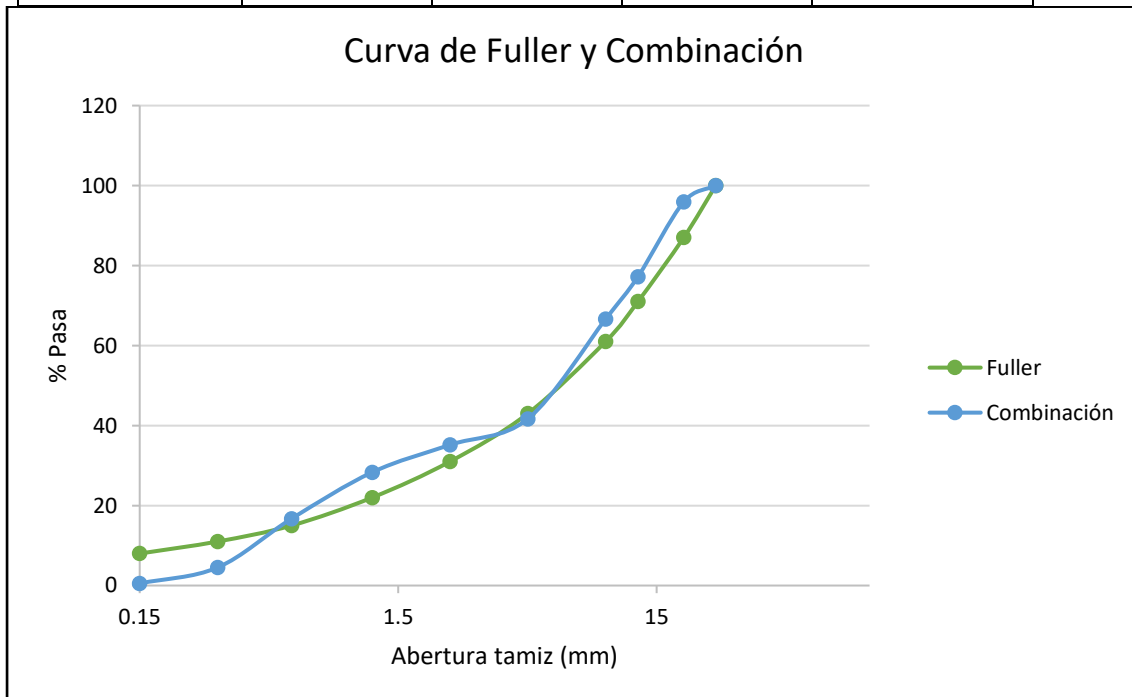
Corrección de Arena por Humedad		
AH =	672.69	kg

Corrección de Grava por Humedad		
GH =	1047.80	kg

Porcentajes de Arena y Grava	
% arena	42
% grava	58

9) Combinación

Malla	Fuller	% Arena	% Grava	Combinación
25.4	100	42	58	100
19.1	87	42	53.9226	95.9226
12.7	71	42	35.2118	77.2118
9.52	61	40.6476	25.9666	66.6142
4.76	43	38.43	3.2364	41.6664
2.38	31	35.1708	0	35.1708
1.19	22	28.3164	0	28.3164
0.58	15	16.7076	0	16.7076
0.3	11	4.5024	0	4.5024
0.15	8	0.5208	0	0.5208



1m3 de Hormigón		
Material	Seco (kg)	Húmedo (kg)

Cemento (kg)	464.29	464.29
Agua (kg)	195	185.83
Arena (kg)	644.90	672.69
Grava (kg)	1033.13	1047.80
		2370.61

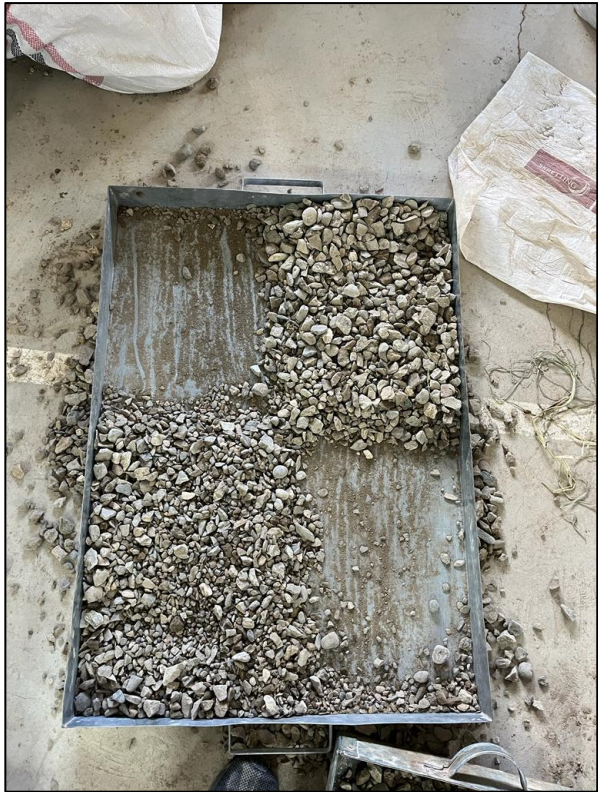
Anexo fotográfico

Determinación de peso específico y porcentaje de absorción de los materiales.

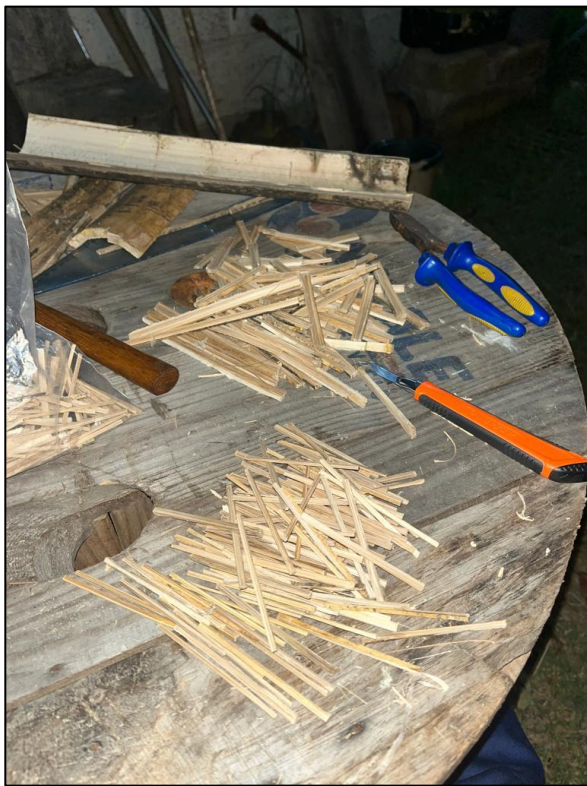




Proceso de granulometría de la grava y arena



Elaboración de fibras de bambú

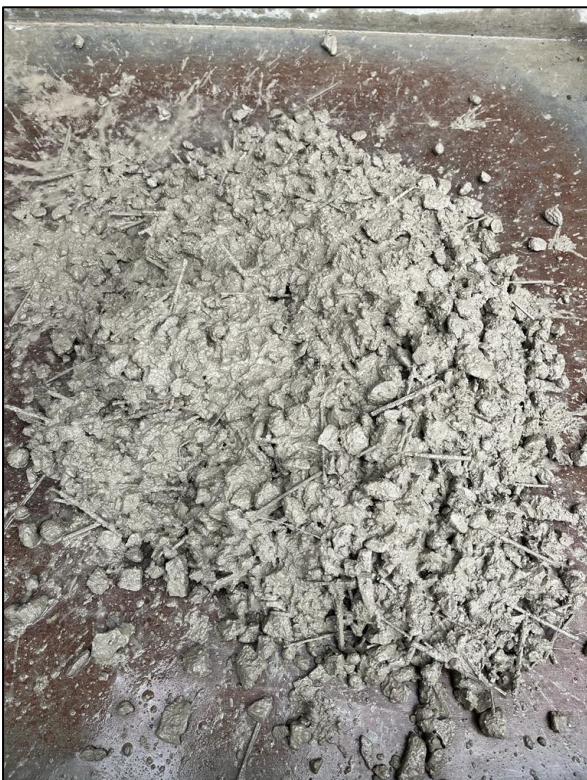


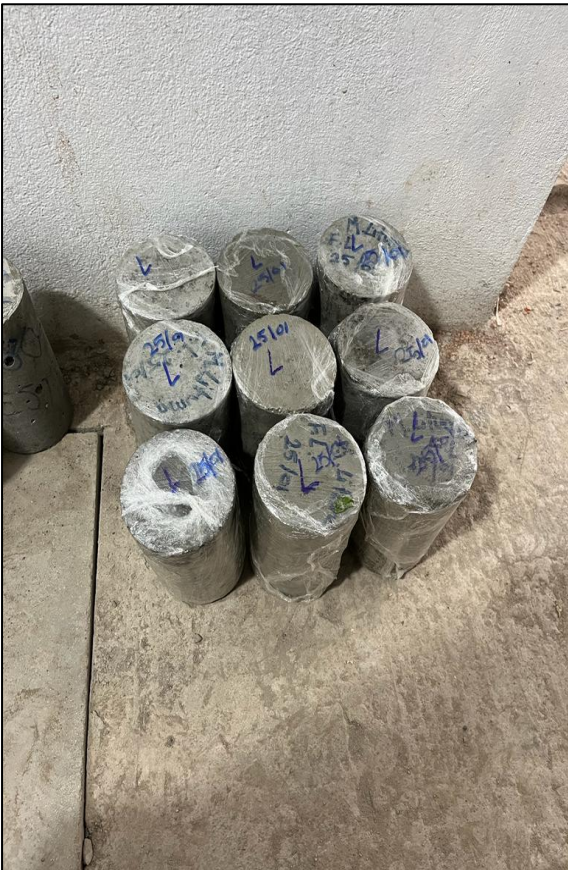


Cono de Abrams



Fundición de cilindros







Ensayos de compresión y tracción indirecta







AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Miguel Sebastián Lituma Pérez portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105231039. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis de la incidencia de porcentaje de fibras orgánicas de bambú, en muestras de hormigón” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 13 de junio de 2023

F: 
Miguel Sebastián Lituma Pérez
0105231039