



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL.**

TEMA

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS CEMENTICIAS CON LA
INCLUSIÓN DE FIBRAS DE MADERA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

JORGE CORONEL

PATRICIO RODRIGUEZ

DIRECTORA:

PHD. CARMEN TERREROS

ECUADOR

2016

ÍNDICE

CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL.....	1
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 El Hormigón	7
2.1.1 Componentes Del Hormigón Y Ensayos A Sus Agregados.....	8
2.1.1.1 Cemento.....	8
2.1.1.2 Agua.....	8
2.1.1.3 Áridos	9
2.1.2 Características Generales Del Hormigón.....	9
2.1.3 Clasificación Del Hormigón	11
2.1.4 Propiedades Del Hormigón	16
2.1.5 Hormigón Alivianado Con Piedra Pomex Y Con Inclusor De Aire	17
2.1.6 Hormigón Alivianado Con Fibras De Madera.....	18
2.1.7 Efectos De La Humedad Sobre Las Propiedades Mecánicas.	18
2.1.7.1 Fluencia Y Tracción.	19
2.1.7.2 Resistencia Al Fuego.	20
2.1.7.3 Aislamiento Y Absorción Del Sonido.....	20
2.1.7.4 Resistencia A La Intemperie.	20
2.1.7.5 Resistencia A Las Termitas.	20
2.1.7.6 Producción Mecanizada.....	21
2.1.8 La Viruta De Madera En El Hormigón.....	21
2.1.9 Empleo De Paneles De Hormigón Con Fibras De Madera.....	23
2.2 Fundición De Hormigón Con Fibras De Madera En El Sitio.	23
2.3 Versatilidad.	24
2.4 Normas Ecuatorianas Para La Construcción-Nec	25
2.4.1 Normas De Bloques De Mampostería Estructural	27
2.5 La Madera Como Recurso Forestal.....	33
2.6 La Madera Un Recurso Renovable.....	34
Fig. # 3 Tendencia A Nivel Nacional Del Volumen, Superficie Y Programas Autorizados Para Aprovechamiento 2007-2010	35
2.7 Condiciones De Uso De La Madera.....	35

2.8	Diseño Estructural De Hormigón Con Fibras De Madera	36
2.9	Paneles Prefabricados De Hormigon-Fibras De Madera	38
	CAPÍTULO III: DESARROLLO EXPERIMENTAL	40
3.	Ensayos De Laboratorio	40
3.1	Descripción De Las Muestras A Ensayar	41
3.2	Analisis Y Ensayos De Los Materiales Empleados	41
3.3	Hormigón	42
	Tabla 1.- Tabla De Granulometría De La Arena Homogenizada	42
3.4	Diseño De La Mezcla Cementicia	43
3.5	Hormigón Fresco	43
3.5.1	Trabajabilidad	43
3.5.2	Revenimiento	43
3.6	Ensayos En El Hormigón Endurecido	45
3.6.1	Resistencia A La Compresion	45
3.7.	Ensayo De Resistencia A La Compresión De Cilindros De Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera.	47
	Tabla 3.- Características De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	47
	Tabla 4.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6) ..	48
	Tabla 5.- Características De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	48
	Tabla 6.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6) ..	49
	Tabla 7.- Características De Muestras Con Fibras De Teca (1:1.5:0.6)	49
	Tabla 8.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Teca(1:1.5:0.6)..	50
	Tabla 9.- Características De Muestras Adición De Plastificantes: 750 MI / Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	50
	Tabla 10.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Pino Adicionando 750ml De Plastificante (1:1.5:0.6)	51
	Tabla 11.- Características De Muestras Con Fibras De Madera Mixta (1:1.5:0.6) Adición De Plastificantes: 1200 MI	51
	Tabla 12.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Madera Mixta Adicionando 1200 MI De Plastificante (1:1.5:0.6)	51

Tabla 14.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Teca (1:1.5:0.6)	52
.....	
Tabla 15.- Características De Muestras Con Fibras De Teca (1:1.5:0.6)	52
Tabla 16.- Resistencia A La Compresión De Muestras Con Fibras De Teca (1:1.5:0.6)	53
.....	
Tabla 17.- Tabla Resumen Resistencia A La Compresión (1:1.5:06)	53
Tabla 18.- Tabla De Análisis A La Compresión Del Comportamiento De La Inclusión De Fibras De Madera Partiendo De Un Mortero (1-1.5-0) Hasta Llegar A La Proporción (1-1.5-1).	54
3.8 Resistencia A La Flexión	54
3.9 Ensayo De Resistencia A La Flexión De Viguetas De Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera.	56
Tabla 19.- Características De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	56
Tabla 20.- Resistencia A La Flexión De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	56
Tabla 21.- Características De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	57
Tabla 22.- Resistencia A La Flexión De Muestras Con Fibras De Pino (1:1.5:0.6)	57
Tabla 23.- Características De Muestras Con Fibras De Teca (1:1.5:0.6)	58
Tabla 24.- Resistencia A La Flexión De Muestras Con Fibras De Teca (1:1.5:0.6)	58
Tabla 25.- Características De Muestras Fibras De Pino/ Adición De Plastificante: 750 MI (1:1.5:0.6)	59
Tabla 26.- Resistencia A La Flexión De Muestras Fibras De Pino/ Adición De Plastificante: 750 MI (1:1.5:0.6)	59
Tabla 27.- Características De Muestras De Fibras De Madera Mixta / Adición Plastificante 1200 MI (1:1.5:0.6)	60
Tabla 28.- Resistencia A La Flexión De Muestras De Fibras De Madera Mixta / Adición Plastificante 1200 MI (1:1.5:0.6)	60
Tabla 29.- Características De Muestras Con Fibras De Teca Adicional A Eso Se Coloco Tiras De Madera En La Parte Inferior De La Vigüeta. (1:1.5:0.6)	61
Tabla 30.- Resistencia A La Flexión De Muestras Con Fibras De Teca Adicional A Eso Se Coloco Tiras De Madera En La Parte Inferior De La Vigüeta. (1:1.5:0.6)	61

Tabla 31.- Características De Muestras Con Fibras De Teca Compactado En Su Interior A Una Altura De 1/3h. (1:1.5:0.6).....	62
Tabla 32.- Resistencia A La Flexión De Muestras Con Fibras De Teca Compactado En Su Interior A Una Altura De 1/3h. (1:1.5:0.6).....	62
Tabla 34.- Tabla De Porcentajes De La Flexión En Relación A La Compresión	63
3.11 Resistencia Al Calor.....	64
3.10.1 Ensayo De Resistencia Al Calor A Viguetas De Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera Ya Ensayadas.....	65
Tabla# 36 Prueba #1.....	65
Tabla# 37 Prueba #2.....	66
Tabla# 38 Prueba #3.....	66
Tabla# 39 Prueba #4.....	67
Tabla# 40 Prueba #5.....	67
Tabla# 41 Prueba #6.....	68
Tabla# 42 Promedio.....	68
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	69
4 . Análisis De Los Materiales Empleados.....	70
4.1 Ensayos De Compresion	71
4.1.1 Mezcla Cementicia Con Fibras De Pino.	71
4.1.2 Mezcla Cementicia Con Fibras De Pino Con 750ml De Plastificante	71
4.1.3 Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera Mixta Con 1200ml De Plastificante ..	72
4.1.4 Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera De Teca.....	72
4.1.5 Análisis A Flexión En Vigas.	73
4.1.5.1 Viguetas De Mezcla Cementicia Con Fibras De Pino.....	73
4.1.5.2 Viguetas De Mezcla Cementicia Con Fibras De Teca.	73
4.1.5.3 Mezcla Cementicia Con Fibras De Pino Con 750ml De Plastificante	74
4.1.5.4 Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera Mixta 1200ml De Plastificante. 74	
4.1.5.5 Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera De Teca Con Varillas De Madera En El Tercio Inferior.....	74
4.1.5.6 Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera De Teca, Una Capa De Fibras De Madera Teca A Una Altura H/3.....	75

4.1.5.6 Análisis De Costos.....	76
Tabla # 43 Análisis De Precios Unitarios (Apu) Del Metro Cúbico De Hormigón Tradicional Diseñado Con Una Resistencia De 270 Kg/Cm ²	76
Tabla # 44 Análisis De Precios Unitarios (Apu) Del Metro Cúbico De Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera Diseñado Con Una Resistencia Aproximada De 270 Kg/Cm ² ..	76
Tabla # 45 Análisis De Precios Unitarios (Apu) Del Metro Cúbico De Hormigón Tradicional Diseñado Con Una Resistencia De 100 Kg/Cm ² V.	77
Tabla # 46 Análisis De Precios Unitarios (Apu) Del Metro Cúbico De Mezcla Cementicia Con Fibras De Madera Diseñado Con Una Resistencia De 100 Kg/Cm ² V.....	77
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1 Conclusiones.....	79
5.2 Recomendaciones.	80
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.81
Anexos	

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar en estas líneas mi gratitud a las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de titulación.

En primer lugar agradecer a Dios por darme fuerzas y guiarme a lo largo de mi carrera y no permitió que decaiga ningún momento.

A mi directora de tesis PhD Carmen Terreros de Varela por su dirección y motivación en todo momento.

Al Ing. Urbano Caicedo, decano de la Escuela de Ingeniería Civil, por impartir sus conocimientos y valiosos consejos a lo largo de mi carrera.

A mi compañero de tesis Patricio Rodríguez por la colaboración brindada durante el desarrollo del trabajo de titulación.

A mis compañeros de universidad Eduardo Ambrosi y Eduardo Vernaza, futuros colegas, por contribuir a nuestra tesis materiales como fibras de madera y arena homogenizada, productos que son procesados en sus plantas de trabajo.

A nuestro compañero y ayudante de laboratorio Franklin Barros por su cooperación y tiempo brindado al momento de realizar los diferentes ensayos.

Y por último y no por ellos menos importantes a mis padres y hermanos que sin su apoyo no tendría la oportunidad de formarme profesionalmente, gracias por todos los consejos y ánimos.

Jorge Luis Coronel Garzón

AGRADECIMIENTO

A Dios gracias por sus bendiciones y la fuerza que me permitieron llegar hasta este momento, a mis padres por darme la oportunidad, la confianza y el apoyo constante e incondicional a lo largo de todo el tiempo, a mi compañero de tesis Jorge Luis Coronel G. con quien compartimos este reto el cual podemos decir con certeza que hemos logrado completar y cumplir con las expectativas. A la Dra. Carmen Terreros de Varela por la invitación y la confianza en nosotros para participar en este proyecto y aportarnos con su tiempo, experiencias y conocimientos para el desarrollo de tan importante investigación. Me gustaría extender el agradecimiento a mis profesores que mediante sus enseñanzas dentro y fuera de las aulas me permitieron adquirir gran parte de mis conocimientos para mi formación como profesional.

Patricio Alberto Rodríguez Castillo.

RESUMEN

En la ciudad de Guayaquil durante muchos años se ha utilizado el hormigón tradicional, constituido básicamente por cemento, grava, arena y agua.

Con el tiempo, se ha implementado el uso de materiales de baja densidad, logrando la aparición de hormigones alivianados, por medios de diferentes métodos en el proceso de elaboración se logra aligerar cargas y desarrollar características propias del material.

La principal característica del hormigón alivianado, es que su densidad se encuentra por debajo de los 2400 kg/m³ que presenta el hormigón tradicional. La cual por lo general es una fracción de la antes mencionada.

El desarrollo de este tipo de hormigón alivianado cumple con nuevos requerimientos de sostenibilidad ambiental que demanda la actualidad, y brinda posibilidad de reutilización de ciertos desechos agrícolas e industriales, como la ceniza de arroz, ceniza volcánica, sábila, fibras de caucho, fibras de madera, etc.

El uso de materiales alivianados en la construcción presenta ventajas, como reducción de la carga en las edificaciones, disminución de tiempos de trabajo, ahorro en el costo de transportación y ahorro en el acero de refuerzo.

El hormigón alivianado presenta propiedades de aislamiento térmico y elevada elasticidad, resistencia a la abrasión, buena capacidad de absorción y temperatura superficial agradable.

ABSTRACT

In the city of Guayaquil for many years it has been used traditional concrete, what consists basically of cement, gravel, sand and water.

Over time, we have implemented the use of low density materials, making the appearance of concretes alleviated by means of different methods in the process of developing one manages to lighten loads and develop characteristics of the material.

The main feature of lightened concrete is that its density is below 2400 kg / m³ which has traditional concrete. Which it is usually a fraction of the aforementioned.

The development of this type of concrete lightened meet new requirements for environmental sustainability that demand today and provides reusability of certain agricultural and industrial wastes such as rice ash, volcanic ash, aloe, fibers, rubber, wood chips , etc.

The use of lightened materials in construction has advantages, such as reducing the burden on the buildings, reduced working times, savings in transportation cost savings and reinforcing steel.

The lightened concrete has thermal insulation properties and high elasticity, abrasion resistance, good absorbability and pleasant surface temperature.

INTRODUCCIÓN

Existen varios tipos de hormigones livianos, y son aquellos que poseen características propias, que mediante métodos en el proceso de su elaboración se tornan más ligeros que el hormigón convencional de cemento, grava y arena, tradicionalmente empleados como materiales en el área de la construcción, su baja densidad es necesaria en muchos casos.

Al tener materiales de baja densidad, se presentan ventajas considerables, ya que se reduce la carga muerta, mayor rapidez de construcción, menores costos de transporte.

La conductividad térmica, relativamente baja es otro de los ventajas de los hormigones alivianados, lo que mejora el ambiente y mantiene la temperatura en lugares cerrados donde hay acondicionadores de aire, a la vez los hormigones alivianados con fibras de madera generan una alternativa para la salida de desechos provenientes de actividades forestales

Sería importante, considerar el aprovechamiento de los residuos de la madera, debido a la gran cantidad de este recurso utilizado en el País. Generalmente estos desechos se utilizan para calderas o se los bota, la incorporación de fibras al hormigón, incrementa las características mecánicas de la mezcla y contribuye con el mejoramiento del ambiente.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

Debido a la situación económica del Ecuador, el sector de la construcción se ve en la necesidad de buscar e implementar técnicas innovadoras para disminuir el peso de la edificación, lo cual se ve reflejado en el costo de las estructuras, generando un ahorro considerable, al implementar hormigones alivianados.

Los hormigones alivianados fueron empleados desde los años 20 a. c. en el Imperio Romano, los cuales utilizaban elaborados a base de aglomerados formados de limos quemados con sustancias de bajas densidades. Entre las principales obras que podemos encontrar aún en pie construidas en aquella época con este tipo de hormigón liviano tenemos la Cúpula del Panteón de Agripa en los años 25 a.C. , los arcos del Coliseo Romano en los años 70 d.C. con distancias mayores a 25 metros.

Después de la Primera Guerra Mundial aparecieron las primeras edificaciones construidas con hormigones alivianados, en 1922 en Kansas necesitaban ampliar el gimnasio de la escuela de deportes acuáticos pero se encontraron con la necesidad de buscar nuevas metodologías de construcción ya que el suelo donde se construyó este edificio no tenía la suficiente capacidad de carga y optaron implementar un hormigón liviano.

Actualmente se han elaborados algunos tipos de hormigones alivianados usando diferentes clases de agregados como arcillas, arlita, poliestireno, e incluso material que para muchas personas pueden ser desperdicios como la cascarilla de arroz.

Ecuador posee un mercado de poliestireno expandido, el cual se ha convertido en una alternativa para la elaboración de hormigón liviano.

En países como Finlandia existen fábricas que usan hormigones livianos elaborados con fibras de madera, esto podría desarrollarse en nuestro país que cuenta con gran cantidad de recurso forestal, material que cuando es trabajado produce fibras que pueden ser utilizado como agregado.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trabajo de investigación expone sobre la utilización de fibras de madera en la mezcla con hormigón para alivianar la estructura, a la vez el análisis en general del uso de este material, y notar si mejora las propiedades de compresión, flexión y en general para garantizar su uso.

Las vigas de hormigón alivianado con fibra, deben soportar el peso de la obra y soportar deflexiones absorbiendo las fuerzas de tracción al máximo para que el hormigón no se fisure debido a su carencia de resistencia a la tracción.

A la vez la necesidad de abaratar los costos de la infraestructura, y la utilización de materiales abundantes en el medio como las fibras de madera para bajar el peso de las estructuras de hormigón, hace pensar en la optimización de recursos

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El uso de fibras de madera en las estructuras de hormigón, para abaratar costos de materiales, y alivianar la estructura, darle más ductilidad nos lleva a determinar las proporciones a utilizar para el diseño óptimo y beneficios en el uso de este material.

1.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Cuál es la fuerza a tracción que resiste una viga de hormigón armado de dimensiones y cargas conocidas?

2. ¿Cuál es la fuerza a tracción que resiste una viga de hormigón armado aliviado con fibras de madera, de dimensiones y cargas conocidas?
3. ¿Cuáles son los principales rubros que intervienen en la fabricación de vigas de hormigón armado con fibras de madera?
4. ¿De qué modo incide en la resistencia a tracción y corte la incorporación de las fibras de madera en las vigas de hormigón armado?
5. ¿Qué tan seguro y económico resulta añadir al hormigón armado, fibras de madera para realizar diseños de vigas estructurales?
6. ¿Qué método es el más adecuado para diseñar las vigas estructurales de hormigón con fibras de madera?

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una mezcla cementante con inclusión de fibras de madera, y observar las ventajas y desventajas que presenta, cumpla los requerimientos de resistencias similares a los de hormigón tradicional.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Experimentar en el laboratorio diferentes mezclas para determinar un óptimo proporcionamiento para alcanzar mayores resistencias a la flexión que el hormigón tradicional.
- Establecer el costo de construcción de este tipo de mezcla cementicia en Guayaquil.
- Determinar los beneficios de realizar una construcción con mezcla cementicia con fibras de madera en la ciudad de Guayaquil.

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Se busca diseñar diferentes dosificaciones de mezclas cementicias con fibras de madera y verificar si los resultados cumplen con las normas mediante los ensayos de laboratorio, para determinar la dosificación adecuada de la mezcla cementante y así obtener mayor resistencia tanto a la compresión y a la flexión y cumplir con las normas.

Al incrementar la ductibilidad de las edificaciones en las cuales se utilice este tipo de material, y obtener la dosificación ideal para alcanzar resistencias más elevadas, que cumplan con los requerimientos de los códigos actuales de la construcción vigente en el país, se habrá dado un gran paso, no solo en la disminución de las cargas sino en su mejor comportamiento sismo-resistente.

Esta mezcla cementante especial fue desarrollada con la idea de utilizar los materiales naturales locales de cada país y área de construcción, su tecnología ha sido aplicada fundamentalmente a las fibras de madera (árboles coníferos y gómeros), pero otras fibras naturales como papel de desecho, bambú, lino, cáscara y paja de arroz, pueden usarse si los ensayos acusan resultados aceptables. (Bravo, 1990)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EL HORMIGÓN

El hormigón, es un material de construcción constituido principalmente de material calcáreo, producto de la calcinación de piedra de cal y arcilla, de tamaño máximo limitado, que cumple condiciones respecto a sus características mecánicas, químicas y granulométricas, unidas entre sí por una pasta formada por un conglomerante (cemento) y agua.

Mediante la calcinación de proporciones fijas de piedra caliza o yeso (carbonato cálcico) con arcilla (aluminosilicatos) se produce el clinker, grumos redondos pequeños que luego se muelen para obtener polvo de cemento.

A este material básico pueden añadirse otros productos o materiales para mejorar algunas características determinadas, que permite conseguir piezas de cualquier forma por complicada que ésta sea, con la única limitación de la complejidad del molde y ello debido al carácter plástico que posee cuando se encuentra en estado fresco.

Tiene resistencias apreciables a compresión y que aunque posea ciertas resistencias débiles a tracción, permite aumentarlas apreciablemente valiéndose del acero que se puede colocar en su interior en los lugares adecuados, dando lugar al hormigón armado y pretensado.

2.1.1 COMPONENTES DEL HORMIGÓN Y ENSAYOS A SUS AGREGADOS

2.1.1.1 CEMENTO

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados Aglomerados Hidráulicos. Esta denominación comprende aquellos que endurecen una vez mezclados con el agua y al mismo tiempo resisten a esta, es un polvo finísimo de color gris.

La pasta de cemento (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa del hormigón y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del hormigón.

Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí, los principales componentes del cemento son la caliza (cal), sílice, alumina y el óxido férrico. Estos son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión en un horno rotatorio, donde adquieren una consistencia pastosa que al enfriarse se convierte en fragmentos de coloración oscura, compactos y duros dando creación al clínker.

Este posteriormente será sometido a molinos tubulares, provistos de bolas de acero, donde se le agrega aproximadamente un 3% de yeso para regular el tiempo del fraguado, convirtiéndolo en polvo finísimo.

2.1.1.2 AGUA

El agua es el segundo componente del hormigón, empleándose en el amasado del mismo y en el curado, participa en las reacciones de hidratación del cemento y confiere al hormigón la trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra,

según la necesidad se utiliza diferentes tipos de agua naturales, agua de lluvia, aguas de superficie o subterráneas y agua potable, aguas minerales.

2.1.1.3 ÁRIDOS

Son productos granulares inertes, de naturaleza orgánica procedentes de las rocas y que interviene como componente del hormigón, deben ser inertes y no modificar las características del hormigón, para lo cual no deben reaccionar con el cemento.

No toman parte en el fraguado y endurecimiento del hormigón, desempeñan un papel muy importante en las características de este material, aproximadamente el 80% del volumen del hormigón está ocupado por áridos siendo el resto la pasta de cemento que rellena los huecos existentes entre ellos y que crea una capa que envolviendo a los gránulos los mantiene unidos

2.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORMIGÓN

Las propiedades básicas del hormigón, principalmente densidad, resistencia, trabajabilidad del hormigón y conductividad térmica, pueden modificarse dependiendo del uso que ha de darse al hormigón, se clasifican sobre la base de su densidad comprendidas entre 1200 kg/m³ y 2400 kg/m³, en casos especiales pueden usarse hormigones con menores densidades. Los requerimientos relativos a su resistencia a las acciones del medio ambiente, termitas y fuego son satisfechos por las diferentes variedades del hormigón con fibras de madera.

Las características generales del hormigón son:

- Posee resistencia a la comprensión pero mala a tracción.

- Escasa corrosión.
- Buen comportamiento a fatiga.
- Bajo costo y posibilidad de mejora importante de sus características mecánicas con costo reducido.
- Buen comportamiento dinámico).
- Soporta temperaturas desde 300°C hasta 900°C., aunque es aún al día de hoy, un tema de estudio, investigación y tratamiento por especialistas.
- No necesita mantenimiento.

De tal manera podemos fabricar hormigones simples, ciclópeos, armados u otros, cada uno de ellos cumple una determinada función y su dosificación es diferente.

Otras de las características relevantes es la resistencia a compresión, definida como la capacidad mecánica que tiene el material para soportar cargas en la misma dirección y en el mismo sentido, aquí se registra el mejor comportamiento del material y efectivamente donde se puede aprovechar eficientemente en la ingeniería estructural.

Existen varios tipos de resistencia a la compresión, que dependen de la acción de las cargas en diferentes estados uniaxial, biaxial y triaxial, usando una forma cúbica y otra cilíndrica como prototipos de las probetas estándar.

Fig.# 1 Compresión uniaxial

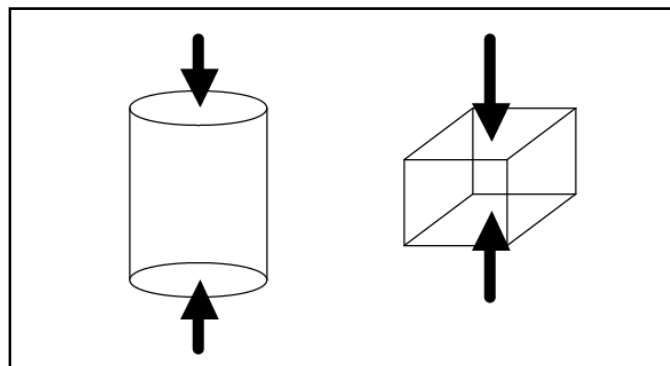
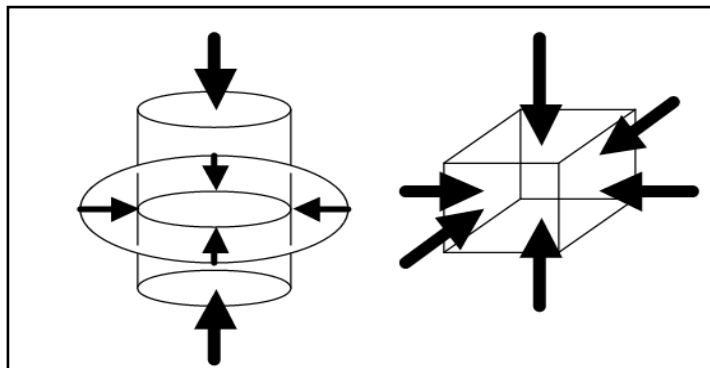
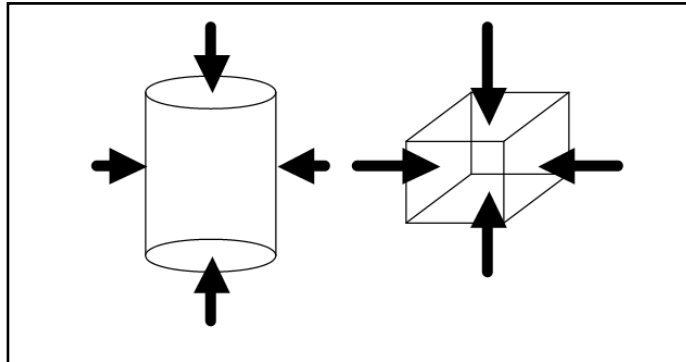


Fig.# 2 Compresión biaxial



2.1.3 CLASIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

a. Por su Densidad

Los hormigones estructurales pueden clasificarse por su densidad en

Ligeros..... de 1.200 a 2.000 kg/m³

Normales..... de 2.000 a 2.800 kg/m³

Pesados.....más de 2.800 kg/m³

b. Por su composición

Hormigón ordinario.- Confeccionado con áridos pétreos (naturales y de machaqueo) con una curva granulométrica continua, teniendo áridos gruesos y finos, en proporciones adecuadas.

Hormigón sin finos.- Son hormigones en los que no existe el árido fino o las fracciones más finas de este, son porosos y filtran el agua.

Hormigón Ciclópeo.- Es hormigón ordinario al que se le añaden, durante su puesta en obra, áridos de un tamaño mayor de 30cm de diámetro. Vertido en proporciones que no se pierda la compacidad aceptada, se utiliza en cimentaciones, cuando estas son excesivamente profundas.

Hormigón Unimodular.- Es un hormigón donde el árido es de un único tamaño, dando hormigones muy porosos.

Hormigón ligero.- Hormigón donde el árido grueso es de baja densidad (pumita, escorias granuladas, arcillas expandidas, etc.).

Hormigón pesado.- compuesto de conglomerante y árido de alta densidad. Se usa para estructuras o muros para impedir radiaciones.

Hormigón Refractario.- Hormigón que resiste altas temperaturas, así como la abrasión en caliente, se fabrica con cemento de aluminato de calcio y áridos refractarios.

c. En función de su Armado

Hormigón en masa.- Es un sistema constructivo, estructural o no, que emplea hormigón sin armadura o con esta en cantidad y disposición muy pequeña. Es apto para resistir compresiones.

Hormigón armado.- Es un sistema constructivo generalmente estructural, donde el hormigón lleva incorporado armaduras metálicas a base de redondos de acero corrugado, con la misión de resistir los esfuerzos de tracción y flexión. De este modo se consigue un material resistente tanto a los esfuerzos de compresión como a los de tracción. Los esfuerzos de compresión son soportados por el hormigón

Hormigón pretensado.- Si los esfuerzos de tracción a los que se somete el hormigón armado son muy grandes, las barras de las armaduras pueden experimentar dilatación elástica, con lo que el hormigón que las recubre se rompe. Para mejorar la resistencia del hormigón a grandes esfuerzos de tracción, se tensan previamente las barras de acero con el fin de compensar la dilatación que pudieran experimentar.

Así se obtiene el hormigón pretensado. El hormigón pretensado es una variedad de hormigón armado cuyas varillas han sido tensadas antes de que se produzca el fraguado del hormigón.

Hormigón de Agregado Ligerio.- En este tipo de hormigón se reemplaza los agregados tradicionales del hormigón, los cuales tienen una densidad aproximada de 2600 kg/m³ por componentes que tienen densidades muchas más bajas como la escoria del horno (1250 kg/m³) o poliestireno expandido (10 kg/m³).

Hormigón Aireado, celular, espumoso o gaseoso.- este tipo de hormigón se obtiene mediante la introducción de aire, obteniendo porosidad en la mezcla al momento de fraguar obteniendo así un hormigón más ligero.

Hormigón sin finos.- En este tipo de hormigón no se utiliza agregados finos, por lo que quedan un gran número de vacíos en la mezcla.

Hormigones livianos.- Se designa convencionalmente como hormigones livianos a aquellos que producen una densidad inferior a 1.900kg/m^3 , tienen un amplio campo de uso en los casos en que se desea obtener aislación térmica y secundariamente acústica y también para rebajar el peso muerto actuante sobre los elementos estructurales resistentes.

Se designa convencionalmente como hormigones livianos a aquellos que poseen características propias, que mediante métodos en el proceso de su elaboración se ha hecho más ligero que el hormigón convencional de cemento, grava y arena, el cual durante muchos años ha sido empleado como el material principal en el área de la construcción. El hormigón liviano fue clasificado e identificado durante mucho tiempo por la densidad que este presenta, debido a que esta es inferior a 2400 kg/m^3 que es la densidad con la que fluctúa el hormigón normal.

La característica más evidente del Hormigón Liviano es, por supuesto su densidad, la cual es considerablemente menor que la del hormigón normal , es una fracción de la misma.

Por otro lado los hormigones livianos generan una alternativa de salida para ciertos desechos agrícolas como la ceniza de cascara de arroz, ceniza de materiales combustibles utilizados para calderos, ceniza volcánica, etc.

El hormigón estructural alivianado es un 25% o 35% más ligero que el hormigón tradicional, no pasa los 1840 kg/m^3 , usualmente se lo utiliza en construcciones con estructuras de acero, en estructuras de estacionamientos, muelles flotantes, puentes, buques entre otros, se puede emplear este tipo de hormigón en elementos pre fabricados como vigas, paneles de hormigón, etc.

El hormigón estructural con fibras de madera, es un tipo de hormigón liviano, fue originalmente desarrollado por el centro de Investigaciones Técnicas de Finlandia, entre los años 1984 y 1987. Esta investigación fue aplicada por la Compañía Finlandesa ACOTEC (Advanced Construction Technology) que desarrolló una planta para la fabricación de paneles de hormigón con fibras de madera (Tecnología de hormigón con fibras de madera).

En Singapur en 1987, se empezó la fabricación de los paneles empleando el equipo desarrollado por ACOTEC. Más recientemente una compañía constructora finlandesa (Finna Housing Ltd) ha estado usando el hormigón con fibras de madera para la construcción de pequeñas casas en Indonesia.

Los elementos prefabricados para este hormigón con fibras son los paneles para paredes y losas, para la producción de estos elementos se usaban procesos altamente mecanizados y automatizados, pero procesos manuales de fabricación son posibles en países en desarrollo, en forma económica (ICPA, (2009).)

Por su tipo de aplicación el hormigón liviano se clasifica en:

Hormigón de Relleno.- La densidad de este hormigón está comprendida entre los 300kg/m^3 y los 1000kg/m^3 , son buenos aislantes térmicos, bajas resistencias por lo cual no son utilizados en elementos estructurales.

El hormigón de relleno es una mezcla fluida que tiene la finalidad de solidarizar las armaduras con la mampostería, llenando los huecos donde se encuentra, es lo que se llama la mampostería reforzada, el hormigón de relleno deberá tener la fluidez necesaria para obtener un llenado íntegro.

Hormigón Aislante.- utilizado frecuentemente en la construcción, sin afectar a la resistencia a compresión en favor de la inercia térmica, utilizado para aislamiento, el cual aumenta o disminuye en relación inversa con la densidad del material.

La conductividad, hace que el calor pase de un material sólido a otro cuando están en contacto entre sí, el aire es un mal conductor de calor, por lo tanto los hormigones livianos, que son porosos encierran cantidades considerables de aire, los convierte en buenos aislantes térmicos.

2.1.4 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

La facilidad con que un hormigón fresco se deforma nos da idea de su consistencia, varios factores producen esta deformación: la cantidad de agua de amasado, la granulometría y la formación y tamaño de los áridos.

En la construcción se reconocen básicamente dos tipos generales de materiales: los que están en capacidad de resistir y transmitir cargas con alta seguridad y aquellos que solo soportan su propio peso y ocasionalmente una pequeña fracción de carga adicional sin seguridad, los primeros se les reconoce como materiales estructurales.

El hormigón por naturaleza es un material heterogéneo, anisotrópico e inelástico lo que complica su modelación numérica, en su proceso de formación de dos etapas claramente definidas y de gran importancia para el ingeniero estructural: el periodo de fraguado que tiene una duración normal entre una y seis horas, el periodo de endurecimiento el cual se inicia simultáneamente con el fraguado y continua en el tiempo mientras se mantengan condiciones adecuadas para la hidratación del cemento.

En la construcción se reconocen básicamente dos tipos generales de materiales: los que están en capacidad de resistir y transmitir cargas con alta seguridad y aquellos que solo soportan su propio peso y ocasionalmente una pequeña fracción de carga adicional sin seguridad.

Muchas de las propiedades del hormigón, afectan en gran medida la composición y homogenización del material, por los cambios físicos, térmicos y volumétricos.

2.1.5 HORMIGÓN ALIVIANADO CON PIEDRA POMEZ Y CON INCLUSOR DE AIRE

La piedra pómez, también conocida como pumita es una roca magmática Volcánica vítrea, con baja densidad y muy porosa, de color blanco o gris, de composición lava, proyectada al aire sufre una gran descompresión, produciendo una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

Químicamente, es un silicato volcánico de aluminio, está compuesta por partículas vítreas con un alto contenido de sílice superior al 50%, y por una gran cantidad de poros diminutos que le proporcionan un bajo peso unitario, a pesar de tener una gravedad específica alta entre 2.3 a 2.5, su peso unitario varía de 350 Kg/ m³ hasta 800 Kg/ m³.y puede flotar en el agua.

Por medio de la introducción de aire, ya sea agregando a la lechada en la mezcladora una espuma estable preformada semejante a la usada para combatir el fuego o incorporando aire por medio de batido, con la ayuda de un agente incluso de aire

2.1.6 HORMIGÓN ALIVIANADO CON FIBRAS DE MADERA

2.1.6.1 ORIGEN

Debido a la necesidad de las poblaciones por utilizar recursos de su propia localidad con el fin de abaratar costos, se han desarrollado hormigones especiales. Se ha implementado la utilización de fibras de madera en la dosificación del hormigón, pero otras fibras orgánicas (papel de desecho, bambú, cascara arroz, etc.), pueden ser utilizados siempre y cuando estos cumplan con los ensayos.

En Indonesia se han construido pequeñas casas utilizando este material, las obras civiles están a cargo de la constructora finlandesa (Finna Housing Ltd.). Se ha producido paneles para paredes y losas prefabricados con hormigón alivianado con fibras de madera.

Las propiedades físicas y mecánicas del hormigón estructural con fibras de madera tienen relación con su densidad. Por lo general encontramos hormigones de 1200 kg/m³ y 1500 kg/m³, los últimos son utilizados para soportar cargas. Los hormigones de 1200 kg/m³ alcanzan valores a compresión de 60 kg/cm² a 80 kg/cm² y a flexión de 20 kg/cm² a 30 kg/cm², y los de 1500 kg/m³ alcanzan de 100 a 150 kg/cm² a compresión y de 30 a 60 kg/cm² a la flexión.

Este tipo de hormigones son resistente a la humedad, hielo, fuego y ataque de termitas, tienen gran capacidad de absorción y aislamiento de sonidos. Los componentes de este material no son nocivos para la salud.

2.1.7 EFECTOS DE LA HUMEDAD SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

El hormigón alivianado con fibras de madera presenta el mismo efecto del contenido de humedad en la resistencia y módulo de elasticidad que el hormigón

tradicional. Se ha identificado una reducción del 13 % y 5 % en la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad, en ensayos realizados en un hormigón con fibras de madera almacenado en un ambiente con 40% de humedad relativa, con otro guardado en un ambiente con 70% de humedad relativa.

2.1.7.1 FLUENCIA Y TRACCIÓN

El coeficiente de fluencia del hormigón con fibras de madera decrece con el crecimiento de la densidad. La contracción es afectada tanto por el secado como por los factores químicos.

En hormigones con fibras naturales, las fibras controlan el comportamiento de la humedad en la pasta de cemento. Los cambios en el contenido de humedad de la pasta a su vez afectan la tensión en la totalidad del material. La contracción de las fibras naturales es controlada primordialmente por el contenido de cemento de la pasta, mientras las fibras naturales controlan el contenido de humedad del hormigón (www.concretonline.com, 2007).

Debido a que las fibras naturales causan porosidad capilar del hormigón, el contenido de humedad del hormigón con fibras naturales cambia rápidamente con los cambios de las condiciones externas de humedad. La porosidad capilar también causa la contracción rápida del hormigón.

La contracción es afectada por la relación agua/cemento y puede ser determinada para cada mezcla de hormigón. En los elementos prefabricados con hormigón con fibras de madera, la mayor parte de la contracción tiene lugar rápidamente después del moldeo (durante el acopio y almacenamiento) y la menor parte cuando el elemento deja el almacenamiento.

2.1.7.2 RESISTENCIA AL FUEGO

El hormigón con fibras de madera es considerado como no inflamable para densidades de mayores o iguales a 1000 kg/m^3 ., la capilaridad de las fibras y la resistencia a la tracción evitan el cuarteo en la superficie del hormigón cuando se encuentra sometido al fuego.

Se ha determinado el tiempo de resistencia al fuego de un panel de hormigón con fibras de madera cuya densidad fue de 1000 kg/m^3 alcanzó los 84 min, y al final el ensayo aún se encontraba en condiciones estables.

2.1.7.3 AISLAMIENTO Y ABSORCIÓN DEL SONIDO

El hormigón con fibras de madera tiene un bajo módulo de elasticidad y escasa homogeneidad lo que brinda al material grandes condiciones para el aislamiento de los sonidos. La absorción del sonido del hormigón con fibras de madera varía aproximadamente entre un 25% al 35 % dependiendo de las densidades utilizadas

2.1.7.4 RESISTENCIA A LA INTEMPERIE

El hormigón estructural con fibras orgánicas es resistente a la acción de la humedad y de la intemperie, debido que las superficies se encuentran protegidas por enlucido, pintura o tratada con agentes impregnantes para limitar la absorción de agua y minimizar la contracción en este tipo de hormigón.

2.1.7.5 RESISTENCIA A LAS TERMITAS

Esta propiedad se encuentra presente en hormigones con densidades mayores a 1000 kg/m^3 .

2.1.7.6 PRODUCCIÓN MECANIZADA

La producción de este tipo de hormigón se la podría automatizar mediante procesos computarizados para mantener la eficacia de la mezcla.

2.1.8 LA VIRUTA DE MADERA EN EL HORMIGON

2.1.8.1 CONCEPTO

Es fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que se extrae mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera.

A pesar de ser un residuo, tiene variados usos, se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante tiene variadas aplicaciones.

También conocido como aserrín, siendo la misma viruta pero se diferencia en el tamaño de la partícula, ambos generan un efecto sobre el endurecimiento del cemento y sobre el fraguado, lo que produce incertidumbre sobre las propiedades del producto, pero la mayoría de los aserrines de maderas suaves se vuelven compatibles con el cemento, si se usa como aglutinante una mezcla de cemento y cal.

El conglomerado de madera y cemento (CMC) es un hormigón ligero, compuesto por virutas de madera de textura homogénea, mineralizadas y ligadas con cemento, un tratamiento mineralizante, mantiene las mismas propiedades mecánicas de la madera, el deterioro biológico es detenido, la masa se convierte en un material inerte y resistente al fuego.

Otra de las características es la resistencia al agua, hielo y humedad, responde a los principios de bioconstrucción.

El conglomerado madera cemento tiene una durabilidad ilimitada, no está sujeto a degradación química o biológica es considerado como un material ecológico.

2.1.8.2 CARACTERÍSTICAS DE LA VIRUTA DE MADERA

- Proviene de troncos de madera, previamente descortezados.
- Del cepillado con máquinas usuales de carpintería, después de ser eliminado el aserrín, y previo tratamiento de mineralización.
- Ancho aproximado de la partícula 75mm.
- Según la necesidad puede ser reprocesada, hasta tener un tamaño final de 5 a 10mm de ancho y de 100 a 120mm de largo, esta longitud siempre en dirección de la fibra.

2.1.8.3 CARACTERÍSTICAS DEL ASERRIN

- Es un residuo, producido en el proceso de serrado de la madera.
- El tamaño de la partícula se recomienda sea de 1 a 5 mm, como agregado al hormigón.
- Densidades de 0.1 a 0,45 g/cm³
- Humedad inferior al 50%, para ser óptimo en la mezcla con hormigón.
- La porosidad total es superior al 80 %, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada (al, 2008).

2.1.8.4 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE MADERA

- Se obtienen de residuos producidos, por máquinas cepilladoras especiales

- Es un material muy versátil, utilizado en la construcción, como agregado y refuerzo.
- Forma de cintas delgadas, de 4 a 5 mm de ancho, de 0.2 a 0.4 mm de espesor y longitud variable.
- Se utiliza como agregado, previa mineralización de las fibras por inmersión en soluciones indicadas.

2.1.9 EMPLEO DE PANELES DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE MADERA.

Se pueden emplear moldes para la elaboración de paneles para la construcción de mampostería, similares a los que se están realizando hoy en día con otros materiales como el polietileno.

El procedimiento es simple ya que solo se unen estos paneles mediante clavos y mortero de cemento, una vez levantadas las paredes, éstas reciben una delgada capa de enlucido y así podrían recibir un acabado como una pared tradicional ya sea pintada o tapizada.

Estos paneles también pueden ser empleados como muros en pequeñas viviendas, los paneles que fueran utilizados en exteriores como en fachadas deben ser impermeabilizados para evitar filtraciones de agua.

2.2 FUNDICIÓN DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE MADERA EN EL SITIO.

Este hormigón también puede ser fundido en el sitio. En una casa en Finlandia se levantaron paredes con este tipo de hormigón, utilizando bloques de poliestireno como encofrados. Esta unión de elementos permiten darle la suficiente resistencia y aislamiento necesario para que sea habitable esta construcción. Este tipo de

construcción como se lo mencionó anteriormente necesita un tratamiento de impermeabilización y ser revocadas en su totalidad.

2.3 VERSATILIDAD.

El hormigón con fibras de madera puede ser mezclado en cualquier planta convencional de hormigón y ser bombeado en las mismas condiciones de este último, su alta resistencia a la tracción y su tenacidad son suficientemente buenas como para no requerir refuerzos de acero sino en grandes aberturas, y pequeños estribos en algunas esquinas.

La baja densidad y la facilidad de trabajo del material endurecido para el aserrado, clavado y barrenado lo hace un material altamente adecuado en trabajos de reparaciones.

La tecnología del hormigón con fibras naturales tiene un alto grado de flexibilidad, materiales naturales y de desecho pueden usarse, especialmente en países en desarrollo y en industrializados es posible la utilización de astillas de madera y de papel de desecho.

El único material costoso a utilizar es el cemento cuyo consumo puede disminuirse utilizando puzolanas naturales, cenizas volantes, polvo de cáscara de arroz o escoria de alto horno.

El hormigón con fibras de madera puede ser usado para componentes verticales no estructurales y componentes horizontales secundarios estructurales en edificios de varios pisos. En casas de uno o dos pisos puede ser usado en miembros estructurales tanto horizontales como verticales.

Los paneles de paredes pueden ser livianos y delgados, y usarse sin ningún aislamiento en climas cálidos, o pesados con aislamiento especial en climas fríos (Manuel de Construcción, Evaluación y Rehabilitación, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2009).

2.4 NORMAS ECUATORIANAS PARA LA CONSTRUCCIÓN-NEC

“La Norma Ecuatoriana de la Construcción “NEC”, tiene como objetivo principal la actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción (2001), con la finalidad de regular los procesos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones, en cuanto a construcción, uso y el mantenimiento; especificando parámetros, objetivos y procedimientos con base a los siguientes criterios: (i) establecer parámetros mínimos de seguridad y salud; (ii) mejorar los mecanismos de control y mantenimiento; (iii) definir principios de diseño y montaje con niveles mínimos de calidad; (iv) reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia energética; (v) abogar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad; (vi) fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados (NEC, 2009).

El cumplimiento es obligatorio a nivel nacional, profesionales de la construcción, instituciones públicas y privadas, deben cumplir y hacer cumplir los requisitos establecidos en cada uno de los capítulos.

Luego de la actualización de los seis capítulos que estuvieron vigentes en el año anterior y la inclusión de cuatro adicionales, entran en aplicación obligatoria los siguientes:

1. Cargas (No sísmicas)
2. Cargas Sísmicas y Diseño Sismo resistente
3. Rehabilitación sísmica de estructuras
4. Estructuras de Hormigón Armado
5. Estructuras de Mampostería Estructural
6. Geotecnia y Cimentaciones
7. Estructuras de Acero
8. Estructuras de Madera
9. Vidrio
10. Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5m

De este modo, los proyectos arquitectónicos y los procesos de construcción deberán observar las condiciones o parámetros establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción y las regulaciones locales, expedidas por los distintos Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, deberán acogerse a dicha Norma, en ejercicio de las competencias asignadas por el COOTAD.

El objetivo fundamental de estas nuevas normas de construcción, es estar al nivel mundial en avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, delinear principios mínimos de diseño y montaje en obra, vigilar el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, busca dar atención a la demanda de la sociedad actual, en cuanto a la mejora de calidad, seguridad y durabilidad de las edificaciones, para, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible.

Las normas NEC, cuentan con 10 capítulos, fueron elaborados mediante el Convenio de Cooperación Interinstitucional suscrito en el 2008 entre el MIDUVI y CAMICON,

participaron profesionales, investigadores, docentes de varios Centros de Educación Superior del país, consultores nacionales y extranjeros, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Organismos Internacionales,

En el capítulo dedicado a la madera, da una explicación sobre las generalidades y comportamiento de este material, al ser utilizado en la construcción y mezclado con otros materiales para formar estructuras.

2.4.1 NORMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

La mampostería es la unión de bloques o ladrillos de arcilla o de concreto con un mortero, con el fin de conformar sistemas monolíticos tipo muro, con resistencia a acciones producidas por las cargas de gravedad o las acciones de sismo o viento.

Se utilizan para dividir los espacios en una edificación y que se construyen con unidades de mampostería perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos).

2.4.2 COORDINACIÓN MODULAR

La mampostería de concreto se debe diseñar y construir modularmente, pues se basa en un módulo (unidades enteras) con sub módulos (unidades medias, etc.), que minimizan cortes y ajustes en obra.

Todos los bloques se pueden producir en anchos entre 8 cm y 30 cm, Para sacar el mayor provecho de la modulación, los planos arquitectónicos se deben ajustar a dimensiones acordes con los bloques referidos disponible

La mampostería se modula según el bloque que se vaya a usar:

- Bloque de 20 cm de alto por 40 cm de largo (bloque Corriente). Tiene un módulo de 20 cm x 20 cm.
- Bloque de 10 cm de alto por 30 cm de largo (bloque Catalán). Tiene un módulo de 10 cm x 10 cm.
- Bloque de 10 cm de alto por 60 cm de largo (bloque Italiano). Tiene el mismo módulo que el catalán pero es más largo.

Un Módulo proporciona flexibilidad para ajustar las distintas dimensiones de la construcción (baños para puertas y ventanas, alturas de entresijos, etc.), no es suficiente que las dimensiones sean correctas, se pueden optimizar los diseños con bloques medios, un cuarto, etc., y evitar partir bloques en la obra.

El aumento de las dimensiones del muro, en sentido horizontal y vertical, implica usar bloques especiales para eliminar el desperdicio, con lo que se aumenta el número de bloques a usar y costo de la obra, sin aumentar el área construida.

2.4.3 MATERIALES

Bloque

El bloque, es la unidad de mampostería de perforación vertical, es un prisma recto de concreto, prefabricado, con una o más perforaciones verticales, es usado para construir mamposterías, por lo general muros, lo que implica que los 6 lados, forman ángulos rectos con los demás, y que sus perforaciones deben tener, al menos, una

cuarta parte (25%) de su área bruta (la que resulta de multiplicar la longitud x el ancho del bloque). Es el responsable, de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías.

Partes de un bloque

Cada parte del bloque tiene un nombre que puede ser diferente según el lugar donde se construya, pero en la NEC, se presenta un Glosario que cubre la terminología que se emplea en Ecuador.

Fabricación

La fabricación de bloques de concreto depende del tipo de equipo de producción, de los procesos de curado, almacenamiento y despacho, los equipos utilizados deben ser los adecuados en tamaño, tecnología y costos para el medio que se va a suministrar o el proyecto que se va a construir.

Se debe cuidar lo siguiente:

- Los agregados deben ser de buena calidad, limpios, y con la granulometría correcta según el espesor de las paredes y tabiques de los bloques y la resistencia y la textura esperadas.
- Los otros materiales también se deben escoger con cuidado como los cementos, aditivos, y pigmentos, lo mismo que la forma de mezclarlos y su relación entre costo y efectividad.
- La dosificación de los materiales y del agua se debe hacer según las características esperadas para el bloque.

- Los agregados se introducen en una mezcladora, en las cantidades calculadas (en peso), y en una secuencia correcta. Allí se le agrega el agua y el cemento, en las cantidades calculadas.
- Los aditivos se adicionan en forma líquida en la mezcladora o mezclados con agua, en ambos casos, reemplazando parte de ésta.
- Cuando se adicionan en polvo, gránulos o suspensión, directamente a la mezcladora.
- Según el tipo de bloque que se vaya a producir, varía el proceso de mezclado en secuencia y duración, hasta obtener el concreto deseado, homogéneo en composición y color.
- La mezcla pasa a una máquina vibro-compresora, que moldea las unidades con vibración y compresión, usando moldes precisos.
- Los bloques, que secas de las cámaras, se acomodan sobre estibas conformando cubos, los cuales se forran con láminas de plástico “estirable” para poder manejarlas más eficientemente.

2.4.4 Propiedades

Las características que deben tener los bloques de concreto están definidas por la Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC), cuando se va a construir mampostería estructural, tiene relación con las Normas de Sismo Resistencia, que rige el diseño y construcción de estructuras en Ecuador.

2.4.4.1 Densidad (D)

La densidad de un bloque depende del peso de los agregados, del proceso de fabricación y de la dosificación de la mezcla, la densidad debe ser la máxima que se

pueda alcanzar, de ella dependen otras características como: resistencia a la compresión, absorción, permeabilidad, durabilidad y comportamiento al manejo durante su producción, transporte y manejo en obra; capacidad de aislamiento térmico y acústico, y textura y color de su superficie, etc.

2.4.4.2 Resistencia a la compresión (Rc28)

La principal propiedad, que deben tener los bloques es la resistencia a la compresión, esto determina si se pueden usar para mampostería estructural (portante) o divisoria (no portante o no estructural).

En los bloques para mampostería estructural se tienen dos clases de resistencias: alta y normal, la resistencia alta se usa para todo tipo de construcciones, incluyendo edificios de mampostería estructural. La baja se usa fundamentalmente para construcciones de uno y dos pisos.

“El uso de una u otra depende de las necesidades estructurales, sin importar la exposición a la intemperie o el recubrimiento que vaya a tener el muro, la resistencia debe ser alcanzada a los 28 días de producidos los bloques; pero se pueden utilizar en el muro a edades menores cuando se tenga un registro sobre la evolución de la resistencia de bloques de iguales características, y éste indique que alcanzarán dicha resistencia, lo que no exime de la verificación directa de la calidad de los bloques.

Se pueden especificar resistencias a la compresión mayores que la alta, cuando lo requiera el diseño estructural; pero se debe consultar antes a los productores locales, sobre la posibilidad de fabricarlos” (Prefabricados concretado, 2011).

2.4.4.3 Absorción (Aa%)

La absorción es la propiedad del concreto del bloque para absorber agua hasta saturarse, su relación con la permeabilidad es estrecha, o sea la posibilidad de que haya paso de agua a través de sus paredes.

Es importante tener la menor absorción posible en el bloque, pues mientras mayor sea, más agua succionará del mortero de pega y de inyección, y se puede reducir la hidratación del cemento en la superficie que los une, perdiendo adherencia y originando fisuras.

Una absorción baja reduce la entrada de agua y de contaminantes en el bloque, mejorando su durabilidad, la absorción es inversamente proporcional a resistencia a la compresión, por lo general es mayor para las unidades de menor resistencia.

2.4.4.4 Contenido de humedad (H)

El contenido de humedad no es una propiedad del concreto del bloque sino un nivel de presencia de humedad dentro de su masa, intermedia entre saturación y estado seco al horno.

2.4.4.5 Aislamiento acústico

Después de chocar con un muro las ondas de sonido son reflejadas, absorbidas y transmitidas en cantidades variables, dependiendo de la clase de superficie y la composición del muro, las perforaciones verticales de los bloques de concreto proporcionan cámaras de aire aislantes, estas absorben parte del sonido, también contribuye una textura abierta en el bloque, se reduce si se recubre con acabados lisos. Los muros de bloques de concreto rugosos y con geometría irregular, absorben entre el 20% y el 70 % del sonido.

2.4.4.6 Aislamiento térmico

El aislamiento térmico de los muros de bloque de concreto es mayor mientras menos densos sean los bloques. Además, sus perforaciones verticales funcionan como cámaras aislantes, pues el aire es menos conductor térmico que el concreto.

2.4.4.7 Resistencia al fuego

La resistencia al fuego de un muro de bloques de concreto está relacionada con el diseño y dimensiones de éstos, el tipo de agregados usados, la relación cemento/agregados, el método de curado y la resistencia del concreto.

El espesor de material sólido existente en la trayectoria de calor y es el número de horas necesario para que se eleve la temperatura hasta el nivel máximo aceptado en el ensayo de resistencia al fuego.

2.5 LA MADERA COMO RECURSO FORESTAL

Según cálculos estimativos, el país consume actualmente 5 millones de metros cúbicos/año de madera rolliza para diferentes usos: tableros contrachapados, muebles, construcción en general y leña y carbón; cuya fuente principal de abastecimiento es el bosque nativo, que alcanza un 70 % (3,5 millones de m³) y el restante 30 % de plantaciones forestales (NEC, 2010).

“En el año 2010 se registró la extracción de 3.704338,70 m³ de madera proveniente de plantaciones forestales, bosques nativos, sistemas agroforestales y regeneración natural, al año 2007, desde que se cuentan estadísticas debidamente sistematizadas se ha reflejado un incremento del 65,95%., con relación al volumen autorizado que se registró en el periodo 2009, el volumen de madera tuvo un crecimiento del 26,18%, que

significa 768 615,15 m³ de madera” (Aprovechamiento de recursos naturales en Ecuador, 2010, Ministerio del Ambiente).

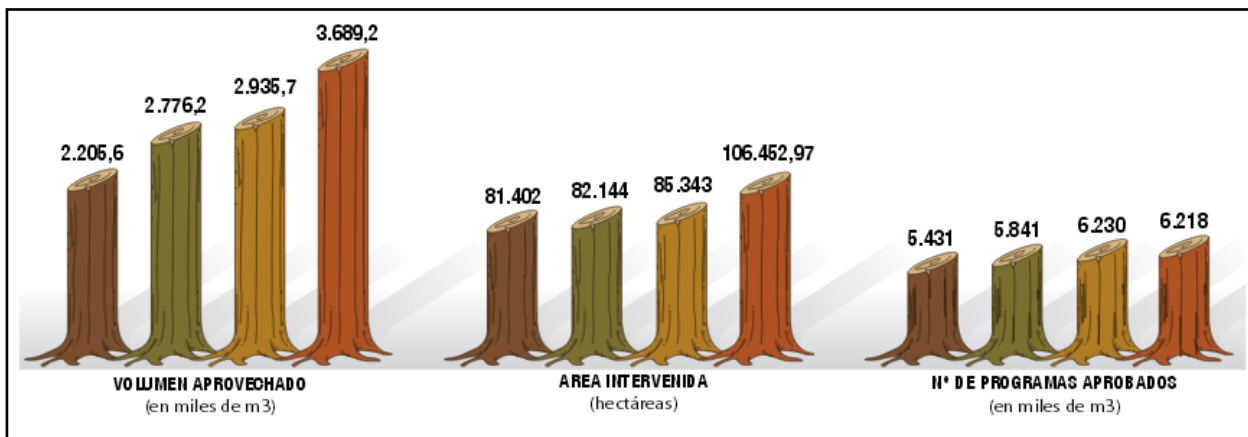
Las provincias donde se registra mayor extracción son: Esmeraldas, que registró un volumen adicional de 228 .343,78 m³ en relación al año 2009; Cotopaxi con un volumen adicional de 174 407,41 m³ ; Manabí con un crecimiento significativo de 81 839,24 m³ y Los Ríos que registró un crecimiento de 80 734,52 m³de madera.

“Las estadísticas forestales del país son incompletas, las fuentes oficiales indican que existen aproximadamente 3 millones de hectáreas de bosques nativos de producción, pero únicamente un millón de ellas se encuentran al momento accesible, considerando que con un aprovechamiento sostenible, de cada hectárea de bosque nativo se puede obtener en promedio 1,5 m³ anuales, entonces la producción sostenida es de 1,5 millones de m³, con un déficit de 2 millones de m³, que son cubiertos con madera de tala ilegal o de la conversión de bosque nativo a actividades agropecuarias (2013).

2.6 LA MADERA UN RECURSO RENOVABLE

“La madera proviene del recurso forestal (bosque nativo y plantaciones forestales), que tiene un carácter renovable, si se manejan bajo la concepción de sustentabilidad; caso contrario, éste se degrada y puede extinguirse. Adicionalmente en los bosques primarios existe una amplia variedad de especies forestales potencialmente maderables de las que solo un limitado número han sido estudiadas, de las que existe información que permite ser usada en la industria de la construcción” (NEC, 2010, capítulo madera, 2010).

Fig. # 3:Tendencia a nivel nacional del volumen, superficie y programas autorizados para aprovechamiento 2007-2010



Fuente: Ministerio del Ambiente Ecuador, 2011

“Los recursos naturales pueden estar constituidos por cualquiera de los componentes de la materia existente en la naturaleza que puedan ser potencialmente utilizados por el hombre. Pueden ser renovables o no, dependiendo este carácter de la exploración y explotación de los mismos y de su capacidad de reposición. No es renovable el recurso que no se regenera corto plazo después de su uso y que se agota. Es renovable, en cambio, aquél que se recupera luego de su utilización, típicamente por reciclado (el agua) o por reproducción (recursos biológicos vegetales y animales). De acuerdo con este concepto clásico de categorización de los recursos naturales, los yacimientos minerales como fuente de materias primas son recursos no renovables y el agua para consumo humano o la madera de un bosque, renovables” (<http://www.cadamda.org.ar/portal>).

2.7 CONDICIONES DE USO DE LA MADERA

El NEC, establece normativa sobre la procedencia de la madera y sus desechos, para ser óptimos al ser mezclados con hormigón para estructuras, siendo la Autoridad

Forestal del Ecuador, quien deberá controlar, en los depósitos e industrias de la madera en todo el país, la procedencia legal de la madera a utilizarse en la construcción de viviendas y otras edificaciones, que utilicen la madera como material estructural.

“A la vez el establecimiento autorizado para proveer de madera, será la Autoridad Forestal Nacional, quien extenderá la correspondiente Patente de Proveedor de Madera Estructural, a los interesados que cumplan con los requisitos siguientes:

a) Se abastezcan de madera proveniente de Programas de aprovechamiento y de corta, autorizados por el Ministerio del Ambiente, es decir de procedencia legal.

b) Poseer una infraestructura de secado al horno y preservación a presión o inmersión.

c) Estar dispuestos a asumir las responsabilidades civiles y penales que se deriven del uso de materiales defectuosos.

Toda persona natural o jurídica, responsable de la construcción de edificaciones con material estructural de madera, deberá proveerse del material, en los establecimientos de comercio autorizados por la Autoridad Nacional Forestal (NEC, 2010, capítulo madera).

2.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE MADERA

El hormigón estructural con fibras de madera es un material extremadamente versátil. Puede ser usado, tanto en climas fríos como cálidos, para la elaboración de elementos estructurales y no estructurales para edificios, que pueden fabricarse mediante procesos manuales como mecanizados, automáticamente controlados mediante computadoras (www.icpa.org.ar, 2013).

Su versatilidad permite su producción y utilización en variados ambientes climáticos y sociales.

Modernamente se fabrican hormigones mezclando cemento con fibras de madera o cáscaras de arroz o de trigo, corcho molido, etc., estos materiales considerados como agregado, las fibras son sometidas a tratamiento especial para que la materia orgánica resulte resistente y no se pudra.

El empleo de concreto con madera tiene especial aplicación en aquellas obras donde se impone un aislamiento térmico y acústico, tienen baja masa unitaria y se emplean en la construcción de piezas prefabricadas (Rivera, 2011).

Este hormigón especial fue desarrollado con la idea de utilizar los materiales naturales locales de cada país y área de construcción. Su tecnología ha sido aplicada fundamentalmente a las fibras de madera (árboles coníferos y gomeros), pero otras fibras naturales como papel de desecho, bambú, lino, cáscara y paja de arroz, pueden usarse si los ensayos acusan resultados aceptables.

La baja densidad y la facilidad de trabajo del material endurecido para el aserrado, clavado y barrenado lo hace un material altamente adecuado en trabajos de reparaciones.

La tecnología del hormigón con fibras naturales tiene un alto grado de flexibilidad, materiales naturales y de desecho pueden usarse, especialmente en países en desarrollo. En los países industrializados es posible la utilización de astillas de madera y de papel de desecho; el único material costoso a utilizar es el cemento cuyo consumo puede disminuirse utilizando puzolanas naturales, cenizas volantes, polvo de cáscara de arroz o escoria de alto horno.

El hormigón con fibras de madera puede ser usado para componentes verticales no estructurales y componentes horizontales secundarios estructurales en edificios de varios pisos. En casas de uno o dos pisos puede ser usado en miembros estructurales tanto horizontales como verticales. Los paneles de paredes pueden ser livianos y delgados, y usarse sin ningún aislamiento en climas cálidos, o pesados con aislamiento especial en climas fríos.

2.9 PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN-FIBRAS DE MADERA

Usados para edificaciones, los paneles prefabricados de CMC poseen una mayor durabilidad que los absorbentes existentes en el mercado, ya que son resistentes al agua, al hielo, a la humedad, no están sujetos a degradación química o biológica, resisten el salitre e incluso el fuego, además su capacidad de flexión y de absorción permite resistir sin fisuras el impacto de piedras u otros objetos (Prefabricados, 2010).

“Las dimensiones del panel prefabricado de CMC más habituales son 50 o 100 cm de longitud y 25 cm de altura, y el espesor de los paneles prefabricados de CMC varía de los 3 a los 20 cm en función de las propiedades absorbentes y tipo de acabado que se desee obtener, se pueden fabricar en distintos colores añadiendo colorantes minerales durante su amasado, la cara expuesta al ruido, puede contar con un acabado liso, acanalado en onda sinusoidal o trapezoidal, con cantos en arista o biselados o con cualquier otra geometría que permita el desmoldeo de la pieza en una prensa vibrocompactadora de hormigón y un posterior fresado de la misma” (Prefabricados, 2010).

CAPÍTULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

En este capítulo de la fase experimental de la tesis, se estudia y analiza el comportamiento estructural de las mezclas cementicias con fibras de madera. Se realizaron las respectivas pruebas de laboratorio para la comprobación de la hipótesis planteada, determinar si la respuesta de las fibras con la pasta de cemento, nos permite ser implementada en obras.

Empezaremos analizando los materiales con los que se va a trabajar como lo es la arena homogenizada, la fibra de madera, porcentaje de agua, etc.

Inicialmente se elaboró las pruebas con cilindros de 15cm de diámetro por 30cm de alto y viguetas de 15cm x 15cm x 50cm según lo especifica la norma, las cuales son los tipos de encofrados que disponemos en los laboratorios de la UEES sin embargo estas pruebas arrojaban valores que no eran aceptables, posiblemente porque son para hormigones normales, con agregados gruesos.

Decidimos realizar otro tipo de encofrados, con dimensiones menores ya que nuestros agregados eran finos.

Empezamos a realizar pruebas con los nuevos encofrados 1 de 10 cm de diámetro y 20cm de altura, una vez encontrado un proporcionamiento aceptable, elaborar 20 cilindros para determinar la resistencia a la compresión, de igual manera elaborar 20 viguetas para medir su ,módulo de rotura, resistencia a la flexión.

El desarrollo experimental se partió de tres proporcionamientos: 1.1-3.3-3.3 ; 1-2-6; 1-1.5-0.6 obtenidas del libro de materiales de construcción de la PhD. Carmen Terreros de Varela, del cual se seleccionó la proporción 1-1.5-0.6 la que obtuvo mejor

resistencia tanto en la compresión como en la flexión. Tomando como base esta proporción se realizó un análisis del comportamiento de la inclusión de la fibra de madera partiendo de un mortero (1-1.5-0); se incluyó 10 %, 30%, 60% y 100 % de fibra de madera con relación a la cantidad de cemento.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR

El trabajo de titulación consistió en ensayar vigas cuyas dimensiones son de 9cm x 10cm x 28cm, de las viguetas, 23 son de pino, 6 son de maderas mixtas, 18 son de teca. Con estos diferentes tipos de maderas pero con el mismo proporcionamiento tratamos de determinar si el tipo de madera influye de manera significativa en las resistencias a la flexión y durabilidad del hormigón.

De igual manera se ensayó cilindros según la norma ASTM C39 cuyas medidas son de 10cm de diámetro x 20 cm de altura, los cilindros: 23 son de pino, 2 son de maderas mixtas, 14 son de teca.

Con estos diferentes tipos de maderas pero con el mismo proporcionamiento queremos determinar si el tipo de madera influye de manera significativa en las resistencias a la compresión y durabilidad de la mezcla cementicia.

3.2 ANALISIS Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Los diferentes tipos de madera que se emplearon en este proyecto fueron los siguientes:

- Fibras de teca
- Fibras de pino
- Fibras de madera mixta

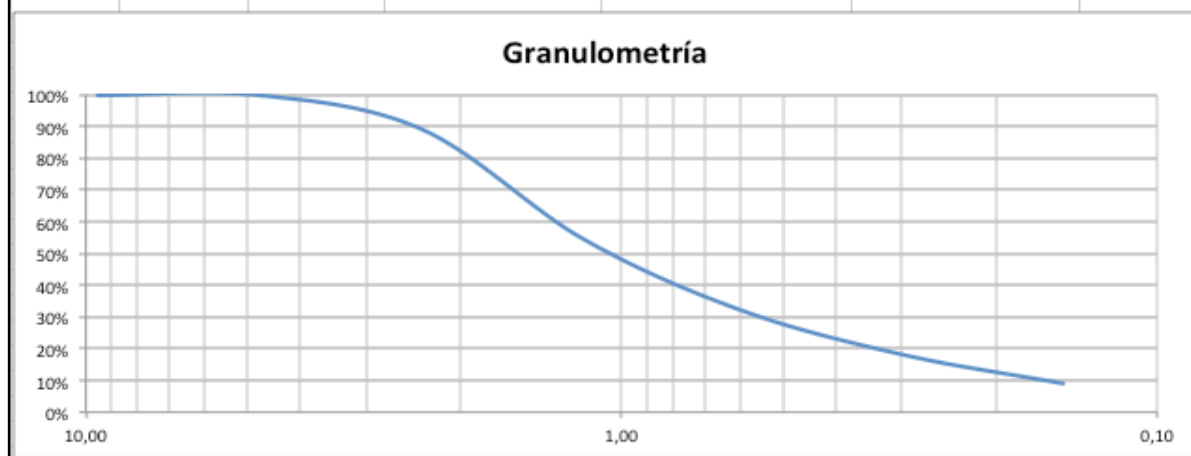
Una vez encontrado la dosificación ideal se realizaron ensayos con las diferentes tipos de madera que se disponía. Los contenidos de humedad varían de 0,5% a 0,4%.

3.3 MEZCLA CEMENTICIA

La mezcla cementicia se lo realizó en los laboratorios de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Para este tipo de pruebas no se utilizó agregado grueso y sustituir este por fibras de madera, el agregado fino no será reemplazado, utilizaremos arena homogenizada. Para verificar su calidad se realizaron pruebas de granulometría al agregado fino, lo cual se detallará a continuación.

TABLA 1.- Tabla de granulometría de la Arena Homogenizada

TAMIZ	DIAMETRO	PESO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCETAJE QUE PASA	NORMA
3/8	9,50	0	0%	0%	100%	100
N4	4,75	2	0%	0%	100%	95-100
N8	2,36	115	11%	11%	89%	80-100
n16	1,18	370	35%	45%	55%	50-85
n30	0,6	240	22%	68%	32%	25-60
n50	0,3	150	14%	82%	18%	5 a 30
N100	0,15	98	9%	91%	9%	0-10
Fondo		97	9%	100%	0%	
		1072	100%			



3.4 DISEÑO DE LA MEZCLA CEMENTICIA

El diseño del hormigón se partió de experiencias previas (Terreros, 2013), en cuanto a dosificación para determinar cuál era la más conveniente, se tomó de referencia de dos tipos de proporcionamiento.

El primer proporcionamiento fue: 1.1; 3.3; 3.3 (cemento, arena, fibras de pino) con 1.1 de agua y el segundo proporcionamiento fue: 1; 1.5; 0.6 (cemento, arena, fibras de pino) con 0.5 de agua.

3.5 HORMIGÓN FRESCO.

3.5.1 TRABAJABILIDAD.

La trabajabilidad en una mezcla de hormigón es muy importante, la consistencia debe permitir que se realicen con facilidad los trabajos de trasportación y colocación sin que en la misma se dé segregación.

La consistencia es considerada como la firmeza de una substancia o facilidad de la mezcla para fluir, pero en ciertos casos es posible que dos elementos tengan la misma consistencia pero su trabajabilidad no sea igual.

3.5.2 REVENIMIENTO

El revenimiento es el término con el que se mide la trabajabilidad. Las mezclas con un revenimiento bajo son más trabajables que las de mayor revenimiento.

Tabla 2.- Revenimientos recomendados para diversas formas de construcción.

CONSISTENCIA	REVENIMIENTO (cm).	TIPO DE CONSTRUCCION	SISTEMA DE COLOCACION	FORMA DE COMPACTACION
SECA	0.-2,5	Prefabricados de alta Resistencia Revestimientos	Vibradores de Pared Hormigón Lanzado	Vibrado enérgico en planta usando presión
SEMI SECA	2,5.-5,0	Pavimentos de gran espesor Concreto masivo	Pavimentadoras con terminadora vibratoria Vaciado directo	Para hormigón simple vibrado enérgico en obra
PLASTICA	5,00-10,0	Losas, columnas, vigas, muros, pavimentos y pisos	Colocación manual	Vibrado normal o apisonado manual en hormigón simple
BLANDA	10,0.-15,0	Secciones muy reforzadas. Elementos esbeltos	Bombeo	Usar vibración pero moderada
FLUIDA	15,0 ó más	Pantallas y pilotes fundidos en sitio elementos especiales	Tubo embudo tremie	Se consolidan sin vibración

Fuente Terreros,C

El ensayo con el Cono de Abrams según la (ASTM C143) es el procedimiento utilizado para determinar la trabajabilidad del hormigón.

El procedimiento utilizado en el ensayo con el cono de Abrams es el siguiente:

- Se coloca el cono sobre una superficie plana, estable y limpia.
- Se ejerce presión sobre las dos aletas del cono para mantenerlo firme en una sola posición.
- Se llena un tercio del cono con hormigón fresco y se deben compactar con 25 golpes con una varilla redondeada evitando llegar a la capa inferior.

- Se repitió el paso anterior hasta terminar de compactar por completo el cono.
- Se enrasa con la varilla y se retira los excesos de mezcla que quedan en la parte superior.
- Se levanta el cono de forma vertical sin realizar movimientos laterales o de torsión y se coloca junto a la mezcla.
- Se determina la diferencia de alturas entre el cono y el centro de la superficie de la mezcla, es el revenimiento.

3.6 ENSAYOS EN EL HORMIGÓN ENDURECIDO

3.6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión del hormigón es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras, se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga, se mide en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascales (MPa) en unidades Sistema Internacional.

Estos resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada.

En esta investigación se elaboraron 6 cilindros para medir la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

Los moldes de los cilindros utilizados en estas pruebas tienen dimensiones de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura. Las mezclas, moldeados y pruebas fueron realizados en el laboratorio de hormigón de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo con la asistencia del encargado del laboratorio Sr. Franklin Barros.

La preparación de los testigos para el ensayo fue la siguiente:

- En los moldes ya antes mencionados se engrasan las superficies interiores para que la mezcla no se adhiera y facilitar el desencofrado.
- Se coloca la mezcla dentro del molde en 2 capas, cada capa debe ser compactada con 25 golpes de varilla de punta redondeada.
- Se enraza la parte superior del cilindro y se cubre con una toalla húmeda para evitar la evaporación.
- Después de 24 horas se desencofran los cilindros con mucho cuidado de no lastimarlos.
- Para su identificación posterior se marcará los cilindros con alguna simbología o código según el tipo de mezcla y fecha de elaboración del hormigón.
- Se sumergen los cilindros en agua, hasta los días que se necesiten realizar las pruebas.

3.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZCLA CEMENTICIA CON FIBRAS DE MADERA.

Realizado en el Laboratorio de hormigón de la Universidad de Especialidades Espiritu Santo.

Luego del análisis previo se llegó a la conclusión que el mejor proporcionamiento es 1:1.5:0.6, se procedió a experimentar con algunas fibras de madera

Proporcionamiento: 1:1.5:0.6

Velocidad de ruptura: 240 kgf/s

A continuación encontramos los resultados de las pruebas de laboratorio y la información acumulada durante el ensayo.

Tabla 3.- Características de muestras con fibras de pino (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha de toma de muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)
1	19/02/15	15	30	176.71	5301.44	8592	1.62
2	19/02/15	15	30	176.71	5301.44	8723	1.65
3	19/02/15	15	30	176.71	5301.44	8522	1.60
4	19/02/15	15	30	176.71	5301.44	8635	1.63
5	19/02/15	15	30	176.71	5301.44	8548	1.62

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 4.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de pino (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/cm²)
1	19/03/15	28	5300	30.00
2	19/03/15	28	11830	66.95
3	19/03/15	28	5850	33.11
4	19/03/15	28	5720	32.36
5	19/03/15	28	5660	32.03
			Promedio	38.89

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 5.- Características de muestras con fibras de pino (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Toma De Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	15/04/15	10.2	20.2	81.71	1650.54	3235	1.96
2	15/04/15	10.3	20.3	83.32	1658.77	3230	1.95
3	15/04/15	10.2	20.3	81.71	1650.54	3250	1.96
4	15/04/15	10.2	20.3	81.71	1650.54	3280	1.98

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 6.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de pino (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/cm²)
1	23/04/15	8	7470	91.42
2	23/04/15	8	7290	87.50
			Promedio	89.46
3	15/05/15	30	11840	144.90
4	15/05/15	30	11340	138.78
			Promedio	141.84

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 7.- Características de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Toma De Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	14/04/15	10.2	20.2	81.71	1650.54	2674	1.62
2	14/04/15	10.3	20.3	83.32	1691.40	2854	1.72
3	14/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	2973	1.80
4	14/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3025	1.82
5	14/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	2916	1.76
6	14/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	2946	1.78

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 8.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/cm ²)
1	23/04/15	9	3750	45.90
2	23/04/15	9	3730	45.64
			Promedio	45.77
3	15/05/15	31	4660	57.03
4	15/05/15	31	6250	76.50
5	15/05/15	31	4500	55.08
6	15/05/15	31	4840	59.23
			Promedio	61.96

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 9.- Características de muestras Adición de plastificantes: 750 ml / Con fibras de Pino (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Material	Fecha De Toma De Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)
1	Pino	28/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3001	1.81
2	Pino	28/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3070	1.85
3	Pino	28/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3042	1.83
4	Pino	28/04/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3041	1.83

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 10.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de pino adicionando 750ml de plastificante (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/cm ²)
1	04/06/15	37	11580	66.45
2	04/06/15	37	10260	51.52
3	04/06/15	37	5700	65.35
4	04/06/15	37	9730	54.95
			Promedio	59.31

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 11.- Características de muestras con fibras de madera mixta (1:1.5:0.6) Adición de plastificantes: 1200 ml

Cilindro N°	Fecha De Toma De Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)
1	05/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3185	1.92
2	05/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3221	1.94

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 12.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de madera mixta Adicionando 1200 ml de plastificante (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/cm ²)
1	04/06/15	30	8080	99
2	04/06/15	30	11290	138.17
			Promedio	118.60

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 13.- Características de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Toma De Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	14/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3334	2.01
2	14/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3282	1.98
3	14/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3180	1.92
4	14/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3240	1.95
5	14/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3170	1.91

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 14.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/Cm²)
1	11/06/15	28	11580	141.72
2	11/06/15	28	10260	125.56
3	11/06/15	28	5700	70.00
4	11/06/15	28	9730	119.10
5	11/06/15	28	4440	54.33
			Promedio	102.14

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 15.- Características de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Toma De Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	20/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3341	2.01
2	20/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3310	2.00
3	20/05/15	10.2	20.3	81.71	1658.77	3356	2.02

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 16.- Resistencia a la compresión de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Cilindro N°	Fecha De Rotura	Días De Curado	Carga (kg)	Resistencia A La Compresión (kg/cm²)
1	17/06/15	28	13180	161.30
2	17/06/15	28	9210	112.72
3	17/06/15	28	8570	105.00
			Promedio	126.34

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 17.- Tabla Resumen Resistencia a la compresión (1:1.5:0.6)

Material	Fecha De Toma	Fecha De Rotura	Densidad (g/cm³)	Esfuerzo (kg/cm²)	Resistencia Promedio (kg/cm²)
PINO	19/2/15	19/3/15	1,62	6872,00	38,89
PINO	15/4/15	15/5/15	1,96	11590,00	141,84
TECA	14/4/15	15/5/15	1,75	5062,50	61,96
PINO + 750ML PLAST.	28/4/15	4/6/15	1,83	9317,50	59,31
MIXTA + 1200ML PLAST.	5/5/15	4/6/15	1,93	9685,00	118,6
TECA	14/5/15	11/6/15	1,95	8342,00	102,14
TECA	20/5/15	17/6/15	2,01	10320,00	126,34

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 18.- Análisis del comportamiento de la inclusión de la fibra de madera partiendo de un mortero (1-1.5-0) hasta llegar a la proporción (1-1.5-1).

Fecha Toma De Muestra	Proporción	Masa (g)	Densidad (g/cm³)	Carga (kg)	Resistencia A Los 7 Dias (kg/cm²)	Resistencia A Los 28 Dias (kg/cm²)	Resistencia Promedio (kg/cm²)
13/10/15	1 : 1,5 : 0	3292	1,98	10760	131,69	202,6	238,08
13/10/15	1 : 1,5 : 0	3331	2,01	14530	177,82	273,57	
13/10/15	1 : 1,5 : 0,1	3368	2,03	14740	180,39	277,52	272,54
13/10/15	1 : 1,5 : 0,1	3343	2,02	14210	173,91	267,55	
13/10/15	1 : 1,5 : 0,3	3240	1,95	11040	135,11	207,86	203,44
13/10/15	1 : 1,5 : 0,3	3249	1,96	10570	129,36	199,02	
13/10/15	1 : 1,5 : 0,6	3070	1,85	6570	80,41	123,71	119,85
13/10/15	1 : 1,5 : 0,6	3040	1,83	6160	75,39	115,98	
13/10/15	1 : 1,5 : 1	2830	1,71	3600	44,06	67,78	69,48
13/10/15	1 : 1,5 : 1	2850	1,72	3780	46,26	71,17	

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

3.8 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del hormigón, es una prueba de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada, se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor.

La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

Para esta prueba, se elaboró algunas vigas, las vigas utilizadas en este procedimiento tienen dimensiones de 9 cm de ancho, 28.5 cm de longitud y 10 cm altura.

Las mezclas, moldeados y pruebas fueron realizados en el laboratorio de hormigón de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo con la asistencia del encargado del laboratorio Sr. Franklin Barros.

La preparación de los testigos para el ensayo fue la siguiente:

- Se preparan los moldes de las vigas engrasando sus superficies internas para facilitar el desencofrado de la mezcla.
- Se coloca la mezcla dentro del molde en 3 capas, en viguetas de 15x15x53 y en cada 2 capas debe ser compactada con 25 golpes de varilla de punta redondeada.
- Se enraza la parte superior de la vigueta y se cubre con una toalla húmeda para evitar la evaporación.
- Después de 24 horas se desencofran las vigas con mucho cuidado para no ocasionar algún daño en las mismas.
- Para su identificación posterior se marcará las vigas con alguna simbología o código según el tipo de mezcla y fecha de elaboración del hormigón.
- Se sumergen las vigas a curar en una tina de agua, hasta los días que se necesiten realizar las pruebas.

3.9 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGUETAS DE MEZCLA CEMENTICIA CON FIBRAS DE MADERA.

Realizado en él: Laboratorio de hormigón de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

Proporcionamiento: 1:1.5:0.6

Longitud entre apoyos: 19 cm

Velocidad de ruptura: 240 kgf/s

A continuación encontramos los resultados de las pruebas de laboratorio y la información acumulada durante el ensayo.

Tabla 19.- Características de muestras con fibras de Pino (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha De Toma De Muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)
1	19/03/15	53	15	15	11925	21840	1.83
2	19/03/15	53	15	15	11925	22210	1.86
3	19/03/15	53	15	15	11925	21900	1.84

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 20.- Resistencia a la flexión de muestras con fibras de Pino (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
1	23/04/15	28	822.5	10.96
2	23/04/15	28	950.0	12.66
3	23/04/15	28	1320.0	17.60
			Promedio	13.74

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 21.- Características de muestras con fibras de pino (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de toma de muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	15/04/15	28.80	9.2	10.1	2676.10	4967	1.86
2	15/04/15	28.70	9.0	10.2	2634.66	4755	1.80
3	15/04/15	28.90	9.0	10.1	2627.01	5034	1.92
4	15/04/15	29.00	9.0	10.1	2636.10	5036	1.91
5	15/04/15	29.00	9.0	10.1	2636.10	5002	1.90
6	15/04/15	29.00	9.0	10.1	2636.10	4898	1.86

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 22.- Resistencia a la flexión de muestras con fibras de pino (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm²)
1	23/04/15	8	53	16.1
2	23/04/15	8	53	16.1
			Promedio	16.1
3	15/05/15	30	74	23.0
4	15/05/15	30	75	23.2
5	15/05/15	30	80	24.8
6	15/05/15	30	77	24.0
			Promedio	23.8

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 23.- Características de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de toma de muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	14/04/15	29.1	9.2	10.3	2757.52	5030	1.82
2	14/04/15	28.8	9.1	10.2	2673.22	4947	1.85
3	14/04/15	29.0	9.0	10.0	2610.00	4892	1.87
4	14/04/15	29.0	9.0	10.0	2610.00	5086	1.95
5	14/04/15	29.0	9.0	10.0	2610.00	4859	1.86
6	14/04/15	29.0	9.0	10.0	2610.00	5080	1.95

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 24.- Resistencia a la flexión de muestras con fibras de teca (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm²)
1	23/04/15	9	50	15.0
2	23/04/15	9	90	27.1
			Promedio	21.05
3	15/05/15	31	78	24.7
4	15/05/15	31	106	33.6
5	15/05/15	31	91	28.8
6	15/05/15	31	85	26.9
			Promedio	28.5

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 25.- Características de muestras fibras de pino/ Adición de plastificante: 750 ml (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de toma de muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	28/04/15	28.90	9	10	2601	4947	1.90
2	28/04/15	28.90	9	10	2601	5120	1.97
3	28/04/15	28.90	9	10	2601	4992	1.92
4	28/04/15	28.90	9	10	2601	4910	1.89
5	28/04/15	28.90	9	10	2601	4897	1.88
6	28/04/15	28.90	9	10	2601	4860	1.88

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 26.- Resistencia a la flexión de muestras fibras de pino/ Adición de plastificante: 750 ml (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm²)
1	04/06/15	37	57	18.1
2	04/06/15	37	68	21.5
3	04/06/15	37	66	21.0
4	04/06/15	37	55	17.4
5	04/06/15	37	35	11.0
6	04/06/15	37	61	19.3
			Promedio	18.1

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 27.- Características de muestras de fibras de madera mixta / Adición plastificante 1200 ml (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de toma de muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	05/05/15	28.9	9	10	2601	4848	1.86
2	05/05/15	28.9	9	10	2601	4837	1.86
3	05/05/15	28.9	9	10	2601	4755	1.83
4	05/05/15	28.9	9	10	2601	4913	1.89
5	05/05/15	28.9	9	10	2601	4835	1.86
6	05/05/15	28.9	9	10	2601	4990	1.92

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 28.- Resistencia a la flexión de muestras de fibras de madera mixta / Adición plastificante 1200 ml (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm²)
1	04/06/15	30	81	25.7
2	04/06/15	30	65	20.6
3	04/06/15	30	77	24.4
4	04/06/15	30	79	25.0
5	04/06/15	30	35	11.1
6	04/06/15	30	85	27.0
			Promedio	22.2

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 29.- Características de muestras con fibras de teca adicional a eso se colocó tiras de madera en la parte inferior de la vigueta. (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de toma de muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	14/05/15	28.5	9	10	2565	4940	1.93
2	14/05/15	28.5	9	10	2565	5035	1.96
3	14/05/15	28.5	9	10	2565	4865	1.90
4	14/05/15	28.5	9	10	2565	4320	1.68
5	14/05/15	28.5	9	10	2565	4000	1.56
6	14/05/15	28.5	9	10	2565	4923	1.92

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 30.- Resistencia a la Flexión de muestras con fibras de teca adicional a eso se colocó tiras de madera en la parte inferior de la vigueta. (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm²)
1	11/06/15	28	71	22.5
2	11/06/15	28	79	25.0
3	11/06/15	28	74	23.4
4	11/06/15	28	89	28.2
5	11/06/15	28	104	32.9
6	11/06/15	28	75	23.8
			Promedio	26.0

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 31.- Características de muestras con fibras de teca compactado en su interior a una altura de 1/3h. (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de toma de muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Masa (g)	Densidad (g/cm³)
1	20/05/15	28.5	9	10	2565	4940	1.93
2	20/05/15	28.5	9	10	2565	5035	1.96
3	20/05/15	28.5	9	10	2565	4865	1.90
4	20/05/15	28.5	9	10	2565	4320	1.68
5	20/05/15	28.5	9	10	2565	4000	1.56
6	20/05/15	28.5	9	10	2565	4923	1.92

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 32.- Resistencia a la flexión de muestras con fibras de teca compactado en su interior a una altura de 1/3h. (1:1.5:0.6)

Vigueta N°	Fecha de rotura	Días de curado	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm²)
1	17/06/015	28	53	16.8
2	17/06/15	28	79	25.0
3	17/06/15	28	54	17.1
4	17/06/15	28	77	24.4
5	17/06/15	28	70	22.2
6	17/06/15	28	75	23.8
			Promedio	21.6

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 33.- Resumen Resistencia a la Flexión (1:1.5:0.6)

Material	Fecha de toma de muestra	Fecha de rotura	Densidad (g/cm³)	Esfuerzo (kg/cm²)	Resistencia Promedio (kg/cm²)
PINO	19/3/15	23/4/15	1,84	1030,83	13,74
PINO	15/4/15	15/5/15	1,875	76,5	23,8
TECA	14/4/15	15/5/15	1,88	90	28,5
PINO + 750ML PLAST.	28/4/15	4/6/15	1,906	57	18,1
MIXTA + 1200ML PLAST.	5/5/15	4/6/15	1,87	70,33	22,2
TECA + TIRAS MADERA	14/5/15	11/6/15	1,825	82	26
TECA + CAPA DE FIBRAS	20/5/15	17/6/15	1,825	68	21,6

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

3.10 PORCENTAJE DE FLEXIÓN EN RELACION A LA COMPRESION

Tabla 34.- Tabla de porcentajes de la flexión en relación a la compresión

Material	Resistencia de Compresión	Resistencia a la Flexion	Relacion flexión / Compresión
PINO	38.89	13.74	35%
PINO	141.84	23.8	17%
TECA	61.96	28.5	46%
PINO + 750ML PLAST.	59.31	18.1	31%
MIXTA + 1200ML PLAST.	118.6	22.2	19%
TECA	102.14	26	25%
TECA	126.34	21.6	17%

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla 35.- Análisis del comportamiento a la flexión de la inclusión de la fibra de madera partiendo de un mortero (1-1.5-0) hasta llegar a la proporción (1-1.5-1).

Fecha de toma de muestra	Proporción	Masa (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga (kg)	Resistencia a los 7 días (kg/cm ²)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
12/11/15	1 : 1,5 : 0	5450	2,16	1310	38,9546	62,83	58,97
12/11/15	1 : 1,5 : 0	5620	2,23	1140	34,162	55,1	
12/11/15	1 : 1,5 : 0,1	5320	2,11	890	26,6724	43,02	46,16
12/11/15	1 : 1,5 : 0,1	5500	2,18	1020	30,566	49,3	
12/11/15	1 : 1,5 : 0,6	5050	2,10	970	29,0656	46,88	46,24
12/11/15	1 : 1,5 : 0,6	5010	1,99	950	28,272	45,6	
12/11/15	1 : 1,5 : 1	4940	1,96	740	22,1774	35,77	36,61
12/11/15	1 : 1,5 : 1	4980	1,98	780	23,2128	37,44	

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES.

3.11 RESISTENCIA AL CALOR.

El proceso implementado para el ensayo fue el siguiente:

- Se seleccionó vigas que habían sido ensayadas con similares dimensiones.
- Se tomó las medidas: como altura, ancho y largo de cada viga.
- Se determinó el peso de cada una de los elementos.
- Se calentó la hornilla a 500°C.
- Se colocó un recipiente sobre la hornilla en el cual se alojara las vigas.
- Se tomó la temperatura de la viga al ambiente.

- Se colocó la viga en el interior del recipiente sobre la hornilla.
- Se tomó la temperatura del extremo inferior y superior de la viga cada 15 minutos por un periodo de 60 minutos.

3.10.1 ENSAYO DE RESISTENCIA AL CALOR A VIGUETAS DE MEZCLA CEMENTICIA CON FIBRAS DE MADERA YA ENSAYADAS.

Realizado en el Laboratorio de hormigón de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

Tabla# 36 PRUEBA #1

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	26.6	26.6
500	15	86.7	31.5
500	30	118.4	31.7
500	45	128.3	31.6
500	60	140.6	34.4

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla# 37 PRUEBA #2

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	24.4	24.4
500	15	87.2	27.4
500	30	91.1	28.8
500	45	123	31
500	60	134.8	33.3

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla# 38 PRUEBA #3

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	24.4	24.4
500	15	89.3	28.5
500	30	102	28.5
500	45	123.2	30.4
500	60	133.4	32.6

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla# 39 PRUEBA #4

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	24.4	24.4
500	15	87.1	27.9
500	30	109.8	29.6
500	45	126.9	31.5
500	60	153	34.3

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla# 40 PRUEBA #5

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	23.4	23.4
500	15	86	25.3
500	30	104.3	29.7
500	45	122.6	31.6
500	60	128	34.3

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla# 41 PRUEBA #6

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	25.8	25.8
500	15	87.6	26.7
500	30	106.2	28.2
500	45	131.1	32.1
500	60	148.6	35.6

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla# 42 PROMEDIO

Temperatura de Hornilla C	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor C	Temperatura del lado contrario expuesto al calor C
-	-	24.83	24.83
500	15	87.31	27.88
500	30	105.3	29.41
500	45	125.85	31.36
500	60	139.7	34.08

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4 . ANÁLISIS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

El cemento utilizado para los ensayos en el laboratorio fue Portland tipo 1, este tipo de cemento es producido por el fabricante HOLCIM, el cual garantiza el cumplimiento de las especificaciones y normas técnicas para este tipo de agregado.

El agregado fino usado fue de dos tipos: arena de río y arena homogenizada, la arena de río no cumplía con el módulo de finura ni la granulometría especificado por la ASTM C33. El material homogenizado cumple con la norma ASTM C33 y es garantizado por el distribuidor.

Se utilizó un aditivo plastificante para hormigones PLASTOCRETE DM del fabricante SIKA, este producto cumple con las normas ASTM C-494, e Icontec 1299 como aditivo tipo A y la norma ASTM C-260 como incorporador de aire.

Las fibras de madera utilizado fue de tres tipos: Teca, Pino y Mixto. Las fibras de Teca y Pino fueron obtenidas por donación de colaboradores en el proyecto. Las fibras mixtas se denominó al material obtenido de los aserríos de la ciudad de Guayaquil, por lo general tiene residuos de aserrín de los cortes efectuados a las maderas semiduras y duras que distribuyen (Samán y Pino).

Análisis del ensayo al hormigón alivianado con fibras de madera en estado fresco, al sustituir el agregado grueso por las fibras de madera se observó que el revenimiento obtenido de las mezclas de hormigón alivianado era menor al revenimiento en hormigón tradicional.

El revenimiento de 2 cm hacia poco trabajable al hormigón alivianado. Existe una relación inversamente proporcional entre el volumen de fibras y el revenimiento.

Se consideró el uso de aditivos como plastificantes para aumentar la trabajabilidad del hormigón y así lograr una mejor compactación de los cilindros y viguetas para los ensayos de compresión y flexión.

4.1 ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Los resultados de los ensayos a la compresión en los cilindros de hormigón con fibras de madera fueron los siguientes (todos los ensayos mantuvieron la proporción de 1 cemento: 1.5 arena homogenizada: 0.6 fibras de madera: 0.5 agua)

4.1.1 Mezcla cementicia con fibras de pino.

Se hicieron dos pruebas a la compresión con este tipo de madera los primeros resultados alcanzaron apenas resistencias promedios de 38.89kg/cm² a los 28 días, valores muy bajos, estos cilindros presentaban gran cantidad de espacios vacíos porque no se realizó una buena compactación.

Después se realizaron nuevas muestras, estos cilindros llegaron a una resistencia promedio de compresión de 141.48 kg /cm² a los 28 días, lo cual no son resultados bajos pero pudimos tener mejores si se realiza una perfecta compactación de la mezcla.

4.1.2 Mezcla cementicia con fibras de pino con 750ml de plastificante

Se decidió realizar cilindros con mezcla cementicia con fibras de pino adicionando 750 ml de plastificante pero no se llegó a tener resistencias favorables a la compresión, éstas sólo llegaron a alcanzar 59,31kg/cm² a los 37 días. El plastificante solo nos ayudó al momento de la fundición pero no tuvimos buenos resultados al realizar los ensayos.

4.1.3 Mezcla cementicia con fibras de madera mixta con 1200ml de plastificante

Se intentó probar nuevamente el uso de plastificante en los cilindros con mezcla cementicia pero esta vez se utilizó fibras de madera mixta y alcanzaron resultados promedio a la compresión 118.6 kg/cm² a los 30 días.

4.1.4 Mezcla cementicia con fibras de madera de teca

Los primeros ensayos que se realizaron se tuvieron bastantes fallas en la compactación, se hicieron cilindros con mezcla cementicia con fibras de teca y dieron resistencias promedios a la compresión de 61,96kg/m².

Luego se realizaron otros cilindros de mezclas cementicias con fibras de teca sin plastificante alcanzó resistencias promedio de 102,14 kg/cm² a los 28 días, como podemos ver obtuvimos mejores resultados ya que se iba mejorando su compactación. Días después se realizó otra fundición de cilindros y obtuvimos mejores resultados promedios de 126.34kg/cm² a los 28 días.

De manera general, se puede apreciar que los resultados a compresión son buenos para ser un hormigón liviano y que pudieron ser mucho mejor si se realiza una perfecta compactación. Además al momento de ensayar los cilindros pudimos notar que éstos sufren un ensanchamiento o cierta plasticidad, durante el ensayo, manteniendo una resistencia constante a pesar de su proceso de rotura, garantizándonos el alto grado de ductilidad de la mezcla cementicia con fibras de madera.

4.1.5 ANÁLISIS A FLEXIÓN EN VIGUETAS.

4.1.5.1 Viguetas con mezcla cementicia con fibras de pino.

En las viguetas con mezcla cementicia con el proporcionamiento (1; 1.5; 0.6) se observó que la falla se produjo de forma repentina y brusca a flexión en el centro de la viga, manteniendo un comportamiento parecido al hormigón simple pero en el caso de la mezcla cementicia se obtuvo según diseño y resultados promedios obtenidos a los 28 días un módulo de rotura $M_r = 13.74 \text{ kg/cm}^2$ en los procesos de ensayo.

El mismo que representa un 35.46% del F'_c (el módulo de rotura a compresión), así cumpliendo la norma ASTM en la que se considera que el módulo de rotura es de 10% del F'_c . Los resultados a la compresión no fueron tan favorables debido a una mala compactación a diferencia de las viguetas en la cual se mejoró en este aspecto y los resultados son muy óptimos. Por este motivo se realizó una segunda prueba con el mismo tipo de mezcla, mejorando la compactación, lo que nos permitió tener un Módulo de rotura promedio $M_r = 23.8 \text{ kg/cm}^2$. Así alcanzando así un 17% del $F'_c = 141,84 \text{ k/cm}^2$ a los 30 días, resultados que son mayores al 10% del F'_c del hormigón tradicional.

4.1.5.2 Viguetas con mezcla cementicia con fibras de teca.

En las viguetas de mezcla cementicia con fibras de teca se observó el mismo comportamiento al momento de la falla a la flexión. Se obtuvo un módulo de rotura, $M_r = 28.5 \text{ kg/cm}^2$ a los 31 días. Éste que representa un 46% del F'_c (resistencia a la compresión), así cumpliendo la norma ASTM en la que se considera que el módulo de rotura es de 10% del F'_c . Es importante mencionar que los valores de la resistencia a la compresión fueron bajos debido a una mala compactación, lo que se reflejó con la presencia de espacios vacíos en las probetas.

4.1.5.3 Mezcla cementicia con fibras de pino con 750ml de plastificante

En las viguetas de mezcla cementicia con fibras de pino con 750 ml de plastificante (PLASTOCRETE DM) se produjo de igual manera una falla repentina y brusca a la flexión en la mitad de la viga. Pero el módulo de rotura a la flexión alcanzado es $M_r = 18.1 \text{ kg/cm}^2$ a los 37 días. Es decir el 31% del F'_c (resistencia a la compresión), a la norma ASTM en la que se considera que el módulo de rotura es de 10% del F'_c .

Posiblemente del módulo de rotura es mayor debido a que la inclusión del aditivo en la mezcla, tuvo efecto de disminución en la resistencia a la compresión (F'_c).

4.1.5.4 Mezcla cementicia con fibras de madera mixta 1200ml de plastificante.

En las viguetas de mezcla cementicia con fibras de madera mixta con 1200ml de plastificante, no cambió el comportamiento al momento de la falla. El módulo de rotura $M_r = 22.2 \text{ kg/cm}^2$ a la flexión a los 30 días. Lo que representa el 19% del F'_c (el módulo de rotura a compresión), así cumpliendo la norma ASTM en la que se considera que el módulo de rotura es de 10% del F'_c .

4.1.5.5 Mezcla cementicia con fibras de madera de teca con varillas de madera en el tercio inferior.

En las viguetas con fibras de madera teca con 2 varillas de madera, mantuvieron el comportamiento la falla como las muestras anteriores. Pero la inclusión de las varillas permitió incrementar el módulo de rotura, $M_r = 26 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.

Es decir el 25% del F'_c (resistencia a la compresión), saliéndose de la norma ASTM en la que se considera que el módulo de rotura es de 10% del F'_c . Es un 9%

menor al módulo de rotura de la mezcla cementicia con fibras de teca sin inclusión de varillas.

4.1.5.6 Mezcla cementicia con fibras de madera de teca, una capa de fibras de madera teca a una altura $h/3$.

El comportamiento en las viguetas con fibras de madera teca con varillas de madera, mantuvieron el comportamiento al fallo como las muestras anteriores. Pero la inclusión de las varillas permitió incrementar el módulo de rotura, $M_r = 21.6 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.

Es decir el 17% del F'_c resistencia a la compresión), saliéndose de la norma ASTM en la que se considera que el módulo de rotura es de 10% del F'_c . Es un 24% menor al módulo de rotura de la mezcla cementicia con fibras de teca sin inclusión de varillas.

De manera general, se puede apreciar que los resultados a flexión son muy buenos para ser un hormigón liviano, ya que logran superar en todos los casos los mínimos de resistencia especificados por las normas ASTM.

4.1.5.6 ANÁLISIS DE COSTOS.

Tabla # 43 Análisis de Precios Unitarios (APU) del metro cúbico de hormigón tradicional diseñado con una resistencia de 270 kg/cm².

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
		A	B	C = A*B
Cemento portland en saco	Sacos	10,72	8	85,76
Arena gruesa	m3	0,58	12,50	7,25
Ripio triturado	m3	0,70	20,00	14,00
Agua	m3	0,17	2,00	0,34
SUBTOTAL				107.35

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla # 44 Análisis de Precios Unitarios (APU) del metro cúbico de la mezcla cementicia con madera diseñado con una resistencia aproximada de 270 kg/cm².

MATERIALS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
		A	B	C = A*B
Cemento portland en saco	Sacos	15,62	8,00	124,26
Arena gruesa	m3	0,75	12,50	9,38
Fibras de madera	m3	0,05	0,00	0,00
Agua	m3	0,25	2,00	0,50
SUBTOTAL				134,84

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla # 45 Análisis de Precios Unitarios APU) del metro cúbico de hormigón tradicional diseñado con una resistencia de 100 kg/cm².

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
		A	B	C = A*B
Cemento portland en saco	Sacos	3,91	8,00	31,25
Arena gruesa	m3	0,50	12,50	6,25
Ripo triturado	m3	1	20,00	20,00
Agua	m3	0,07	2,00	0,14
SUBTOTAL				57,64

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

Tabla # 46 Análisis de Precios Unitarios (APU) del metro cúbico de mezcla cementicia con madera diseñado con una resistencia aproximada de 100 kg/cm².

MATERIALS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
		A	B	C = A*B
Cemento portland en saco	sacos	13,13	8,00	105,00
Arena gruesa	m3	0,63	12,50	7,88
Fibras de madera	m3	0,25	00,00	0,00
Agua	m3	0,21	2,00	0,42
SUBTOTAL				113.30

Fuente: Ensayos en Laboratorio UEES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Los hormigones livianos son muy buenos aislantes acústicos y de temperatura.
- Considerable resistencia al fuego, debido al bajo coeficiente de dilatación y elevada aislación térmica.
- En todos los casos se obtuvieron óptimos resultados en los ensayos a la compresión, se podría decir que podemos obtener mezclas cementicias de buena calidad con cualquier fibra de madera que utilicemos.
- Al obtener los resultados de los ensayos del hormigón con fibras de madera, llegamos a la conclusión que es factible realizar bloques, paneles de mampostería armada.
- La resistencia a la flexión del hormigón tradicional normalmente llega a alcanzar el 10% de la resistencia a la compresión, sin embargo en la presente investigación se obtuvieron excelentes resultados, 26 % en mezclas con fibras de pino, 19 % con fibras mixto y 29 % con mezclas con fibras de teca. Obteniendo un hormigón mucho más dúctil y flexible que el tradicional.
- El hormigón con fibras de madera en todos los casos presentó una densidad mucho más baja que el hormigón tradicional, que lo hace mucho más ligero y dúctil, disminuyendo los costos de acero de refuerzo en estructuras y en cimentaciones.
- La sustitución de fibras de madera por la piedra en el hormigón disminuye el revenimiento.

- La mezcla cementicia con fibras de madera presentó una mayor ductilidad al momento que recibieron las cargas en los ensayos a compresión, no se produjo fallas repentinas o explosivas.
- Los costos de la mezcla cementicia para elementos estructurales es 26 % más costosa que el hormigón tradicional, y para el caso de elementos prefabricados la mezcla cementante es 96% más costosa que el hormigón tradicional.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Este tipo de hormigones está recomendado para construcciones en las cuales no se posee suelos de gran resistencia.
- Al igual que el hormigón tradicional, se debe utilizar una arena homogenizada como lo indica la especificación ASTM C-33.
- Aunque se obtuvieron buenos resultados en las pruebas de compresión, se recomienda realizar una compactación más adecuada, evitando espacios vacíos que podrían infiltrar el anhídrido carbónico que corroe las varillas que al final afectarían la durabilidad de la estructura.
- Al reemplazar el agregado grueso que se utiliza en el hormigón tradicional por las fibras de madera disminuiría la explotación de canteras, sin afectar al medio ambiente ya que usaría estos elementos que normalmente se desperdician.

Bibliografía

(2007). Obtenido de www.concretonline.com.

(2013). Ministerio del Ambiente.

Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz en Hormigón. (2005). Salinas. Mexico:

Escuela Superior del Litoral/ Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

al, M. e. (2008). Utilización de la madera. Tecnología de materiales para la construcción.

Bravo, M. M. (s.f.). Hormigon Estructural Con Fibras de Madera. Obtenido de

<http://es.scribd.com/doc/62354741/12>.

Fulton, P. S. ((2001)). Hormigón Celular con la utilización de materiales locales. .

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra/Escuela Superior del Litoral.

ICPA. ((2009).). Tecnología del Hormigón. Instituto del Cemento Portland Argentino.

MAHER, M., PRASAD, M., & RAVIV, M. 2. (s.f.). Organic Soilless Media Components.

In Soilless Culture: Theory and Practice. RAVIV, M.; LIETH J. H. (Eds.). United

Stated of America 459-504 pp, Editorial Elsevier.

NEC. (2009). Normas Ecuatorianas de la Construcción.

NEC, 2010, capitulo madera. (2010).

Prefabricados. (2010). Oficina Española de la Construcción .

Rivera, I. G. (2011). Concreto Simple.

Técnología de hormigón con fibras de madera. (s.f.). (ICPA -Argentino, 2009): Instituto

del Cemento Portland .

Terreros, C. (2013). Materiales De Construcción.

Varela, C. T. ((2002)). Tecnología del Hormigón. Escuela Superior del Litoral/ Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Velalcazar, O. ((2008)). Contenido de Humedad de la madera en varias localidades del Ecuador. Guayaquil: Ministerio de Agricultura y Gnaderia.

www.icpa.org.ar. (2013).

Xavier, A. P. ((2010)). Hormigones livianos. Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

ANEXOS



FIBRAS DE TECA



ARENA HOMOGENIZADA



PROCESO DE TAMIZADO 1



PROCESO DE TAMIZADO 2



ELABORACIÓN DE HORMIGON



TAMIZADO DE ARENA HOMOGENIZADA



PRUEBA DE REVENIMIENTO



LLENADO DE MOLDES



CILINDROS PARA PRUEBAS



VIGUETAS PARA PRUEBAS



VIGUETA CON CAPA DE FIBRA DE REFUERZO



DESENCOFRADO DE VIGUETA



CURADO DE VIGAS Y CILINDROS



CURADO DE VIGAS EN ARENA SATURADA



ENSAYO DE COMPRESION



FALLA A LA COMPRESION



FALLA A LA COMPRESION



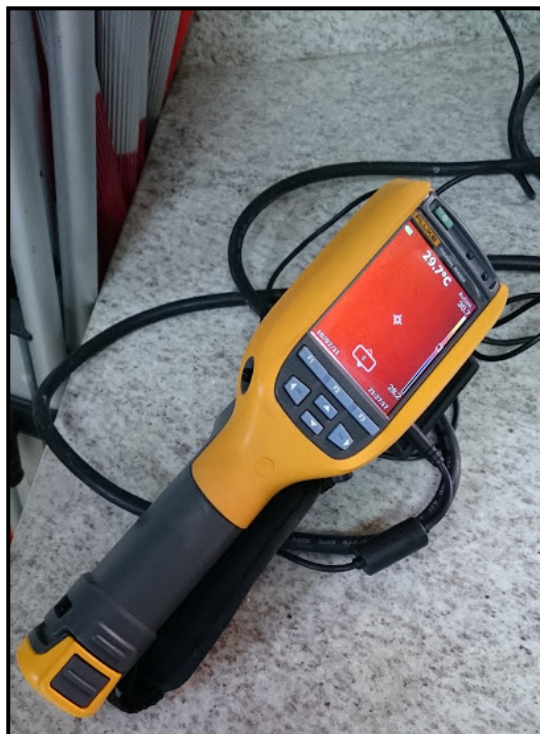
FALLA A LA FLEXION



ENSAYO A LA FLEXION



FALLA A LA FLEXION



CAMARA INFRARROJA



MEDICION DE TEMPERATURA



PRUEBA TRANSMISION DE CALOR



MUESTRA DE PRUEBA DE FUEGO