



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN CON ADICIÓN
DE FIBRAS DE MADERA DE EUCALIPTO, COMO UNA
ALTERNATIVA DE MAMPUESTO ECOLÓGICO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTA**

AUTOR: SANDRA BEATRIZ LEMA LEMA

**DIRECTOR: ARQ. ANDRÉS OSWALDO VENEGAS TOMALÁ,
MGS.**

AZOGUES – ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN CON ADICIÓN
DE FIBRAS DE MADERA DE EUCALIPTO, COMO UNA
ALTERNATIVA DE MAMPUESTO ECOLÓGICO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTA**

AUTOR: SANDRA BEATRIZ LEMA LEMA

**DIRECTOR: ARQ. ANDRÉS OSWALDO VENEGAS TOMALÁ,
MGS.**

AZOGUES – ECUADOR

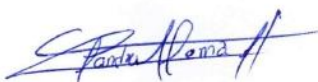
2022



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Sandra Beatriz Lema Lema portadora de la cédula de ciudadanía N° **0302298849**. Declaro ser el autor de la obra: “**Fabricación de bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto, como una alternativa de mampuesto ecológico**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **5 de septiembre de 2022**

F: 

Sandra Beatriz Lema Lema

C.I. 0302298849

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

Azogues, 2 de agosto de 2022.

ASUNTO: Certificación de trabajo de titulación corregido.

Arquitecto.

Jacinto Cantos Ormaza Mgs.

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES.**

Arquitectos

Diana Sacoto Molina

Lauro Verdugo Romero

LECTORES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

De mi consideración.

Luego de un cordial y atento saludo, la presente tiene por objetivo informar que el trabajo de titulación **"FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE MADERA DE EUCALIPTO, COMO UNA ALTERNATIVA DE MAMPUESTO ECOLÓGICO."** realizado por la estudiante **SANDRA BEATRIZ LEMA LEMA**, ha sido corregido según las observaciones de los lectores, por lo que certifico que se encuentra **CONCLUIDO**.

Informo el particular para los fines pertinentes. Por la favorable respuesta, agradezco.

Atentamente,



Arq. Andrés Venegas T. Mgs.

TUTOR

DEDICATORIA

A mis padres Miguel Ángel Lema y María Angelita Lema, quienes siempre han sido mi motivación de seguir adelante; ya que con su esfuerzo, paciencia y sabiduría me ayudaron a alcanzar mi sueño, por su confianza y consejos diarios; por enseñarme a no rendirme y a esforzarme por cumplir con todo aquello que me propongo.

A mis hermanos quienes me brindan seguridad en cada paso; por sus ejemplos, confianza y motivación; a mi abuelita quien siempre confió en mí y aunque hoy ya no esté presente, siempre será al igual que mis padres mi ejemplo de superación.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la Facultad de Arquitectura, quienes día a día enseñan y comparten sus conocimientos y experiencias con el propósito de formar profesionales de éxito; de manera especial al Arquitecto Andrés Venegas Tomalá, por la orientación y apoyo durante el desarrollo de cada una de las etapas de este trabajo de titulación.

A mi familia; de manera muy especial a mi padres y hermanos, por su infinito amor, confianza y amparo incondicional.

A mis compañeros y todas las personas que estuvieron presentes durante mi formación, por sus consejos y palabras de aliento.

Muchas gracias

RESUMEN

La fabricación de bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto, es una nueva alternativa de mampuesto ecológico que cumple con las especificaciones de la INEN 3066. Este documento de tipo experimental analiza el comportamiento de las características mecánicas de los bloques de hormigón al sustituir la grava por piedra pómez e incorporar distintos porcentajes de fibras de madera en la mezcla, siendo estas el 3, 6 y 12%, definidas mediante la revisión bibliográfica de normas e investigaciones relacionadas al tema. Luego, en base al cumplimiento de distintas normas se realizan ensayos de laboratorio para caracterizar los materiales y obtener los datos requeridos para el proceso de cálculo de dosificación del hormigón. Finalmente, se fabrican los bloques y mediante los resultados obtenidos se concluye que; los mampuestos con adición de 3 y 6% de fibra cumplen con la resistencia mínima para bloque tipo C; que las características de los mampuestos están directamente relacionadas a las propiedades de los materiales que lo componen; y que la incorporación de fibras de madera en la mezcla, mejoran el comportamiento a la tracción de los bloques y reduce su densidad; dicha disminución aporta a que el sistema estructural de una edificación pueda reducirse en cuanto a sus elementos de refuerzo; por lo tanto la fabricación de bloques con adición de fibras de madera es una alternativa viable que aporta de manera positiva al medio ecológico, económico, sistema constructivo y estructural de una edificación.

Palabras clave: Bloques de hormigón, eucalipto, fibras de madera, mampostería, resistencia a la compresión

ABSTRACT

LEMA LEMA SANDRA BEATRIZ

Manufacturing concrete blocks with the addition of eucalyptus wood fibers is a new ecological masonry alternative that complies with the specifications of INEN 3066. This experimental study analyzes the behavior of the mechanical characteristics of concrete blocks by replacing gravel with pumice stone and incorporating different percentages —3, 6, and 12%— of wood fibers in the mix. These percentages were defined using a bibliographic review of standards and related research. Then, laboratory tests were carried out based on compliance with different standards to characterize the materials and obtain the data required for the concrete batching calculation. Finally, the blocks are manufactured, and the results conclude that the blocks with the addition of 3 and 6% of fiber comply with the minimum resistance for block type C, the characteristics of the blocks are directly related to the properties of the materials that compose them, and the incorporation of wood fibers in the mixture improves the tensile behavior of the blocks and reduces their density. This reduction contributes to the fact that the structural system of a building can be reduced in terms of its reinforcement elements; therefore, the manufacture of blocks with the addition of wood fibers is a viable alternative that contributes positively to the ecological, economic, constructive, and structural system of a building.

Keywords: Concrete blocks, eucalyptus, wood fibers, masonry, compressive strength

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	I
CERTIFICADO DE TUTOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	14
Formulación del problema.....	16
Delimitación del problema	17
Definición de la zona de estudio	18
Justificación.....	19
Objetivos	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO I. Marco Teórico	21
1.1 Antecedentes de la investigación.....	21
1.2 Bases teóricas.....	23
1.2.1 Hormigón	23
1.2.1.1 Composición del hormigón	23
1.2.1.2 Propiedades del hormigón	25
1.2.1.3 Clasificación del hormigón	26
1.2.1.4 Caracterización de materiales para la elaboración del hormigón... 27	
1.2.1.6 Proceso de fabricación de hormigón.....	28
1.2.2 Hormigón reforzado con fibras	30
1.2.2.1 Tipos de fibras para hormigón HRF.....	31

1.2.2.2	Características del hormigón con fibras	32
1.2.2.3	Fibras de madera de eucalipto	33
1.2.2.4	Hormigón con fibra de madera	35
1.2.2.5	Caracterización de materiales para la elaboración del hormigón con incorporación de fibras.	36
1.2.2.6	Proceso de fabricación de hormigón con fibras	38
1.2.3	Bloque de hormigón	40
1.2.3.1	Dimensiones del bloque de hormigón.....	40
1.2.3.2	Caracterización de materiales para la elaboración del bloque de hormigón.....	41
1.2.4	Bloque de hormigón con fibras	43
1.2.4.1	Caracterización de materiales para la elaboración del bloque de hormigón con fibras.....	43
1.2.4.2	Proceso de fabricación de bloque de hormigón	45
1.3	Bases normativas seleccionadas para el estudio.....	47
1.3.1	INEN 3066: 2016 Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo.....	49
1.3.2	INEN 2874: 2015 Hormigón reforzado con fibra. Requisitos y métodos de ensayo	50
1.3.3	ACI 211.2 - Práctica estándar para seleccionar proporciones para hormigón ligero estructural.....	51

CAPÍTULO II. Caracterización de los materiales y determinación de la dosificación de la mezcla de hormigón..... 54

2.1	Características de los áridos fino y grueso.....	54
2.1.1	Toma de muestras en campo del árido grueso y fino. INEN 695	55
2.1.2	Análisis granulométrico de los áridos. INEN 696 – INEN 872	57
2.1.3	Contenido de humedad de los áridos. INEN 862:2011	60

2.1.4	Pesos volumétricos de los áridos. INEN 858: 2010	61
2.1.5	Densidad y porcentaje de absorción de los áridos. INEN 856, 857 .	64
2.2	Caracterización de la fibra de madera de eucalipto	67
2.2.1	Granulometría de las fibras de madera de eucalipto	67
2.2.2	Contenido de humedad de las fibras de madera de eucalipto. INEN 1160.....	68
2.2.3	Porcentaje de absorción de las fibras de madera de eucalipto. INEN 899.....	69
2.2.4	Densidad de las fibras de madera de eucalipto. INEN 897: 2013.....	71
2.3	Caracterización de la piedra pómez	72
2.3.1	Análisis Granulométrico de la piedra pómez	72
2.3.2	Contenido de humedad de la piedra pómez INEN 862: 2011	72
2.3.3	Porcentaje de absorción de la piedra pómez. INEN 857: 2010.....	73
2.3.4	Densidad de la piedra pómez. INEN 857: 2010.....	75
2.4	Resumen de los ensayos aplicados a los áridos.....	76
2.5	Dosificación de la mezcla del hormigón	77

CAPÍTULO III. Fabricación de bloques, aplicación de ensayos, determinación de costos e interpretación de resultados..... 80

3.1	Elaboración de bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto	80
3.1.1	Elaboración de la mezcla de hormigón.....	82
3.1.2	Prensado de bloques	83
3.1.3	Curado de bloques	84
3.2	Aplicación de ensayos	85
3.2.1	Contenido de humedad de los bloques – INEN 3066.....	85
3.2.2	Porcentaje de absorción INEN 3066: 2016	86
3.2.3	Densidad de los bloques- INEN 3066: 2016	87

3.2.4 Resistencia a la compresión simple - INEN 3066: 2016.....	88
3.3 Determinación de costos	90
3.4 Análisis e interpretación de resultados de los mampuestos	91
3.4.1 Análisis de resultados entre bloques dosificados en laboratorio	91
3.4.1.1 Contenido de humedad	91
3.4.1.2 Porcentaje de absorción	92
3.4.1.3 Densidad	93
3.4.1.4 Resistencia a la compresión simple	94
3.4.1.5 Costo por unidad de los bloques	96
3.4.2 Análisis entre bloques con adición de fibras y bloque de mercado	97
3.4.2.1 Densidad	97
3.4.2.2 Resistencia a la compresión simple	98
3.4.2.3 Costo por unidad de los bloques	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
Conclusiones	102
Recomendaciones.....	105
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS.....	109
Anexo 1. Resistencia requerida cuando no hay datos disponibles según INEN 1855: 2015.....	109
Anexo 2. Revenimiento según el tipo de consistencia según ASTM C 31	109
Anexo 3. Tamaño nominal de áridos según ASTM C-33M y ASTM C-330M .	109
Anexo 4. Volumen aproximado de agua de mezclado según el método de la ACI 211	110
Anexo 5. Contenido de aire según el tamaño del árido según el método de la ACI 211	110

Anexo 6. <i>Relación agua/cemento para diseño de hormigón según el método de la ACI 211</i>	110
Anexo 7. <i>Volumen de agregado grueso compactado según el método de la ACI 211</i>	111
Anexo 8. <i>Fórmulas para determinación de dosificación del hormigón según el método de la ACI 211</i>	111
Anexo 9. <i>Medidas de peso de los materiales según el método de la ACI 211</i>	113
Anexo 10. <i>Equipos y herramientas para la ejecución de ensayos</i>	113
Anexo 11. <i>Ensayo granulométrico del agregado fino . INEN 696. 2011</i> ...	114
Anexo 12. <i>Ensayo granulométrico del agregado grueso. INEN 696. 2011</i>	115
Anexo 13. <i>Ensayo de pesos volumétricos del árido fino. INEN 858:2010</i>	116
Anexo 14. <i>Ensayo de pesos volumétricos del árido grueso. INEN 858:2010</i>	117
Anexo 15. <i>Ensayo de densidad y porcentaje de absorción del árido fino. INEN 856</i>	118
Anexo 16. <i>Ensayo de densidad y porcentaje de absorción del árido fino. INEN 857</i>	120
Anexo 17. <i>Diseño de mezcla de hormigón. Método ACI 211.2</i>	122
Anexo 18. <i>Resultado de la fabricación de bloques</i>	128
Anexo 19. <i>Ensayo de contenido de los bloques. INEN 3066:2016</i>	129
Anexo 20. <i>Ensayo de porcentaje de absorción de los bloques. INEN 3066:2016</i>	130
Anexo 21. <i>Ensayo de densidad de los bloques. INEN 3066:2016</i>	131
Anexo 22. <i>Prueba de resistencia del bloque de hormigón. Patrón 1. INEN 3066:2016</i>	132

Anexo 23. <i>Prueba de resistencia del bloque liviano. Patrón 2. INEN 3066:2016</i>	133
Anexo 24. <i>Prueba de resistencia del bloque con adición de 3% de fibra de madera. INEN 3066:2016</i>	134
Anexo 25. <i>Prueba de resistencia del bloque con adición de 6% de fibra de madera. INEN 3066:2016</i>	135
Anexo 26. <i>Prueba de resistencia del bloque con adición de 12% de fibra de madera. INEN 3066:2016</i>	136
Anexo 27. <i>Prueba de resistencia del bloque del mercado. INEN 3066:2016</i>	137
Anexo 28. <i>Costo de mano de obra por unidad de bloque</i>	138
Anexo 29. <i>Costo por unidad de bloque de hormigón</i>	139
Anexo 30. <i>Costo por unidad de bloque liviano</i>	140
Anexo 31. <i>Costo por unidad de bloque con adición de 3% de fibra</i>	141
Anexo 32. <i>Costo por unidad de bloque con adición de 6% de fibra</i>	142
Anexo 33. <i>Costo por unidad de bloque con adición de 12% de fibra</i>	143
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	144

Introducción

En la actualidad, la contaminación ambiental es un tema que está siendo analizado desde distintos ámbitos de estudio; en el área de la construcción, más específicamente en la mampostería, se buscan nuevas propuestas de elementos que contribuyan con la disminución y control de este problema mediante la reutilización o reciclaje de ciertos productos como: el cartón, plástico, fibras naturales, neumáticos, etc.

El presente trabajo de investigación busca disminuir los impactos negativos causados por la extracción de ciertos materiales que componen el bloque de hormigón y dar valor a elementos que muchas veces son desperdiciados. Para ello, se propone adicionar a la mezcla, fibras de madera de eucalipto; con este proceso se reduce el uso de un cierto porcentaje de los áridos y, además; las fibras pasan a ser un elemento de refuerzo en la mezcla. Con la fabricación del bloque expuesto se puede brindar a la población una alternativa de mampuesto más ecológico y de igual calidad que el bloque común.

Lo que se espera de este trabajo de investigación es obtener un material de construcción alternativo que cumpla con las normas de fabricación y calidad establecidas en NTE INEN 3066 y que sea de menor costo en relación a los mampuestos utilizados comúnmente, y de este modo ofrecer a la población un nuevo tipo de mampuesto que ayude a controlar y disminuir la contaminación ambiental.

El trabajo investigativo se encuentra estructurado de la siguiente manera; en el Capítulo I, se expone el marco teórico que consta de; los antecedentes, bases teóricas referentes al tema de estudio y finalmente las bases normativas aplicadas en el desarrollo de este documento.

En el Capítulo II, se establecen las características de los elementos que componen el hormigón y se determina la dosificación. Para ello; se realiza el análisis granulométrico, contenido de humedad, porcentaje de absorción y densidad; de los agregados y fibras de madera; con los datos obtenidos se determina la dosificación.

En el Capítulo III, en base a la dosificación de la mezcla de hormigón, se establece la cantidad de material para el bloque de hormigón, bloque de hormigón liviano y bloques con incorporación de 3, 6 y 12 % de fibra de madera de eucalipto; se fabrican los prototipos, se realizan los ensayos de las propiedades mecánicas y se determina su costo por unidad.

Finalmente, se culmina la investigación, con el análisis comparativo de los resultados y el cumplimiento de las especificaciones descritas en la INEN 3066, a esto se incluye las conclusiones y recomendaciones respectivas, así como con la bibliografía utilizada y los anexos que respaldan el estudio.

Formulación del problema

En el área de la construcción, específicamente en la mampostería, el material más utilizado es el bloque de hormigón o bloque mixto, para cuya fabricación se utilizan materiales como la piedra pómez o la chispa; para obtener estos elementos es necesario la extracción y trituración de piedras de mayor tamaño, lo que causa impactos negativos, al aire, agua y suelo, pues este proceso ocasiona la erosión de la tierra, generación de polvo y producción de desechos que, muchas veces, son vertidos en los canales de agua.

Por otro lado, los residuos de madera que son generados después de los procesos de cepillado de tablas y tablones en los centros de procesamiento de madera, son restos que, a pesar de ser degradables, pocas veces son utilizados como material útil para la producción de abono; así mismo, en nuestro entorno o zona de estudio es nula la utilización de estos materiales para la fabricación de nuevos elementos, ya sea debido a la falta de interés por su producción o por la falta de conocimientos y maquinarias adecuadas para este fin; en todo caso, estas fibras de madera son en su mayoría apiladas y quemadas; y a consecuencia de ello, la degradación del suelo y el aumento de la contaminación del aire debido a la emisión de cenizas y dióxido de carbono.

Mediante la elaboración de esta propuesta, en la que se utiliza fibras de madera de eucalipto como refuerzo del hormigón en la fabricación del bloque, se pretende dar valor a estos residuos, contribuir a la disminución de la contaminación ambiental y degradación del medio ambiente y ofrecer a la población una nueva alternativa de mampuesto con una menor huella ecológica en relación a los mampuestos utilizados comúnmente.

Delimitación del problema

Para la ejecución de este trabajo investigativo, se elabora tres tipos de bloques con diferentes porcentajes de adición de fibras de madera como material de refuerzo; luego, pasados los 28 días del proceso de curado del mampuesto, se los somete a pruebas de resistencia a la compresión, lo que permite comprobar cuáles de los prototipos cumple con las especificaciones inscritas en la NTE INEN 3066.

Las fibras que se utilizan para el estudio, son únicamente de eucalipto, ya que este tipo de árbol es la especie predominante en la zona de estudio, además de ser apropiadas, debido sus características físicas y mecánicas. La recolección de las fibras es realizada en centros o talleres de procesamiento de madera, específicamente donde se usa esta especie de árbol, pues la forma de estos residuos son los adecuados para la realización de la presente investigación. Además, cabe mencionar que, el cemento a utilizar es el Cemento Portland Tipo I, esto debido a sus características de compatibilidad con la mayor parte de los materiales de construcción y su rápido alcance de resistencia.

Durante el proceso de la construcción de ensayos, se consideran las siguientes variables: dimensiones, contenido de humedad, porcentaje de absorción, granulometría, dosificación de las fibras de madera, y tamaño de los prototipos.

A continuación, luego de la fabricación y el debido curado de los bloques se realizan pruebas de laboratorio, en las que se analiza la resistencia a la compresión, densidad, contenido de humedad y porcentaje de absorción de cada una de las muestras, además de su costo por unidad.

Definición de la zona de estudio

La zona en la cual se desarrolla el trabajo investigativo es en el Cantón Azogues, perteneciente a la provincia de Cañar, en donde el material predominante para la construcción de viviendas es el bloque de hormigón mixto. Además, la existencia de una de las cementeras más reconocidas en la Zona Austral – UCEM GUAPÁN- contribuye la presencia de varias fábricas de bloques, por lo tanto, esta investigación es viable y si los resultados de estudio son favorables las probabilidades de fabricación y demanda aumentarían.

La elaboración de los prototipos se realiza en una fábrica bloquera, que cumple con todos los permisos necesarios para su funcionamiento. Además, es necesario recalcar que, la recolección de las fibras de refuerzo se realiza únicamente en talleres de procesamiento de madera de eucalipto, mediante el acopio del material en sacos; evitando utilizar residuos de madera que hayan sido obtenidos de forma ilegal.

El curado de los bloques, se realiza en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues por 28 días; luego los especímenes son sometidos al ensayo de resistencia a la compresión para finalmente determinar cuáles de los prototipos cumplen con las especificaciones de la INEN 3066.

Justificación

Según el INEC 2010, el material constructivo de la vivienda en el Ecuador está conformado por un 89% de mampostería de bloque de hormigón mixto, los cuales son elaborados con materias primas extraídas indiscriminadamente del suelo causando impactos negativos considerables y algunas veces irrecuperables; por otro lado, la inconciencia y el desconocimiento de la población en el aprovechamiento de los residuos de madera ha hecho que, mediante acciones de incineración, contribuyan al aumento de la contaminación del aire, los cuales a su vez acarrearán constantes problemas de salud.

Mediante este trabajo de investigación, se pretende contribuir a disminuir la huella de carbono que produce la elaboración de bloques mixtos y dar a conocer a la población un nuevo mampuesto que cumpla con las especificaciones de la INEN 3066. El tema de investigación es novedoso, ya que, aunque en otros países como por ejemplo Argentina y Europa ya se realizan este tipo de materiales, en nuestro país aún son inexistentes, ya sea por motivos de desconocimiento o falta de interés en el estudio, por lo tanto, con este proyecto investigativo se tiene la oportunidad de aplicar los conocimientos académicos adquiridos y brindar a la población una nueva alternativa de construcción.

Además, la investigación es viable, pues no existe ninguna dificultad en la obtención de materiales, elaboración de ensayos o fabricación de los bloques, ya que, como se mencionó anteriormente, todos estos procesos se realizan en sitios adecuados que cuentan con los instrumentos y maquinarias necesarias para la ejecución del proyecto. Entonces, si mediante esta investigación se logra obtener resultados positivos, se puede ofrecer a la población mampuestos con mejores propiedades mecánicas y que además contribuyan con la reducción de la contaminación ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Fabricar bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto como elemento de refuerzo, que cumpla con la INEN 3066 para crear una alternativa de mampuesto ecológico.

Objetivos Específicos

- Analizar la bibliografía correspondiente a la elaboración de hormigones y bloques tradicionales; así como hormigones y bloques con adición de fibras de madera y sus normativas; mediante la revisión de fuentes digitales para obtener una base informativa acerca de los materiales, procedimiento de dosificación y proceso de elaboración del bloque.
- Caracterizar los materiales que componen la mezcla de hormigón y las fibras de madera de eucalipto, mediante ensayos de laboratorio, para establecer la dosificación adecuada de la mezcla de hormigón
- Fabricar bloques de hormigón y hormigón con fibras de madera de eucalipto, mediante la variación en la dosificación base en cuanto a tipo y cantidad de materiales, para luego mediante la aplicación de ensayos verificar el cumplimiento de las especificaciones descritas en la INEN 3066.
- Evaluar la resistencia y costo entre los bloques de hormigón con fibras y el bloque utilizado comúnmente, mediante un análisis comparativo, para evidenciar la oportunidad de comercialización de los nuevos mampuestos.

CAPÍTULO I

Marco Teórico

1.1 Antecedentes de la investigación

De acuerdo con Coronel y Rodríguez (2016); para la elaboración de su trabajo de titulación, “Análisis del comportamiento de mezclas cementicias con la inclusión de fibras de madera”; en primera instancia, se caracterizan las fibras de madera de 100 a 120 mm de largo; luego se desarrollan dos tipos de dosificaciones: 1,1; 3,3; 3,3; 1;1 y 1; 1,5 ;0,6; 0,5 cemento, arena, fibras de madera de pino y agua respectivamente; y finalmente, se fabrican las mezclas y se aplican las pruebas de ensayos; demostrando con los resultados que la densidad del hormigón con inclusión de fibras de madera es mucho más baja que el hormigón común, lo que hace posible que el refuerzo estructural y de cimentación disminuyan, y como consecuencia el ahorro económico. Concluyendo que, es necesario buscar nuevas alternativas de hormigones alivianados que puedan ser implementados en la ejecución de obras; de tal manera que estos contribuyan con la disminución del peso estructural de la edificación y por lo tanto el ahorro económico.

Por su parte, Aulestia (2020), realiza un análisis sobre el uso de fibras de coco en la fabricación de ladrillos de cemento, con la finalidad de aprovechar en mayor porcentaje estos residuos y así determinar la factibilidad y su incidencia en el peso y la resistencia a la compresión de los prototipos. Este estudio inicia con la clasificación, limpieza y secado de la fibra de coco; se utilizan únicamente fibras cortas de entre 2 a 4 cm para mejorar la trabajabilidad e integración en la mezcla; luego se determinan tres tipos de dosificaciones, en los cuales se incorporan distintos porcentajes de fibras (2,5%, 5% y 10%); finalmente se elaboran los especímenes y se aplican las pruebas de ensayo de resistencia a la compresión y densidad, con cual se constata que; la incorporación de fibras de coco en la

mezcla disminuye la resistencia y densidad del ladrillo, además se evidencia que ninguno de los prototipos cumplen con la resistencia a la compresión para ladrillos macizos establecida en la Norma INEN 297, sin embargo la mezcla con adición del 2,5% de fibra alcanza la resistencia establecida para el tipo ladrillos huecos.

En tanto que, Estrada y Rodríguez (2016) realizan un estudio acerca de mampuestos aligerados con bagazo de caña de azúcar, en búsqueda de resolver algunos problemas ambientales y en la construcción, gracias a la baja densidad del bagazo de caña de azúcar, para reemplazar los mampuestos tradicionales y disminuir las cargas muertas de los muros de cerramiento y divisorios transmitidas a la cimentación. Para ello en primer lugar, se tritura y corta el bagazo entre 1 a 2.5 cm de longitud con el fin de que las fibras se adhieran a los demás componentes de la mezcla; luego se determinan 4 tipos de dosificaciones en la que la única variable es la cantidad de gramos de la fibra en la mezcla, (636, 697, 705 y 739 gramos). Luego, se procede a elaborar las mezclas y aplicar las pruebas de resistencia a la compresión, con las que se constata que, la primera dosificación alcanza el nivel de resistencia más cercano al establecido en la norma. Finalmente, se concluye que, el comportamiento de la combinación entre el bagazo de caña de azúcar y el cemento es apropiado y que la mezcla de hormigón con fibras presenta una adecuada propiedad física y mecánica.

En conclusión, luego del análisis literario, se verifica que, al momento de incorporar fibras naturales en las mezclas de hormigón, es necesario que estas sean caracterizadas determinando su densidad, humedad y dimensión, pues la resistencia del hormigón está directamente relacionada al porcentaje de adición de fibras y las cualidades que éstas poseen.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Hormigón

El hormigón, también conocido como concreto, es un material empleado en la construcción, compuesto sustancialmente por un aglomerante que, en la mayoría de los casos, es cemento (generalmente Portland) al cual se le añade agregados como: grava, gravilla y arena, así como agua y aditivos específicos que aumentan las características de la mezcla como el secado o la dureza del mismo. (Sánchez y otros, 2016).

1.2.1.1 Composición del hormigón

La elaboración del hormigón debe cumplir con ciertos requisitos normativos para garantizar que la calidad de la mezcla pueda ser utilizada en aplicaciones, tales como, suelos y paredes prefabricadas. Es por ello que, la mezcla debe ser controlada constantemente durante la producción de los elementos y sus componentes modificados, para lograr las mejores características en términos de trabajabilidad y resistencia. (Moreno y otros, 2016).

Cemento: El cemento es un material conglomerante que, una vez amalgamado con el agua, tiende a endurecerse; es un polvo fino compuesto por una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y molidas. En el hormigón, el tipo y la cantidad de cemento utilizado juega un papel muy importante en la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad de la mezcla. La clasificación del cemento depende de ciertas características como la resistencia al calor hidráulico y medios agresivos. (Coronel, 2016). En la tabla 1 se describe la clasificación del cemento, según la ASTM C150-99.

Tabla 1*Clasificación del cemento ASTM C150-99*

Tipo	Uso
Tipo I	Uso general y sin propiedades especiales
Tipo II	Moderado al calor de hidratación y resistencia al ataque de sulfatos.
Tipo III	Resistencia temprana y elevado calor de hidratación
Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Tipo V	Alta resistencia al ataque de sulfatos

Elaboración: Propia

Agua: El agua utilizada para la mezcla, debe ser limpia y clara, sin ningún tipo de sustancias nocivas o impurezas; su cantidad en la mezcla depende de las exigencias de la dosificación. (Moreno y otros, 2016).

Agregados: Los agregados o áridos son partículas provenientes de la fragmentación natural o mecánica de las rocas. En el hormigón, el tipo y tamaño de los agregados dependen del propósito del producto final (Moreno y otros, 2016). Este material se clasifica según su tamaño en fino y grueso, diferenciadas por las características mencionadas en la tabla 2, según la ASTM C330.

Tabla 2*Clasificación de áridos según ASTM C330*

Tipo	Uso
Áridos gruesos	Son los elementos que tienen un tamaño nominal mayor al tamiz No 4 (4.75 mm) y menor a 6 pulgadas (150 mm), entre las que se encuentran; la grava, piedra partida y piedra pómez
Áridos finos	Son las partículas que pasan por el tamiz No 4 (4.75 mm) y son retenidas en el tamiz No 200 (0.075 mm), entre las que se encuentran las arenas, polvo de piedra.

Elaboración: Propia

1.2.1.2 Propiedades del hormigón

Entre las características generales que posee el hormigón se tiene: la resistencia a la compresión, buen comportamiento a fatiga y posibilidad de mejora de sus características mecánicas.

Las propiedades básicas del hormigón, principalmente en cuanto a su densidad, resistencia, trabajabilidad y conductividad térmica, pueden ser modificadas de acuerdo al uso que se piensa dar al hormigón, es por ello que, se clasifican sobre la base de su densidad comprendidas entre 1200 kg/m³ y 2400 kg/m³, y en casos especiales incluso pueden usarse hormigones con menores densidades (Izquierdo y otros, 2018).

Las principales propiedades que afectan al hormigón en estado fresco son las descritas en la tabla 3.

Tabla 3*Propiedades del hormigón fresco*

Propiedades	Concepto
Trabajabilidad	Es la facilidad con la que puede distribuirse el hormigón dentro de los encofrados.
Homogeneidad	Se dice del material que tiene las mismas propiedades en todos los puntos. En el hormigón se consigue mediante un buen amasado.
Densidad	Es la cantidad de peso por unidad de volumen, varía con la clase de áridos y con la forma de colocación en obra.
Resistencia mecánica	Es la capacidad que tiene el hormigón para soportar las cargas que se apliquen sin agrietarse o romperse.
Porosidad	La porosidad se considera la proporción de huecos respecto de la masa total. Influye en la resistencia, la densidad, y la permeabilidad del Hormigón.
Permeabilidad	Es la capacidad de un material de ser atravesado por líquidos o gases. Es importante para su resistencia a los ataques químicos y depende en parte del exceso de agua en el amasado y del posterior curado del hormigón.

Fuente: Construmática. “*Propiedades del hormigón*”. 2019.

Elaboración: Propia

1.2.1.3 Clasificación del hormigón

Las propiedades que brinda el hormigón en la construcción, han hecho que continuamente vaya siendo modificado y estructurado, en este sentido, la clasificación de del hormigón se deriva de acuerdo a varios factores, entre los cuales, los más importantes se describen en la tabla 4.

Tabla 4*Clasificación del hormigón*

Por su densidad	
Ligeros	1.200 a 2.000 kg/m ³
Normales	2.000 a 2.800 kg/m ³
Pesados	2.800 kg/m ³
Por su composición	
Hormigón ordinario	Compuesto con áridos de granulometría continua, teniendo áridos gruesos y finos, en proporciones adecuadas
Hormigón Ciclópeo.	Es el hormigón ordinario al que se le añaden durante su puesta en obra, áridos de un tamaño mayor de 30 cm de diámetro; es utilizado en cimentaciones excesivamente profundas.
Hormigón ligero	Hormigón donde el árido grueso es de baja densidad (pómez, escorias granuladas, etc.).

Fuente: Escuela de Ingeniería Técnica Civil. *“Tipos de hormigón y sus propiedades”*. 2017.

Elaboración: Propia

1.2.1.4 Caracterización de materiales para la elaboración del hormigón

Antes de iniciar con el proceso de fabricación del hormigón, se debe constatar que todos los materiales que componen la mezcla cumplan con la norma establecida para cada elemento. Las proporciones de estos materiales dependen del diseño de la mezcla, el cual varía según el uso, la resistencia y demás propiedades físicas requeridas.

La tabla 5 indica las normas que guían las características de cumplimiento de la mezcla y los elementos que lo conforman.

Tabla 5

Hormigón - caracterización de materiales

Norma técnica	Cemento	Árido fino	Árido grueso	Agua	Dosificación	Resistencia Compresión
INEN 1855, 2015.	INEN 490,2011	INEN 872, 2011. 150um hasta 9,5 mm	INEN 872, 2011. 11,2 mm hasta 100 mm	INEN 1108 Potable	ACI 211	INEN 1855, 2015. Tabla 6.
ACI 318 - 14	ASTM C150M	ASTM C33M 150um hasta 9,5 mm	ASTM C330M 11,2 mm hasta 100 mm	Potable	ACI 211	Depende de la resistencia que se desee obtener

Recopilación y elaboración: Propia

1.2.1.6 Proceso de fabricación de hormigón

Una vez establecidos los materiales adecuados para la mezcla y definida la dosificación, se puede dar inicio al proceso de elaboración del hormigón, mediante la secuencia de pasos que a continuación se mencionan.

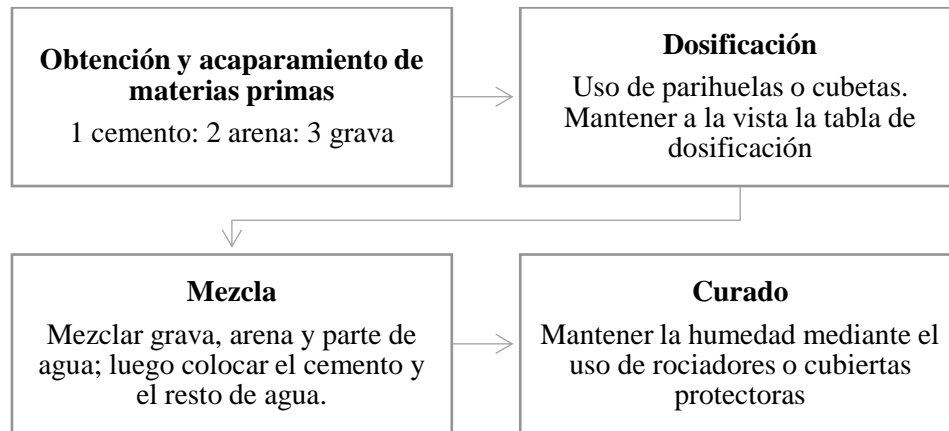
- **Obtención y acaparamiento de materias primas:** Los materiales a utilizarse deben ser del tipo, tamaño y granulometría adecuadas para la obtención del hormigón requerido. Una vez que los materiales sean llevados al sitio, es importante que estos sean apilados de forma individual sobre una lona o plástico, para evitar que estos se mezclen entre ellos, estén en contacto directo con el terreno y queden expuestos a la intemperie; además es

necesario que los agregados gruesos se mantengan húmedos hasta que estos sean utilizados (Sánchez, Bernal, León, & Moragues, 2016).

- Dosificación de la mezcla: en este proceso es común la práctica de la dosificación por volumen, ya sea mediante el uso de parihuelas o cubetas. Durante este procedimiento es necesario que la cuadrilla, tenga siempre a la vista la tabla de dosificación correspondiente al diseño de la mezcla que será empleada en la obra.
- Mezcla: para iniciar con el proceso, la mezcladora o concretera debe ser previamente humedecida; luego se debe colocar la grava, la arena y una parte de agua; dejar mezclar por unos segundos y luego colocar el cemento y el resto de agua, finalmente, una vez que se hayan colocado todos los materiales; permitir la homogenización de estos, por alrededor de unos 4 o 5 minutos hasta que la masa tenga un color uniforme. Terminado el proceso, esta mezcla puede ser descargada y llevada al sitio en donde será vertida.
- Curado: este proceso tiene como función, evitar la pérdida de agua, necesaria para el adecuado fraguado de la mezcla, de tal manera que esta se mantenga en las condiciones necesarias para que el hormigón alcance su máxima resistencia en el tiempo. Por lo cual, es preciso mantener la humedad mediante el uso de rociadores o cubiertas protectoras (material plástico). El tiempo de fraguado dependerá del uso de aditivos, las condiciones climáticas y la situación de la obra.

Gráfico 1

Proceso de fabricación de hormigón tradicional



Fuente: Coronel & Rodríguez. “Análisis del comportamiento de mezclas cementicias”. (2016).

Elaboración: Propia

1.2.2 Hormigón reforzado con fibras

Los hormigones reforzados con fibras (HRF), son conocidos como aquellos hormigones que incluyen en su composición fibras discretas, cortas y aleatoriamente distribuidas en su masa. En los últimos años, la utilización de HRF se ha generalizado en el área de la construcción a escala internacional. Es habitual ejecutar con este material hormigones proyectados para el sostenimiento de túneles, obras de soleras, pavimentaciones industriales, taludes y ejecución de piscinas, hormigones prefabricados, mampostería no estructural etc. (Carrillo y otros, 2017).

El HRF surge como consecuencia de tener que resolver dos problemas: el primero es que el hormigón no resiste los esfuerzos de tracción, lo que lleva a las fábricas a tener que reforzarlo con estructuras como barras de acero o mallados, teniendo que protegerlos de la corrosión con gran cantidad de hormigón y por tanto las piezas resultantes tienen un gran espesor y se malgasta gran cantidad de material. El segundo problema es que, al gastar tanto material, el precio aumenta considerablemente, es por ello que, a través de la

utilización del HRF se solucionan estos problemas, es decir, se consigue un hormigón más resistente a los esfuerzos de tracción, se consiguen piezas con menor grosor y más económicas. (Ruiz y otros, 2017).

1.2.2.1 Tipos de fibras para hormigón HRF

Las fibras se agregan en el momento del amasado del hormigón, generando resistencias en el hormigón que lo hacen aún más versátil frente a los cambios de temperatura. Entre las fibras que se agregan al hormigón se tiene:

Fibra de acero: La adición de fibras de acero en la mezcla de hormigón elevan la resistencia estructural, debido a que estas aumentan la resistencia a la flexión y disminuyen la fisuración en el hormigón. (Ingogeeek, 2021.)

Fibra de nylon: Son fibras que, al ser incorporadas en la masa del hormigón, mejoran drásticamente la resistencia y reducen la fisuración del hormigón durante la etapa de fraguado. (Ingogeeek, 2021.)

Fibra de vidrio: El uso de las fibras de vidrio en las mezclas de hormigón mejoran la resistencia a la flexión y tracción, logrando eliminar en los elementos estructurales ciertos refuerzos de acero, además de que reducen el agrietamiento del hormigón por contracciones plásticas. (Osorio, 2019.)

Fibras naturales: Una fibra natural puede definirse como una aglomeración de células en las que el diámetro es mucho menor en comparación con la longitud. El empleo de estas fibras mejora la resistencia y durabilidad de los materiales quebradizos; tal es el caso la paja en la fabricación de ladrillos o la cabuya en la elaboración de cielos rasos. (Ingogeeek, 2021.)

En cuanto al hormigón, en los últimos años se ha ensayado hormigones reforzados con fibras de coco, heno, caña de azúcar, plátano entre otros; obteniendo resultados satisfactorios, pues estos elementos mejoran las propiedades mecánicas y reduce el costo del hormigón, sin embargo, se debe considerar que estos elementos pueden descomponerse dentro de la masa si el hormigón no está bien aislado de la atmósfera; y si se emplean en forma abusiva, debilitan el hormigón. (Espinoza, 2016.).

1.2.2.2 Características del hormigón con fibras

Un hormigón con fibras de acero se identifica principalmente por contar con una alta resistencia a la tracción, a la compresión, y a la flexión. Al mismo tiempo, posee mejor ductilidad y, por ende, tiene menor tendencia a fisurarse. Paulatinamente está reemplazando al hormigón con malla porque permite optimizar los procesos constructivos, reduciendo los tiempos de ejecución y los costos de las obras. (Farfán y otros, 2019).

En tanto que, las fibras de nylon en el hormigón permiten una estabilidad al calor, son hidrofílicas, es decir, adsorbe el agua con gran facilidad, además que son resistentes a una gran cantidad de materiales. Estas fibras son especialmente prácticas en proporcionar resistencia al impacto y a la flexión, así también, incrementa la capacidad de carga del hormigón después de la primera fisura (Núñez, 2016).

Por su parte, la fibra de vidrio en el hormigón proporciona un módulo elástico muy superior al de la mayoría de las fibras orgánicas, como las de polipropileno, pero menor que el del acero, además inhibe el movimiento de la humedad en el concreto, durante y después de su colocación, obteniendo un concreto más homogéneo y, en consecuencia, con una mayor resistencia media global. La fibra de vidrio mejora la

resistencia a los daños, particularmente durante la manipulación de componentes “jóvenes”, así como, la resistencia a la tracción y flexión, logrando eliminar los refuerzos de acero en algunos elementos no estructurales. (Godoy, 2015).

En el caso del hormigón reforzado con fibras naturales, una de las principales características es su resistencia a los impactos por absorción de energía, además presenta una menor tendencia a la desfragmentación y al desprendimiento; la resistencia a la flexión es mucho mayor que la resistencia a la compresión y tracción, debido al comportamiento dúctil del concreto en la zona fisurada por tracción desarrollando resistencias residuales. La característica principal en la utilización de las fibras naturales para la elaboración de materiales compuestos, como el hormigón reforzado es que, permite la reducción de desechos y residuos, a la vez que ayuda a preservar los recursos no renovables (Martín, 2020).

1.2.2.3 Fibras de madera de eucalipto

El eucalipto es un árbol de rápido crecimiento con el potencial de ser un material ecológico para la industria de la construcción.

La madera de eucalipto es una madera de gran resistencia, apta incluso para exteriores (Toval, 2010). Este material es considerado como sustentable, pues el desarrollo de la plantación de eucalipto ha sido fundamental para generar un cambio de cultura en el uso maderero, siendo una solución para quitar presión al uso de maderas nativas (CIDEU Argentina, 2016). Algunas de sus características y propiedades se describen a continuación en la tabla 6.

Tabla 6*Características de la madera de eucalipto*

Características	
Color:	El duramen es de color marrón pálido, casi amarillo. La albura de color claro o gris pálido.
Fibra:	Entrelazada.
Densidad:	Tiene una densidad aproximada de 780-830 kg/m ³ al 12% de humedad, sin embargo, no es uniforme en todo el tronco.
Dureza:	Se trata de una madera semidura con 3,9 en el test de Monnin
Durabilidad:	Moderadamente duradero. Susceptible al ataque de insectos.
Propiedades Mecánicas	
Resistencia a flexión estática:	1.420 kg/cm ²
Resistencia a la compresión:	760 kg/cm ²
Módulo de elasticidad:	165.000 kg/cm ²

Fuente: Maderame. “*Características y usos de la madera de eucalipto*”. (2018)

Elaboración: Propia

En el Ecuador, esta madera crece sobre todo en climas templados – fríos por lo que es fácil de encontrarla en las provincias interandinas del país; en mayor porcentaje en las provincias de la sierra, teniendo más presencia en Chimborazo, Pichincha, Loja, Imbabura, Azuay, Cañar y Cotopaxi.

En estas provincias, el uso del eucalipto se establece de acuerdo a la funcionalidad que se desea dar a la madera, en la mayoría de casos, se utiliza en el área de la construcción, ya sea en forma de troncos, tablas o tableros, también es aprovechado el aserrín o viruta que resulta producto del aserrado de la madera. (Padilla, 2010).

1.2.2.4 Hormigón con fibra de madera

De acuerdo con la American Concrete Institute (ACI), un hormigón reforzado con fibra es compuesto principalmente de cementos hidráulicos, agregados y fibras de refuerzo discretas. Las bases de hormigón pueden ser morteros, mezclas normalmente proporcionadas o mezclas formuladas específicamente para una aplicación particular. Si se diseña correctamente, uno de los mayores beneficios que se pueden obtener mediante el uso de refuerzo de fibra es la mejora de la capacidad de servicio a largo plazo de la estructura o el producto (Villa y otros, 2019).

El uso de un hormigón con fibra se debe a que, la composición por si sola carece de resistencia a la tracción y es propenso a agrietarse. Pero el hormigón reforzado puede mejorar la resistencia a la tracción y controlar el agrietamiento en las estructuras de hormigón que a menudo es causado por la contracción plástica y la contracción por secado.

Por otra parte, 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, en los cuales se utilizan fibras orgánicas como papel de desecho, bambú, cascara arroz, etc., siendo la fibra de madera una de las más utilizadas debido a su composición, estructura y diversidad de maderas que se pueden utilizar.

Además, se ha identificado que la incorporación de fibras de madera en la mezcla de hormigón, reduce el 5 y 13% la resistencia a la compresión y 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 (Coronel & Rodríguez, 2016).

A esto se suma que, el hormigón con fibras de madera se considera como material no inflamable para densidades de mayores o iguales a 1000 kg/m³, pues 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.

1.2.2.5 Caracterización de materiales para la elaboración del hormigón con incorporación de fibras.

Las características de los materiales para este tipo de hormigón se encuentran normalizadas tanto nacional como internacionalmente, a excepción de la dosificación o porcionamiento de la mezcla; pues esto depende del tipo de fibra que se vaya a incorporar. Entonces, con el estudio de dichas normas y otros documentos investigativos, se tiene la siguiente información detallada en la tabla 7.

Tabla 7

Hormigón reforzado con fibras – normas de caracterización de materiales

	Estudio	Autor	Cemento	Árido fino	Árido grueso	Agua	Tamaño máximo de fibra	% de fibra	Dosificación	Resistencia compresión
Norma Técnica	INEN 2874, 2015	–	INEN 490,2011 Tipo IP.	INEN 872, 2011.	INEN 872, 2011.	INEN 1108 Potable	9,5 hasta 75mm	1 hasta 7,5 %	–	–
	ACI 544. 1R-96, 2010	–	ASTM C150 Cemento Portland tipo I y III	ASTM C33M 150um hasta 9,5mm	ASTM C330M 11,2 mm hasta 100 mm	Potable	Construcciones masivas. L: 620 hasta 125 mm D: 2,54 hasta 019,05 mm	Construcciones masivas, paneles, pozos de cables. 3 hasta 30%	–	–
Documento investigativo	Análisis de mezcla cementicias con la inclusión de fibras de madera	Jorge Coronel & Patricio Rodríguez. (2017)	Cemento portland Tipo I	ASTM C33M 150um hasta 9,5mm	ASTM C330M 11,2mm hasta 100mm	Potable	L:100 a 120mm A: 10 mm	2%	1 cemento 1.5 arena homogenizada 0.6 fibras de madera 0.5 agua	16,63 Mpa / 28 días
	Propiedades mecánicas del concreto con incorporación de virutas de madera	Jhoana Bellido. (2018)	Cemento Portland Tipo I	NTP 400.012.2001 ASTM 9,5 mm hasta 53 mm	9.5mm	NTP 339.088 Potable	12,5mm	3%	1 cemento 2 árido grueso 2 árido fino 0,8 agua	13,87 Mpa / 28 días
	Determinación del comportamiento mecánico del concreto con adición de aserrín	Pablo Cigüeñas. (2020)	Cemento Tipo I	4,75mm	19 mm	Potable	20 mm	1%	1 cemento 3,12 árido grueso 1, 95 árido fino A/C: 0.55	25,4 Mpa / 28 días

Recopilación y elaboración: Propia

De acuerdo con la tabla 7, la incorporación de las fibras en la mezcla puede variar de entre el 1 al 7,5%, con longitudes de 9,5 hasta 75 mm; sin embargo, también se han realizado estudios con fibras de mayor tamaño los cuales están respaldados en la Norma Internacional ACI 544, aunque este tipo mezcla es utilizado para construcciones masivas; en todo caso se han obtenido hormigones con resistencias adecuadas. En cuanto a los materiales básicos de la mezcla, tanto en la normativa como en los casos de estudios, se ha trabajado con cemento portland tipo I, debido a sus características de adherencia y de resistencia; el agua, debe ser potable y los áridos deben cumplir con los tamaños especificados en la norma ASTM C33M y ASTM C330M.

1.2.2.6 Proceso de fabricación de hormigón con fibras

La incorporación de fibras en el hormigón, mejoran las propiedades de la mezcla en estado de endurecimiento, es por ello que la cantidad de los agregados debe ser la adecuada para obtener un material de buena resistencia y calidad.

La elaboración del hormigón con incorporación de fibras consta de los siguientes procesos.

- Obtención de materiales: los materiales para este tipo de hormigón son los mismos que se utilizan en la elaboración del hormigón tradicional, más el tipo de fibra que se vaya a incorporar. Al igual que en todos los casos, estos materiales deben tener las características apropiadas que permitan la obtención de la mezcla esperada;
- Dosificación: La variación de la dosificación de la mezcla depende de la cantidad de adición de fibras, es decir, si la incorporación es baja, esta se mantendrá dentro de las condiciones establecidas para un hormigón tradicional, pero si estas son incorporadas en gran cantidad, las exigencias

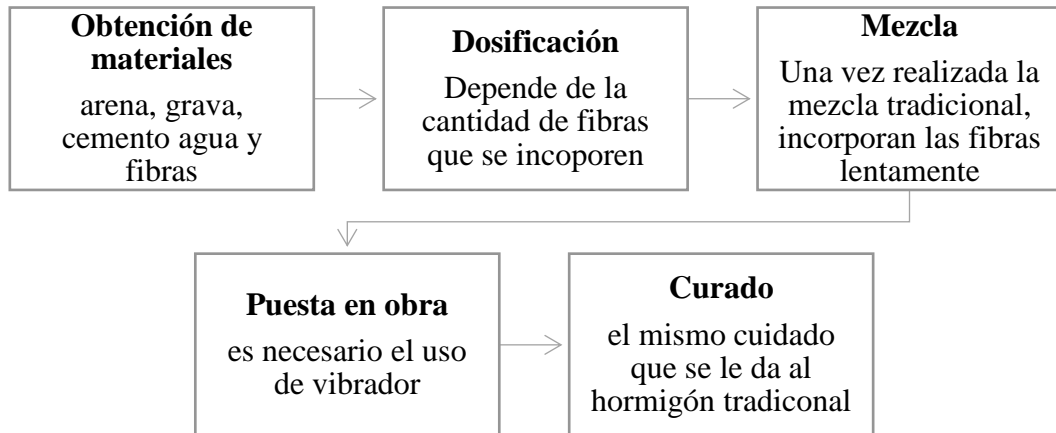
deben ser ajustadas a la dosificación de los componentes del hormigón y su normativa;

- Mezcla: el proceso de mezclado debe ser realizado de la misma manera que el hormigón tradicional, una vez con la mezcla, se irá incorporando la cantidad de fibras correspondiente a la dosificación indicada. Durante este proceso, es necesario evitar la formación de pelotas de fibras en la mezcla, por lo tanto, se recomienda que la incorporación de estos elementos se realice lentamente mientras que la amasadora o concretora debe estar girando a su máxima velocidad;
- Puesta en obra: por lo general, este tipo de hormigón es menos manejable que el hormigón tradicional y por lo tanto requiere mayor energía para su compactación, por tal motivo, es necesario el uso del vibrador. En obras de dimensiones pequeñas, es recomendable utilizar vibradores externos, sin embargo, en obras grandes y medias es oportuno el uso de vibradores internos, ya que, las fibras se posicionan alrededor de este, provocando distribuciones circulares y heterogéneas;
- Curado: los cuidados que se deben realizar en este tipo de hormigón, son los mismos que se aplican en el hormigón tradicional, con la diferencia de que mediante la incorporación de las fibras las ventajas que se obtendrán estarán relacionadas directamente con el incremento de endurecimiento y firmeza.

(Mármol. P, 2010)

Gráfico 2

Proceso de elaboración de hormigón con incorporación de fibras



Fuente: Bellido, L. “*Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera*”. (2018)

Elaboración: Propia

1.2.3 Bloque de hormigón

Pieza de hormigón sólida o hueca que consiste en cemento portland, áridos y otros materiales combinados con agua; es utilizado para cierres o construcciones bastas. Existen modelos con acabados decorativos. (Glosario de Arquitectura, 2014). Entre algunas de características de este elemento están: alta resistencia y estabilidad estructural; aislamiento térmico y acústico; absorción de agua por capilaridad; facilidad de cortar, colocar y manipular; tienen un bajo costo y son versátiles.




1.2.3.1 Dimensiones del bloque de hormigón

El bloque de hormigón es utilizado generalmente para la construcción de diferentes edificaciones, por lo tanto, es necesario seleccionar el material adecuado según la función a desempeñar, ya sea como elemento decorativo o de construcción de paredes portantes o no portantes. En el mercado, se pueden encontrar bloques de diferentes medidas, pues estos son fabricados para satisfacer los distintos requerimientos en obra, debiendo además

cumplir con todos los parámetros normativos, necesarios para su venta. (Guías técnicas ANDECE, 2019). Las medidas estándares que fabrican en nuestro país, se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8

Medidas estándar del bloque de hormigón.

Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Imagen del bloque
10	20	40	
15	20	40	
20	20	40	

Fuente: ANDECE. “Muros de bloques y ladrillos de hormigón”. 2019.

Elaboración: Propia

1.2.3.2 Caracterización de materiales para la elaboración del bloque de hormigón

La fabricación del bloque de hormigón en nuestro país se encuentra establecida por la norma INEN 3066, en donde además se menciona las características que deben cumplir los componentes de la mezcla. A continuación, en la tabla 9 se detalla la información obtenida, de la norma mencionada y otros documentos investigativos para la elaboración de los bloques.

Tabla 9

Bloque de hormigón - caracterización de materiales

	Estudio	Autor	Cemento	Árido fino	Árido grueso	Agua	Dosificación	Resistencia Compresión
Norma Técnica	INEN 3066, 2016	–	INEN 490,2011 Tipo IP.	INEN 872, 2011.	INEN 872, 2011.	INEN 638 Potable	–	Bloque de hormigón - Clase B 3,5 MPa por unidad 4,0 MPa promedio de 3
	Propiedades físicas y mecánicas de bloques de hormigón	Gonzalo Valdés & Jorge Rapimán. (2016)	Cemento portland siderúrgico de alta calidad	Agregados que pasan el Tamiz No. 4 (4,75mm)	12,5 mm	Potable	1 - cemento 3- Árido grueso 5 - Árido fino 9,24 gal. Agua	4,4 MPa promedio por 5 unidades /28 días
	Diseño y elaboración de bloques de hormigón sostenibles cumpliendo las normas “NTE INEN”	Orlando Porras. (2019)	Cemento portland puzolánico. Tipo IP	2,6 mm	20mm	Potable	1 - cemento 5- Árido grueso 7 - Árido fino 14 gal. Agua	5,84 MPa promedio por 3 unidades/28 días
Documento investigativo	Diseño experimental para elaborar bloques de conglomerado madera – cemento	Carlos Sánchez. (2017)	Cemento portland puzolánico. Tipo IP	INEN 872, 2011. ASTM C33M	INEN 872, 2011. ASTM C33OM	INEN 638 Potable	1 - cemento 3,5- Árido grueso 4 - Árido fino	3,46 MPa por unidad/28 días
	Determinación de dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón	Santacruz Wilmer & Velasteguí Erik. (2018)	Cemento portland puzolánico. Tipo IP	inferiores a 3/8 pulg	25 mm e inferiores	Agua Potable	1 - cemento 1 1/2- Árido grueso 3 - Árido fino Agua - aproximadamente 30% de masa	5,54 MPa promedio por 3 unidades/28 días

Recopilación y elaboración: Propia

De la información obtenida, se constata que, para la elaboración del bloque de hormigón tipo B, todos los materiales deben cumplir con las normas impuestas; el cemento debe ser Portland tipo I, el tamaño de los áridos fino y grueso deben mantenerse dentro de los márgenes establecidos en la ASTM C 33 y el agua a utilizarse debe ser potable. La dosificación para este tipo de elementos no se encuentra normada debido a que esto responde a la resistencia que se desee que tenga, sin embargo, de los estudios revisados, se estima un proporcionamiento de 1:3:5; cemento, árido fino y árido grueso respectivamente.

1.2.4 Bloque de hormigón con fibras

El bloque de hormigón con fibras en el área de la construcción es un mampuesto alternativo que está compuesto además de los elementos básicos, por fibras naturales o sintéticas. Aunque en la actualidad aún no se cuenta con una normativa específica para estos elementos, su elaboración debe estar basada en estudios y pruebas de laboratorio para garantizar su calidad y resistencia.

1.2.4.1 Caracterización de materiales para la elaboración del bloque de hormigón con fibras

A diferencia del hormigón con fibras, la elaboración de los bloques con incorporación de fibras en la actualidad no se encuentra normalizada, sin embargo, existen varios estudios sobre el tema debido a la necesidad de mejorar la resistencia, abaratar costos y contribuir al tema ambiental. Entonces con la finalidad de obtener información y conocimientos sobre la elaboración de este mampuesto, a continuación, en la tabla 10, se describen algunas de las características de los componentes y dosificaciones de la mezcla utilizada para este tipo de bloque.

Tabla 10

Bloque de hormigón con fibras - caracterización de materiales

Estudio	Autor	Cemento	Árido fino	Árido grueso	Agua	Tamaño máximo de fibra	% de fibra	Dosificación	Resistencia Compresión
Integración de aserrín en la fabricación de bloques de concreto	Adriana Monroy. (2018)	Cemento Portland tipo I	Tamiz 4,5mm hasta 0,15 mm	10mm	Potable	5mm	5%	1 cemento 0,25 aserrín 0,25 árido grueso 3,5 árido fino	4,1 Mpa promedio por 3 unidades/ 28 días
Elaboración de bloque prefabricado con cáscara de cacao, viruta de madera y mortero	Andrea Andrade & Katherin Palacios. (2019)	Cemento Portland puzolánico	máximo 2 mm mínimo 0,063 mm	10mm	Potable	10mm	12%	1 cemento 0,36 cáscara - viruta 0,5 árido grueso 1 árido fino	6 Mpa promedio por 3 unidades/ 28 días
Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya	Zambrano Ana Belén. (2017)	INEN 490,2011 Cemento Portland Puzolánico Tipo IP	INEN 872, 2011. ASTM C33M	INEN 872, 2011. ASTM C330M	Potable	L: 2 cm D: 0.04 mm	3%	1 cemento 0,16 fibra 3 árido grueso 1 árido fino	5,02 MPa promedio por 5 unidades /28 días
Diseño experimental para elaborar bloques de conglomerado madera – cemento	Carlos Sánchez. (2017)	Cemento portland puzolánico. Tipo IP	INEN 872, 2011. ASTM C33M	INEN 872, 2011. ASTM C330M	Potable	6,7 mm	16%	1 cemento 2,5 árido grueso 4 árido fino 1,5 aserrín eucalipto	3 Mpa por unidad/ 28 días
Diseño de bloques de concreto con incorporación de fibra de caña de azúcar para viviendas unifamiliares en Moyobamba	Segundo Reátegui, & Frandy León. (2020)	Cemento Portland tipo I	INEN 872, 2011. ASTM C33M	INEN 872, 2011. ASTM C330M	Potable	20mm	14%	1 cemento 3 árido grueso 3,3 árido fino 1,2 fibra	2,8 Mpa promedio por 3 unidades/ 28 días

Recopilación y elaboración: Propia

De la tabla 10 se conoce que, los componentes básicos para la fabricación de este tipo de bloque deben cumplir con las mismas normas establecidas para el hormigón con fibras. En cuanto al tamaño y el porcentaje de incorporación en la mezcla; según los estudios revisados, se constata que, se trabajó con fibras de 5 a 20mm, con un 3 y 14% de adición, y un proporcionamiento promedio de 1:3:2; cemento, árido fino y árido grueso. El tamaño de las fibras puede ser debido a las dimensiones de las paredes y tabiques del bloque.

1.2.4.2 Proceso de fabricación de bloque de hormigón

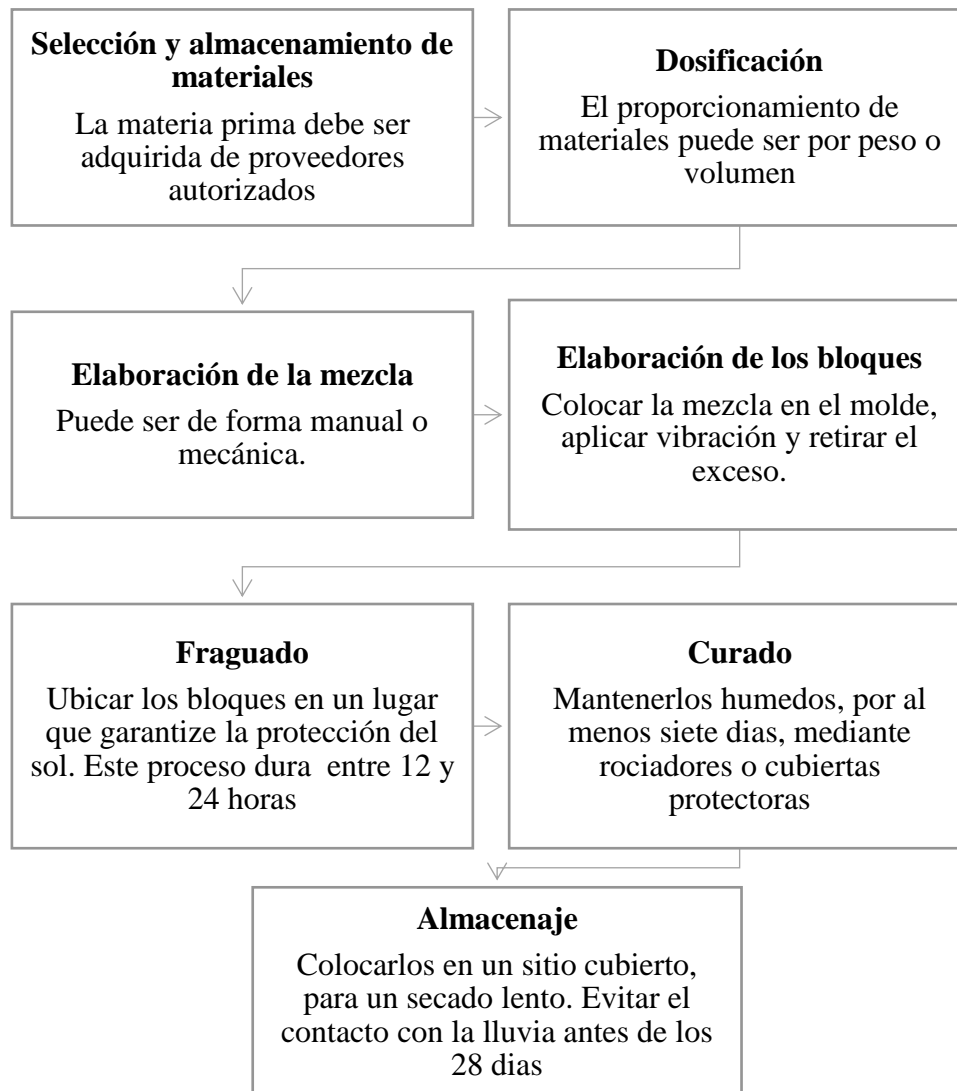
A grandes rasgos, el proceso de fabricación de los bloques de hormigón consta de los siguientes procesos:

- Selección y almacenamiento de materiales: la materia prima debe ser adquirida de proveedores autorizados que aseguren un suministro constante en volumen y procedencia de los materiales para garantizar la uniformidad de la mezcla y la calidad del producto final;
- Dosificación: el proporcionamiento de los materiales, puede ser realizado de dos maneras; según el peso de materiales mediante el uso de una báscula o mediante volúmenes por medio de parihuelas, carretillas o cubetas;
- Elaboración de la mezcla: una vez determinada la dosificación, los materiales deben ser transportados y colocados en el área de mezclado. Si este proceso se realiza de forma manual, se procederá de la siguiente manera: colocar la arena, el árido grueso y el cemento; luego realizar el mezclado en seco por lo menos dos vueltas. Después, estirar la mezcla y colocar agua en el centro, finalmente mezclar y voltear la masa por lo menos tres veces. Y, si el proceso es mecánico, se debe seguir la secuencia de mezcla del hormigón tradicional;

- Elaboración de los bloques: al iniciar este procedimiento, se recomienda recubrir los moldes con aceite quemado para evitar que la mezcla se adhiera a estos. Realizada la mezcla, se procede a vaciarla en el molde, se aplica la vibración por un lapso de 45 segundos, luego, se vuelve a llenar el molde hasta el ras y quitar el exceso con una regleta. Finalmente, se voltea el molde y se bajan los martillos compactadores antes de aplicar la vibración para que la mezcla quede lo suficientemente compactada.
- Fraguado: moldeados los bloques, estos deben ser colocados en un sitio plano y que garantice la protección del sol y el viento, para evitar cualquier tipo de deformación y el fraguado prematuro. El lapso de fraguado debe ser de entre 12 y 24 horas, hasta que los bloques alcancen un nivel de resistencia suficiente para ser manipulados, pasado este tiempo, los bloques pueden ser apilados en rumas para su curado.
- Curado: el curado de los bloques consiste en mantener a los elementos lo suficientemente húmedos para evitar el secado prematuro y alcancen la calidad, el nivel de resistencia y propiedades deseadas. Por lo tanto, es necesario humedecerlos mediante rociadores durante de siete días.
- Secado y almacenamiento: el sitio en donde serán almacenados los bloques después del curado debe ser un lugar cubierto que evite el contacto con la lluvia antes de los 28 días (tiempo de endurecimiento) y permita el secado lento de los mismos.

Gráfico 3

Proceso de fabricación de bloque de hormigón



Fuente: Lara, E. “*Diseño y elaboración de bloques de hormigón*”. (2018)

Elaboración: Propia

1.3 Bases normativas seleccionadas para el estudio

Antes de iniciar con el proceso de la dosificación de la mezcla de hormigón, fabricación y aplicación de ensayos de los bloques, es necesario, obtener conocimientos de ciertos aspectos y características que estos deben cumplir durante cada uno de los procesos, por tal motivo, a continuación, en la tabla 11, se describen algunas de las normas revisadas y en las cuales está basada esta investigación.

Tabla 11*Normativa nacional e internacional, sobre bloques y hormigones.*

País	Norma	Técnica	Campo de aplicación	Descripción
Ecuador	NTE INEN 3066, 2016	Bloques de hormigón	Métodos de ensayo de los bloques	Clasificación, composición y dimensión. Ensayo de resistencia a la compresión simple
	NTE INEN 2874, 2015	Hormigón reforzado con fibra	Entrega de hormigón reforzado al comprador	Clasificación, materiales. Ensayos de asentamiento, contenido de humedad, resistencia a la flexión y compresión.
Internacional	ASTM C 192, 1990	Practica estándar para ensayos de hormigón	Fabricación y curado de especímenes de ensayos de hormigón	Herramientas y equipos, preparación de materiales, proceso de fabricación y curado
	ACI 544. 1R-96, 2010	Informe sobre las propiedades físicas y la durabilidad del hormigón reforzado con fibra	Hormigón reforzado con fibra	Métodos de prueba, condiciones y propiedades
	ACI 211.2-98	Práctica estándar para la selección de proporciones para Hormigón Ligero	Proporción de los materiales para el hormigón ligero	Métodos de aplicación general para la selección y el ajuste de proporciones

Recopilación y elaboración: Propia

1.3.1 INEN 3066: 2016 Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo

Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo de los bloques de hormigón fabricados con cemento hidráulico, agua y áridos minerales; destinados a obtener una densidad muy reducida. (INEN 3066, 2011). A continuación, en la tabla 12, se describen algunas de las características que los bloques de hormigón deben cumplir según las especificaciones de la norma mencionada.

Tabla 12

Características del bloque según la INEN 3066

Clasificación del bloque			
Uso		B	Mampostería no estructural
		C	Alivianamientos en losas
Densidad		Liviano	< 1 680 kg/m ³
		Mediano	1 680 a 2 000 kg/m ³
		Normal	> 2 000 kg/m ³
Dimensiones exteriores			
Tipo	Largo	Ancho	Alto
B	40 cm	20, 15, 10	20 cm
C	40 cm	20, 15, 10	20 cm
Dimensiones de paredes y tabique			
Ancho modular del bloque		Paredes	Tabique
≤ 10 cm		1,9 cm	1,9 cm
11 a 15 cm		2,5 cm	1,9 cm
> 15 cm		3,2 cm	1,9 cm
Resistencia a la compresión simple			
		Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques		13,8 Mpa	1,7 Mpa
Por bloque		12,4 Mpa	1,4 Mpa

Recopilación y elaboración: Propia

1.3.2 INEN 2874: 2015 Hormigón reforzado con fibra. Requisitos y métodos de ensayo

Esta norma contiene los requisitos y métodos de ensayo para el hormigón reforzado con fibras. Algunos de los aspectos más relativos, de este tipo de hormigón se describe a continuación en la tabla 13.

Tabla 13

Características del hormigón reforzado con fibras según INEN 2874

Clasificación de hormigón con fibras		
Tipo	Fibra incorporada	
I	Acero	Acero inoxidable o fibras de acero de carbono
II	Vidrio	Fibras de vidrio resistentes a los álcalis
III	Sintética	Polipropileno, polietileno, nailon, y de carbono
IV	Natural	Fibras que se fabrican a partir de recursos fibrosos naturales

Tolerancia de asentamiento	
Asentamiento	Tolerancia
50 mm o menos	± 15 mm
50mm a 100 mm	± 25 mm
más de 10 mm	± 40 mm

Elaboración: Propia

El asentamiento de un hormigón reforzado con fibras es menor que el asentamiento de un hormigón sin fibras por lo que se recomienda que las mezclas de prueba que representan la cantidad y el tipo de fibras que se utilicen en el trabajo, estén preparadas y probadas para asegurar que se cumplen los requisitos de asentamiento especificados. (NTE INEN 2874, 2015)

1.3.3 ACI 211.2 - Práctica estándar para seleccionar proporciones para hormigón ligero estructural

Esta norma proporciona dos métodos para el diseño de hormigón con agregados de peso liviano, basados en la ASTM C-330. Estos métodos son:

Método 1. Método de peso. - Esta técnica es aplicable a los hormigones ligeros compuestos por áridos gruesos ligeros y áridos finos de peso normal, emplea el factor de gravedad específica para estimar el peso de los agregados.

Método 2. Método volumétrico. - Este procedimiento se utiliza cuando se trabaja con áridos totalmente ligeros o con una combinación de áridos ligeros y normales mediante la relación cemento- resistencia.

Método de peso

El cálculo de la dosificación del hormigón ligero mediante la aplicación de este método se ajusta a la resistencia del hormigón que se pretenda obtener y a las características de los materiales con los que se va a trabajar; de los cuales es necesario contar con algunas de las siguientes especificaciones.

1. Cemento: Tipo
2. Agua: Tipo
3. Agregados: peso específico de la masa, tamaño máximo nominal, peso seco compactado, absorción, contenido de humedad, módulo de finura.

El proceso para obtener la dosificación del hormigón consiste en seguir la secuencia de pasos que se mencionan en la tabla 14.

Tabla 14*Pasos para determinación de dosificación del hormigón según ACI 211.2*

Paso 1	Determinación de la resistencia promedio	Obtener el dato, mediante el uso del anexo 1
Paso 2	Elección de revenimiento o asentamiento.	Se puede seleccionar el valor más adecuado tomando como referencia Los anexos 2
Paso 3	Tamaño máximo del agregado.	ASTM C-33M y ASTM C-330M. Anexo 3
Paso 4	Volumen unitario de agua	El anexo 4 indica las estimaciones de agua para la elaboración del hormigón con distintos tamaños nominales de los áridos.
Paso 5	Contenido de aire.	El anexo 5, indica el contenido de aire de los agregados según su tamaño máximo nominal.
Paso 6	Relación agua/ cemento	La relación de A/C debe ser determinado en base a la resistencia requerida. El anexo 6 muestra algunos valores de la relación A/C
Paso 7	Contenido de cemento (Kg/m ³)	Utilizar fórmula 1. Anexo 8
Paso 8	Peso del agregado grueso seco (Kg/m ³)	El anexo 7 se indican los valores correspondientes en relación del tamaño nominal del árido grueso y el módulo de finura del árido fino
Paso 9	Cálculo de volúmenes absolutos (m ³)	Seguir el proceso, utilizando las fórmulas 2 hasta 7 del anexo 8
Paso 10	Volumen del agregado fino seco (Kg/m ³)	Para conocer peso del agregado fino se debe aplicar la fórmula 8 del anexo 8.
Paso 11	Ajustes por humedad	Para la corrección de los valores de los agregados por humedad, aplicar las fórmulas 9 hasta la 15, del anexo 8 Fórmula 9 y 10: Peso húmedo de los agregados Fórmula 11 y 12: Humedad superficial de los agregados Fórmula 13 y 14: Aporte de humedad de los agregados Fórmula 15: Agua efectiva
Paso 12	Valores de diseño de la mezcla	En el anexo 9 se muestran las medidas de peso en el que viene dado cada material que compone el hormigón

 Recopilación y elaboración: Propia

Al finalizar este primer capítulo, mediante las bases teóricas expuestas, normas y documentos investigativos revisados y estudiados; y en base al cumplimiento del objetivo general de este trabajo de titulación, se deduce que, el mampuesto ecológico a ser fabricado debe tener las características descritas en la tabla 15.

Tabla 15

Características del bloque de hormigón con adición de fibras de madera

Generalidades	
Clase	B
Tipo	Liviano
Dimensión	400*200*150mm
Pared - tabique	25mm - 19mm
Resistencia a la compresión	
Por unidad	3 Mpa
Promedio de 3 bloques.	4 Mpa
Hormigón	
Tipo	IV -Hormigón con adición de recurso fibroso natural
Materiales	
Cemento	Portland tipo I
Agua	Potable
Agregado fino	ASTM C33M - Peso normal
Agregado grueso	ASTM C330M Peso liviano
Fibra natural	
Tamaño de fibras	9,5mm hasta 20mm
Porcentaje de incorporación	3% hasta 16%
Método de dosificación	ACI 211.2

Elaboración: Propia

CAPÍTULO II

Caracterización de los materiales y determinación de la dosificación de la mezcla de hormigón

Para iniciar con este capítulo, y en base a la conclusión del primero, a continuación, en la tabla 16 se mencionan las características de los elementos que son utilizados para la determinación de la dosificación del hormigón.

Tabla 16

Materiales para la elaboración de la mezcla de hormigón

Cemento	Cemento Guapán - Portland
Agua	Tipo I Potable
Árido fino	Tamaño nominal 9,5 mm
Árido grueso liviano	Tamaño nominal 12,5 mm
Fibras de eucalipto	12,5 mm de longitud
Porcentaje de incorporación	3 %, 6% y 12%

Elaboración: Propia

La dosificación se realiza en base a la metodología de la ACI 211.2, debido a que el bloque que se pretende elaborar es de tipo liviano, entonces para la aplicación de este método es necesario la ejecución de ensayos de laboratorio, para conocer ciertas características de los materiales y mediante los datos obtenidos, realizar el proceso del cálculo de dosificación de la mezcla. A continuación, se describen los ensayos aplicados y las características determinadas, tanto de los áridos como de las fibras de madera.

2.1 Características de los áridos fino y grueso

Los agregados son evaluados mediante pruebas de laboratorio para conocer las propiedades que se describen en la tabla 17 las cuales están basados en el cumplimiento de la INEN.

Tabla 17*Características de los áridos*

Propiedad	Definición	INEN
Granulometría	“Conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución del tamaño de los elementos que componen una muestra, mediante el uso de tamices.” (García C, Saval J, Baeza F, 2009).	INEN 696. 2011
		INEN 872.2011
Contenido de humedad	Relación entre el peso de la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada al horno. (Caballero M, 2013).	INEN 862. 2011
Porcentaje de absorción	Cantidad de agua retenida en un material después de ser saturado por un tiempo de 24 horas, se expresa en %. (Rodríguez E y otros)	INEN 857:2010
Densidad relativa o peso específico	Es la relación entre el peso de un volumen dado de material y el peso del mismo en volumen de agua. (Rodríguez E y otros)	INEN 858. 2010
Pesos volumétricos	Suelto: Relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo.	INEN
	Compactado: Igualdad entre el peso del material y el volumen sujeto a acomodamiento mediante varillado (asentamiento). (Rodríguez E y otros)	858. 2010

Elaboración: Propia

Una vez determinadas las características y para dar inicio al proceso, es necesario la obtención de las muestras, cuyo proceso se describe a continuación:

2.1.1 Toma de muestras en campo del árido grueso y fino. INEN 695:2010

Las muestras de los áridos para la elaboración de los ensayos, son tomadas en base a la Norma INEN 695. En la tabla 18, se indica el proceso seguido para la obtención de muestras.

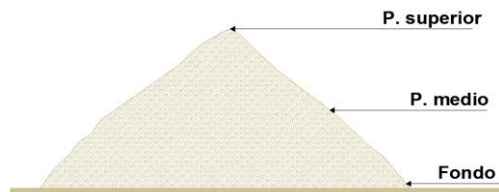
Tabla 18

Toma de muestras de los áridos

Toma de muestras de los áridos– INEN 695: 2010

Número de muestras

Según como lo indica la norma, los áridos son obtenidos de tres puntos con el fin de obtener mayor precisión en la toma de muestras.



Toma de muestras



Cantidad de muestras

La cantidad de masa, es tomada en base a la tabla 1 de esta norma. Los materiales son colocados en bolsas plásticas para evitar su contaminación durante su transporte hacia el laboratorio.



Homogenización

Una vez en el laboratorio, se procede a homogenizar las muestras; para posteriormente ser usadas en la ejecución de ensayos.



Elaboración: Propia

Ahora bien, con la cantidad necesaria de masa de los áridos; en las siguientes tablas se describen los procedimientos realizados para la determinación de las características mencionadas anteriormente. Cabe mencionar que en el anexo 10, se describen todos los equipos y herramientas utilizadas para la realización de las pruebas.

2.1.2 Análisis granulométrico de los áridos. INEN 696: 2011 – INEN 872: 2011

El estudio granulométrico de los áridos está basado en los parámetros dictados en la Norma INEN 696 y INEN 872. La ejecución de este estudio se encuentra descrito en la tabla 19.

Tabla 19

Procedimiento y análisis granulométrico de los áridos fino y grueso

Análisis granulométrico de los áridos – INEN 696: 2011 – INEN 872:2011	
Procedimiento	<p>Se procede a pesar la cantidad de material en estado sss (secado superficial) indicada en la tabla 1 de la Norma INEN 696 según el tamaño nominal del árido. Luego, se seca la muestra en una estufa hasta obtener una masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C. A continuación, se coloca la muestra en el tamizador con el número de tamices correspondiente al tipo de árido, se tamiza manualmente por un periodo suficiente de tal manera que el material retenido en cada tamiz sea del tamaño correspondiente. Posteriormente, mediante el uso de la balanza mecánica se establece la masa del material retenido en cada tamiz; y se realizan los cálculos respectivos basados en el cumplimiento del literal 5.1.2.1 y la tabla 2 de la INEN 872 para determinar si el material es aceptado o rechazado.</p>

Continúa



Análisis granulométrico – INEN 696: 2011 – INEN 872:2011

Árido Fino

Muestra - Tabla 1. INEN 696

- Tamaño nominal de árido fino: 9,5 mm
- Masa inicial de la muestra: 1.88 kg

Resultados - INEN 872

- Masa final de la muestra: 1.83 kg
- Porcentaje de pérdida: 0.06%
- Módulo de finura: 3.08

Evidencia fotográfica

Retención en tamices del árido fino

9,5 mm



4,75 mm



2,36 mm



1,18 mm



600 um



300 um



150 um



Fondo



Continúa



Análisis granulométrico – INEN 696: 2011 – INEN 872:2011

Árido Grueso

Muestra - Tabla 1 INEN 696

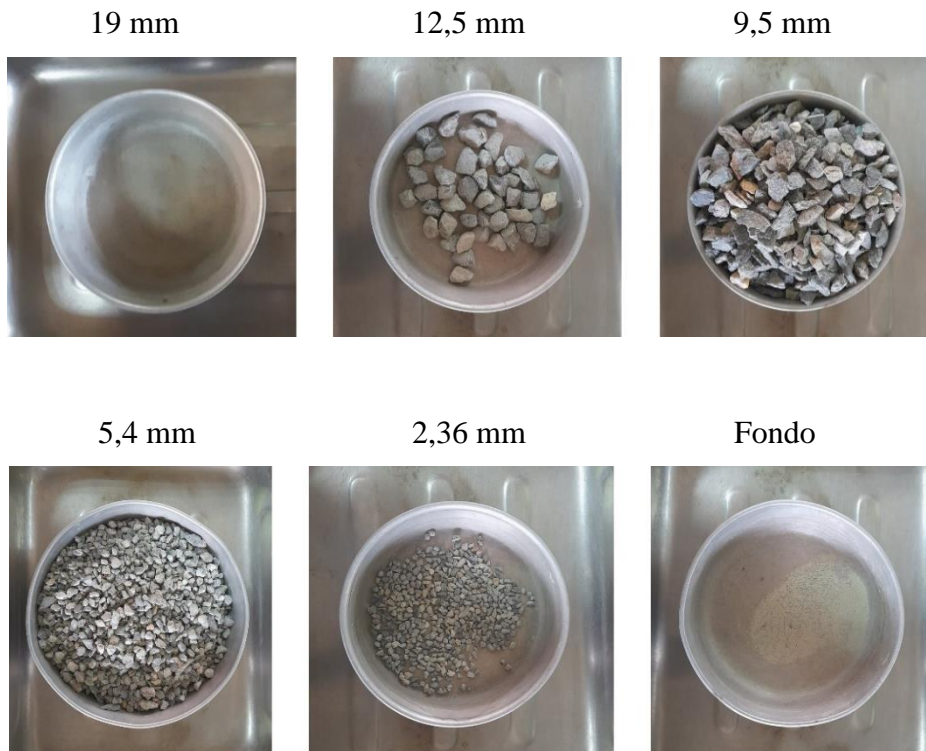
- T. nominal del árido grueso: 12,5 mm
- Masa inicial de la muestra: 3,37 kg

Resultados - Tabla 2. INEN 872

- Masa final de la muestra: 3,36 kg
- Porcentaje de pérdida: 0,05%

Evidencia fotográfica

Retención en tamices del árido grueso



Conclusión: Los áridos, grueso y fino son aceptados, debido a que cumplen con la norma establecida y por lo tanto pueden ser utilizados en el posterior diseño de la mezcla de hormigón.

Nota: Ver tabla de cálculos en el anexo 11 (árido fino) y anexo 12 (árido grueso)

Elaboración: Propia

2.1.3 Contenido de humedad de los áridos. INEN 862:2011

El porcentaje de contenido de humedad de los áridos, se realiza mediante la metodología de la INEN 862; en la tabla 20 se muestra el proceso de ejecución del ensayo.

Tabla 20

Procedimiento y cálculo del contenido de humedad de los áridos fino y grueso

Contenido de humedad – INEN 862: 2011	
Procedimiento	Se obtiene la masa del árido en estado sss (secado superficial) de acuerdo a la tabla 1 de la INEN 862. Luego, se seca el material, a una temperatura de 110 °C ± 5 °C durante 20 horas ± 4 horas. Finalmente se pesa el material seco y se realizan los cálculos respectivos.
Árido Fino	
Muestra	Resultados
○ Tamaño de árido fino: 9,5 mm	○ $Ch = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$
○ Peso de la muestra en sss: 2,05 kg	○ $Ch = \frac{(2,05 - 1,91)}{1,91} * 100 = 7,18 \%$
○ Peso de muestra seca: 1,91 kg	

• Evidencia fotográfica

Ensayo de humedad del árido fino

Masa húmeda



Colocación en horno



Masa seca



Continua



Contenido de humedad – INEN 862: 2011

Árido Grueso

Muestra

- Tamaño de árido fino: 12,5 mm
- Peso de la muestra en sss: 3 kg
- Peso de muestra seca: 2,97 kg

Resultados

- $Ch = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$
- $Ch = \frac{(3 - 2,97)}{2,97} * 100 = 1,01 \%$

Evidencia fotográfica

Ensayo de humedad del árido grueso

Masa húmeda



Colocación en horno



Masa seca



Elaboración: Propia

2.1.4 Pesos volumétricos de los áridos. INEN 858: 2010

La determinación de los pesos volumétricos, se realizan mediante la técnica y cálculos descritos en la INEN 858, en la tabla 21 se muestra el procedimiento y los resultados obtenidos de este ensayo.

Tabla 21

Pesos volumétricos de los áridos fino y grueso

Pesos volumétricos. INEN 858: 2010

Procedimiento

Peso volumétrico suelto: Se llena el molde metálico con el árido en estado sss (secado superficial), luego con una regleta se nivela la masa; y finalmente se pesa el molde con el árido y se realizan los cálculos respectivos.

Peso volumétrico compactado: Se llena el molde metálico con el árido en estado sss, en dos partes para el árido fino y en tres para el árido grueso. Compactar cada capa con 25 golpes de varilla en forma espiral. Se nivela la superficie con una regleta y se procede a obtener el peso del cilindro con el árido; finalmente se realiza los cálculos respectivos.

Árido Fino

Muestra

- Promedio de peso suelto: 4,123 kg
- Promedio de peso compactado: 4,463kg

Resultados

- Peso suelto = 1397,62 **kg/m³**
- Peso compactado = 1512,88 **kg/m³**

Evidencia fotográfica

Ensayo de peso compactado del árido fino

Compactación 1° capa



Compactación 2° capa



Nivelación de la superficie



Continúa



Pesos volumétricos. INEN 858: 2010

Árido Grueso

Muestra

- Promedio de peso suelto: 12,955 kg
- Promedio de peso compactado: 14,128 kg

Resultados

- Peso suelto = 1353,70 **kg/m³**
 - Peso compactado = 1476,28 **kg/m³**
-

Evidencia fotográfica

Ensayo de peso compactado del árido grueso

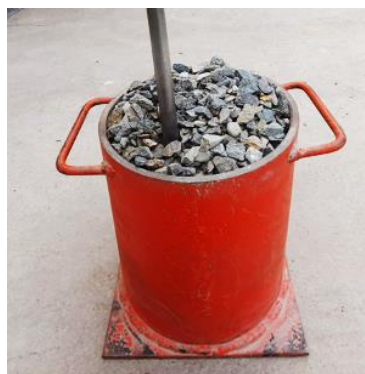
Compactación 1° capa



Compactación 2° capa



Compactación 3° capa



Nivelación de la superficie



Nota: Ver tabla de cálculos en el anexo 13 (árido fino) y anexo 14 (árido grueso)

Elaboración: Propia

2.1.5 Densidad y porcentaje de absorción de los áridos. INEN 856, 857 :2010

El cálculo de la densidad y el porcentaje de absorción de los áridos está basado en la INEN 856 y 857, en la tabla 22 se describe el procedimiento y los resultados obtenidos.

Tabla 22

Densidad y porcentaje de absorción de los áridos

Densidad y porcentaje de absorción. INEN 856:2010 - INEN 857:2010	
Procedimiento	<p>Saturación: Saturar el árido en agua por un lapso de 24 h, pasado el tiempo, se retira el agua y se elimina la humedad superficial, luego se procede de la siguiente manera:</p>
	<p>Árido fino INEN 856: Se pesa 0,5 kg de la muestra, luego según el procedimiento gravimétrico se determina el peso del picnómetro con agua; se vacía el recipiente, se coloca la muestra en el picnómetro y se llena con agua, a continuación, se realizan movimientos giratorios hasta eliminar las burbujas de aire y se establece su peso. Finalmente se coloca el árido en un recipiente eliminando el exceso de agua y se seca por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C, luego se obtiene su peso. Con los cuatro datos obtenidos, se procede a realizar los cálculos correspondientes.</p>
	<p>Árido grueso INEN 857: Se obtiene la masa de muestra necesaria para el ensayo (se trabaja con material retenido en la malla #4 -INEN 857), luego se coloca el material en una canastilla metálica la cual debe estar sumergida en agua y se obtiene su peso, finalmente se seca el material por 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa. Con los tres datos obtenidos se realiza los cálculos respectivos.</p>

Continúa
↓

Densidad y porcentaje de absorción. INEN 856:2010

Árido Fino

Muestra

- Picnómetro con árido y agua: 1,51 Kg
- Muestra seca al horno: 0,47 Kg
- Picnómetro con agua: 1,21 Kg
- Muestra saturada: 0,5 Kg

Resultados

- Densidad relativa = 2757,79 Kg/m³
- Porcentaje de absorción = 6,38 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad y porcentaje de absorción del árido fino

Saturación del árido



Eliminación de agua



Masa de muestra saturada



Masa del picnómetro con agua



Picnómetro con muestra de árido y agua



Masa seca al horno



Continúa



Densidad y porcentaje de absorción. INEN 857:2010

Árido Grueso

Muestra

- Muestra seca al horno: 2,36 Kg
- Muestra saturada: 2,4 Kg
- Masa aparente en agua: 1,51 Kg

Resultados

- Densidad relativa = 2748,80 Kg/m³
- Porcentaje de absorción = 1,57 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad y porcentaje de absorción del árido grueso

Saturación del árido



Eliminación de agua superficial



Tamizaje de material
Retención en la malla #4



Masa del árido



Masa del árido en
canastilla y agua



Masa del árido seca al
horno



Nota: Ver tabla de cálculo en el anexo 15 (árido fino) y anexo 16 (árido grueso)

Elaboración: Propia

2.2 Caracterización de las fibras de madera de eucalipto

Los resultados que se obtienen de la caracterización de las fibras de madera son considerados únicamente en el proceso de fabricación y análisis de resultados de los bloques, ya que, durante el proceso del cálculo de dosificación de la mezcla de hormigón, solamente son ingresados los datos de los materiales del hormigón común; es decir, grava, arena, cemento y agua. Las características de las fibras de madera están basadas en el cumplimiento de la INEN correspondiente.

2.2.1 Granulometría de las fibras de madera de eucalipto

“El tamaño de las fibras puede variar entre 9,5 y 75 mm” (INEN 2874). Para este estudio se establece la granulometría de las fibras usando los mismos tamices tomados para el árido grueso; de tal manera que las partículas que se retengan en el tamiz 3/4” y que pasen el tamiz No. 8, son rechazados. A continuación, en la tabla 23, se presenta los resultados obtenidos después del proceso de ensayo.

Tabla 23

Granulométrica de las fibras de madera de eucalipto

Granulometría de las fibras de madera de eucalipto	
Procedimiento	Recolección de fibras: Se confirma que las fibras sean únicamente de madera de eucalipto, luego se realiza la recolección y colocación en sacos para evitar su contaminación.
	Tamizaje: Se pesa la cantidad del material colocado en el saco, luego se realiza el tamizaje de las fibras de madera y se separa el material utilizable y el rechazado.
	Continúa ↓

Granulometría de las fibras de madera de eucalipto

Muestra

- Peso total del material: 25 Kg

Resultados

- Peso del material rechazado: 2,5 Kg
 - Peso del material aceptado: 22,5 kg
-

Evidencia fotográfica

Granulometría de las fibras de madera eucalipto

Recolección de fibras



Tamizado de fibras



Material rechazado



Material aceptado



Elaboración: Propia

2.2.2 Contenido de humedad de las fibras de madera de eucalipto. INEN

1160 - 1983

El contenido de humedad de las fibras de madera, se establece mediante los parámetros descritos en la INEN 1160, en la tabla 24, se indica los resultados obtenidos.

Tabla 24

Contenido de humedad de las fibras de madera de eucalipto

Contenido de humedad – INEN 1160 - 1983	
Procedimiento	Se determina la masa de la fibra, a continuación, se procede a secar el material en una estufa, a una temperatura de $103 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta eliminar la humedad contenida en las paredes de la fibra, luego enfriar y obtener la masa. Con los datos obtenidos, realizar los cálculos correspondientes.
Muestra	Resultados
<ul style="list-style-type: none">○ Peso de muestra - estado natural: 0,350 kg○ Peso de muestra seca: 0,298kg	$Ch = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$ $Ch = \frac{(0,350 - 0,298)}{0,298} * 100 = 17,44 \%$

Evidencia fotográfica

Ensayo de humedad de la fibra de madera







Elaboración: Propia

2.2.3 Porcentaje de absorción de las fibras de madera de eucalipto. INEN 899 - 1982

El porcentaje de absorción de las fibras de madera, es determinado en base al método de ensayo que se describe en la INEN 899, en la tabla 25 se describe el proceso de la aplicación del ensayo.

Tabla 25

Porcentaje de absorción de las fibras de madera de eucalipto

Porcentaje de absorción. INEN 899. 1982	
Procedimiento	<p>Se procede a secar el material en una estufa a una temperatura de 103 ± 3 °C hasta eliminar el total de humedad presente en las fibras, y se establece su peso. Luego, se satura el material en agua limpia durante 2 horas girándolas constantemente, después de este tiempo, se elimina el exceso de agua y la humedad superficial de las fibras y se obtiene su peso. Finalmente se realizan los cálculos para determinar el dato investigado.</p>
Muestra	Resultados
<ul style="list-style-type: none">○ Peso de muestra inicial: 1,33 kg○ Peso de muestra seca: 1,01 kg	<ul style="list-style-type: none">○ % absorción = $\frac{(P.m \text{ saturado} - P.m \text{ inicial})}{P.m \text{ inicial}} * 100$○ % absorción = $\frac{(1,33 - 1,01)}{1,01} * 100 = 31,68 \%$
Evidencia fotográfica	
<i>Ensayo de densidad y porcentaje de absorción del árido fino</i>	
Secado en estufa	Saturación del árido
	
Eliminación de agua	Masa de muestra saturada
	

Elaboración: Propia

2.2.4 Densidad de las fibras de madera de eucalipto. INEN 897: 2013

El cálculo de la densidad de la madera, está basado en el procedimiento descrito por la INEN 897, en la tabla 26 se describe la ejecución del ensayo.

Tabla 26

Densidad de las fibras de madera de eucalipto

Densidad de las fibras de madera. INEN 897. 2013	
Procedimiento	Se miden y registran las dimensiones de las muestras, se saturan durante 20 ±4 horas, luego se retiran del agua y se elimina la humedad superficial, finalmente se obtiene la masa y se realizan los cálculos correspondientes.
Muestra	Resultados
○ Volumen de muestra 1: 0,00045 kg/m ³	$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumén}}$
○ Volumen de muestra 2: 0,00047 kg/m ³	○ Densidad muestra 1 = 871 kg/m ³
○ Peso de muestra 1: 0,392 kg	○ Densidad muestra 2 = 853 kg/m ³
○ Peso de muestra 2: 0,401 kg	○ Densidad promedio = 862 kg/m ³

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad de la fibra de madera de eucalipto

Toma de dimensiones



Saturación de muestra



Masa de la muestra



Elaboración: Propia

2.3 Caracterización de la piedra pómez

Al igual que los datos de las fibras de madera, los resultados que se obtienen de la aplicación de ensayos de la piedra pómez solamente son considerados durante el proceso de fabricación y análisis de resultados de los bloques, pues estos datos son irrelevantes en el cálculo de la dosificación del hormigón, por misma razón explicada en la caracterización de las fibras de madera. Las normas aplicadas en cada uno de los ensayos, son iguales a las que se utilizan para la caracterización del árido grueso anterior.

2.3.1 *Análisis Granulométrico de la piedra pómez*

Debido a que la piedra pómez, no es un material consolidado, es decir, un elemento resistente, no es posible realizar el ensayo granulométrico, pues al momento del tamizaje, el material se fragmentaría y por lo tanto el tamaño de la piedra variaría. A causa de estas cuestiones, el material usado será el denominado $\frac{3}{4}$ ".

2.3.2 *Contenido de humedad de la piedra pómez INEN 862: 2011*

La determinación del contenido de humedad de la piedra pómez, se basa en el cumplimiento de la INEN 862, a continuación, en la tabla 27, se describe el proceso y los resultados obtenidos de la aplicación del ensayo.

Tabla 27

Procedimiento y cálculo del contenido de humedad de los áridos fino y grueso

Contenido de humedad – INEN 862: 2011	
Procedimiento	Se obtiene la masa de la piedra pómez, luego se seca el material en el horno, a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 20 ± 4 horas. Finalmente, se obtiene el peso del material seco y se realizan los cálculos respectivos.
	Continúa ↓

Contenido de humedad – INEN 862: 2011

Muestra

- Peso de muestra - estado natural: 0,30 kg
- Peso de muestra seca: 0,255 kg

Resultados

- $Ch = \frac{(\text{peso humedo} - \text{peso seco})}{\text{peso seco}} * 100$
 - $Ch = \frac{(0,30 - 0,255)}{0,255} * 100 = 17,64 \%$
-

Evidencia fotográfica:

Ensayo de humedad del árido fino

Masa húmeda



Secado en horno



Masa seca



Elaboración: Propia

2.3.3 Porcentaje de absorción de la piedra pómez. INEN 857: 2010

Para obtener el porcentaje de absorción de la piedra pómez, se utiliza el método descrito en la INEN 857, en la tabla 28 se describe los resultados y el procedimiento realizado.

Tabla 28

Porcentaje de absorción de la piedra pómez

Porcentaje de absorción de la piedra pómez. INEN 857:2010

Procedimiento

Se satura el material en agua por un lapso de 24 h, luego se retira el agua y se elimina la humedad superficial. A continuación, se tamiza el material por la malla No 4; y se obtiene el peso de la piedra pómez retenida. Finalmente, se seca el material en el horno por 20 ± 4 horas, a una temperatura de 110 ± 5 °C, se obtiene su peso y se realiza los cálculos correspondientes.

Muestra

- Muestra saturada: 0,50 Kg
- Muestra seca al horno: 0,269 kg

Resultados

- $Ch = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$
 - $Ch = \frac{(0,50 - 0,269)}{0,269} * 100 = 85 \%$
-

Evidencia fotográfica

Ensayo de porcentaje de absorción de la piedra pómez

Saturación del material



Eliminación de agua superficial



Tamizado de material malla #4



Masa húmeda



Secado del material



Masa seca al horno



Elaboración: Propia

2.3.4 Densidad de la piedra pómez. INEN 857: 2010

El cálculo de la densidad de la piedra pómez, está basado en la aplicación del método descrito en la INEN 857, en la tabla 29 se describe los resultados y el procedimiento realizado.

Tabla 29

Densidad de la piedra pómez

Densidad de la piedra pómez. INEN 857:2010	
Procedimiento	<p>Se tamiza el material en la malla No 4 (trabajar con el material retenido), se satura durante 24 horas; luego se retira el agua y se elimina la humedad superficial con un paño. A continuación, se obtiene el peso de masa al ser colocado en una canastilla metálica e introducido en un recipiente con agua. Finalmente, se seca el material en el horno por 20 ± 4 horas, a una temperatura de 110 ± 5 °C, se obtiene su peso y se realizan los cálculos correspondientes.</p>
Muestra	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> ○ Muestra aparente en agua: 0,317 kg ○ Muestra seca al horno: 1,36 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Densidad relativa = $\frac{\text{Muestra seca}}{\text{Muestra seca} - \text{masa en agua}}$ ○ Densidad relativa = $\frac{1,36}{1,36 - 0,317} = 1303,9 \text{ kg/m}^3$

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad de la piedra pómez.

Eliminación de la humedad superficial



Muestra sumergida en agua



Muestra seca al horno



Elaboración: Propia

2.4 Resumen de los ensayos aplicados a los áridos

Como resultado de los ensayos, a continuación, en la tabla 30 se indica las características de los materiales analizados; la mayoría de estos datos, serán utilizados en el cálculo de la dosificación del hormigón.

Tabla 30

Resumen y datos de ensayos para la dosificación de la mezcla de hormigón

Característica	Árido fino	Árido grueso	Fibra de eucalipto	Piedra pómez
Tamaño nominal	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	19 mm
Granulometría	Cumple INEN 872	Cumple INEN 872	Entre 5 – 19 mm	-
Contenido de humedad	7,18 %	1,01 %	17,44 %	17,64 %
Peso suelto	1397,62 kg/m ³	1353,70 kg/m ³	-	-
Peso compactado	1512,88 kg/m ³	1476,28 kg/m ³	-	-
Densidad relativa	2757,79 kg/m ³	2748,80 kg/m ³	862 kg/m ³	1303,9 kg/m ³
Porcentaje de absorción	6,38 %	1,57 %	31,68 %	85 %

Nota: No se realizaron ciertos ensayos de la piedra pómez y la fibra de eucalipto, debido a que los datos faltantes, no son relevantes para la dosificación del hormigón. Los datos presentes de los dos materiales mencionados, serán tomados en consideración únicamente en el proceso de fabricación del bloque.

Elaboración: Propia

2.5 Dosificación de la mezcla del hormigón

Con los datos de los ensayos realizados anteriormente, el siguiente paso es el cálculo de la dosificación de la mezcla de hormigón; para ello, se aplica el método por peso de la ACI 211.2, que describe el proceso de dosificación del hormigón ligero, y debido que el bloque que se pretende elaborar es de Tipo B liviano, el uso de este método es adecuado. La descripción de este método se encuentra en el capítulo anterior.

Asimismo, cabe mencionar que, para la ejecución de esta metodología, además utilizar los datos de la tabla 30, también es necesario conocer los datos mencionados en la tabla 31.

Tabla 31

Datos para dosificación de la mezcla de hormigón

Peso específico del Cemento Guapán tipo I	2,9 kg/m ³
Peso específico del agua	1 kg/m ³
Resistencia de bloque no estructural tipo B	$f'c = 4 \text{ Mpa}$
Resistencia requerida	$f'c + 30\% f'c$
Consistencia de la mezcla del bloque	Seca

Elaboración: Propia

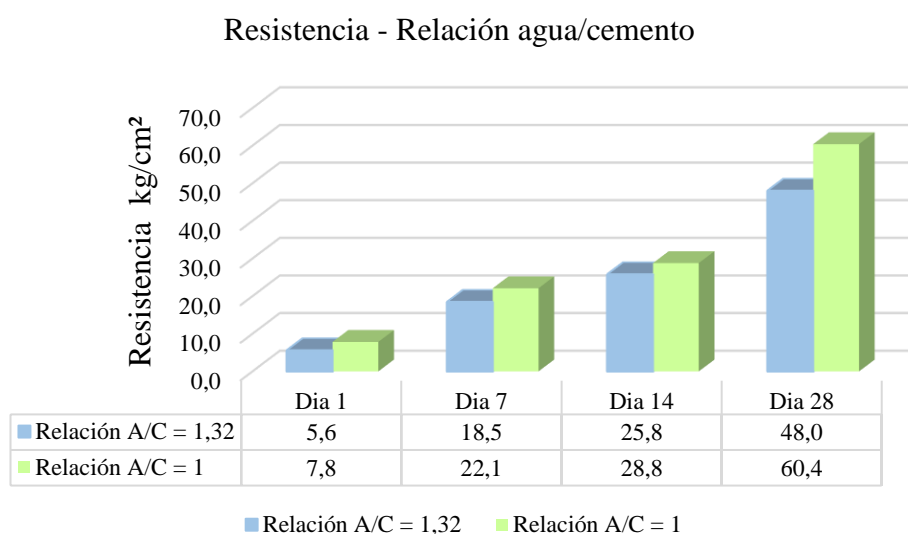
Una vez conocidos los datos, se inicia el proceso del cálculo de dosificación, siguiendo los pasos descritos en la tabla 15 con las indicaciones mencionadas en cada punto. La tabla de cálculos, puede ser revisada en el anexo 17, de esta investigación.

Finalmente, luego de realizar los cálculos correspondientes en la aplicación del método, a continuación, en la tabla 32 se describen los resultados obtenidos del cálculo de dosificación.

Tabla 32*Resultados de proceso de dosificación de la mezcla de hormigón*

Diseño de mezcla de hormigón – ACI 211.2	
Resistencia promedio requerida	54,4 kg/cm ²
Revenimiento o asentamiento	0 a 50,8 mm
Relación agua / cemento	1,00

Valores de diseño de la mezcla con ajuste de humedad			
Componente	Kg/m³	Kg/saco	Proporcionamiento
Cemento	199,00	50,00	1,00
Agua	299,18	2,99	1,50
Árido fino	1251,10	314,33	6,30
Árido grueso	790,10	198,52	4,00

Gráfico de variación de resistencias

Nota 1: Se elaboraron cilindros de prueba con la dosificación determinada para verificar el cumplimiento de la resistencia, sin embargo, este no alcanzó la resistencia requerida, por lo cual se rectificó la relación agua cemento de 1,3 a 1 obteniendo mejores resultados.

Nota 2: Ver tabla de cálculo en el anexo 17

Elaboración: Propia

Al finalizar este segundo capítulo y de acuerdo con las actividades realizadas se puede mencionar que, la aplicación de ensayos a los componentes de la mezcla de hormigón para determinar sus características mecánicas, es una actividad que debe ser ejecutada necesariamente, ya que esto nos permite conocer si los materiales que se pretenden utilizar para el cálculo de la dosificación de la mezcla son adecuados.

Con respecto a las fibras de madera de eucalipto; en su caracterización se evidencia que, el 90% del total del material es aceptado, esto quiere decir que, en el caso de que el nuevo mampuesto cumpla las especificaciones de la normativa, el aporte ecológico y el valor de las fibras serán altamente efectivos; en todo caso, esta conjetura, es analizada en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III.

Fabricación de bloques, aplicación de ensayos, determinación de costos e interpretación de resultados

3.1 Elaboración de bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto

Luego de conocer la cantidad de cada uno de los componentes del hormigón, se calcula el volumen de los materiales necesarios para la elaboración de seis especímenes (INEN 3066), de los cuales, tres son utilizados para los ensayos de resistencia y el resto para la determinación de la densidad, contenido de humedad y porcentaje de absorción. En base a estas cantidades, se calculan los volúmenes de mezcla para los bloques con adición de diferentes porcentajes de fibras de madera de eucalipto; la incorporación de fibra en la mezcla, se realiza del total de la masa. Además, en conjunto se estiman cinco dosificaciones; la dosificación base es el primer patrón, el segundo patrón es la mezcla con la sustitución de grava por piedra pómez; y las tres últimas, corresponden a las mezclas con los diferentes porcentajes de incorporación de fibra. La consideración del número de dosificaciones, se debe a que, se pretende analizar los resultados desde el punto de vista del cambio y la incorporación de distintos materiales de la mezcla del hormigón común, el cual es elaborado generalmente con grava.

La sustitución del material se respalda en que, los datos obtenidos de los ensayos serán utilizados para la posterior comparación de costos entre el bloque utilizado comúnmente y la nueva propuesta. El cambio de la grava por piedra pómez, se dará por volumen y no por peso, debido a la diferencia de densidad entre ambos. Por último, durante la fabricación de los bloques con piedra pómez y fibra, se considera que, la cantidad de agua para estas mezclas no es un dato constante debido al porcentaje de absorción de estos dos materiales, en este sentido la cantidad de agua será controlada

mediante la trabajabilidad de la mezcla, en todo caso antes de elaborar los bloques, se realiza el ensayo de asentamiento para verificar la consistencia de la mezcla. A continuación, en la tabla 33 y 34 se describen las dimensiones, volúmenes y cantidad de material según las diferentes dosificaciones y adición de fibras de madera.

Tabla 33

Dimensiones y volúmenes del bloque

Cálculo de volúmenes del bloque	
<p>$V1 = \text{Volumen macizo} = 0,012 \text{ m}^3$</p> <p>$V2 = \text{V. espacio vacío} = 0,0068 \text{ m}^3$</p> <p>$V \text{ neto} = V1 + V2 = 0,0052 \text{ m}^3$</p>	

Elaboración: Propia

Tabla 34

Dosificación para bloques de hormigón y hormigón con fibras

Material	Por unidad	Dosificación para seis bloques				
		Hormigón (patrón 1)	Hormigón liviano (patrón 2)	3% de fibra	6% de fibra	12 % de fibra
Agua	1,56 kg	9,36 kg	9,36 kg	9,08 kg	8,80 kg	8,24 kg
Cemento	1,04 kg	6,24 kg	6,24 kg	6,05 kg	5,86 kg	5,49 kg
Árido fino	6,52 kg	39,12 kg	39,12 kg	37,95 kg	36,78 kg	34,43 kg
Grava	4,12 kg	24,72 kg	24,72 kg *	23,98 kg *	23,24 kg *	21,75 kg *
Pómez	–	–	18 lts	17,50 lts	17 lts	16,50 lts
Fibra	–	–	–	2,31 kg	4,77 kg	9,54 kg

Nota: Los datos con asterisco, sirven como referencia de relación entre el peso y el volumen de la grava y la piedra pómez.

Elaboración: Propia

3.1.1 Elaboración de la mezcla de hormigón

La elaboración de los mampuestos se realiza en una fábrica bloquera, la cual posee todas las herramientas y maquinaria adecuadas para la ejecución de este proceso. La tabla 35, explica la realización de la mezcla para la elaboración de los bloques.

Tabla 35

Elaboración de la mezcla

Elaboración de la mezcla de hormigón y hormigón con fibras	
Procedimiento	Colocación de los materiales. Se coloca, el 100 % de arena, grava o pómez, cemento y fibras en el caso de las mezclas con adición de fibras de madera.
	Mezcla: Se homogeniza los materiales hasta obtener una masa uniforme, se coloca el agua y se mezcla hasta que la masa alcance la consistencia adecuada.
	Ensayo de asentamiento: Se coloca la mezcla en el cono de Abrams en tres capas, se compacta cada capa con 25 golpes de varilla en forma caracol, luego se enrasa la superficie, se retira el molde y se determina el asentamiento

Evidencia fotográfica

Proceso de elaboración de la mezcla de hormigón con fibras



Nota: Ver herramientas utilizadas en el anexo 18





Elaboración: Propia

3.1.2 Prensado de bloques

El prensado de los bloques, es la actividad en donde la masa de hormigón es colocada en la máquina bloquera y que mediante movimientos vibratorios y de compactación, ubican y comprimen el material en los moldes, hasta obtener los bloques. La ejecución de prensado de los bloques para esta investigación se detalla en la tabla 36.

Tabla 36

Prensado de bloques

Prensado de bloques	
Procedimiento	<p>Se ubica un tablero de madera por debajo de los moldes metálicos. Luego, se coloca la masa en la máquina bloquera (encendida y en vibración), hasta verificar que los moldes se encuentren completamente llenos. A continuación, se retira el material sobrante y se desciende el martillo compactador de entre 1 a 2 minutos. Finalmente, se desmoldan los bloques levantando el martillo compactador cuidadosamente; se sustraen los bloques y se colocan en un lugar plano evitando movimientos bruscos para que estos no se deformen.</p>
Evidencia fotográfica:	
Colocación de material y vibrado	Levantamiento de martillo compactador
	
Desmoldado	Almacenamiento
	

Nota: Ver el resultado de prensado de los bloques en el anexo 18

Elaboración: Propia

3.1.3 Curado de bloques

“El curado, consiste en mantener los bloques por al menos 7 días en condiciones de humedad, para que estos alcancen la resistencia deseada” (Gamboa. E. 2005)

Para esta investigación, el tiempo de curado será más prolongado que lo mencionado debido a que se desea evaluar a los bloques, cuando el hormigón alcance su máximo nivel de resistencia, es decir a los 28 días. En la tabla 37, se especifica el procedimiento realizado.

Tabla 37

Curado de bloques

Curado de los bloques	
Procedimiento	<p>Pasadas las 24 horas desde de la fabricación de los bloques, se procede a humedecerlos mediante riego; este proceso se realiza tres veces al día durante tres días consecutivos; luego se los retira de los tableros y se los lleva al laboratorio de la UCACUE, en donde serán sometidos al curado continuo. Una vez en el sitio, se colocan los bloques en un estanque lleno de agua con una separación del 13 mm entre ellos. El proceso de curado finaliza a los 28 días. La temperatura del agua se mantiene entre 20 ± 4 °C.</p>

Evidencia fotográfica

Curado de bloque en fábrica



Curado de bloque en estanque



Elaboración: Propia

3.2 Aplicación de ensayos

Una vez terminado el proceso de curado de los bloques, se da inicio a la aplicación de ensayos, los cuales están basados en el cumplimiento de INEN 3066: 2012. A continuación, se describe cada uno de ellos.

3.2.1 Contenido de humedad de los bloques – INEN 3066

Tabla 38

Ensayo de contenido de humedad de los bloques

Contenido de humedad de los bloques - INEN 3066: 2016	
Procedimiento	Se retira el bloque del estanque, se elimina el agua superficial y se obtiene su peso. Luego, se coloca el bloque en un espacio que evite el contacto directo con el sol, por un lapso de 24 horas, hasta que este elimine el exceso de agua, y se obtiene su peso. Finalmente, se seca el bloque en el horno por 20 ± 4 horas, a una temperatura de 110 ± 5 °C y se obtiene su peso. Con los tres datos obtenidos, se procede a realizar los cálculos correspondientes.
	Resultados
	Bloque de hormigón (patrón 1) = 58 %
	Bloque con 3% de fibra = 69 %
	Bloque de hormigón - pómez (patrón 2) = 68 %
	Bloque con 6% de fibra = 70 %
	Bloque con 12 % de fibra = 71 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de contenido de humedad de los bloques



Nota: Ver tabla de cálculos en el anexo 19

Elaboración: Propia

3.2.2 Porcentaje de absorción INEN 3066: 2016

Tabla 39

Ensayo de porcentaje de absorción de los bloques

Porcentaje de absorción de los bloques - INEN 3066: 2016	
Procedimiento	Se retira el mampuesto del estanque, se elimina el agua superficial y se obtiene su peso. Luego, se seca los bloques en el horno por un lapso de 20 ± 4 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C y se obtiene su peso. Con los datos obtenidos, se realiza los cálculos correspondientes.
Resultados	
Bloque de hormigón (patrón 1) = 7 %	Bloque con 3% de fibra = 19 %
Bloque de hormigón - pómez (patrón 2) = 15 %	Bloque con 6% de fibra = 31 %
	Bloque con 12 % de fibra = 35 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de contenido de humedad de los bloques



Nota: Ver tabla de cálculos en el anexo 20

Elaboración: Propia

3.2.4 Resistencia a la compresión simple - INEN 3066: 2016

Antes de iniciar con el ensayo de compresión simple, es necesario obtener las dimensiones de los bloques; estos datos son necesarios para el cálculo de la resistencia de cada uno de los mampuestos; además; como lo indica la INEN 639, los bloques deben pasar por un proceso de refrendado antes de ser ensayados; técnica que sirve para nivelar las áreas que tienen contacto con la prensa hidráulica y así conseguir superficies planas en las cuales aplicar las cargas; este proceso debe realizarse según la INEN 2619. A continuación, en la tabla 41, se describe el proceso ejecutado antes y durante la aplicación del ensayo de resistencia.

Tabla 41

Ensayo de resistencia a la compresión simple de los bloques

Resistencia a la compresión de los bloques - INEN 3066: 2016	
Procedimiento	Toma de dimensiones: Se mide y se registran las dimensiones del bloque; ancho, alto y largo; paredes y tabique; las tres primeras de las dos caras opuestas y las dos últimas, del punto más delgado.
	Refrendamiento con azufre: Se calienta el azufre en un recipiente metálico controlando que la temperatura este entre 130 y 145 °C. Luego, se calienta la placa para refrendado previamente aceitada con una capa de azufre; una vez fraguada se retira la capa. A continuación, se llena el molde con azufre hasta una altura de 6 mm; se coloca rápidamente el bloque sobre el líquido, cuidando que este se mantenga perpendicular a la superficie; una vez solidificado se retira el mampuesto de la placa.
	Continúa ↓

Resistencia a la compresión de los bloques - INEN 3066: 2016

Procedimiento

Rotura: Se prepara la prensa hidráulica colocando sobre la base una placa metálica centrada de 45 cm de largo, 16 cm de ancho y 1,5 cm de espesor; se ubica el bloque sobre la placa y se verifica que se encuentre centrado. Luego se coloca en la parte superior del mampuesto otra placa con las mismas características que la inferior y finalmente se aplica la carga. Con los datos de las dimensiones y la carga de rotura, se realizan los cálculos correspondientes

Resultados

Bloque de hormigón (patrón 1) = 7,44 Mpa	Bloque con 3% de fibra = 2,88 Mpa
Bloque de hormigón-pómez (patrón 2) = 4,36 Mpa	Bloque con 6% de fibra = 1,72 Mpa
	Bloque con 12% de fibra = 0,79 Mpa

Evidencia fotográfica

Ensayo de contenido de humedad de los bloques

Toma y registro de dimensiones



Calentamiento de azufre



Refrendamiento



Preparación de la prensa



Centrado de la placa y bloque



Aplicación de carga y fracaso



Nota: Ver tabla de cálculos desde el anexo 22 al anexo 26

Elaboración: Propia

Además de las resistencias obtenidas; durante el ensayo de compresión se evidencia mediante la observación que, a mayor porcentaje de adición de fibras, mejor es el comportamiento de los bloques a la flexión; pues al aplicar la carga los mampuestos no colapsan; esto se debe a la forma alargada de las fibras las cuales durante el proceso de mezclado se entrelazan entre sí, y como resultado los mampuestos obtienen la cualidad mencionada. La Figura 1, muestra el estado de los bloques luego de la aplicación de carga.

Figura 1

Estado de los bloques con fibra de madera después del ensayo de resistencia



Recopilación fotográfica: Propia

3.3 Determinación de costos

El proceso de cálculo del costo por unidad de mampuesto puede ser revisado desde el anexo 28 al 33; en la tabla 42, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 42

Costo por unidad de bloque

	Patrón 1	Patrón 2	3 % de fibra	6 % de fibra	12 % de fibras
Agua	\$0,01	\$ 0,01	\$ 0,01	\$ 0,01	\$ 0,01
Cemento	\$ 0,18	\$ 0,18	\$ 0,17	\$ 0,16	\$ 0,16
Árido Fino	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,06
Grava	\$ 0,05	-	-	-	-
Pómez	-	\$ 0,02	\$ 0,02	\$ 0,02	\$ 0,02
Fibra de eucalipto	-	-	\$ 0,01	\$ 0,02	\$ 0,04
Mano de obra	\$ 0,14	\$ 0,14	\$ 0,16	\$ 0,18	\$ 0,21
Total (\$)	\$ 0,43	\$ 0,41	\$ 0,42	\$ 0,44	\$ 0,48

Elaboración: Propia

3.4 Análisis e interpretación de resultados de los mampuestos

Luego de ejecutar los ensayos correspondientes a los bloques dosificados en laboratorio, a continuación, mediante gráficos estadísticos, se realiza el análisis de los resultados obtenidos; con el fin de distinguir el cambio de las características mecánicas de los bloques, así como la diferencia de costo entre cada uno de ellos.

De igual forma, en un segundo apartado se analiza la diferencia de resistencia, densidad y costo entre el bloque de pómez que se encuentra en el mercado; y los bloques con adición de fibras de madera, con el propósito de indagar la competitividad del nuevo mampuesto en el sector constructivo.

3.4.1 Análisis de resultados entre bloques dosificados en laboratorio

Los bloques dosificados en laboratorio, son analizados como se explicó al inicio de este último capítulo; es decir, la segunda dosificación es comparada con la primera y las tres últimas con la segunda; esto debido a que, se estima que la primera dosificación cumpla con la norma INEN 3066 y en base a este patrón realizar el cambio y adición de diferentes materiales que componen el hormigón tradicional.

Mencionado lo anterior, a continuación, se describe el análisis de los resultados obtenidos, luego de la aplicación de los ensayos. iniciativa creyendo

3.4.1.1 Contenido de humedad

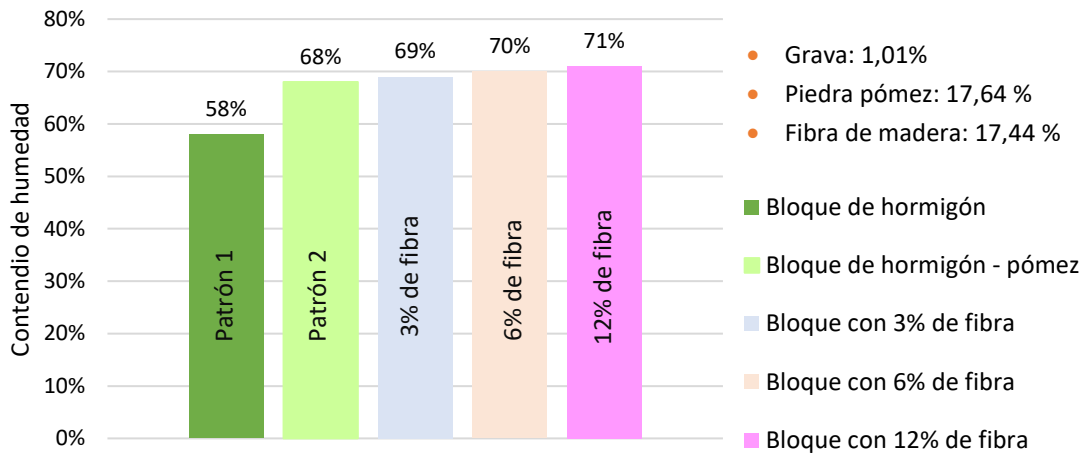
Según los resultados de los ensayos se verifica que; al sustituir grava por piedra pómez en la mezcla, el segundo patrón aumenta su contenido de humedad un 10%; esto debido a la diferencia del 16 % de humedad de la piedra pómez con respecto a la grava.

Por otra parte, en el gráfico 4 se observa que la adición de fibras de madera en los bloques, no aumenta significativamente el contenido de humedad de los mampuestos,

esto debido a que el contenido de humedad de las fibras es similar al de la piedra pómez, sin embargo, el aumento del 1% en cada dosificación se debe a la mayor cantidad de adición de fibras de madera en cada mezcla.

Gráfico 4

Análisis de los ensayos de contenido de humedad de los bloques



Fuente y elaboración: Propia

3.4.1.2 Porcentaje de absorción

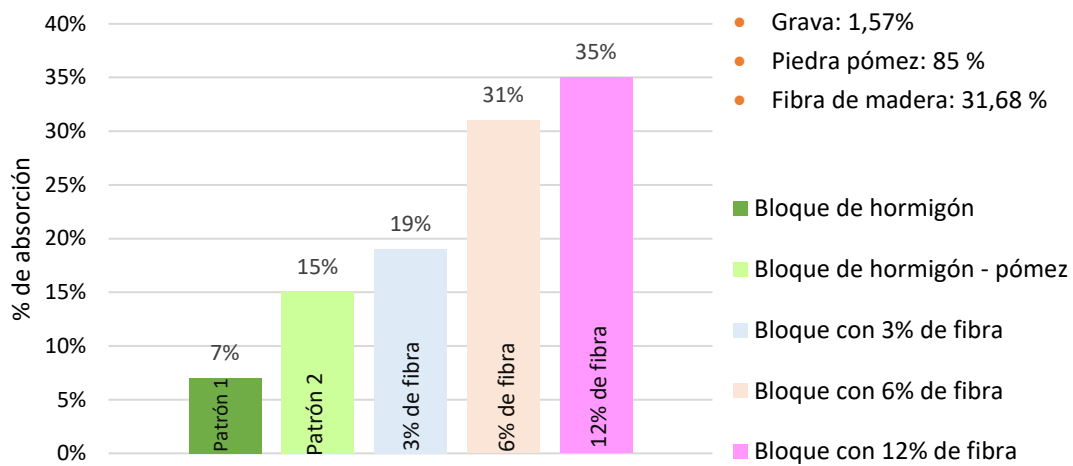
Los resultados obtenidos indican que, al sustituir en la mezcla, grava por piedra pómez, el porcentaje de absorción del segundo patrón aumenta el 114% con respecto al primero; esto debido a la desigualdad de absorción de estos dos materiales, pues entre ellos esta propiedad difiere en el 83%.

En cuanto al segundo patrón y los bloques con adición de fibras de madera, en el gráfico 5 se observa la variación progresiva del porcentaje de absorción de estos últimos; es así que el bloque con 3% de fibra, es 27% más absorbente con respecto al patrón mencionado; el bloque con 6% de adición de fibras el 107%; y el bloque con 12% de fibras el 133%; este incremento se debe a que la fibras de madera tienen un elevado

porcentaje de absorción, que aunque no es similar a la piedra pómez, este absorbe el 37% del último; por lo tanto, a mayor incorporación de fibras mayor porcentaje de absorción.

Gráfico 5

Análisis de los ensayos de porcentaje de absorción de los bloques



Elaboración: Propia

3.4.1.3 Densidad

La INEN 3066 clasifica a los bloques según la densidad, en; normal ($> 2000 \text{ kg/m}^3$), medio ($1680 \text{ a } 2000 \text{ kg/m}^3$) y liviano ($< 1680 \text{ kg/m}^3$).

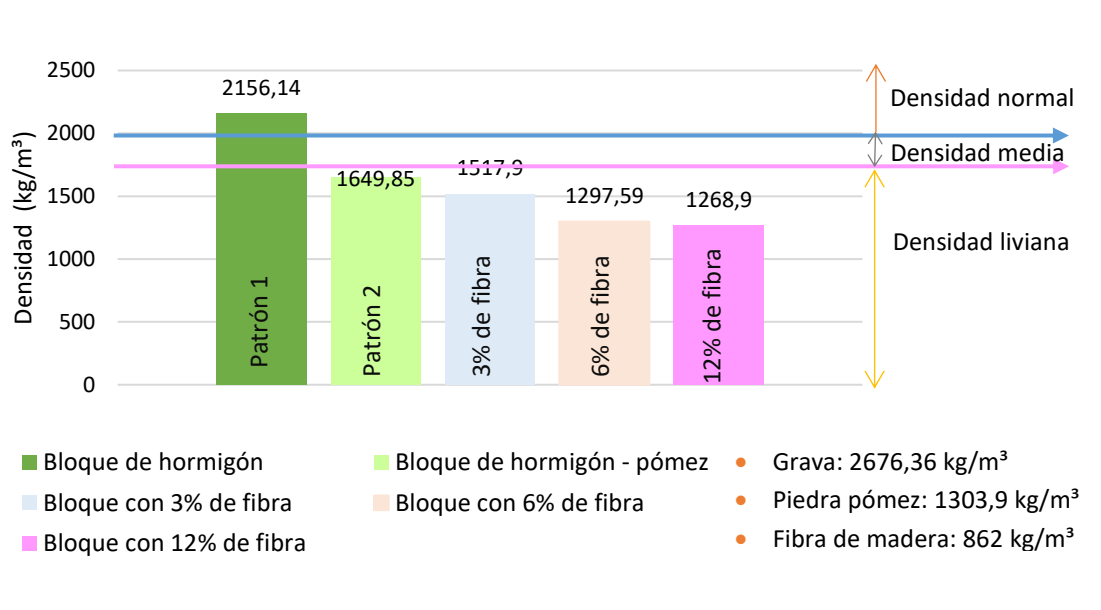
Ahora bien, luego de la aplicación de ensayos, los resultados indican que; el segundo patrón es 23% menos denso que el primero, esto se explica debido a que la piedra pómez es 51% más liviana que la grava; de ahí la disminución de la densidad del mampuesto; además según la norma INEN y su clasificación por densidad, el primer patrón es un mampuesto de peso normal y el segundo un mampuesto liviano.

Con respecto al segundo patrón y los bloques con adición de fibras de madera, en el gráfico 6 se observa que el mampuesto con adición de 3% de fibra es 8% menos denso que el patrón mencionado, el bloque con 6% de fibra el 21% y; el bloque con 12% de

fibra el 23%; la disminución de esta propiedad se debe a que la fibra de madera es 33% más liviana que la piedra pómez, por lo tanto mientras mayor adición de fibra, menor la densidad de los bloques.

Gráfico 6

Análisis de los ensayos de densidad de los bloques



Elaboración: Propia

3.4.1.4 Resistencia a la compresión simple

La INEN 3066, clasifica a los bloques de hormigón según su resistencia mínima en; tipo A (13,8 Mpa), tipo B (4 Mpa) y tipo C (1,7 Mpa).

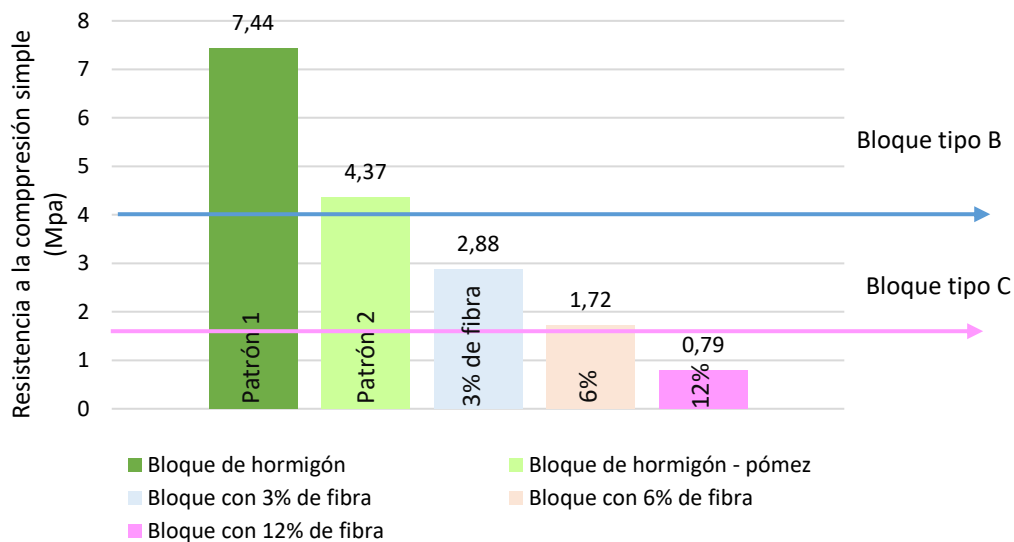
Entonces, según los resultados obtenidos se comprueba que la sustitución de la grava por piedra pómez disminuye la resistencia del segundo patrón en un 41% con respecto al primero; este decremento se explica debido a que la piedra pómez no es un material consolidado a diferencia de la grava, por lo tanto, su resistencia es mucho menor. En cuando al cumplimiento de la norma INEN, se verifica que el primer patrón supera la resistencia del bloque tipo B con el 86% y el segundo con el 9%; por lo tanto, debido a

que desde la dosificación del hormigón se consideró realizar la mezcla para mampuestos tipo B; los patrones cumplen con la resistencia requerida.

En cuanto al segundo patrón y los mampuestos con fibra de madera, en el gráfico 7 se observa que la resistencia de los mampuestos disminuye a mayor porcentaje de adición de fibras; pues el bloque con 3% de fibra es 34% menos resistente que el patrón mencionado; el bloque con 6% de fibra el 62% y; el bloque con 12% de fibra el 82%. Con respecto a la norma INEN, se comprueba que la resistencia del mampuesto con adición de 3% de fibra se mantiene entre el bloque tipo B y C pues, su resistencia es superior al tipo C con un 69% e inferior al tipo B con un 28%; el mampuesto con 6% de fibra corresponde al mampuesto tipo C superando su resistencia mínima con el 1%; y, finalmente, el bloque con 12% de fibra no alcanza la resistencia mínima para mampuesto tipo C, pues su resistencia es 54%.inferior.

Gráfico 7

Análisis de los ensayos de resistencia a la compresión simple de los bloques



Elaboración: Propia

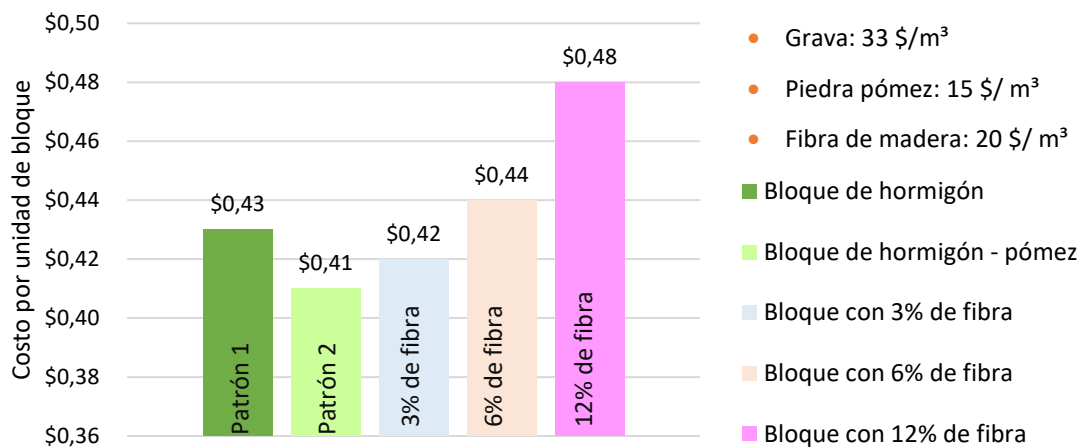
3.4.1.5 Costo por unidad de los bloques

Los resultados del cálculo de costo por unidad de mampuesto, indican que, el segundo patrón es 5% menos costoso que el primero; la reducción de precio se debe a que la piedra pómez es 55% más económica que la grava, sin embargo, al ser un material no consolidado, su incorporación por volumen de bloque aumenta, por tal motivo el precio del bloque no disminuye considerablemente.

En cuanto al segundo patrón y los bloques con adición de fibra, en el gráfico 8 se observa que el costo de los mampuestos aumenta cuando mayor es la incorporación de fibra; pues con respecto al patrón mencionado el bloque con 3% de fibra es 2% más costoso; el bloque con 6% de fibra el 7% y; el bloque con 12% de fibra el 17%. El incremento de precio se debe a que la fibra es 33% más costosa que la piedra pómez, y se adiciona el precio por tamizaje de las fibras.

Gráfico 8

Costo por unidad de mampuesto



Nota: El precio de la fibra por m³, se calcula en base a la densidad de madera y su precio por saco (25 kg). [(862 kg*0.6\$) / 25kg]

Elaboración: Propia

3.4.2 Análisis entre bloques con adición de fibras y bloque de mercado

El análisis de esta sección tiene como finalidad, conocer la relación de ciertas propiedades y costo del mampuesto con fibra y el bloque que es utilizado comúnmente en la construcción y así estimar su competencia en el sector de la construcción. Cabe mencionar que, durante la interpretación de resultados, se considerarán únicamente los mampuestos que se encuentran dentro del cumplimiento de resistencia mínima según la INEN 3066.

Entonces; para obtener los datos del bloque del mercado y realizar el análisis comparativo; se aplicó el ensayo de resistencia (ver anexo 27); se calculó la densidad con los datos tomados para el ensayo y se averiguó el precio del mampuesto sin utilidades

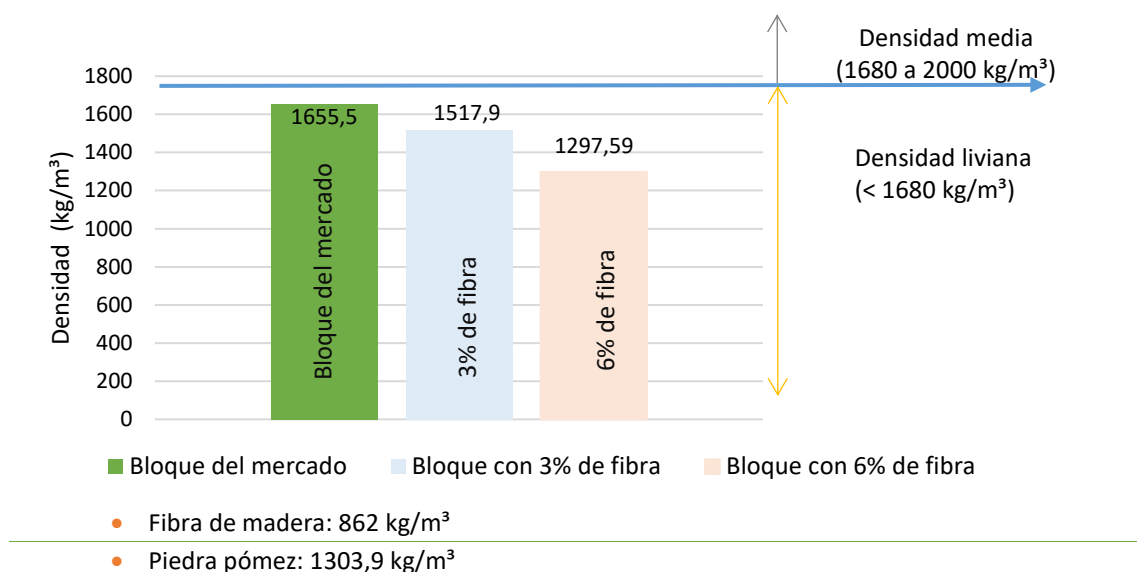
3.4.2.1 Densidad

Los resultados obtenidos indican que todos los bloques son mampuestos de densidad liviana; pues con respecto al límite de la densidad mencionada; el bloque del mercado es 1,5% más liviano; el bloque con adición de 3% de fibra el 10% y el bloque con 6% de fibra el 23%.

En cuanto a la relación entre el bloque del mercado y los bloques con adición de madera; el gráfico 9 indica que el bloque con 3% de fibra es 8% más liviana y el bloque con 6% de fibra el 22%; la reducción de la densidad se atribuye a que la fibra de madera es 33% más liviana que la piedra pómez; por lo tanto, la adición de madera en la mezcla de hormigón disminuye su peso por volumen de mezcla de hormigón.

Gráfico 9

Análisis de densidad entre el bloque del mercado y los bloques con adición de fibra de madera



Elaboración: Propia

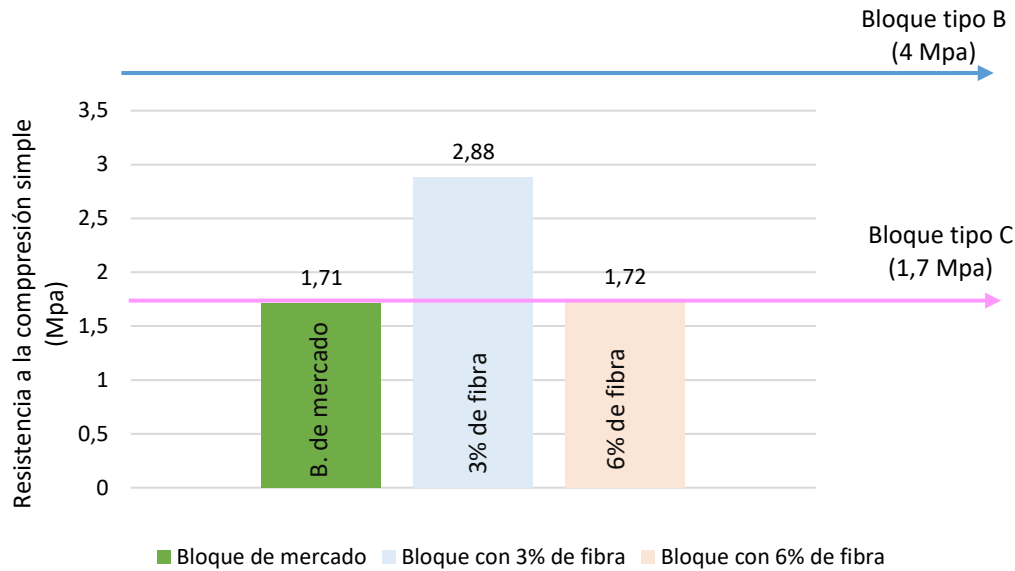
3.4.2.2 Resistencia a la compresión simple

Según los resultados de los ensayos, todos los bloques cumplen con la resistencia mínima para mampuesto tipo C; pues sus resistencias superan el límite mínimo de la mencionada con el 0,6% en el caso del bloque del mercado, con el 69% el bloque con 3% de fibra y con el 1,2% el con 6% de fibra.

Con respecto a la relación entre el bloque del mercado y los bloques con adición de fibra de madera, el gráfico 10 indica que; existe un aumento de resistencia del 68% en el mampuesto con 3% de fibra y un 0,6% en el bloque con 6% de fibra; por lo tanto, se evidencia que el mampuesto con menor adición de fibra, aumenta la resistencia del bloque; no así el de mayor porcentaje de adición, pues la resistencia disminuye, aunque este resultado tiene similitud con el mampuesto del mercado.

Gráfico 10

Análisis de resistencia entre los bloques del mercado y los bloques con adición de fibra de madera



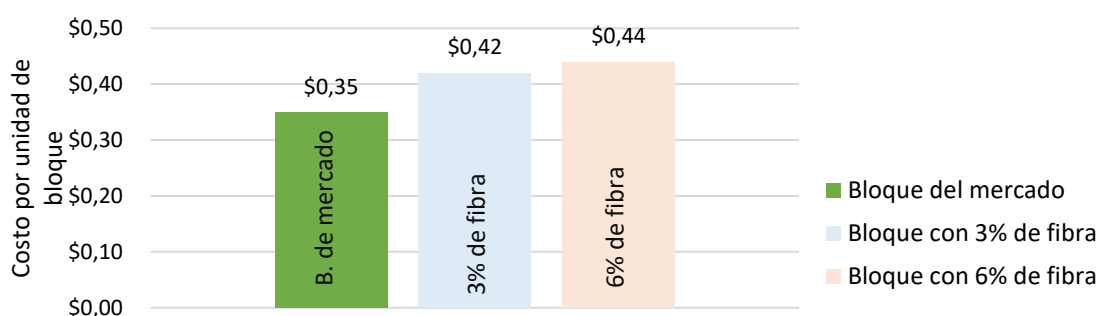
Elaboración: Propia

3.4.2.3 Costo por unidad de los bloques

Los resultados obtenidos indican que; con respecto al bloque del mercado y los bloques con adición de fibra de madera; el mampuesto con incorporación del 3% de fibra es 20% más costoso que el mampuesto del mercado; y el bloque con 6% de adición de fibras el 25%; en consecuencia, se comprueba que mientras mayor sea la adición de fibras en el mampuesto mayor es el valor de los bloques. Entonces, como se explicó anteriormente, este incremento de valor, se debe al costo del tamizado de la fibra y su valor por m³, pues en comparación con la piedra pómez, esta es 33% más costosa.

Gráfico 11

Costo por unidad de mampuesto



Nota: El precio de la fibra por m³, se calcula en base a la densidad de madera y su precio por saco (25 kg). [(862 kg*0.6\$) / 25kg]

Elaboración: Propia

Al concluir este último capítulo, y en base a las actividades ejecutadas, se puede indicar que; la incorporación del 3 y 6% de las fibras de madera en la elaboración de bloques es adecuada, debido a que, cumplen con las especificaciones descritas en la INEN 3066 y la INEN 2874; y que, el cambio y adición de materiales (piedra pómez y fibra de madera de eucalipto) distintos a los utilizados en el hormigón tradicional, disminuyen la resistencia del bloque del hormigón, en un 61% con respecto al bloque con 3% de fibra y un 96% en relación al bloque con 6% de fibra.

Por otro lado, con respecto al bloque de pómez del mercado y los bloques con adición de fibras de madera; se puede considerar que, la utilización del bloque con 3% de fibra compensa el 20% del costo superior al bloque mencionado, mediante la obtención de un mampuesto 68% más resistente y 8% más liviano; y, el uso del bloque con 6% de fibra permite obtener un bloque de resistencia similar al del mercado y 22% más liviano, por lo tanto, su costo del 25% superior, compensa a la reducción del refuerzo estructural por peso de una edificación y por ende su costo.

Entonces, la incorporación de fibras de madera en los mampuestos es una actividad factible para mejorar la resistencia y disminuir la densidad del bloque de pómez del mercado, además de remplazar y reducir el uso de los áridos en la mezcla, ya sea del 3% o del 6%.

Finalmente, la fabricación de bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto es una actividad sostenible, debido a la existencia basta de esta especie en nuestra zona; y por lo cual, la obtención de las fibras de madera se vuelve un proceso viable. Además, con el uso de este material; se da valor a lo que hoy en día se considera como "desperdicio", se genera un mayor y mejor aprovechamiento de la madera; se disminuye la contaminación por incineración y se ofrece a la población una opción de mampuesto ecológico con mejores características mecánicas que el bloque de pómez convencional.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Luego de finalizar este trabajo de investigación y en virtud de los conocimientos, prácticas y resultados obtenidos, a continuación, se establecen las siguientes conclusiones.

En cuanto al marco teórico del Capítulo I se tiene que:

- La revisión de la INEN 2874, permitió establecer las incorporaciones del 3y 6% de fibras en la elaboración de bloques, obteniendo resultados positivos en cuanto a sus características mecánicas; y, la incorporación del 12% fue definida en base a casos de estudio afines al tema, logrando resultados adversos en relación a su resistencia
- La ACI 211.2 y la INEN 3066; son reglamentos básicos para la elaboración de mampuestos, pues mediante la aplicación de la primera se obtiene la dosificación de la mezcla adecuada según la resistencia requerida y mediante la segunda se verifica el cumplimiento de calidad y resistencia del bloque.

Con respecto a la caracterización de los materiales y determinación de la dosificación del hormigón, establecidos en el Capítulo II se tiene que:

- La caracterización de los materiales ejecutada mediante los procesos descritos por la INEN correspondiente, permitió obtener datos precisos sobre las propiedades mecánicas de cada uno de ellos; además mediante el uso de los datos adquiridos se obtuvo la dosificación adecuada según los tipos de materiales utilizados.
- El diseño de hormigón, no se puede realizar directamente para hormigones con piedra pómez, debido a que este no es un material consolidado, y por lo tanto no se puede verificar su cumplimiento granulométrico; dato indispensable para la dosificación; de ahí que el cálculo únicamente debe ser realizado con materiales del hormigón tradicional.

Y finalmente, en cuanto a la fabricación de bloques, aplicación de ensayos e interpretación de resultados, se concluye que:

- La consideración de un segundo patrón para el análisis de los mampuestos con adición de fibra fue pertinente debido a que; en base al cambio de material, se pudo analizar con mayor certeza, la posibilidad de competencia entre la nueva propuesta y el bloque que comúnmente se suele utilizar en la construcción.
- El bloque de hormigón sobrepasa con el 40% la resistencia para la dosificación que fue diseñada (5,3 Mpa), ya que este obtuvo 7,44 Mpa. Entonces, los resultados indican que con el 30% del factor de seguridad señalado para hormigones menores de 210 kg/cm²; es suficiente para obtener un mampuesto de hormigón tipo B.
- La resistencia del bloque con piedra pómez, tuvo un decrecimiento del 41% con respecto al mampuesto de hormigón, sin embargo, ya que la resistencia del primer patrón fue superior a lo establecido, el segundo cumple con resistencia mínima; lo que indica que de igual manera; que con el 30% de factor de mayoramiento en el diseño del hormigón tradicional, se pueden obtener bloques de pómez tipo B,
- La incorporación de fibras de madera en la mezcla de hormigón con pómez reduce la resistencia de los mampuestos; es decir su relación es inversamente proporcional pues a mayor incorporación, menor resistencia.
- Los bloques con adición del 3 y 6% de fibra, cumplen con la resistencia mínima para bloques tipo C; además, el primero es 67% más resistente con respecto al segundo.
- El aumento de contenido de humedad y porcentaje de absorción; así como la disminución de densidad según la cantidad de incorporación de fibras en los mampuestos, están directamente relacionadas a las propiedades físicas de los materiales que lo componen.

- Los mampuestos con incorporación del 3 y 6% de fibra pueden competir con los bloques de pómez del mercado, pues su costo es únicamente superior con el 20 y 26% respectivamente; añadiendo que el segundo tiene una resistencia parecida al bloque del mercado y la primera es superior con el 67%; además de ello estos bloques son más livianos; el primero el 8% y el segundo el 22%.
- La utilización de bloques más resistentes y livianos; contribuye a que el sistema estructural de una edificación disminuya su dimensiones y reforzamientos por peso; por lo tanto, la reducción del costo estructural compensa al precio de los mampuestos con fibra, obteniendo, mamposterías más resistentes en el caso de utilizar bloques con adición del 3% de fibra.
- La incorporación de fibras de madera en la mezcla; hace que el mampuesto tenga un mejor comportamiento a la tracción, ya que luego de la aplicación de carga, estos fracasan, pero no colapsan fácilmente; por lo tanto, su uso brinda mayor seguridad a una edificación; ya que durante cualquier tipo de percance en que exista la posibilidad de colapso; la característica de este bloque proporciona mayor tiempo de evacuación antes del desastre.

Recomendaciones

En base a los resultados y conclusiones obtenidas, a continuación, se exponen las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios con fibras o partículas de menores dimensiones a las utilizadas en esta investigación para así emplear el 100% de los desechos de la madera en la elaboración de bloques.
- Obtener las fibras de madera en depósitos previos a incineración o directamente del proceso de tala de árboles; verificando el cumplimiento del permiso ambiental; reduciría el costo del bloque, pues el precio de las fibras en estos sitios sería nulo.
- Para obtener bloques con adición de fibras más resistentes a los de esta investigación, se sugiere adicionar el 100% del factor de mayoramiento a la resistencia requerida, al iniciar el proceso de cálculo de la dosificación.
- En vista de la baja densidad del mampuesto con 12% de fibra y su mejor comportamiento a la tracción, se recomienda indagar la posibilidad de su utilización dentro del área constructiva.
- Realizar nuevas investigaciones relacionadas al uso de las fibras de madera de eucalipto en la elaboración de mampuestos a nivel nacional, permitiría obtener conocimientos del mejor y adecuado aprovechamiento de esta especie, más aún en la Zona Austral, en donde la existencia de este tipo de madera es elevada
- El estudio y fabricación de bloques con adición de fibras naturales es un tema que necesariamente debe ser considerado por el sector de la construcción, pues de esta manera, se puede contar con nuevas y mejores alternativas de mampuestos con adecuadas propiedades físicas y mecánicas y que a su vez aporten a la disminución de la huella ecológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Aulestia, A. (2020). *Análisis de factibilidad del uso de fibra de coco en la fabricación de ladrillos de cemento para construcciones de vivienda en el Ecuador*. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3907/1/Andr%c3%a9s%20Israel%20Aulestia%20Altamirano.pdf>.
- Carrillo, J., Cárdenas, J., & Aperador, W. (2017). *Propiedades mecánicas a flexión del concreto reforzado con fibras de acero bajo ambientes corrosivos*. *Revista ingeniería de construcción*, 32(2), 59-72. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071850732017000200005&script=sci_arttext&tlng=pt
- Coronel, J., & Rodríguez, P. (2016). *Análisis del comportamiento de mezclas cementicias con la Inclusión de fibras de madera*. Quito: Universidad de Especialidades Espíritu Santo. <http://201.159.223.2/bitstream/123456789/424/1/TESIS%20JORGE%20CORONEL.PATRICIO%20RODRIGUEZ.pdf>
- Estrada, J., & Rodríguez, C. (2016). *Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña de azúcar*. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4017/Fabricaci%c3%b2n_manpuestos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chamorro Bonilla, F. (2018). *Utilización de residuos de la industria de la madera para la fabricación de morteros sostenibles*. Universidad de Jaén. <https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14286/1/TFG%20Fatima%20Chamorro%20Bonilla.pdf>
- Farfán, M., Pinedo, D., Araujo, J., & Orbegoso, J. (2019). *Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto*. *Gaceta Técnica*, 20(2), 4-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19787.95523>
- Godoy, I. (2015). *Comportamiento mecánico de hormigón reforzado con fibra de vidrio*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcim971c/sources/bmfcim971c.pdf>

- Martín, A. (2020). *Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar hormigón*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/160345/Mart%c3%adn%20%20Estudio%20comparativo%20de%20%20fibras%20naturales%20para%20reforzar%20hormig%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, E., Solís, R., Varela, J., & Gómez, M. (2016). *Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción*. *Concreto y Cemento*, 8(1), 35-45. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112016000200035&script=sci_arttext
- Cuenca, K. (2020) *Diseño experimental comparativo entre el bloque de hormigón y bloques con agregados alternativos aplicando la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3066*. Machala: Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15641/1/TTFIC-2020-IC-DE00001.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2016). *Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo (NTE INEN 3066)*. https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte_inen_3066.pdf
- Instituto americano del concreto. (2018). *Guía para el diseño con hormigón reforzado con fibra. (ACI 544)*. <http://indiafiber.com/Files/ACI%20report.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2015). *Hormigón reforzado con fibra. Requisitos y métodos de ensayo. (NTE INEN 2874)*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzón/normas/n-te-inen-2874.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2011). *Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso. (NTE INEN 696)*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos. (NTE INEN 872)*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2011). *Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad. (NTE INEN 862)*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzón/normas/862.pdf>

- Instituto ecuatoriano de normalización. (2010). Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso. (NTE INEN 857). https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_857.pdf
- Instituto ecuatoriano de normalización. (1983). Maderas. Determinación del contenido de humedad. (NTE INEN 1160). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1160.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (1982). *Maderas. Determinación de la absorción de agua por sumersión total*. (NTE INEN 899). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/899.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2013). Tableros de madera. Determinación de la densidad aparente. (NTE INEN 897). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/897.pdf>
- Instituto americano del concreto. (1998). Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto ligero. (ACI 211.2). http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/2112_98.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Resistencia requerida cuando no hay datos disponibles según INEN 1855: 2015

Resistencia a la compresión especificada $f'c$ (Kg/cm²)	Resistencia promedio requerida $f'cr$ (Kg/cm²)
< 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
> 350	$1,10 f'c + 50$

Anexo 2

Revenimiento según el tipo de consistencia según ASTM C 31

Consistencia	Revenimiento	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0 a 50,8 mm	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	50,9 a 101,6 mm	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	> 101,6 mm	Muy trabajable	Chuseado

Anexo 3

Tamaño nominal de áridos según ASTM C-33M y ASTM C-330M

Tamaños nominales de abertura	
mm	ASTM
25	1"
20	3/4"
12,5	1/2"
10	3/8"
6,3	1/4"
5	No 4
2,5	No 8
2	No 10
1,25	No 16
0,630	No 30
0,315	No 50
0,160	No 100

Anexo 4

Volumen aproximado de agua de mezclado según el método de la ACI 211

Asentamiento	Tamaños máximos nominales del agregado grueso						
	10 mm	12,5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	80 mm
	Cantidad de agua en lts/m³						
25 a 50 mm	207	199	190	179	166	154	130
75 a 100mm	220	216	205	193	181	169	145
150 a 175 mm	243	228	216	202	190	178	160

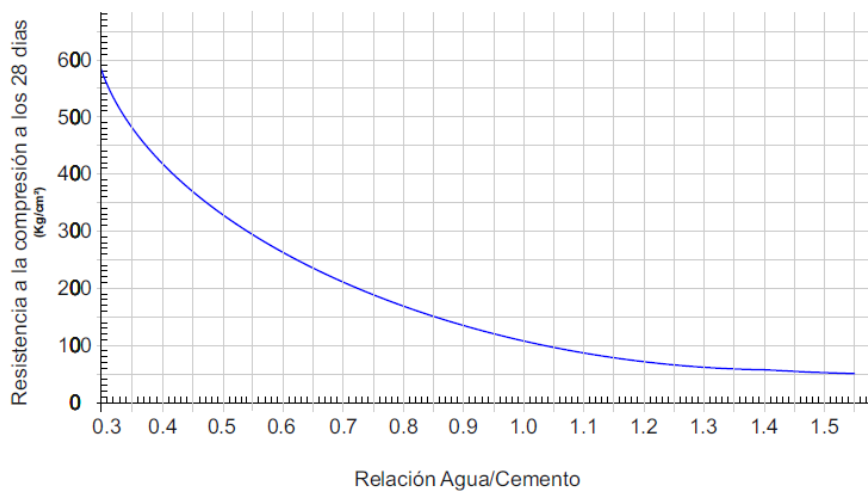
Anexo 5

Contenido de aire según el tamaño del árido según el método de la ACI 211

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
10 mm	3,0%
12,5 mm	2,5%
20 mm	2,0%
25 mm	1,5%
40 mm	1,0%
50 mm	0,5%
80 mm	0,3%

Anexo 6

Relación agua/cemento para diseño de hormigón según el método de la ACI 211



Anexo 7

Volumen de agregado grueso compactado según el método de la ACI 211

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza del árido fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
	Volumen de agregado grueso compactado por unidad de volumen			
10 mm	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 mm	0,59	0,57	0,55	0,53
20 mm	0,66	0,64	0,62	0,60
25 mm	0,71	0,69	0,67	0,65
40 mm	0,76	0,74	0,72	0,70
50 mm	0,78	0,76	0,74	0,72
80 mm	0,81	0,79	0,77	0,75

Anexo 8

Fórmulas para determinación de dosificación del hormigón según el método de la ACI 211

Número de fórmula	Fórmula
Fórmula 1	$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{V. unitario de agua}}{\text{Relación agua/cemento}}$
Formula 2	$P. \text{ del árido } g = V. \text{ del árido } g * \text{Peso unitario compactado del árido } g$
Fórmula 3	$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Contenido de cemento}}{\text{Peso específico del cemento} * 1000}$
Fórmula 4	$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Peso específico del agua} * 1000}$
Fórmula 5	$\text{Volumen de aire} = \frac{\text{Contenido de aire} * 1}{100}$

Número de fórmula	Fórmula
Fórmula 6	$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{\text{Peso del árido grueso seco}}{\text{Peso específico del árido grueso} * 1000}$
Fórmula 7	$\sum V. \text{absolutos conocidos} = V. \text{cemento} + V. \text{Agua} + V. \text{de aire} + V. \text{de árido grueso}$
Fórmula 8	$\text{Volumen de árido fino} = 1 - \Sigma \text{valores absolutos conocidos}$
Fórmula 9	$\text{Valor del cemento} = V. \text{absoluto de cemento} * P. \text{específico del cemento}$
Fórmula 10	$\text{Valor del agua} = \text{Volumen absoluto del gua} * \text{peso específico del agua}$
Fórmula 11	$\text{Valor del árido fino} = \text{Volumen del árido f} * P. \text{específico del árido fino}$
Fórmula 12	$\text{Valor del árido g} = \text{Volumen del árido g} * P. \text{específico del árido g}$
Fórmula 13	$\text{Peso del árido fino humedo en relación a su CH} = \frac{\text{Valor del árido fino} * CH}{100}$
Fórmula 14	$P. \text{humedo del agregado f} = P. \text{árido f húmedo en relación a su CH} + \text{Valor del árido f}$
Fórmula 15	$\text{Peso del árido grueso humedo en relación a su CH} = \frac{\text{Valor del árido fino} * CH}{100}$
Fórmula 16	$P. \text{humedo del agregado g} = P. \text{árido g húmedo en relación a su CH} + \text{Valor del árido g}$
Fórmula 17	$\text{Humedad superficial del árido f} = CH \text{ del árido f} - P. \text{de absorción del árido f}$
Fórmula 18	$\text{Humedad superficial del árido g} = CH \text{ del árido g} - P. \text{de absorción del árido g}$
Fórmula 19	$\text{Aporte de humedad del árido f} = \frac{\text{Valor del árido f} * \text{humedad superficial del árido f}}{100}$
Fórmula 20	$\text{Aporte de humedad del árido g} = \frac{\text{Valor del árido g} * \text{humedad superficial del árido g}}{100}$
Fórmula 21	$\text{Agua efectiva} = V. \text{de agua} - \Sigma \text{de aportes de humedad de los agregados}$

Anexo 9

Medidas de peso de los materiales según el método de la ACI 211

Agua	Agua efectiva (lts/m ³)
Cemento	Contenido de cemento (Kg/m ³)
Agregado grueso	Peso húmedo del agregado grueso (Kg/m ³)
Agregado fino	Peso húmedo del agregado fino (Kg/m ³)

Anexo 10

Equipos y herramientas para la ejecución de ensayos

Equipos y herramientas para la ejecución de ensayos

Prensa hidráulica

Balanza mecánica – 0.01 g de presión

Balanza granataria

Horno mecánico. Modelo 40 GC

Estufa eléctrica

Picnómetro

Canastilla metálica

Recipiente metálico de pesos volumétricos (V=0,00295 m³)

Recipiente metálico de pesos volumétricos (V=0,00957 m³)

Moldes metálicos cilíndricos: diámetro: 10 cm – altura: 20 cm

Tamizador: árido fino (N.º 100 hasta 3/8”) árido grueso (N.º 8 hasta 3/4”)

Varilla punta de bala de 16 mm

Varilla punta de bala de 10 mm

Pala metálica tipo cuchara

Bailejo

Martillo de hule

Regleta

Recipientes para muestras

Anexo 11

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO INEN 696. 2011									
Tamaño de tamiz		Peso retenido individual (g)	Peso retenido acumulado (g)	Porcentaje retenido individual (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa	Porcentaje que pasa INEN 872. 2011	Cumplimiento INEN 872. 2011	
ASTM	mm								
3/8 "	9,5 mm	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	100%	100%	Cumple
N.º 4	4,75 mm	91,78	91,78	4,87%	4,87%	95,13%	95%	100%	Cumple
N.º 8	2.36 mm	220,34	312,12	11,70%	16,58%	83,42%	80%	100%	Cumple
N.º 16	1,18mm	453,25	765,37	24,07%	40,65%	59,35%	50%	85%	Cumple
N.º 30	600 um	448,09	1213,46	23,80%	64,44%	35,56%	25%	60%	Cumple
N.º 50	300 um	398,1	1611,56	21,14%	85,58%	14,42%	5%	30%	Cumple
N.º 100	150 um	185,1	1796,66	9,83%	95,41%	4,59%	2%	10%	Cumple
Fondo	Fondo	86,39	1883,05	4,59%	100,00%	0,00%			
Peso final de la muestra (g)		1883,05							
Peso inicial de la muestra		1884,22							
Porcentaje de perdida		0,06%							
Módulo de finura		3,08							

Nota: El módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1. La masa total después del tamizado no debe diferir en más del 0.3%.

(INEN 872. 2011)

Elaboración: Propia

Anexo 12

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
AGREGADO GRUESO
INEN 696. 2011**

Tamaño de tamiz		Peso retenido individual (g)	Peso retenido acumulado (g)	Porcentaje retenido individual (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa	Porcentaje que pasa INEN 872. 2011		Cumplimiento INEN 872. 2011
ASTM	mm								
3/4"	19 mm	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	100%	100%	Cumple
1/2"	12,5 mm	210,11	210,11	6,24%	6,24%	93,76%	90%	100%	Cumple
3/8"	9,5 mm	1226,45	1436,56	36,43%	42,67%	57,33%	40%	70%	Cumple
N.º 4	5,4 mm	1874,23	3310,79	55,67%	98,33%	1,67%	0%	15%	Cumple
N.º 8	2,36 mm	54,38	3365,17	1,62%	99,95%	0,05%	0%	5%	Cumple
Fondo	Fondo	1,78	3366,95	0,05%	99,95%	0,05%			
Peso final de la muestra (g)		3366,95							
Peso inicial de la muestra		3368,78							
Porcentaje de pérdida		0,05%							

Nota: La masa total después del tamizado no debe diferir en más del 0.3%. (INEN 696: 2011)

Elaboración: Propia

Anexo 13

Ensayo de pesos volumétricos del árido fino

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	
NTE INEN 858:2010	
ÁRIDO FINO	
Pesos	
Peso 1 (Kg)	4,136
Peso 2 (Kg)	4,106
Peso 3 (Kg)	4,126
Peso promedio (kg)	4,123

Cálculo del P. suelto

$$P. \text{ suelto} = \frac{\text{Peso promedio del árido (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$
$$P. \text{ suelto} = \frac{4,123 \text{ kg}}{0,00295 \text{ m}^3} = 1397,62 \text{ kg/m}^3$$

Elaboración: Propia

PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO	
NTE INEN 858:2010	
ÁRIDO FINO	
Pesos	
Peso 1 (kg)	4,436
Peso 2 (kg)	4,486
Peso 3 (kg)	4,466
Peso promedio (kg)	4,463

Cálculo del P. compactado

$$P. \text{ suelto} = \frac{\text{Peso promedio del árido (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$
$$P. \text{ suelto} = \frac{4,463 \text{ kg}}{0,00295 \text{ m}^3} = 1512,88 \text{ kg/m}^3$$

Elaboración: Propia

Anexo 14

Ensayo de pesos volumétricos del árido grueso

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	
NTE INEN 858:2010	
ÁRIDO GRUESO	
Pesos	
Peso 1 (kg)	12,945
Peso 2 (kg)	12,975
Peso 3 (kg)	12,945
Peso promedio (kg)	12,955

Cálculo del P. suelto

$$P. \text{ suelto} = \frac{\text{Peso promedio del árido (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$
$$P. \text{ suelto} = \frac{12,955 \text{ kg}}{0,00957 \text{ m}^3} = 1353,70 \text{ kg/m}^3$$

Elaboración: Propia

PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO	
NTE INEN 858:2010	
ÁRIDO GRUESO	
Pesos	
Peso 1 (kg)	14,085
Peso 2 (kg)	14,135
Peso 3 (kg)	14,165
Peso promedio (kg)	14,128

Cálculo del P. compactado

$$P. \text{ suelto} = \frac{\text{Peso promedio del árido (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$
$$P. \text{ suelto} = \frac{14,128 \text{ kg}}{0,00957 \text{ m}^3} = 1472,28 \text{ kg/m}^3$$

Elaboración: Propia

DENSIDAD Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
INEN 856:2010
ÁRIDO FINO
Procedimiento gravimétrico (picnómetro)

Datos:

A= masa de la muestra seca al horno	0,47	kg
B = masa del picnómetro lleno con agua	1,21	kg
C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua	1,51	kg
S= masa de la muestra saturada superficialmente seca	0,5	kg

Cálculo de densidad relativa

Densidad relativa (SH) (gravedad específica)

$$D. \text{ relativa (SH)} = \frac{A}{(B+S-C)}$$

$$D. \text{ relativa (SH)} = \frac{0,47}{(1,21+0,5-1,51)} = 2,35$$

Densidad relativa SSS (gravedad específica)

$$D. \text{ relativa (SSS)} = \frac{S}{(B+S-C)}$$

$$D. \text{ relativa (SSS)} = \frac{0,5}{(1,21+0,5-1,51)} = 2,50$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica)

$$D. \text{ relativa aparente} = \frac{A}{(B+A-C)}$$

$$D. \text{ relativa aparente} = \frac{0,47}{(1,21+0,47-1,51)} = 2,76$$

Continúa



DENSIDAD, Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
INEN 856:2010
ÁRIDO FINO
Procedimiento gravimétrico (picnómetro)

Datos:

A= masa de la muestra seca al horno	0,47	kg
B = masa del picnómetro lleno con agua	1,21	kg
C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua	1,51	kg
S= masa de la muestra saturada superficialmente seca	0,5	kg

Cálculo de densidad

Densidad (SH) (kg/cm³)

$$D_{(SH)} = \frac{997,5 A}{(B+S-C)}$$

$$D_{(SH)} = \frac{997,5 * 0,47}{(1,21+0,5-1,51)} = 2344,13 \text{ kg/m}^3$$

Densidad (SSS) (kg/cm³)

$$D_{(SSS)} = \frac{997,5 S}{(B+S-C)}$$

$$D. \text{ relativa (SSS)} = \frac{997,5 * 0,5}{(1,21+0,5-1,51)} = 2493,75 \text{ kg/m}^3$$

Densidad relativa aparente (SSS) (kg/cm³)

$$D \text{ aparente (SSS)} = \frac{997,5 A}{(B+A-C)}$$

$$D \text{ aparente (SSS)} = \frac{997,5 * 0,47}{(1,21+0,47-1,51)} = 2757,79 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de porcentaje de absorción

Porcentaje de absorción (%)

$$P. \text{ absorción} = \frac{(S-A)}{(A)} \times 100$$

$$P. \text{ absorción} = \frac{(0,5-0,47)}{(0,47)} \times 100 = 6,38\%$$

Elaboración: Propia

Anexo 16

DENSIDAD Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN INEN 857:2010 ÁRIDO GRUESO

Datos:

A = masa en aire de la muestra seca al horno	Muestra 1	2,46	Kg
	Muestra 2	2,27	Kg
	Muestra promedio	2,36	Kg
B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca	Muestra 1	2,50	Kg
	Muestra 2	2,30	Kg
	Muestra promedio	2,40	Kg
C = masa aparente en agua de la muestra saturada	Muestra 1	1,57	Kg
	Muestra 2	1,44	Kg
	Muestra promedio	1,51	Kg

Cálculo de densidad relativa

Densidad relativa (SH) (gravedad específica)

$$D. \text{ relativa (SH)} = \frac{A}{(B-C)}$$

$$D. \text{ relativa (SH)} = \frac{2,36}{(2,40-1,51)} = 2,64$$

Densidad relativa (SSS) (kg/cm³)

$$D. \text{ relativa (SSS)} = \frac{B}{(B-C)}$$

$$D. \text{ relativa (SSS)} = \frac{2,40}{(2,40-1,51)} = 2,68$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica)

$$D. \text{ relativa aparente} = \frac{A}{(A-C)}$$

$$D. \text{ relativa aparente} = \frac{2,36}{(2,36-1,51)} = 2,76$$

Continúa



DENSIDAD Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
INEN 857:2010
ÁRIDO GRUESO

Datos:

A = masa en aire de la muestra seca al horno	Muestra 1	2,46	Kg
	Muestra 2	2,27	Kg
	Muestra promedio	2,36	Kg
B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca	Muestra 1	2,50	Kg
	Muestra 2	2,30	Kg
	Muestra promedio	2,40	Kg
C = masa aparente en agua de la muestra saturada	Muestra 1	1,57	Kg
	Muestra 2	1,44	Kg
	Muestra promedio	1,51	Kg

Cálculo de densidad

Densidad (SH) (kg/cm³)

$$Densidad_{(SH)} = \frac{997,5 A}{(B-C)}$$

$$Densidad_{(SH)} = \frac{997,5 (2,36)}{(2,4 - 1,51)} \quad 2635,10 \quad \text{kg/m}^3$$

Densidad (SSS) (kg/cm³)

$$Densidad_{(SSS)} = \frac{997,5 B}{(B-C)}$$

$$Densidad_{(SSS)} = \frac{997,5 (2,40)}{(2,40 - 1,51)} \quad 2676,36 \quad \text{kg/m}^3$$

Densidad aparente (kg/cm³)

$$Densidad_{aparente} = \frac{997,5 A}{(A-C)}$$

$$Densidad_{aparente} = \frac{997,5 (2,36)}{(2,36 - 1,51)} \quad 2748,80 \quad \text{kg/m}^3$$

Cálculo de porcentaje de absorción

$$P. absorción = \frac{(B-A)}{(A)} \times 100$$

$$P. absorción = \frac{(2,40 - 2,36)}{(2,36)} \times 100 \quad 1,57\%$$

Elaboración: Propia

Anexo 17

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN - MÉTODO A.C.I 211.2 MÉTODO POR PESO

Proceso

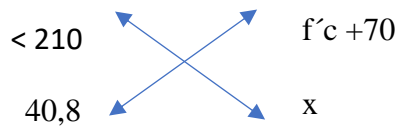
1. Determinación de la resistencia promedio. Anexo 1

Datos:

1Mpa= 10.2 kg/cm²

Resistencia de bloque clase B = 4 Mpa – 40.8 Kg/cm²

Resistencia requerida = Si $f'c < 210$ entonces $f'cr = f'c + 70$ (INEN 1855: 2015)



R. promedio requerida $f'cr = f'c + 13,4$

R. promedio requerida $f'cr = 40,8 + 13,4 = 54,4 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow 5,3 \text{ Mpa}$

13,4 kg/cm² = 30% de ($f'c + 70$)

2. Elección de revenimiento o asentamiento. Anexo 2

Datos:

Consistencia= seca

Revenimiento= **0 a 50.8 mm**

Trabajabilidad = poco trabajable

Método de compactación= vibración normal

3. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso. Anexo 3

Tamaño máximo nominal 12,5 mm

4. Determinación de volumen unitario de agua. Anexo 4

V. unitario de agua = 199 lts/m³

5. Valor del contenido de aire.

C. de aire = 2,5 %

6. Estimación de relación agua/ cemento

A/C = 1

Continúa



DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN - MÉTODO A.C.I 211.2 MÉTODO POR PESO

Proceso

7. Contenido de cemento (Kg/m³)

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{V. unitario de agua}}{\text{Relación A/C}}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{199}{0,95} = 199,00 \quad \text{kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de cemento} = 3,98 \quad \text{Bolsa/m}^3$$

Peso del cemento por bolsa: 50 kg

8. Volumen del agregado grueso seco (Kg/m³)

$$\text{V. del agregado grueso} = 0,53$$

Peso del árido grueso

Peso del árido g. = Volumen del árido g. * Peso unitario compactado del árido g

$$\text{Peso del árido grueso} = 0,53 * 1476 = 782,28 \quad \text{kg/m}^3$$

Dato de laboratorio: peso seco compactado del árido grueso = 1476 kg/m³

9. Calculo de volúmenes absolutos (m³)

Cemento

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Contenido de cemento}}{\text{Peso específico del cemento} * 1000}$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{199}{2,90 * 1000} = 0,069 \quad \text{m}^3$$

Agua

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Peso específico del agua} * 1000}$$

$$\text{Volumen de agua} = \frac{199}{1 * 1000} = 0,199 \quad \text{m}^3$$

Aire

$$\text{Volumen de aire: } 2,5\% = 0,025 \quad \text{m}^3$$

Continúa



DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN - MÉTODO A.C.I 211.2 MÉTODO POR PESO

Proceso

9. Calculo de volúmenes absolutos (m³)

Árido grueso

$$\text{Volumen de árido grueso} = \frac{\text{Peso del árido grueso}}{\text{Peso específico del árido grueso} \cdot 1000}$$

$$\text{Volumen de árido grueso} = \frac{782,28}{2,75 \cdot 1000} = 0,284 \text{ m}^3$$

Dato de laboratorio: peso específico del árido grueso = 2,75 g/cm³

Σ de Valores absolutos conocidos

Σ V. absolutos conocidos = V. cemento + V. agua + V. de aire + V. de árido grueso

$$\Sigma \text{ V. absolutos conocidos} = 0,069 + 0,199 + 0,025 + 0,284 = 0,577 \text{ m}^3$$

10. Volumen del árido fino

Volumen del árido fino = 1 - Σ de valores absolutos conocidos

$$\text{Volumen del árido fino} = 1 - 0,577 = 0,423 \text{ m}^3$$

11. Valores de diseño de mezcla

Cemento

Valor del cemento = Volumen absoluto del cemento * Peso específico del cemento

$$\text{Valor del cemento} = (0,072 \cdot 2,90) = 0,199 \text{ Kg/m}^3$$

Peso específico del cemento = 2,90 g/cm³

Agua

Valor del agua = Volumen absoluto del agua * peso específico del agua

$$\text{Valor del agua} = 0,199 \cdot 1 = 0,199 \text{ Lts/m}^3$$

Peso específico del agua = 1g/cm³

Continúa



DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN - MÉTODO A.C.I 211.2 MÉTODO POR PESO

Proceso

11. Valores de diseño de mezcla

Árido fino

Valor del árido f = Volumen absoluto del árido f * Peso específico del árido f

$$\text{Valor del árido f} = 0,419 * 2,784 = 1,167 \quad \text{Kg/m}^3$$

Dato de laboratorio: peso específico del árido fino = 2,76 g/cm³

Árido grueso

Valor del árido g = Volumen absoluto del árido g * Peso específico del árido g

$$\text{Valor del árido g} = 0,284 * 2,75 = 0,782 \quad \text{Kg/m}^3$$

Dato de laboratorio: peso específico del árido grueso = 2,75 g/cm³

12. Ajuste por humedad

Árido fino

$$\text{Peso del árido fino } \textit{húmedo} \text{ en relación a su CH} = \frac{\text{Valor del árido fino} * \text{CH}}{100}$$

$$\text{P. árido } \textit{húmedo} \text{ en relación a su CH} = \frac{1,167 * 7,18}{100} = 0,08 \quad \text{Kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del árido f} = 0,08 + 1,17 = 1,25 \quad \text{Kg/m}^3$$

Dato de laboratorio: Ch del árido fino = 7,18 %

Continúa



DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN - MÉTODO A.C.I 211.2 MÉTODO POR PESO

Proceso

12. Ajuste por humedad

Árido grueso

$$\text{Peso del árido grueso } \textit{húmedo} \text{ en relación a su CH} = \frac{\text{Valor del árido grueso} * \text{CH}}{100}$$

$$\text{Peso del árido g } \textit{húmedo} \text{ en relación a su CH} = \frac{0,782*1}{100} = 0,008 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del árido g} = \text{P. árido g } \textit{húmedo} \text{ en relación a su CH} + \text{Valor del árido g}$$

$$\text{Peso húmedo del árido g} = 0,782 + 0,008 = 0,79 \text{ Kg/m}^3$$

Dato de laboratorio: Contenido de humedad del árido grueso = 1%

Humedad superficial de los agregados

Árido fino

$$\text{Humedad superficial del árido f} = \text{CH del árido f} - \text{P. de absorción del árido f}$$

$$\text{Humedad superficial del árido f} = 7,18 - 7,53 = 0,8 \%$$

Dato de laboratorio: porcentaje de absorción del árido fino = 6,38%

Árido grueso

$$\text{Humedad superficial del árido g} = \text{CH del árido g} - \text{P. de absorción del árido g}$$

$$\text{Humedad superficial del árido g} = 1 - 1,57 = -14 \%$$

Dato de laboratorio: porcentaje de absorción del árido grueso = 15 %

Continúa



DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN - MÉTODO A.C.I 211.2 MÉTODO POR PESO

Proceso

12. Ajuste por humedad

Aporte de humedad de los agregados

Árido fino

$$\text{Aporte de humedad del árido f} = \frac{\text{Valor del árido f} * \text{humedad superficial del árido f}}{100}$$

$$\text{Aporte de humedad del árido f} = \frac{1,167 * (0.8)}{100} = 0,009 \text{ lts/m}^3$$

Árido grueso

$$\text{Aporte de humedad del árido g} = \frac{\text{Valor del árido g} * \text{humedad superficial del árido g}}{100}$$

$$\text{Aporte de humedad del árido g} = (0,782 * (-14)) / 100 = -0,11 \text{ lts/m}^3$$

Agua efectiva

Agua efectiva = Valor del agua – A. de humedad del árido fino - A. de humedad del árido grueso

$$\text{Agua efectiva} = 0,199 - (0,009) - (-0,11) = 0,30 \text{ lts/m}^3$$

13. Valores de diseño de la mezcla

Agua =	299,18	lts/m ³
Cemento =	199,00	Kg/m ³
Árido fino húmedo =	1251,1	Kg/m ³
Árido grueso húmedo =	790,10	Kg/m ³

14. Peso por saco de cemento

Agua =	75,00	lts/saco
Cemento =	50,00	Kg/saco
Árido fino húmedo =	314,33	Kg/saco
Árido grueso húmedo =	198,52	Kg/saco

Peso de saco de cemento = 50 kg

15. Proporcionamiento

Agua	1,5
Cemento =	1,0
Árido fino húmedo =	6,3
Árido grueso húmedo =	4,0

Elaboración: Propia

Anexo 18

Resultado de la fabricación de bloques

Bloque de hormigón (patrón 1)



Bloque de hormigón con pómez (patrón 2)



Bloque adición del 3% de fibra



Bloque adición del 6% de fibra



Bloque adición del 12% de fibra



Recopilación fotográfica: Propia

Anexo 19

CONTENIDO DE HUMEDAD

INEN 3066:2016

BLOQUES

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Masa en sss} - \text{masa seca}}{\text{Masa saturada} - \text{masa seca}} = 100$$

Tipo de bloque:	Hormigón		Liviano		3 % de fibra		6 % de fibra		12 % de fibra	
	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>P1</i>	<i>P1</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>
Masa de la muestra en estado sss:	9,02	6,43	7,33	5,61	6,87	5,07	7,26	3,23	3,77	5,02
Masa de la muestra seca al horno:	8,64	6,21	6,63	5,11	5,96	4,57	6,28	2,53	3,01	4,03
Masa de la muestra saturada:	9,28	6,6	7,6	5,89	7,18	5,37	7,63	3,56	4,06	5,46
Contenido de humedad:	59%	56%	72%	64%	75%	63%	73%	68%	115%	82%
Promedio Ch (%):	58%		68%		69%		70%		71%	

Elaboración: Propia

Anexo 20

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

INEN 3066:2016

BLOQUES

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{\text{Masa saturada} - \text{masa seca}}{\text{Masa seca}} * 100$$

Tipo de bloque:	Hormigón		Liviano		3 % de fibra		6 % de fibra		12 % de fibra	
	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>P1</i>	<i>P1</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>
Masa de la muestra seca al horno:	8,64	6,21	6,63	5,11	5,96	4,57	6,28	2,53	3,01	4,03
Masa de la muestra saturada:	9,28	6,6	7,6	5,89	7,18	5,37	7,63	3,56	4,06	5,46
Porcentaje de absorción	7%	6%	15%	15%	20%	18%	21%	41%	35%	35%
Promedio de % de absorción	7%		15%		19%		31%		35%	

Elaboración: Propia

Anexo 21

DENSIDAD										
INEN 3066:2016										
BLOQUES										
	$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa seca}}{\text{Masa saturada} - \text{masa sumergida}} * 100$									
Tipo de bloque:	Hormigón		Liviano		3 % de fibra		6 % de fibra		12 % de fibra	
	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>P1</i>	<i>P1</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>
Masa de la muestra seca al horno:	8,64	6,21	6,63	5,11	5,96	4,57	6,28	2,53	3,01	4,03
Masa de la muestra sumergida:	5,23	3,75	3,59	2,79	3,17	2,42	3,36	1,31	1,72	2,24
Masa de la muestra saturada:	9,28	6,6	7,6	5,89	7,18	5,37	7,63	3,56	4,06	5,46
Densidad (Kg/m ³)	2133,3	2178,9	1651,3	1648,4	1486,7	1549,2	1470,7	1124,4	1286,3	1251,6
Promedio Densidad (Kg/m³)	2156,14		1649,85		1517,90		1297,59		1268,94	

Elaboración: Propia

Anexo 22

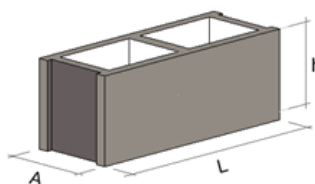
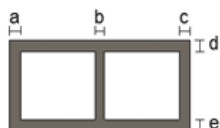
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

INEN 3066:2016

BLOQUE DE HÓRMIGÓN

Muestra	D 1	D 2	D 3	Promedio	
Largo promedio (L) cm	40,00	40,00	40,00	40,00	
Ancho promedio (A) cm	15,00	15,00	15,00	15,00	
Alto promedio (h) cm	21,00	20,40	20,70	20,70	
Dimensiones	(a) cm	2,50	2,50	2,60	2,53
	(b) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(c) cm	2,60	2,60	2,50	2,57
	(d) cm	2,60	2,50	2,50	2,53
	(e) cm	2,50	2,60	2,50	2,53
Superficie bruta en cm ²	600,00	600,00	600,00	600,00	
Superficie neta en cm ²	279,24	279,24	275,00	277,83	
Volumen en m ³	0,00586	0,00570	0,00569	0,00575	
Peso en Kg	18,12	17,49	16,03	17,21	
Carga de rotura en kg	23270,00	21490,00	18500,00	21086,67	
Resistencia a la compresión en kg/cm ² del área neta	83,33	76,96	67,27	75,90	
Resistencia a la compresión en MPa del área neta	8,17	7,54	6,60	7,44	

Nomenclatura de dimensiones



Elaboración: Propia

Anexo 23

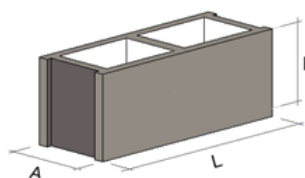
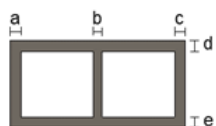
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

INEN 3066:2016

BLOQUE DE LIVIANO

Muestra	E 1	E 2	E 3	Promedio	
Largo promedio (L) cm	40,00	40,00	40,00	40,00	
Ancho promedio (A) cm	15,00	15,00	15,00	15,00	
Alto promedio (h) cm	20,80	20,50	20,50	20,60	
Dimensiones	(a) cm	2,40	2,50	2,40	2,43
	(b) cm	2,50	2,40	2,50	2,47
	(c) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(d) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(e) cm	2,50	2,50	2,50	2,50
Área bruta en cm ²	600	600	600	600,00	
Área neta en cm ²	274	274	269,73	272,58	
Volumen en m ³	0,00570	0,00562	0,00553	0,00562	
Peso en Kg	14,22	13,39	13,34	13,65	
Carga de rotura en kg	12320,00	11930,00	12110,00	12120,33	
Resistencia a la compresión en kg/cm ² del área neta	44,96	43,54	44,90	44,46	
Resistencia a la compresión en MPa del área neta	4,41	4,27	4,40	4,36	

Nomenclatura de dimensiones



Elaboración: Propia

Anexo 24

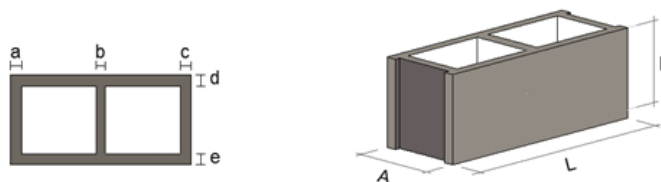
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

INEN 3066:2016

BLOQUE CON 3% DE FIBRA DE MADERA DE EUCALIPTO

Muestra	F 1	F 2	F 3	Promedio	
Largo promedio (L) cm	40,00	40,00	40,00	40,00	
Ancho promedio (A) cm	15,00	15,00	15,00	15,00	
Alto promedio (h) cm	20,10	20,80	20,50	20,47	
Dimensiones	(a) cm	2,50	2,50	2,50	2,40
	(b) cm	2,50	2,40	2,50	2,47
	(c) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(d) cm	2,40	2,40	2,50	2,43
	(e) cm	2,50	2,50	2,50	2,50
Área bruta en cm ²	600,00	600,00	600,00	600,00	
Área neta en cm ²	271,75	270,74	274,00	272,16	
Volumen en m ³	0,00546	0,00563	0,00562	0,00557	
Peso en Kg	13,83	12,2	12,64	12,89	
Carga de rotura en kg	8530,00	8270,00	7090,00	7963,33	
Resistencia a la compresión en kg/cm ² del área neta	31,51	30,55	25,97	29,34	
Resistencia a la compresión en MPa del área neta	3,09	2,99	2,55	2,88	

Nomenclatura de dimensiones



Elaboración: Propia

Anexo 25

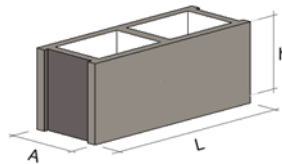
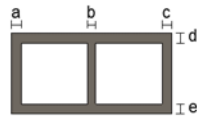
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

INEN 3066:2016

BLOQUE CON 6% DE FIBRA DE MADERA DE EUCALIPTO

Numero de muestra	G 1	G 2	G 3	Promedio	
Largo promedio (L) cm	40,00	40,00	40,00	40,00	
Ancho promedio (A) cm	15,00	15,00	15,00	15,00	
Alto promedio (h) cm	20,90	21,00	21,00	20,97	
Dimensiones	(a) cm	2,50	2,40	2,50	2,47
	(b) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(c) cm	2,40	2,50	2,50	2,47
	(d) cm	2,50	2,40	2,50	2,47
	(e) cm	2,50	2,40	2,40	2,43
Área bruta en cm ²	600,00	600,00	600,00	600,00	
Área neta en cm ²	274,00	267,48	270,74	270,74	
Volumen en m ³	0,00573	0,00562	0,00569	0,00568	
Peso en Kg	11,05	10,79	11,53	11,12	
Carga de rotura en kg	4690,00	4890,00	4680,00	4753,33	
Resistencia a la compresión en kg/cm ² del área neta	17,12	18,28	17,29	17,56	
Resistencia a la compresión en MPa del área neta	1,68	1,79	1,69	1,72	

Nomenclatura de dimensiones



Elaboración: Propia

Anexo 26

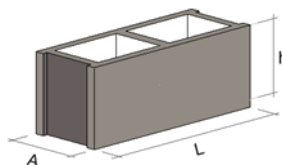
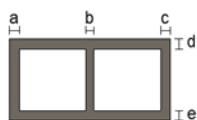
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

INEN 3066:2016

BLOQUE CON 12% DE FIBRA DE MADERA DE EUCALIPTO

Muestra	H 1	H 2	H 3	Promedio	
Largo promedio (L) cm	40,00	40,00	40,00	40,00	
Ancho promedio (A) cm	15,00	15,00	15,00	15,00	
Alto promedio (h) cm	20,60	20,70	20,60	20,63	
Dimensiones	(a) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(b) cm	2,40	2,40	2,50	2,43
	(c) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
	(d) cm	2,50	2,40	2,40	2,43
	(e) cm	2,50	2,50	2,40	2,47
Área bruta en cm ²	600,00	600,00	600,00	600,00	
Área neta en cm ²	274,00	270,74	266,46	270,40	
Volumen en m ³	0,00564	0,00560	0,00549	0,00558	
Peso en Kg	9,42	9,32	9,49	9,41	
Carga de rotura en kg	2360,00	2190,00	1980,00	2176,67	
Resistencia a la compresión en kg/cm ² del área neta	8,61	8,09	7,43	8,04	
Resistencia a la compresión en MPa del área neta	0,84	0,79	0,73	0,79	

Nomenclatura de dimensiones



Elaboración: Propia

Anexo 27

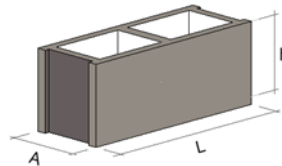
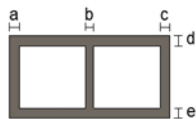
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

INEN 3066:2016

BLOQUE DEL MERCADO

Muestra	I1	I2	I3	Promedio	
Largo (L) cm	40,00	40,00	40,00	40,00	
Ancho (A) cm	15,00	15,00	15,00	15,00	
Dimensiones	Alto (h) cm	20,70	20,70	20,40	20,60
	(a) cm	2,50	2,50	2,50	2,50
	(b) cm	2,50	2,40	20,40	8,43
	(c) cm	2,50	2,40	2,40	2,43
	(d) cm	2,50	2,50	2,50	2,50
	(e) cm	2,50	2,50	2,50	2,50
Área bruta en cm ²	600,00	600,00	600,00	600,00	
Área neta en cm ²	275,00	273	453	333,67	
Volumen en m ³	0,00569	0,00565	0,00924	0,00686	
Peso en Kg	9,42	9,32	9,49	9,41	
Carga de rotura en kg	5960,00	5190,00	5220,00	5456,67	
Resistencia a la compresión en kg/cm ²	21,67	19,01	11,52	17,40	
Resistencia a la compresión en MPa	2,12	1,86	1,13	1,71	

Nomenclatura de dimensiones



Densidad: $9,42/0,00569 = 1655,5 \text{ kg/m}^3$

Elaboración: Propia

Anexo 28

COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD DE BLOQUE			
Fabricación de bloque			
Numero de obreros	Remuneración por obrero/día	Remuneración *hora	Remuneración * minuto
1 obrero	\$ 20,00	\$ 2,50	\$ 0,04
2 obreros	\$ 40,00	\$ 5,00	\$ 0,08
	Numero de bloques por día	Numero de bloques por hora	minuto* bloque
	300	37,5	1,60
			Costo por unidad de bloque
			\$ 0,13
Tamizaje de fibra			
Numero de obreros	Remuneración por obrero/día	Remuneración *hora	Remuneración * minuto
1 obrero	\$ 20,00	\$ 2,50	\$ 0,042
		Minutos * Quintal (20kg)	Kilogramos * minuto
		20	1,0
			Costo por unidad de bloque
			\$ 0,04

Elaboración: Propia

Anexo 29

COSTO POR UNIDAD					
BLOQUE DE HORMIGÓN					
Materiales	Unidad	P. unitario	Cantidad (kg)	Cantidad en (m³)	Total
Agua	m ³	\$ 0,50	1,56	0,00156	\$ 0,00
Cemento	saco (50 kg)	\$ 8,50	1,04	-	\$ 0,18
Árido fino	m ³	\$ 27,00	6,54	0,00237	\$ 0,06
Grava	m ³	\$ 33,00	4,12	0,00150	\$ 0,05
Mano de obra (2 obreros)	unidad	\$ 0,13		-	\$ 0,13
<i>Maquinas y equipos (10 % de mano de obra)</i>	unidad	\$ -		-	\$ 0,01
			1		
			Costo directo total		\$ 0,43

Elaboración: Propia

Anexo 30

COSTO POR UNIDAD					
BLOQUE LIVIANO					
	Unidad	P. unitario	Cantidad (kg)	Cantidad (m³)	Total
Agua	m³	\$ 0,50	1,56	0,00156	\$ 0,00
Cemento	saco (50 kg)	\$ 8,50	1,04		\$ 0,18
Árido fino	m³	\$ 27,00	6,54	0,00237	\$ 0,06
Pómez	m³	\$ 15,00		0,0015	\$ 0,02
Mano de obra (2 obreros)	unidad	\$ 0,13			\$ 0,13
<i>Maquinas y equipos (10 % de mano de obra)</i>	unidad	\$ -			\$ 0,01
Costo directo total					\$ 0,41

Elaboración: Propia

Anexo 31

COSTO POR UNIDAD					
BLOQUE CON 3% DE FIBRA					
	Unidad	P. unitario	Cantidad (kg)	Cantidad (m³)	Total
Agua	m ³	\$ 0,50	1,51	0,00151	\$ 0,00
Cemento	saco (50 kg)	\$ 8,50	1,008		\$ 0,17
Árido fino	m ³	\$ 27,00	6,33	0,00230	\$ 0,06
Pómez	m ³	\$ 15,00		0,00145	\$ 0,02
Fibra	saco (25 kg)	\$ 0,60	0,38		\$ 0,01
Tamizaje de fibra * kilo (1 obrero)	* kilo	\$ 0,042			\$ 0,02
Mano de obra (2 obreros)	unidad	\$ 0,13			\$ 0,13
<i>Maquinas y equipos (10 % de mano de obra y materiales)</i>	unidad	\$ -			0,01
Costo directo total					\$ 0,42

Elaboración: Propia

Anexo 32

COSTO POR UNIDAD					
BLOQUE CON 6% DE FIBRA					
	Unidad	P. unitario	Cantidad (kg)	Cantidad (m³)	Total
Agua	m ³	\$ 0,50	1,46	0,00146	\$ 0,00
Cemento	saco (50 kg)	\$ 8,50	0,97		\$ 0,16
Árido fino	m ³	\$ 27,00	6,13	0,00222	\$ 0,06
Pómez	m ³	\$ 15,00		0,001409	\$ 0,02
Fibra	saco (25 kg)	\$ 0,60	0,795		\$ 0,02
Tamizaje de fibra * kilo (1 obrero)	Unidad	\$ 0,042			\$ 0,03
Mano de obra (2 obreros)	Unidad	\$ 0,13			\$ 0,13
<i>Máquinas y equipos (10 % de mano de obra y materiales)</i>	Unidad	\$ -			\$ 0,01
Costo directo total					\$ 0,44

Elaboración: Propia

Anexo 33

COSTO POR UNIDAD					
BLOQUE CON 12% DE FIBRA					
	Unidad	P. unitario	Cantidad (kg)	Cantidad (m³)	Total
Agua	m ³	\$ 0,50	1,37	0,00137	\$ 0,00
Cemento	saco (50 kg)	\$ 8,50	0,92		\$ 0,16
Árido fino	m ³	\$ 27,00	5,75	0,00209	\$ 0,06
Pómez	m ³	\$ 15,00		0,001318	\$ 0,02
Fibra	saco (25 kg)	\$ 0,60	1,59		\$ 0,04
Tamizaje de fibra * kilo (1 obrero)	Unidad	\$ 0,04			\$ 0,07
Mano de obra (2 obreros)	Unidad	\$ 0,13			\$ 0,13
<i>Máquinas y equipos (10 % de mano de obra y materiales)</i>	Unidad	\$ -			\$ 0,01
Costo directo total					\$ 0,48

Elaboración: Propia

Sandra Beatriz Lema Lema portadora de la cédula de ciudadanía N° **0302298849**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Fabricación de bloques de hormigón con adición de fibras de madera de eucalipto, como una alternativa de mampuesto ecológico”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **5 de septiembre de 2022**

F:


Sandra Beatriz Lema Lema

C.I. 0302298849