

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO
MADERA - CEMENTO “CMC”, EN COMPARACIÓN CON LOS
BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
santiagomanobanda.r93@gmail.com

DIRECTOR: GERMAN VINICIO LUNA HERMOSA
german.luna@epn.edu.ec

DMQ, junio 2022

CERTIFICACIONES

Yo, SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

SANTIAGO MANOBANDA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE, bajo mi supervisión.

Ing. GERMAN LUNA H., MBA
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE

MBA. GERMAN VINICIO LUNA HERMOSA

DEDICATORIA

A mis padres Benigno Manobanda y Rosa Recalde por haber sido valientes y esforzarse tanto para que yo termine mis estudios universitarios.

A mis hermanos Angel y Hugo por haber sabido entender que muchos de los sacrificios eran para que esta etapa de mi vida pueda culminar de la mejor manera.

A la memoria de mi hermano David quién en su corta vida me enseñó a luchar por mis sueños y nunca desfallecer.

Santiago Leonel Manobanda Recalde

AGRADECIMIENTO

A mi familia por el apoyo incondicional durante toda esta etapa estudiantil, especialmente a mis padres y hermanos por todos los sacrificios que tuvieron que hacer para que no me falte nada.

A mis amigos que hicieron mucho más amena esta etapa estudiantil y al equipo de Rugby de la Universidad BÚHOS EPN por recibirme en su club y permitirme formar parte de esa gran familia.

Al Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos - EPN, dirigido por la Ing. Mercedes Villacis, por las facilidades prestadas para realizar los ensayos.

Al Laboratorio de Física - EPN dirigido por el Ing. Esteban Iribarra por permitirme el uso de sus equipos para el ensayo de aislamiento térmico.

Al CICAM dirigido por el Ing. Carlos Páez por el préstamo del equipo para el ensayo de aislamiento acústico.

Al Ing. Cristian Encalada gerente de CONCRETE BLOCK por toda la ayuda prestada en la fabricación de los bloques.

Y a los docentes y personal administrativo de la Escuela Politécnica Nacional.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Alcance	3
2 MARCO TEÓRICO	3
2.1 Residuos de madera en aserraderos	3
2.2 Materiales de construcción.....	5
2.3 Bloques huecos de hormigón.....	6
2.4 Residuos de madera de aserraderos como agregados.....	8
3 METODOLOGÍA.....	11
3.1 Normativa para la elaboración de bloques de hormigón.	11
3.2 Tratamiento de fibras de madera.	11
3.3 Mineralización de la madera por Hidrólisis Alcalina	16
3.4 Dosificación experimental	17
3.5 Elaboración del bloque con CMC.....	18
3.6 Criterios de evaluación.....	18
4 ENSAYOS	18
4.1 Ensayos de acuerdo a la Norma INEN 3066.....	18
4.2 Ensayos complementarios	21
5 RESULTADOS Y ANÁLISIS	24
5.1 Resultado de ensayos normados.....	24
5.2 Resultado de ensayos complementarios.....	28
5.3 Análisis Económico y Social del proyecto.	37
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42

6.1	Conclusiones.....	42
6.2	Recomendaciones.....	43
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
8	ANEXOS.....	47
	ANEXO I.....	47
	ANEXO II.....	49
	ANEXO III.....	50
	ANEXO IV	51
	ANEXO V	52
	ANEXO VI	53
	ANEXO VII	57
	ANEXO VIII	60

RESUMEN

En el presente trabajo se investiga el óptimo diseño de bloques de hormigón tipo B elaborados con materiales no tradicionales, reciclando residuos de madera que irá reemplazando el porcentaje del agregado en un 5%, 10%, 15% y 20% en volumen, obteniendo así un Compuesto Madera-Cemento “CMC”.

Para encontrar la dosificación óptima se realizó la caracterización de los materiales pétreos y los residuos de madera, luego de esto se procedió con la elaboración, curado y ensayo de los bloques.

Se utilizaron los ensayos físico mecánicos tradicionales normados y ensayos complementarios que permitieron obtener la totalidad de los resultados necesarios para comprobar las características físicas, la resistencia a la compresión y aislamiento térmico-acústico en comparación con los bloques tradicionales.

En cuanto al peso de los bloques con “CMC” se comprobó la reducción del mismo comparado con la muestra control. Al analizar la resistencia a compresión se obtuvo una ligera reducción, la cual varía de acuerdo al porcentaje de residuos de madera incluido en la mezcla.

Con respecto al aislamiento Térmico-Acústico se evidenció una significativa mejora en comparación con la muestra control.

Los bloques tipo B elaborados con “CMC” serían un material de construcción eficaz para proyectos en zonas de temperaturas extremas y ambientes con alto ruido.

PALABRAS CLAVE: bloques de cemento, compuesto madera cemento, hidrólisis alcalina.

ABSTRACT

In the present work, the optimal design of type B concrete blocks made with non-traditional materials is investigated, recycling wood waste that will replace the percentage of the aggregate by 5%, 10%, 15% and 20% in volume, thus obtaining a Wood-Cement Composite "CMC".

To find the optimal dosage, the characterization of the stone materials and wood residues was carried out, after which the blocks were prepared, cured and tested.

Standardized traditional physical-mechanical tests and complementary tests were used, which allowed obtaining all the necessary results to verify the physical characteristics, compressive strength and thermal-acoustic insulation compared to traditional blocks.

Regarding the weight of the blocks with "CMC", its reduction was verified compared to the control sample. When analyzing the compressive strength, a slight reduction was obtained, which varies according to the percentage of wood residues included in the mixture.

Regarding the Thermal-Acoustic insulation, a significant increases was evidenced in comparison with the control sample.

Type B blocks made with "CMC" would be an effective construction material for projects in areas of extreme temperatures and high noise environments.

KEY WORDS: cement blocks, wood-cement compound, alkaline hydrolysis.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

1.1 Antecedentes

En el Ecuador ha aumentado la demanda de materiales de construcción, debido al crecimiento poblacional y la necesidad de una vivienda. Entre estos están los bloques y por ende sus agregados, para los cuales existen rubros de explotación, procesos y transporte (Moreno & Cañizares, 2011).

Debido a esto es necesario implementar nuevas técnicas o materiales de construcción que aporten mejores características mecánicas y reducción en sus costos de producción. Para lo cual se tiene una variedad de recursos, a bajo costo y con un debido proceso mejorarían las propiedades físico-mecánicas del producto final como lo son los bloques de Compuesto Madera-Cemento "CMC".

Los aserríos producen una gran cantidad de residuos en la explotación y elaboración de piezas de madera, dichos residuos constituyen un problema debido a que se acumulan en grandes biomásas forestales, las cuales no tienen una disposición final adecuada (Dupuy et al., 2019).

Entre el 25 y 30 % se pierde en el aserrío y la elaboración de piezas (FAO., 1991).

La capacidad de la madera de ser un aislante acústico y térmico, así como su baja densidad lo hacen un excelente agregado para los bloques prefabricados, los cuales tienen una creciente demanda en el sector de la construcción, el cual está en constante búsqueda de materiales de fácil acceso y bajo costo, sin disminuir sus propiedades físico-mecánicas (Sánchez, 2020).

Debido a la gran cantidad de residuos de aserríos, el uso de estos como un material de construcción se convierte en una idea innovadora y fácilmente replicable, ya que su costo es casi cero, por lo tanto, contribuye a reducir el costo final y aumentar la producción de bloques prefabricados.

El uso de residuos de aserríos es un importante aporte para el reciclaje y manejo de recursos forestales, ya que en base a una producción ya establecida se pueden usar remanentes de la misma para generar otra línea de producción y así reducir el impacto ambiental de estos desechos y aumentar la producción de otro sector (Sánchez, 2020).

El presente proyecto busca una alternativa a los materiales tradicionales para así solventar la demanda de prefabricados para la construcción en la ciudad de Quito a partir de residuos de madera, que por lo general son desechados y utilizando agregados procedentes de las

canteras cercanas a la Mitad del Mundo. Con este proyecto se plantea reutilizar virutas de madera en bloques huecos de hormigón tipo B, y de esta manera lograr un bloque ligero, con propiedades mecánicas similares a los bloques tradicionales y añadiendo las propiedades de aislamiento térmico y acústico de la madera, así como reduciendo el costo ya que el agregado que se plantea introducir en esta fabricación es de un valor ínfimo. Para esto es necesario superar los impedimentos que presenta la madera para ser uno con el hormigón, ya que sus compuestos orgánicos inhiben el fraguado.

Etapa 1: se realiza la separación primaria de las virutas de madera, la cual suele tener objetos metálicos, plásticos y hasta vidrios, propios de las actividades realizadas en aserríos y carpinterías. Además, se realizará un tamizado para obtener solo la materia necesaria para la elaboración de bloques y este material trabaja de manera homogénea con los demás agregados, los tamices por los que debe pasar son el #8 y quedarse en el # 200, lo cual elimina el polvo que no servirá para este objetivo.

Etapa 2: es necesario mineralizar la madera para eliminar las sustancias que inhiben el fraguado para lo cual se elige la opción más económica y replicable: hidrólisis alcalina, para que pueda ser utilizada sin necesidad de usar máquinas complejas ni mucho presupuesto. Para realizar la hidrólisis alcalina es necesario sumergir los residuos de madera en una lechada de cemento a una concentración muy baja del 1 al 5% por 24 horas y luego retirar el exceso de agua.

Etapa 3: a partir de una dosificación previamente comprobada para una resistencia control, se procede a fabricar los lotes de bloques con las proporciones agregadas del material mineralizado. Siendo estos en proporción 5%, 10%, 15% y 20%.

Etapa 4: Adicional a esto, el proyecto consiste en la comparación de los resultados obtenidos a partir de ensayos Físico-Mecánicos y de aislamiento Térmico-Acústico efectuados en el laboratorio, comparación realizada con la muestra control elaborada con materiales tradicionales.

1.2 Objetivos

Objetivo General

Diseñar, fabricar y ensayar para comparación bloques tipo B utilizando “CMC” conglomerado madera cemento, a partir de fibras mineralizadas de madera, cumpliendo con la norma INEN 3066, con un costo menor de producción al de los bloques tradicionales.

Objetivos específicos

1. Establecer el procedimiento adecuado para la estabilización de la fibra de madera.
2. Dosificar los agregados tradicionales y las fibras de madera para la elaboración de bloques y garantizar las propiedades del mismo.
3. Optimizar la dosificación de los agregados y las fibras de madera para reducir los costos de producción en relación a los bloques tradicionales.
4. Fabricar y ensayar bloques con la dosificación CMC optimizada.
5. Comparar las propiedades físico-mecánicas de los bloques con CMC con los normados tipo B que se encuentran en el mercado.
6. Encontrar procesos para reciclar las fibras de madera desechadas por los aserraderos.
7. Promover la construcción con materiales alternativos y amigables con el medio ambiente.

1.3 Alcance

El proyecto pretende demostrar que los bloques con “CMC” tienen similares características físico mecánicas a los tradicionales teniendo un peso menor, que además agregan aislamiento acústico y térmico, por lo tanto, brindan características adicionales, lo cual haría que su demanda sea mayor, con precios competitivos en el mercado. Así como también el proyecto pretende utilizar los residuos que de otra manera serían desechados produciendo contaminación y aligerando la carga de la gestión de residuos para las personas dedicadas a los trabajos en madera. (Generación de emprendimientos dedicados a la gestión de residuos orgánicos, plazas de empleo)

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Residuos de madera en aserraderos

2.1.1 Fuentes de residuos de madera.

En la industria forestal los residuos se pueden dividir en dos clases, los que se generan al extraer el material del sitio y los generados en el proceso producción.

Tabla 1. Fuentes de residuos.

FUENTE	TIPO DE RESIDUOS
OPERACIONES FORESTALES	RAMAS, AGUJAS, HOJAS, TOCONES, RAICES, MADERA DE MALA CALIDAD Y PODRIDA, RECORTES Y ASERRIN.
ASERRIOS	CORTEZA, ASERRIN, RECORTES, MADERA PARTIDA, VIRUTAS, LIJADURA
PRODUCCION DE TABLEROS CONTRACHAPADOS	CORTEZAS, ALMAS, ASERRIN, HOJAS DE NENUFARES, RECORTES Y RESIDUOS DE CHAPAS, RECORTES DE PANELES, ASERRIN, LIJADURAS
PRODUCCION DE TRABLEROS PARTICULAS	CORTEZAS, CRIBADURAS, MENUDOS, RECORTES DE PANELES, ASERRIN, LIJADURAS.

Fuente: Fao, 1991.

Generalmente menos de las dos terceras partes de un árbol común son aprovechadas en aserríos, quedando esta tercera parte en el bosque pudriéndose. Se detalla el porcentaje de un árbol en cada uno de los procesos en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje del árbol.

PARTE O PRODUCTO DEL ÁRBOL	PROPORCION (%)
DEJADO EN EL BOSQUE	
COPA, RAMAS Y FOLLAJE	23
TOCÓN (EXCLUIDAS LAS RAICES)	1
ASERRÍN	4
ASERRÍO	
VIRUTAS, COSTEROS Y RECORTES	17
ASERRÍN Y MENUDOS	7,5
PÉRDIDAS VARIAS	4
CORTEZA	5,5
MADERA ASERRADA	28
TOTAL	100

Fuente: Fao, 1991.

2.1.2 Principales tipos de madera usadas en aserríos.

En la ciudad de Quito a través de una encuesta (Anexo VIII) realizada a diferentes aserraderos y carpinterías se ha encontrado que los tipos más comunes para realizar piezas en madera y muebles son las de eucalipto, pino, laurel, seike y colorado.

Tabla 3. Resultados de las encuestas realizadas a 20 aserraderos.

No. PRUEBA	MADERAS	PORCENTAJE UTILIZADO
1	EUCALIPTO	10%
2	PINO	30%
3	LAUREL	10%
4	SEIKE	10%
5	COLORADO	35%
6	OTROS	5%

Fuente: Manobanda Santiago

Para el presente trabajo se utilizaron los residuos de las maderas más comunes en aserraderos como lo son el Pino y el Colorado.

2.1.3 Cantidad de residuos de madera desaprovechada.

Los aserríos producen una gran cantidad de residuos en la explotación y elaboración de piezas de madera, dichos residuos constituyen un problema debido a que se acumulan en grandes biomásas forestales, las cuales no tienen una disposición final adecuada (Dupuy et al., 2019). Entre el 25 y 30 % se pierde en el aserrío y la elaboración de piezas (FAO., 1991).

2.1.4 Disposición final de residuos de madera de aserríos.

Muchos de los residuos de madera son quemados o arrojados a ríos, lo cual significa un costo adicional por transporte y limpieza, además del daño ambiental (Guevara et al., 1993).

2.1.5 Usos de residuos de madera en Ecuador.

En Ecuador se aprovechan los residuos de madera, en la industria avícola y de compost. El aserrín es utilizado como piso para los galpones de aves y también es mezclado con elementos orgánicos para la producción de compost (Fregoso-Madueño et al., 2017)

En la actualidad se están utilizando los residuos de madera como el aserrín para la elaboración de prefabricados para la construcción, como muros para aislamiento térmico y acústico (Beraldo & Balzam, 2009).

2.2 Materiales de construcción

2.2.1 Elaboración de materiales de construcción en Ecuador.

En la actualidad, en la industria ecuatoriana de prefabricados de concreto existe una gran competencia por ganar mercado para sus productos. Uno de los principales obstáculos a sortear, para poder competir, son los costos de la materia prima, razón por la cual las empresas deben estar en capacidad de innovar sus productos utilizando materiales alternativos de menor costo, sin alterar sustancialmente la calidad del producto (Beraldo & Balzam, 2009).

2.2.2 Relación entre la oferta y la demanda de materiales de construcción en Ecuador.

En Ecuador ha aumentado la demanda de materiales de construcción, debido al crecimiento poblacional y la necesidad de una vivienda. Entre estos están los bloques y por ende sus agregados, para los cuales existen rubros de explotación, procesos y transporte (Moreno & Cañizares, 2011). Debido a esto es necesario implementar nuevas técnicas o materiales de construcción que aporten mejores características mecánicas y reducción en sus costos de producción. Para lo cual se tiene una variedad de recursos, a bajo costo y con un debido proceso mejorarían las propiedades físico-mecánicas del producto final como lo son los bloques de Compuesto Madera-Cemento “CMC”.

2.2.3 Innovación en materiales de construcción en Ecuador.

Es necesario implementar nuevas técnicas o materiales de construcción que aporten mejores características mecánicas y reducción en sus costos de producción. Para lo cual se tiene una variedad de recursos, a bajo costo y con un debido proceso mejorarían las propiedades físico-mecánicas del producto final como lo son los bloques de Compuesto Madera-Cemento “CMC”.

2.3 Bloques huecos de hormigón

2.3.1 Normativa para la elaboración de bloques huecos de hormigón.

Los requisitos y métodos de ensayo para bloques de hormigón hechos a partir de cemento hidráulico, agregados minerales y agua hacen referencia a la norma NTE INEN 3066 (NTE INEN 3066, 2016).

2.3.2 Agregados para la elaboración de bloques huecos de hormigón.

ARIDO FINO

Según la normativa NTE INEN 872 ÁRIDOS PARA HORMIGÓN (NTE INEN 872, 2011) para considerarse como agregado fino debe cumplir con la siguiente granulometría:

Tabla 4. Análisis granulométrico árido fino.

TAMIZ (NTE INEN 154)	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

Fuente: NTE INEN 872

Para el trabajo actual como agregado fino se utilizó polvo de piedra, obtenido en las canteras cercanas a la Mitad del Mundo.

El polvo de piedra es un producto obtenido por trituración de rocas de diferente naturaleza química y cuyo límite granulométrico se mide entre los tamices 0,074 mm y 4,75 mm (L. Alvarez, 2005).

ARIDO GRUESO

El árido grueso consiste en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado, o una combinación de todos estos.

Para el presente trabajo se utilizó como agregado grueso piedra Chispa, la cual genera una resistencia y peso adecuado para un bloque hueco de hormigón clase B.

Principalmente consiste en material obtenido de roca volcánica. Es un agregado grueso de primera calidad, que se obtiene a partir de un proceso de explotación, trituración y cribado de roca sólida, se encuentra libre de impurezas, posee una graduación granulométrica controlada con tamaños de 2.38 mm a 4.96 mm, además de una forma y textura idónea para la elaboración de bloques huecos de hormigón clase B.

CEMENTO

Se define al cemento portland como "cemento hidráulico producido a través de la pulverización del clinker, conformado principalmente de silicatos de calcio hidráulicos, conteniendo usualmente una o más de las formas del sulfato de calcio como adición de molienda" (NTE INEN 152, 2010) (NTE INEN 2380) . El cemento que se va a utilizar para elaborar los bloques cumple con las características y requisitos físicos y químicos de la Norma INEN 152, INEN 2380, INEN 490 y INEN 1548 para el Cemento Portland o Cemento Puzolánico. El cemento utilizado en el presente es producido por UNACEM, ubicada en Otavalo y cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 490.

2.3.3 Disponibilidad de los agregados.

En el país existe una variedad extensa de materiales pétreos extraídos de distintos sitios, tipologías, origen geológico, forma y composición (Brito & Castro, 2017).

Debido a la ubicación en la que se realiza el presente trabajo una muy buena opción para la obtención de agregados pétreos son las canteras ubicadas en la parroquia San Antonio de Pichincha - Mitad del Mundo.

Imagen 1. Ubicación De Cantera "Cantera Rosita"-San Antonio de Pichincha



Fuente: Google Maps.

Los resultados a los ensayos practicados en el LEMSUR para los agregados se encuentran detallados en el Anexo VI.

2.4 Residuos de madera de aserraderos como agregados

2.4.1 Propiedades mecánicas de la madera.

Debido a su naturaleza la madera aporta con algunas propiedades importantes y útiles para el ámbito de la construcción, las cuales son: resistencia a la flexión y compresión, baja densidad, aislamiento térmico y acústico, entre otras. Pero, así como tiene propiedades

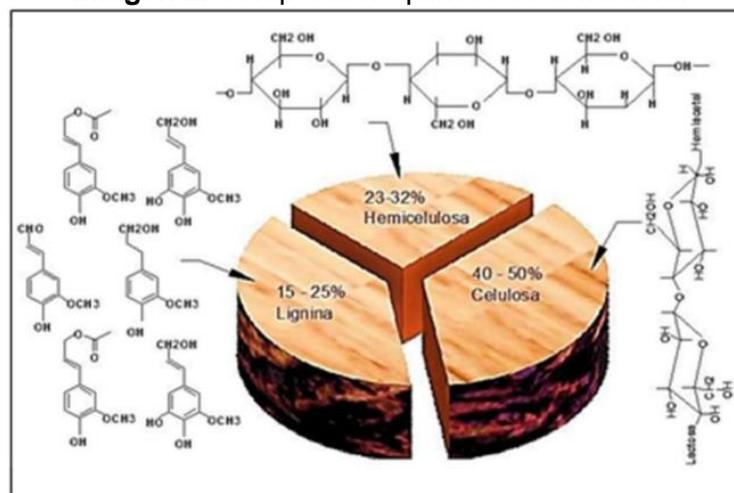
que benefician en materia de construcción, también posee características que afectan a los procesos constructivos tradicionales, entre estas están: inhibición del fraguado, susceptibilidad a hongos e insectos, vida útil corta, etc.

2.4.2 Madera sin tratar.

En los últimos años se han intentado distintos tipos de agregados no tradicionales para el hormigón, entre estos están los sintéticos como plástico PET, fibras metálicas, poliestireno, etc., así también están los agregados naturales previamente tratados como las cenizas de fibras de coco, cenizas de cáscara de arroz y de otros cereales, y agregados naturales sin tratar como cenizas volcánicas, virutas de madera, y demás.

En el caso específico de las virutas de madera se ha experimentado sin darles un previo tratamiento lo que a pesar de darle al hormigón las propiedades de la madera, como lo son la resistencia térmica y acústica, no han sido eficaces en cuanto a emular la resistencia a la compresión de los bloques huecos de hormigón con agregados tradicionales, entre las posibles causas se encuentran las sustancias que inhiben el fraguado (Hemicelulosa y azúcares) presentes en la madera, además del corto periodo de durabilidad de la madera ya que es biodegradable sin un tratamiento previo. (Castañeda Rodríguez & Escalante Cotrina, 2020)

Imagen 2. Composición química de la madera.



Fuente: (Castañeda Rodríguez & Escalante Cotrina, 2020)

2.4.3 Tratamientos para la madera.

Para evitar la ineficiencia en el fraguado hay que retirar las sustancias que afectarían al endurecimiento y reacción del cemento, como son las hemicelulosas y azúcares, por lo que es necesario mineralizar las fibras de madera; existen varios métodos para transformar las fibras naturales en mineral o al menos emular las características de éste. Para la madera

existen tres métodos comunes de mineralización, como lo son: extracción acuosa, hidrólisis alcalina, recubrimiento con polímero.

EXTRACCIÓN ACUOSA: este método consiste en sumergir las fibras de madera en agua a 100°C durante una hora, debido a este proceso las sustancias inhibidoras del fraguado se extraen y las fibras adquieren características similares a las de un mineral.

HIDRÓLISIS ALCALINA: para este proceso es necesario sumergir las fibras de madera en un medio alcalino, lo cual, para el ámbito en el que se lo utiliza, consiste en agua con cemento (lechada) o cal, en una dilución al 2% en volumen por 24 horas. De esta manera las fibras se mineralizan perdiendo las sustancias inhibidoras de fraguado siendo remplazadas por en el agua con cemento.

RECUBRIMIENTO CON POLIMERO: este método consiste en adicionar un polímero para recubrir las fibras de madera y así evitar que segreguen las sustancias inhibidoras de fraguado mientras se endurece el hormigón (Yoris et al., 2012).

2.4.4 Elección del método de mineralización.

Debido al fin de este proyecto, el cual es presentar una alternativa económica a los fabricantes de bloques huecos de hormigón, se escoge el método de mineralización con más facilidades para su aplicación, tanto en el ámbito económico como en la disponibilidad de herramientas las cuales permitan su correcta aplicación.

La hidrólisis alcalina para poder ser aplicada sólo necesita un recipiente lo bastante grande como para contener la cantidad necesaria de material a mineralizar, lo cual depende de las necesidades del fabricante, además del cemento o cal los cuales no generan mayor costo debido a la baja concentración que incluye en la lechada, debido a todo esto este método se vuelve idóneo para abaratar los costos de producción en el tratamiento previo de las fibras de madera. Se elige el cemento debido a su alto pH y su disponibilidad en el sitio de la bloquera, así también su costo no difiere mucho con la cal.

Por otra parte, el método de extracción acuosa necesitaría de un recipiente especial con un termostato para mantener la temperatura deseada por el tiempo necesario. Así también como el recubrimiento con polímeros resultaría en un gasto adicional para poder añadir el polímero a las virutas de madera lo cual encarecería los costos de producción.

3 METODOLOGÍA

3.1 Normativa para la elaboración de bloques de hormigón.

Para realizar los bloques de hormigón previamente fue necesario revisar y aplicar la normativa vigente norma INEN 3066, la cual en su literal 4. CLASIFICACIÓN, sección (a) indica el tipo de bloques existentes y del cual se toma como referencia para el presente trabajo el bloque tipo B correspondiente a Mampostería no estructural, y en el literal 5. GENERALIDADES sección 5.1.1 correspondiente a los materiales refiere a las normativas NTE INEN 490, NTE INEN 2380 o NTE INEN 152 para el cemento, y la normativa NTE INEN 872 para los agregados (NTE INEN 3066, 2016).

3.2 Tratamiento de fibras de madera.

En los aserraderos se desperdician grandes cantidades de madera desde la obtención de la misma en el corte del árbol, poda, limpieza, despiece y preparación de los elementos (Guevara et al., 1993).

Para el presente trabajo se ha escogido los residuos procedentes de la última etapa en la elaboración de elementos de madera, estos son: canteo y cepillado.

CANTEO: es el procedimiento en el cual las piezas de madera toman la forma plana en uno de sus lados para así seguir con su corte y cepillado en todas sus caras.

CEPILLADO: en este paso la pieza de madera toma su forma y textura final, pasando a través de un tambor con cuchillas generando así fibras muy finas.

Una vez elegido el método de mineralización para las fibras de madera se procede a la selección del aserradero o carpintería, recolección y posterior clasificación o separación de las mismas.

La selección del aserradero y carpintería se hizo de acuerdo al resultado de las encuestas realizadas y la facilidad de recolección y posterior transporte; los establecimientos seleccionados están ubicados en la zona Sur de la ciudad de Quito.

Tabla 5. Recolección de fibras de madera en aserradero.

ESTABLECIMIENTO	Aserradero "MADERAS DEL SUR"
UBICACIÓN	Sector "EL PINTADO", Av. Occidental y Av. Alonso de Angulo.
PROPIETARIO	Carmen Rosales
CANTIDAD RECOLECTADA	40 kg (3 sacos)
PROCESO	Canteo

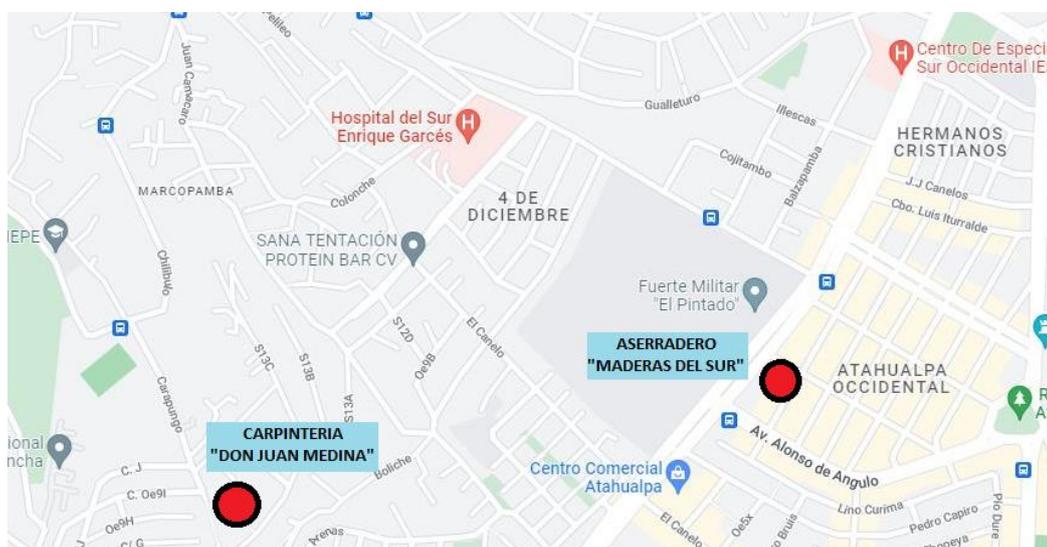
Fuente: Manobanda Santiago

Tabla 6. Recolección de fibras de madera en carpintería.

ESTABLECIMIENTO	Carpintería "Don Juan Medina"
UBICACIÓN	Barrio "LA DOLOROSA", Calle Carapungo
PROPIETARIO	Juan Medina
CANTIDAD RECOLECTADA	55 kg (4 sacos)
PROCESO	Canteo y Cepillado

Fuente: Manobanda Santiago

Imagen 3. Ubicación del aserradero y carpintería para recolección de fibras de madera.



Fuente: Google Maps.

La separación se divide en dos partes, una de ellas es el retiro de piezas de madera, materiales plásticos y materiales metálicos propios de un aserradero o carpintería, y la otra consiste en ser tamizadas para obtener un material dentro de los límites en el tamiz N°8 (2.38 mm) y el N°200 (0.074 mm), lo cual emula al tamaño de los agregados tradicionales.

Imagen 4. Separación de fibras de madera



Fuente: Santiago Manobanda

Imagen 5. Tamizado de fibras de madera



Fuente: Santiago Manobanda

Imagen 6. Material tamizado



Fuente: Santiago Manobanda

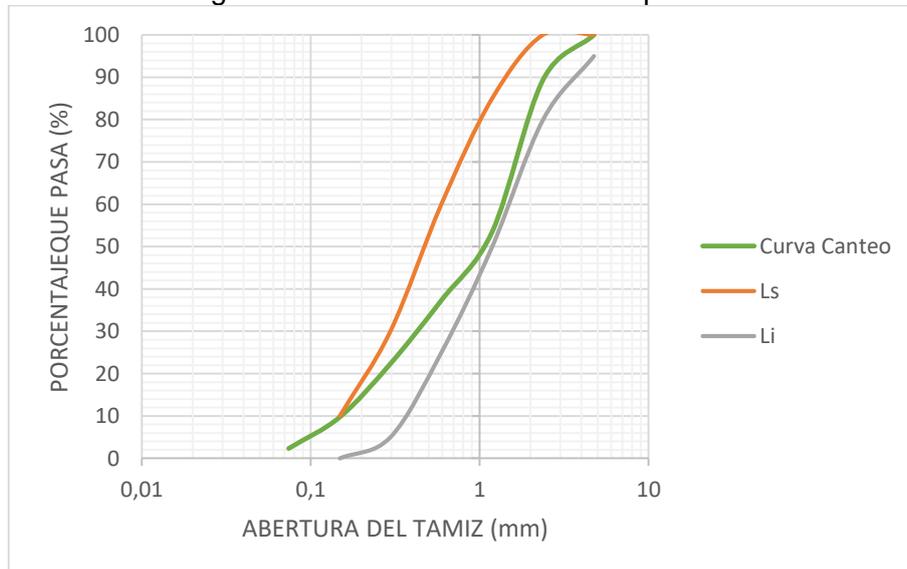
Luego del tamizado se obtuvieron las siguientes granulometrías para cada uno de los procesos, canteo y cepillado.

Tabla 7. Granulometría en fibras de madera, Canteo.

GRANULOMETRIA PARA "CANTEO"		
PESO INICIAL: 130.5 g		
TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	% PASA
#4	0	100
#8	13.7	98
#16	46.7	54
#30	21.1	37
#50	19.5	22
#100	16.4	20
#200	9.7	2
BANDEJA	3.0	

Fuente: Manobanda Santiago

Gráfico 1. Curva granulométrica viruta de madera proveniente del canteo.



Fuente: Manobanda Santiago

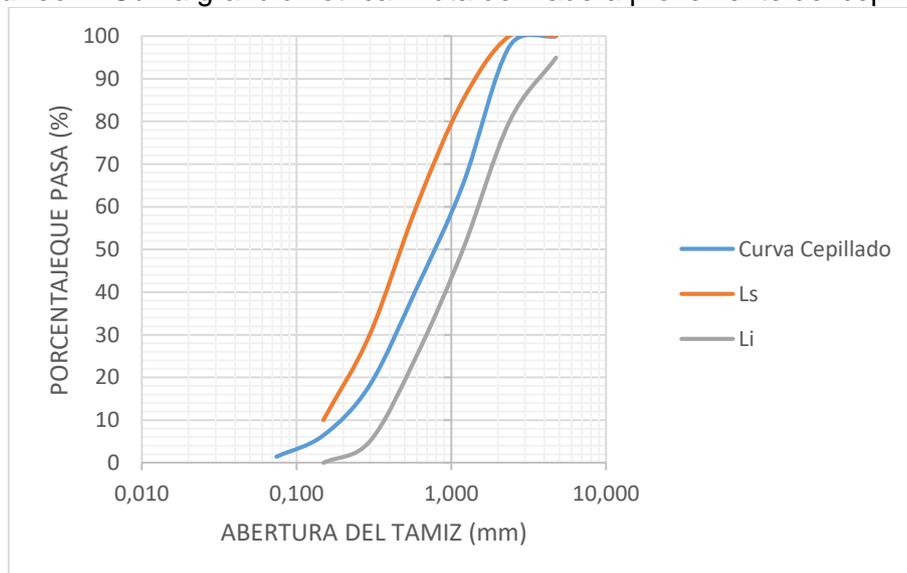
En el gráfico puede notar que las virutas de madera provenientes del canteo se encuentran dentro de los límites propuestos en la Tabla 4.

Tabla 8. Granulometría en fibras de madera, Cepillado.

GRANULOMETRIA PARA "CEPILLADO"		
PESO INICIAL: 300 g		
TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	% PASA
#4	0	100
#8	7.1	98
#16	96.8	65
#30	73.1	41
#50	67.5	18
#100	35.2	9
#200	15.0	1
BANDEJA	4.3	

Fuente: Manobanda Santiago

Gráfico 2. Curva granulométrica viruta de madera proveniente del cepillado.



Fuente: Manobanda Santiago

De igual manera las fibras de madera provenientes del proceso de cepillado se encuentran dentro de los límites propuestos en la Tabla 4.

3.3 Mineralización de la madera por Hidrólisis Alcalina

El proceso de Hidrólisis Alcalina mineraliza la madera, ya que el principal inconveniente para trabajar con compuestos madera cemento es la incompatibilidad entre la madera y el cemento, debido a sustancias inhibitoras del fraguado presentes en la madera tales como azúcares y hemicelulosas, estas sustancias forman una membrana impermeable alrededor de los gránulos de cemento sin hidratar, así evitando la hidratación del mismo afectando el fraguado y la cohesión del mortero. Con la Hidrolisis Alcalina se degradan las hemicelulosas y los azúcares, de esta manera se logra mitigar el efecto causado de estas sustancias en el fraguado del hormigón.

Una vez obtenido un material con una granulometría similar a la de los agregados tradicionales, se procede a la mineralización de las fibras de madera, para lo cual en el presente trabajo se utilizó un tanque metálico de 200 litros con tapa, para poder sumergir por completo las fibras de madera en una lechada al 5%. La lechada para este proyecto se compone del 50% de la capacidad del tanque con agua, y cemento en un 5% en peso del total de agua.

Las fibras de madera se dejaron sumergidas por 24 horas para así asegurar la correcta saturación y mineralización, luego de este paso, se procedió a eliminar el exceso de agua mediante escurrimiento, y dosificar la mezcla para la fabricación de los bloques huecos de hormigón (Yoris et al., 2012).

Imagen 7. Mineralización de las fibras de madera



Fuente: Manobanda Santiago

3.4 Dosificación experimental

Una vez conocido el método tradicional de las bloqueras en el sector de estudio se procedió a determinar y definir una dosificación estándar para el presente proyecto, ya que se trata de fabricar bloques tipo B con y sin el agregado de virutas de madera.

La dosificación escogida para los bloques se determinó en base a una resistencia de referencia en cuanto a la cantidad de cemento utilizada y la cantidad de bloques obtenidos de ésta.

Tabla 9. Dosificación experimental

DOSIFICACIÓN PARA BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE MADERA								
LOTE	AGREGADO DE FIBRAS		CEMENTO		POLVO DE PIEDRA		CHISPA	
	%	PALAS	SACOS	Kg	PALAS	Kg	PALAS	Kg
A	0	0	1/2 SACO	25	25.00	201.30	5.00	28.92
B	5	2	1/2 SACO	25	23.75	191.24	4.75	27.48
C	10	4	1/2 SACO	25	22.50	181.17	4.50	26.03
D	15	6	1/2 SACO	25	21.25	171.11	4.25	24.58
E	20	8	1/2 SACO	25	20.00	161.04	4.00	23.14

Fuente: Manobanda Santiago

Tabla 10. Equivalencia de pesos para el agregado árido

MATERIAL	PALAS	VOLUMEN SUELTO	DENSIDAD APARENTE	PESO
	u	Lt	Kg/m ³	Kg
CHISPA	1	4.25	1361	5.78
POLVO	1	5.5	1464	8.05

Fuente: Manobanda Santiago

Tabla 11. Equivalencia de pesos para las virutas de madera

MATERIAL	PALAS (u)	VOLUMEN MINERALIZADO (Lt)	PESO DE LA MUESTRA MINERALIZADA (Kg)
VIRUTA DE MADERA	1	5	10

Fuente: Manobanda Santiago

Para esta dosificación se obtuvieron 30 unidades de bloques de 40*20*15 cm. por cada batch.

Debido a la incorporación de fibras de madera saturadas con una lechada de agua con cemento la forma escogida para determinar la cantidad de agua añadida a la mezcla se ha determinado con la trabajabilidad de la mezcla siendo esta en promedio de 18 litros por cada saco de cemento de 50 kg, método también utilizado para la elaboración de los bloques tradicionales.

3.5 Elaboración del bloque con CMC

Para la elaboración del bloque con CMC, fue necesario seleccionar una bloquera en el sitio de estudio, preparar los agregados áridos y tratar las fibras de madera; los agregados áridos se vierten de acuerdo a la dosificación antes mencionada en la tolva de la mezcladora rotativa y se adiciona medio saco de cemento. Luego de haber integrado los agregados se procede a adicionar las fibras de madera disgregándolas manualmente para evitar que se apelmacen. El agua se vierte hasta tener una mezcla trabajable y lista para ser vertida en el molde vibrador.

Los bloques una vez conformados se sitúan en un lugar abierto para su fraguado inicial, luego por los primeros tres días se rocían con agua ya que se encuentran en la etapa de curado. En total los bloques pasan 28 días antes de ser ensayados.

El proceso de la elaboración de los bloques huecos de hormigón con el agregado de fibras mineralizadas de madera se encuentra evidenciado en el Anexo I.

3.6 Criterios de evaluación

Previo a la fabricación de los bloques huecos de hormigón con agregado de virutas mineralizadas de madera los agregados pasaron por un proceso de inspección visual y preparación para que en dicha fabricación se logre fiabilidad del proyecto experimental y así se proceda con los ensayos respectivos, normados y experimentales.

4 ENSAYOS

4.1 Ensayos de acuerdo a la Norma INEN 3066

Una vez cumplidos los 28 días de curado de los bloques huecos de hormigón, se procedió al transporte y posterior selección al azar de una cantidad determinada de bloques de cada lote para los respectivos ensayos.

4.1.1 Dimensiones

Para este ensayo se tomaron tres ejemplares de cada lote, y se procedió a tomar la medida del ancho, largo y alto, de cada uno de la muestra total compuesta por 15 unidades o especímenes, para corroborar que no se difiera en ± 3 mm de las medidas solicitadas a la bloquera las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 12. Dimensiones solicitadas en bloques tipo B por normativa.

DIMENSIONES SOLICITADAS				
N°	DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ALTO
		cm	cm	cm
1	TIPO B	15.00	40.00	20.00

Fuente: Manobanda Santiago

Imagen 8. Transporte y selección de los ejemplares



Fuente: Manobanda Santiago

4.1.2 Aspectos visuales

En cuanto a los aspectos visuales y marcas se tomó en cuenta todos los ejemplares de cada lote para intentar evidenciar algún cambio en cuanto a la apariencia (forma, textura, homogeneidad y tonalidad) en los bloques según cambia el porcentaje de agregado de viruta de madera según la norma NTE INEN 3066.

4.1.3 Absorción

Para el ensayo se deben tomar tres ejemplares de cada lote, así que para el presente experimento se tomaron en cuenta los bloques utilizados en la toma de medidas como lo permite la norma. De acuerdo a la norma NTE INEN 3066 existen valores máximos de

absorción a considerar. Debido a que no existe una tabla para bloques de clase B se tomará como referencia la Tabla 13.

Tabla 13. Absorción máxima de agua en bloques Clase A

TIPO	DENSIDAD	ABSORCIÓN DE AGUA MÁXIMA PROMEDIO (kg/m ³)	ABSORCIÓN DE AGUA MÁXIMA POR UNIDAD (kg/m ³)
Liviano	< 1680	288	320
Medio	1680 a 2000	240	272
Normal	>2000	208	240

Fuente: NTE INEN 3066

Para el presente ensayo son necesarios los procesos de saturación y secado, detallados en la norma NTE INEN 3066.

Una vez elegidos los ejemplares se procede a registrar el peso con el que fueron recibidos, para determinar el contenido de humedad a condiciones normales.

Para la saturación se sumergen los ejemplares durante un mínimo de 24 horas a una temperatura controlada entre 16°C y 27°C, luego de esto se procede a escurrir el agua visible restante durante 60 segundos para pasar a ser secados con un paño húmedo y registrar su masa como Ms (Masa de la muestra saturada).

Luego de obtener la masa saturada de los ejemplares se procede a secarlos en un horno ventilado por un mínimo de 24 horas, entre 100°C y 115°C para después registrar la masa de los ejemplares secos como Md (Masa de la muestra seca al horno) NTE INEN 3066.

4.1.4 Resistencia a la compresión simple

En el presente ensayo es necesario cumplir con los valores mínimos expresados en la siguiente tabla.

Tabla 14. Resistencia mínima a la compresión simple.

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA NETA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)*		
	CLASE A	CLASE B	CLASE C
PROMEDIO DE 3 BLOQUES	13.8	4	1.7
POR BLOQUE	12.4	3.5	1.4
*1Mpa = 10.2 kg/cm ²			

Fuente: NTE INEN 3066

Para realizar este ensayo procede a elegir 5 ejemplares por lote, para así tomar los tres valores resultantes con mayor similitud y así evitar datos dispersos. Luego de esto los bloques pasan a ser refrentados por ambas caras y de esta manera garantizar que las mismas se encuentren lisas y paralelas para no afectar en la obtención de resultados. El refrentado se encuentra detallado en la norma NTE INEN 2619.

Los ejemplares son ensayados con una máquina para compresión con una exactitud de ± 1.0 % del rango de carga esperado y con las dimensiones suficientes para contener de manera adecuada al ejemplar. La carga aplicada en este ensayo será la mitad de la carga esperada a una velocidad conveniente y así ajustar la máquina para proporcionar una velocidad constante del cabezal móvil de tal manera que la carga restante se aplique en un periodo de 1 a 2 minutos. La carga máxima registrada en el punto de rotura será en Newtons como Pmax.

4.2 Ensayos complementarios

La madera y demás materiales celulósicos son malos conductores de calor debido a la escasez de electrones libres presentes en sus cuerpos, estos electrones libres son responsables de una fácil transmisión de esta forma de energía como sucede en los metales, debido a que la madera y sus derivados son porosos su capacidad conductora tiene un valor intermedio entre sus componentes sólidos y los del aire presente en los poros (H. Alvarez, 1982).

Las propiedades de la madera relacionadas con su caracterización acústica tienen importancia para la elaboración de cajas musicales de resonancia y muebles para amplificadores de sonido, de esta manera haciendo a la madera un excelente material para la construcción de tabiques o paredes y así aislar acústicamente espacios (Sotomayor et al., 2015).

Con el fin de comparar las propiedades de aislamiento térmico y acústico de la madera en los bloques huecos de hormigón con virutas mineralizadas de madera y los bloques tradicionales se procedió a realizar los ensayos siguientes.

4.2.1 Aislamiento acústico

Para este ensayo se solicitó la ayuda del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM de la Escuela Politécnica Nacional con el uso de un sonómetro necesario para medir los decibeles generados por una fuente de “ruido rosa”, se llevó a cabo este tipo de prueba. En el ensayo de aislamiento acústico fue necesario seleccionar 12 ejemplares de

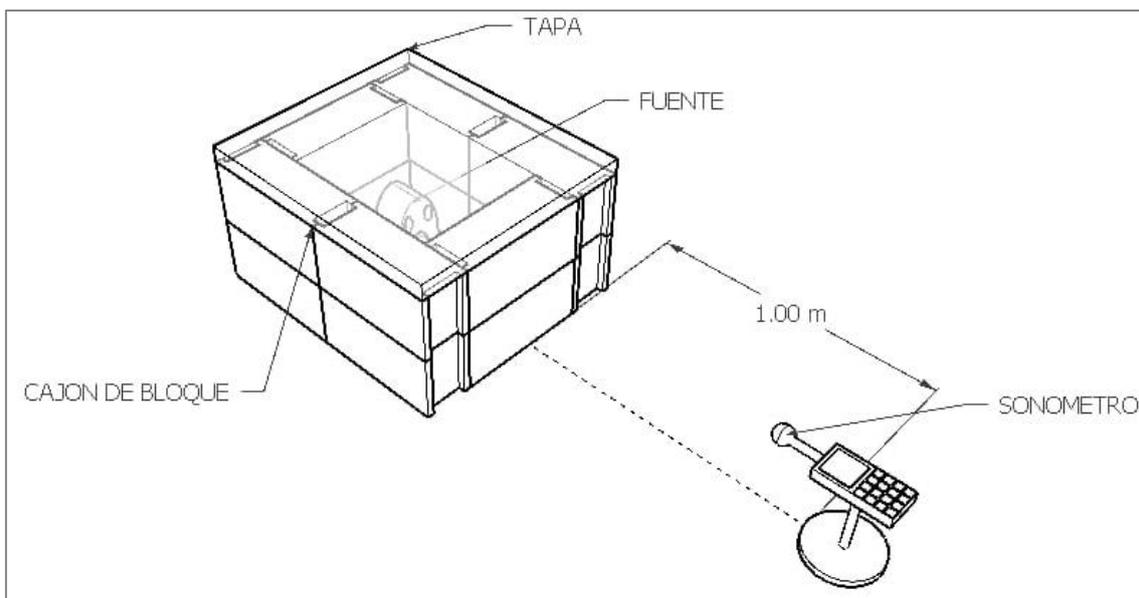
cada lote que no hayan sufrido alteraciones, para con ellos formar una caja, además de una fuente de sonido y el sonómetro anotado. (Sánchez, 2020)

Se realizó el ensayo de dos maneras, una en la cual la fuente de sonido se encontraba dentro de la caja y el sonómetro, como receptor, fuera de ella para así aislar la fuente de ruido; y la segunda manera, la fuente estaría fuera de la caja y el sonómetro como receptor dentro de la misma, de esta manera aislando el ruido externo.

La elección del tipo de ruido se basa en la característica del mismo, ya que el “ruido rosa” presenta una densidad espectral inversamente proporcional a la frecuencia lo cual permite que el nivel por bandas de tercio de octava sea constante y así registrar valores fiables constantes con el sonómetro sin tener variaciones significativas.

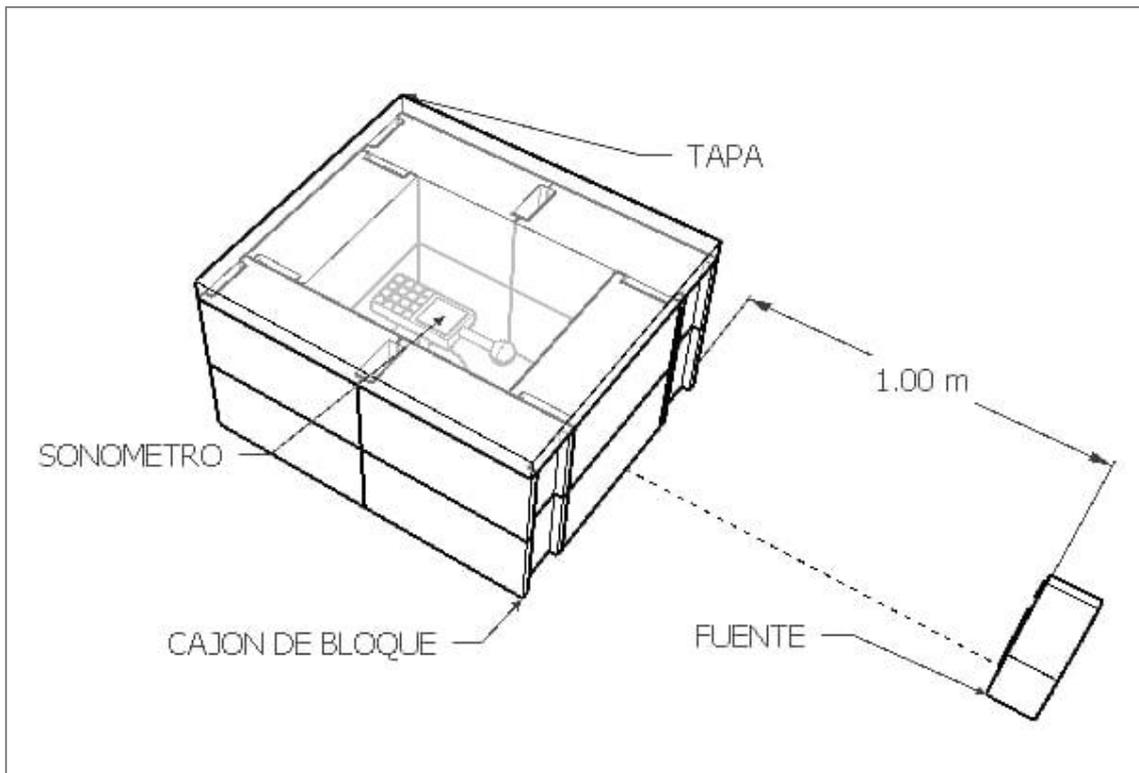
El periodo para el cual se toma la medida de decibeles es de 15 segundos, y previo a lo cual se registra una medida sin ningún aislamiento ni fuente de ruido para tener valores de referencia en cuanto al ruido ambiental; de la misma manera se procedió a tomar una medida con la fuente de ruido, pero sin el aislamiento para registrar el valor de atenuación del ruido generado. Para cada lote se procede a registrar tres valores y así obtener un promedio La disposición de los elementos presentes en el ensayo se detalla en los gráficos siguientes.

Imagen 9. Aislamiento de fuente.



Fuente: Manobanda Santiago

Imagen 10. Aislamiento de ruido externo.



Fuente: Manobanda Santiago

4.2.1 Aislamiento térmico y resistencia al fuego.

En este ensayo se va a hacer una analogía para los bloques de la norma NTE INEN 804-2013 Prevención de incendios. Determinación de la resistencia al fuego de elementos constructivos. Se evaluará según los criterios de integridad y capacidad de aislamiento.

El ensayo térmico y de resistencia al fuego consiste en someter a un ejemplar a una fuente de calor directa (soplete) a una distancia determinada y con la potencia similar para todos los ejemplares y así obtener resultados fiables con el mismo método de ensayo para los 5 lotes. El periodo para la prueba es de 15 segundos el cual consta de dos partes, en los primeros 10 segundos con fuego directo y los 5 restantes para registrar el aumento de temperatura sin la fuente de calor.

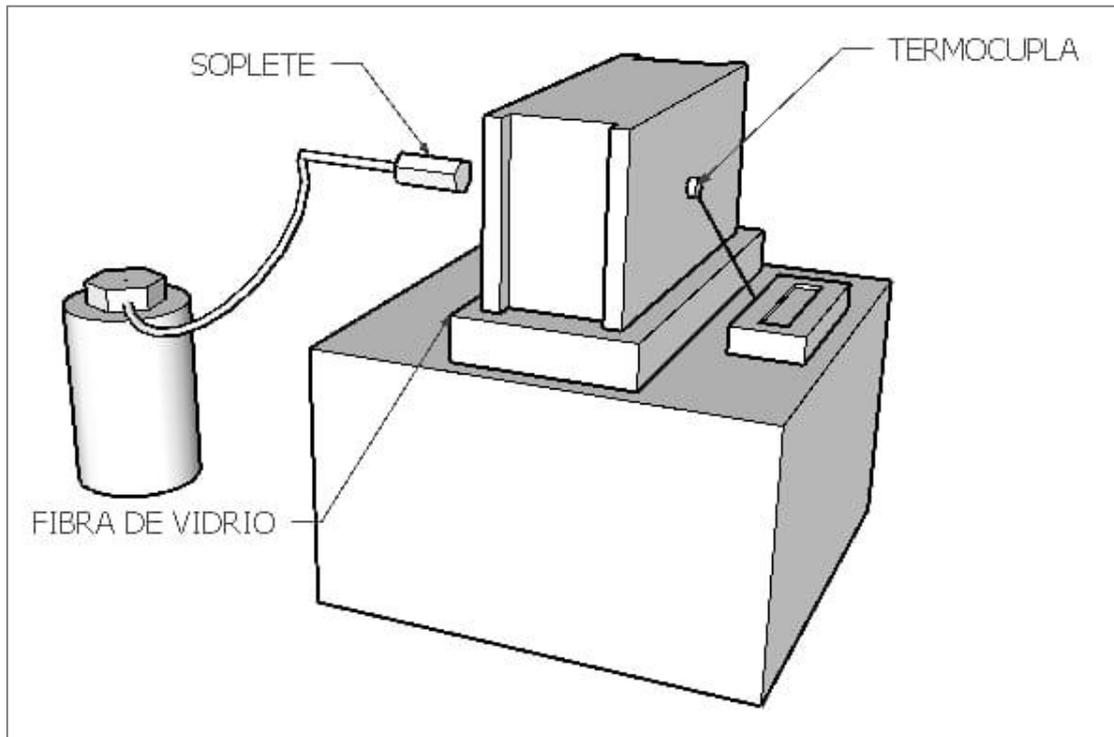
Para evaluar la integridad a cada elemento se toma en cuenta el estado físico del ejemplar al inicio de la aplicación del fuego y al final de la misma, revisando la coloración e igniciones en caso de presentarse.

En el caso del aislamiento térmico se tomará en cuenta 2 características de los ejemplares como lo son la capacidad calorífica y la conductividad térmica, las dimensiones de estas

características serán calculadas a partir de los datos obtenidos en el ensayo, como lo son temperatura inicial y final en la cara expuesta al fuego, temperatura inicial y final en la cara sin exponer al fuego y tiempo de exposición.

La disposición del equipo necesario para este ensayo se encuentra detalladas en el siguiente gráfico.

Imagen 10. Resistencia al fuego.



Fuente: Manobanda Santiago

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Resultado de ensayos normados.

5.1.1 Dimensiones y Aspectos Visuales

En cuanto a las dimensiones de los bloques solicitados se constató que ninguno de los ejemplares se encuentra fuera del rango de tolerancia de ± 3 mm permitido por la norma NTE INEN 3066.

Tabla 15. Dimensiones en los bloques solicitados.

DIMENSIONES				
No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ALTO
		cm	cm	cm
1	A6	15.00	40.00	20.10
2	A7	15.00	40.00	20.20
3	A8	15.20	40.20	20.20
4	B6	15.10	40.10	20.40
5	B7	15.00	40.00	20.00
6	B8	15.00	40.00	20.00
7	C6	15.00	40.00	20.00
8	C7	15.00	40.00	20.10
9	C8	15.10	40.20	20.20
10	D6	15.00	40.10	20.00
11	D7	15.00	40.10	19.80
12	D8	15.00	40.10	19.80
13	E6	14.90	40.10	20.20
14	E7	15.00	40.00	19.60
15	E8	15.10	40.00	20.00
PROMEDIO		15.03	40.06	20.04

Fuente: Manobanda Santiago

Para los Aspectos Visuales se evidenció que todos los ejemplares cumplieron con la norma NTE INEN 3066, ya que ninguno presentó grietas ni deformaciones; en los bloques con 15% y 20% se registró una coloración distinta las demás debido a su alto contenido de virutas de madera.

5.1.2 Absorción.

En cuanto a este ensayo se obtuvieron los valores de absorción y contenido de humedad de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de absorción}(\%) = \frac{M_s - M_d}{M_d} * 100 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

M_s : Es la masa de la unidad saturada (kg).

M_d : Es la masa de la unidad seca al horno (kg).

$$\text{Contenido de humedad}(\%) = \frac{M_r - M_d}{M_d} * 100$$

Ecuación 2.

Donde:

M_s : Es la masa de la unidad saturada (kg).

M_d : Es la masa de la unidad seca al horno (kg).

M_r : Es la masa de la unidad como se recibe en obra o en laboratorio (kg).

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} * 1000$$

Ecuación 3.

Donde:

M_s : Es la masa de la unidad saturada (kg).

M_d : Es la masa de la unidad seca al horno (kg).

M_i : Es la masa de la unidad sumergida (kg).

Tabla 16. Registro de absorción, contenido de humedad y densidad.

N°	DESCRIPCIÓN	MASA INICIAL (kg)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
1	A6	12.74	13.94	6.86	12.51	11.45	1.82	1765.79
2	A7	12.75	14.04	5.96	12.46	12.71	2.39	1541.71
3	A8	13.00	14.09	7.01	12.79	10.22	1.71	1805.37
4	B6	14.35	15.28	8.24	14.11	8.24	1.70	2004.64
5	B7	15.19	15.88	8.73	14.71	7.96	3.22	2055.99
6	B8	14.76	15.65	8.51	14.40	8.71	2.51	2017.41
7	C6	14.44	15.58	8.40	14.23	9.51	1.48	1980.33
8	C7	14.53	15.17	7.92	13.59	11.59	1.48	1857.58
9	C8	14.33	15.34	8.14	13.95	9.92	2.73	1939.11
10	D6	13.44	14.81	7.54	13.12	12.84	2.42	1806.67
11	D7	13.79	15.17	7.92	13.59	11.59	1.48	1874.72
12	D8	14.16	15.59	8.11	13.89	12.17	1.92	1857.58
13	E6	12.75	14.07	7.07	12.51	12.45	1.87	1787.91
14	E7	13.21	14.73	7.43	12.92	13.97	2.26	1770.50
15	E8	12.82	14.36	7.21	12.65	13.55	2.18	1767.78

Fuente: LEMSUR Anexo V.

Tabla 17. Resultados promedio por lote de parámetros físicos.

LOTE	PROPORCIÓN DE VIRUTA DE MADERA (%)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
A	0	11.46	1.97	1704.29
B	5	8.30	2.48	2026.01
C	10	10.34	1.90	1925.67
D	15	12.20	1.94	1846.32
E	20	13.32	2.10	1775.40

Fuente: Manobanda Santiago

Analizando los resultados obtenidos se tiene un aumento en la absorción conforme se aumenta la proporción de virutas de madera. El lote sin virutas de madera presenta una absorción mayor a la del lote B y C. El lote de mayor contenido de humedad fue el que contenía el 5% de virutas de madera, y en cuanto a la densidad se determinó que el bloque menos denso es el del lote con 0% de viruta de madera, esto debido a la porosidad del bloque tradicional.

5.1.3 Resistencia a la Compresión Simple.

Para obtener la resistencia a la compresión se obtuvo el área neta y el área bruta descritas en la Tabla 15. Se evidencia el refrentado y ensayo a la compresión simple en el Anexo II, además los resultados brindados por el LEMSUR para los ensayos en los bloques se encuentran en el anexo VII.

$$(Resistencia\ a\ la\ compresión\ del\ area\ neta\ MPa) = \frac{P_{máx}}{A_n} \quad \text{Ecuación 4.}$$

$$(Resistencia\ a\ la\ compresión\ del\ area\ neta\ MPa) = \frac{P_{máx}}{A_n} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

$P_{máx}$: Carga máxima de compresión (N).

A_n : Área neta de la unidad (mm²).

A_g : Área bruta de la unidad (mm²).

Tabla 18. Resistencia a la compresión simple.

N°	DESCRIPCIÓN	ANCHO cm	LARGO cm	ALTO cm	AREA		CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACION SEGÚN LA RESISTENCIA
					NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO(Mpa)	BRUTO(Mpa)	
1	A1	15.00	40.00	20.10	369.50	598.70	261.40	7.10	4.40	CLASE B
2	A2	15.00	40.00	20.20	367.10	600.50	238.50	6.50	4.00	
3	A3	15.20	40.20	20.20	366.50	610.50	266.70	7.30	4.40	
4	B1	15.10	40.10	20.40	364.10	604.20	251.90	6.90	4.20	CLASE B
5	B2	15.00	40.00	20.00	371.40	600.00	278.80	7.50	4.60	
6	B3	15.00	40.00	20.00	370.00	600.00	291.20	7.90	4.90	
7	C1	15.00	40.00	20.00	370.80	599.20	207.20	5.60	3.50	CLASE B
8	C2	15.00	40.00	20.10	388.30	600.00	190.60	5.20	3.20	
9	C3	15.10	40.20	20.20	367.90	607.90	234.00	6.40	3.80	
10	D1	15.00	40.10	20.00	365.90	600.20	192.20	5.30	3.20	CLASE B
11	D2	15.00	40.10	19.80	370.20	600.70	197.30	5.30	3.30	
12	D3	15.00	40.10	19.80	369.60	601.00	197.30	5.30	3.30	
13	E1	14.90	40.10	20.20	363.50	598.30	142.70	3.90	2.40	CLASE C
14	E2	15.00	40.00	19.60	374.00	598.70	103.90	2.80	1.70	
15	E3	15.10	40.00	20.00	365.90	602.20	104.10	2.80	1.70	

Fuente: LEMSUR Anexo VII

Tabla 19. Promedio de resultados por lote.

LOTE	PROPORCIÓN DE VIRUTA DE MADERA (%)	CARGA DE ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA RESISTENCIA
			NETO (MPa)	BRUTO (Mpa)	
A	0	255.53	6.97	4.27	CALASE B
B	5	273.97	7.43	4.57	CALASE B
C	10	210.60	5.73	3.50	CALASE B
D	15	195.60	5.30	3.27	CALASE B
E	20	116.90	3.17	1.93	CALASE C

Fuente: Manobanda Santiago

En cuanto a los resultados del ensayo a compresión se obtuvo en el lote E con 20% de contenido de virutas de madera una resistencia de 1.93 MPa siendo esta la menor de todos los lotes y menor a la permitida para ser considerado como clase “B”.

5.2 Resultado de ensayos complementarios.

5.2.1 Aislamiento acústico

Los resultados del ensayo de aislamiento acústico de fuente y de ruido exterior, además de las condiciones iniciales para el ensayo se detallan en las siguientes tablas. Se obtuvo valores de LAmax (índice de ruido máximo), valores de LAmin (índice de ruido mínimo), así como los valores Leq (nivel sonoro continuo equivalente).

Los resultados se encuentran promediados con respecto a los valores Leq medidos en decibeles (dB), para así poder comparar cada uno de los lotes.

Tabla 20. Condiciones iniciales de ensayo.

CONDICIONES INICIALES SIN AISLAMIENTO				
TIPO	LAmin (dB)	LAmax (dB)	Leq (dB)	Promedio (dB)
RUIDO DE FONDO	43.90	48.80	45.60	44.90
	43.70	46.00	44.70	
	43.20	45.40	44.40	
RUIDO CON FUENTE	79.30	79.60	79.50	79.07
	78.90	79.20	79.00	
	78.60	78.90	78.70	

Fuente: Manobanda Santiago

Tabla 20. Aislamiento de la fuente.

AISLAMIENTO DE LA FUENTE				
TIPO	LAmin (dB)	LAmax (dB)	Leq (dB)	Promedio (dB)
MUESTRA CONTROL 0%	64.20	64.90	64.60	64.40
	63.90	64.50	64.20	
	64.00	65.30	64.40	
MUESTRA 5% MADERA	64.20	63.50	63.10	63.13
	63.90	63.20	63.00	
	64.00	63.80	63.30	
MUESTRA 10% MADERA	62.50	63.20	62.90	62.90
	62.20	63.20	62.70	
	62.50	63.50	63.10	
MUESTRA 15% MADERA	60.40	61.00	62.90	62.90
	60.50	61.00	62.70	
	60.20	60.90	63.10	
MUESTRA 20% MADERA	61.60	62.20	61.90	62.00
	61.60	62.70	62.00	
	61.80	62.60	62.10	

Fuente: Manobanda Santiago

Tabla 21. Aislamiento del sonido externo.

AISLAMIENTO DEL SONIDO EXTERNO				
TIPO	LAmin (dB)	LAmax (dB)	Leq (dB)	Promedio (dB)
MUESTRA CONTROL 0%	66.1	72.9	68.3	68.30
	66.3	73.1	68.6	
	64.1	73.2	68	
MUESTRA 5% MADERA	64.9	71.5	67.5	67.70
	64.7	72.2	68.1	
	64.6	72.1	67.5	
MUESTRA 10% MADERA	65.5	72.2	67.5	67.67
	65.7	72.3	67.6	
	65.6	72.2	67.9	
MUESTRA 15% MADERA	65.5	71.2	67.3	67.13
	65.1	72.1	67.2	
	64.7	71.8	66.9	
MUESTRA 20% MADERA	64.6	71.4	66.9	66.93
	64.2	71.6	66.8	
	64.5	72.1	67.1	

Fuente: Manobanda Santiago

En cuanto a estos resultados se puede notar la menor medida de decibeles promedio en ambos ensayos corresponde al lote con la mayor proporción de viruta de madera. Para un ruido de 79.07 dB, se redujo a 62.00 dB aislamiento de fuente y a 66.93 dB para aislamiento de ruido externo.

Se evidencia el ensayo de aislamiento acústico en el Anexo III.

5.2.2 Aislamiento térmico y resistencia al fuego.

Resistencia al Fuego

Luego de realizar el ensayo se evidenció una ligera variación del color y no se presentó ignición en ninguno de los lotes.

Tabla 22. Resistencia al fuego.

LOTE	PROPORCION DE VIRUTA DE MADERA	DAÑO FISICO TRAS EL ENSAYO	IGNICION EN BLOQUE
A	0%	BAJO	NO PRESENTA
B	5%	BAJO	NO PRESENTA
C	10%	BAJO	NO PRESENTA
D	15%	BAJO	NO PRESENTA
E	20%	BAJO	NO PRESENTA

Fuente: Manobanda Santiago

Tabla 23. Resistencia al fuego aspecto físico.

COMPARACIÓN DE ASPECTO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO				
LOTE	%VIRUTA	ANTES DEL ENSAYO	DURANTE EL ENSAYO	DESPUÉS DEL ENSAYO
A	0%			
B	5%			
C	10%			
D	15%			
E	20%			

Fuente: Manobanda Santiago

Aislamiento Térmico.

En cuanto a la capacidad calorífica del material ensayado se obtuvo los siguientes datos.

Tabla 24. Datos para capacidad calorífica.

ENSAYO PARA DETERMINAR CAPACIDAD CALORÍFICA							
TIPO	BLOQUE	MASA DEL BLOQUE m1 (kg)	TEMPERATURA INICIAL DEL BLOQUE T1 (°C)	VOLUMEN DE AGUA (m3)	MASA DEL AGUA m2 (kg)	TEMPERATURA INICIAL DEL AGUA T2(°C)	TEMPERATURA DE EQUILIBRIO Teq (°C)
MUESTRA CONTROL 0%	A1	13.02	75.10	0.11664	116.64	26.30	28.90
	A2	13.09	75.10	0.11520	115.20	28.20	30.90
	A3	12.72	75.10	0.11520	115.20	29.20	31.80
MUESTRA 5% MADERA	B1	14.10	75.10	0.11952	119.52	20.30	22.50
	B2	14.71	75.10	0.11520	115.20	27.70	30.00
	B3	14.40	75.10	0.11952	119.52	21.50	23.80
MUESTRA 10% MADERA	C1	14.24	75.10	0.11664	116.64	26.00	28.30
	C2	14.28	75.10	0.11520	115.20	27.20	29.20
	C3	13.96	75.10	0.11664	116.64	24.50	26.40
MUESTRA 15% MADERA	D1	13.12	75.10	0.11952	119.52	22.90	24.50
	D2	13.55	75.10	0.12096	120.96	17.20	19.00
	D3	13.88	75.10	0.11664	116.64	24.30	26.10
MUESTRA 20% MADERA	E1	12.39	75.10	0.11952	119.52	22.50	24.10
	E2	12.89	75.10	0.12096	120.96	19.20	20.90
	E3	12.48	75.10	0.11952	119.52	21.50	22.80

Fuente: Manobanda Santiago

$$\left(\text{Capacidad calorífica } \frac{\text{julios}}{\text{c}^\circ\text{g}} \right) C = \frac{\Delta Q}{\Delta T * m} \quad \text{Ecuación 5.}$$

$$\left(\text{Variación de calor} \right) \Delta Q = C * m * \Delta T \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

C: Capacidad calorífica $\left(\frac{\text{julios}}{\text{c}^\circ\text{g}} \right)$.

ΔQ : Variación de calor (Julios).

ΔT : Variación de Temperatura (C° o K).

$$\text{EQUILIBRIO} \quad \text{Ecuación 7.}$$

$$-Q_1 = Q_2$$

$$-C_1 m_1 \Delta T_1 = C_2 m_2 \Delta T_2$$

$$-C_1 m_1 (T_{eq} - T_1) = C_2 m_2 (T_{eq} - T_2)$$

Donde:

Q_1 : Calor o energía en el cuerpo 1 (Bloque).

Q_2 : Calor o energía en el cuerpo 2 (Agua).

C_1 : Capacidad calorífica en el cuerpo 1 (Bloque).

C_2 : Capacidad calorífica en el cuerpo 2 (Agua).

m_1 : Masa del cuerpo 1 (Bloque).

m_2 : Masa del cuerpo 2 (Agua).

T_{eq} : Temperatura de equilibrio en ambos cuerpos (Bloque + Agua).

T_1 : Temperatura inicial del cuerpo 1 (Bloque).

T_2 : Temperatura inicial del cuerpo 2 (Agua).

Una vez calculada la capacidad calorífica obtenemos los siguientes resultados.

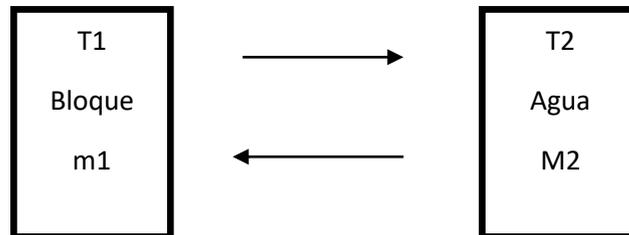


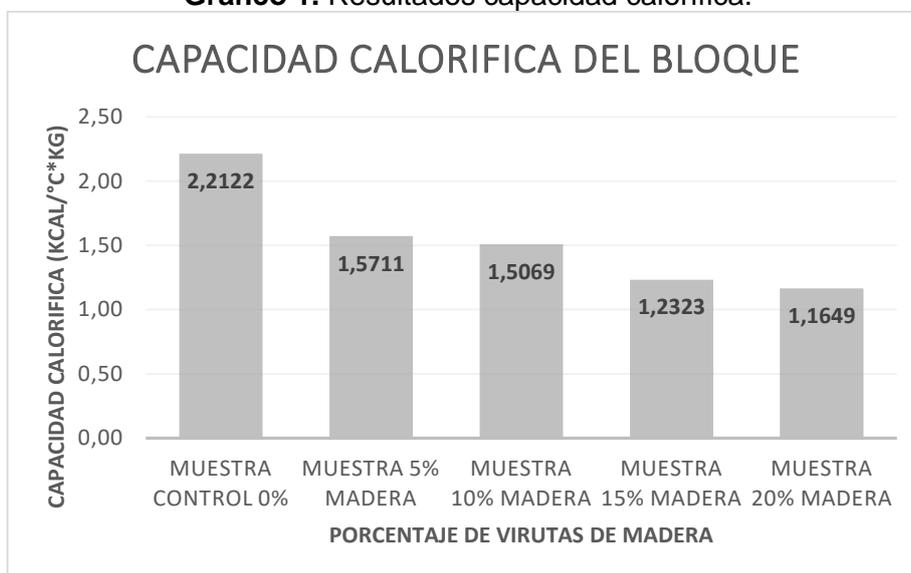
Tabla 25. Capacidad calorífica.

CAPACIDAD CALORÍFICA				
$-C_1m_1(T_{eq} - T_1) = C_2m_2(T_{eq} - T_2)$				
TIPO	BLOQUE	CAPACIDAD CALORÍFICA DEL AGUA C2 (julios/°Cg)	CAPACIDAD CALORÍFICA DEL BLOQUE C1 (julios/°Cg)	PROMEDIO CAPACIDAD CALORÍFICA (julios/°Cg)
MUESTRA CONTROL 0%	A1	4.186	2.11030	2.2122
	A2	4.186	2.25016	
	A3	4.186	2.27619	
MUESTRA 5% MADERA	B1	4.186	1.48458	1.5711
	B2	4.186	1.67133	
	B3	4.186	1.55735	
MUESTRA 10% MADERA	C1	4.186	1.68466	1.5069
	C2	4.186	1.47124	
	C3	4.186	1.36468	
MUESTRA 15% MADERA	D1	4.186	1.20571	1.2323
	D2	4.186	1.19908	
	D3	4.186	1.29199	
MUESTRA 20% MADERA	E1	4.186	1.26681	1.1649
	E2	4.186	1.23176	
	E3	4.186	0.99609	

Fuente: Manobanda Santiago.

Como resultado del ensayo se tiene la menor capacidad calorífica promedio para el lote con 20% de virutas de madera. Los valores obtenidos se encuentran reflejados en el siguiente gráfico.

Gráfico 1. Resultados capacidad calorífica.



Fuente: Manobanda Santiago

Para el cálculo de la conductividad térmica del material “ λ ” se obtuvieron los siguientes datos.

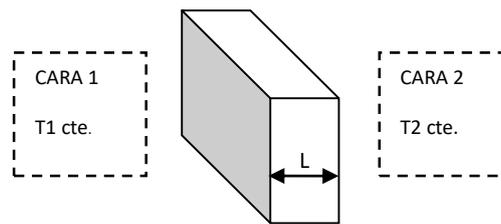
Tabla 26. Conductividad térmica datos obtenidos.

ENSAYO PARA DETERMINAR CONDUCTIVIDAD TERMICA						
TIPO	BLOQUE	MASA DEL BLOQUE (g)	TEMPERATURA INICIAL CARA 1 Ta (°C)	TIEMPO DE EXPOSICION (s)	TEMPERATURA FINAL CARA 1 T2 (°C)	AREA DE APLICACIÓN (m2)
MUESTRA CONTROL 0%	A1	13020.70	17.50	600	544.70	0.08
	A2	13091.20	17.00	600	544.10	0.08
	A3	12721.20	16.90	600	544.40	0.08
MUESTRA 5% MADERA	B1	14095.30	17.00	600	544.10	0.08
	B2	14714.30	17.00	600	544.50	0.08
	B3	14403.40	17.10	600	544.10	0.08
MUESTRA 10% MADERA	C1	14243.50	17.10	600	544.60	0.08
	C2	14281.90	17.20	600	539.70	0.08
	C3	13958.60	17.30	600	544.20	0.08
MUESTRA 15% MADERA	D1	13121.00	17.20	600	544.60	0.08
	D2	13548.80	17.30	600	526.80	0.08
	D3	13882.40	17.40	600	544.60	0.08
MUESTRA 20% MADERA	E1	12390.20	17.40	600	544.90	0.08
	E2	12893.30	17.50	600	544.80	0.08
	E3	12484.90	17.40	600	544.90	0.08

Fuente: Manobanda Santiago.

Para el presente ensayo se registraron valores de temperatura en el transcurso de los 600 segundos de aplicación del fuego directo, estos valores se encuentran detallados en el Anexo IV. Una vez depurados los datos se procedió a realizar los cálculos correspondientes para obtener el coeficiente de conductividad térmica, basado en la Ley de Fourier aplicado a estos especímenes y condiciones presentes en el ensayo obteniendo así los siguientes resultados.

LEY DE FOURIER APLICADA AL PRESENTE ENSAYO



Ecuación 8.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda * A * \frac{\Delta T_{caras}}{\Delta x}$$

$$\frac{C_B m_B \Delta T_B}{\Delta t} = \frac{\lambda * A}{\Delta x} * \Delta T_{caras}$$

$$\frac{C_B m_B (T_2(t) - T_A)}{\Delta t} = \frac{\lambda * A}{L} * (T_2(t) - T_1) \Delta t$$

Donde:

ΔQ : Variación de Calor o energía en el sistema (Julios).

Δt : Intervalo del tiempo de aplicación de fuego (s).

λ : Coeficiente de conductividad térmica (W/K*m).

A : Área de aplicación del fuego (m²).

L : Ancho del cuerpo (m).

C_B : Capacidad calorífica del bloque (Julios/°C*g).

m_B : Masa del bloque (g).

T_A : Temperatura ambiente (°C).

T_1 : Temperatura constante en la cara 1 (°C).

T_2 : Temperatura variable en la cara 2 (°C).

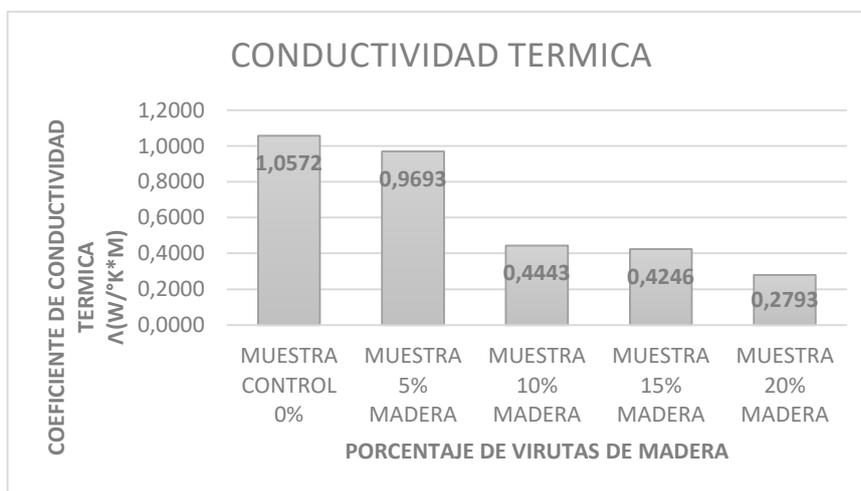
Tabla 27. Resultados conductividad térmica.

TIPO	BLOQUE	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda(w/^{\circ}K*m)$	PROMEDIO $\lambda(w/^{\circ}K*m)$
MUESTRA CONTROL 0%	A1	1.063445114	1.0572
	A2	0.882444766	
	A3	1.225626639	
MUESTRA 5% MADERA	B1	0.977556107	0.9693
	B2	1.002023683	
	B3	0.928395998	
MUESTRA 10% MADERA	C1	0.468627930	0.4443
	C2	0.472792196	
	C3	0.391551020	
MUESTRA 15% MADERA	D1	0.361383916	0.4246
	D2	0.593603552	
	D3	0.318910429	
MUESTRA 20% MADERA	E1	0.324430584	0.2793
	E2	0.283868298	
	E3	0.229652107	

Fuente: Manobanda Santiago

Los resultados de la Tabla 24 se encuentran registrados en el siguiente gráfico.

Gráfico 2. Resultados capacidad calorífica.



Fuente: Manobanda Santiago

Al analizar este gráfico se nota la tendencia de los resultados evidenciándose que el lote de menor conducción térmica es el de mayor proporción de viruta de madera, con un 20%. El ensayo de resistencia al fuego y aislamiento térmico se evidencia en el Anexo IV y V.

5.3 Análisis Económico y Social del proyecto.

5.3.1 Aspecto económico de los bloques con “CMC”

Una vez determinado el método de elaboración de bloques huecos de hormigón con agregado de virutas de madera y el procedimiento para el curado o mineralización de las virutas de madera, se procede a determinar los costos de un bloque tradicional y comparar con la correspondiente de los bloques con “CMC”.

Se realizó un análisis de precios unitarios basado en los valores de material de la zona, y los salarios mínimos sectoriales de enero 2022, obteniendo así el valor para cada uno de los lotes.

Tabla 28. APU-Bloque lote A

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro: Bloque hueco de hormigon vibrado pesado 40*20*15 cm					Hoja 1 de 5
Detalle:					Unidad: u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.0010
Mezcladora/Vibradora 4 bloques	1	30	30	0.0053	0.1600
Subtotal M					0.1610
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Albañil, EO D2	1	3.87	3.87	0.0018	0.0069
Peón, EO E2	2	3.83	3.83	0.0018	0.0136
Subtotal N					0.0205
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
POLVO DE PIEDRA	m3	0.00354	10	0.0354	
CHISPA	m3	0.00092	15	0.0138	
CEMENTO	Kg	0.83333	0.16	0.1333	
Subtotal O					0.1825
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.3640
INDIRECTOS 12 %					0.0437
UTILIDAD 5 %					0.0182
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.43
VALOR COMERCIAL					0.43

Fuente: Manobanda Santiago.

Para los bloques on “CMC” se toma en cuenta el valor de l transporte de la viruta de madera y el tratamiento de la misma, cuyo costo depende del cemento para la mineralización. También se toma en cuenta el porcentaje de material reducido en los agregados áridos.

Tabla 29. APU-Bloque lote B

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro: Bloque hueco de hormigon vibrado pesado 40*20*15 cm					Hoja 2 de 5
Detalle: Incluye agregado CMC					Unidad: u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.0010
Mezcladora/Vibradora 4 bloques	1	30	30	0.0053	0.1600
Subtotal M					0.1610
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Albañil, EO D2	1	3.87	3.87	0.0018	0.0069
Peón, EO E2	2	3.83	3.83	0.0018	0.0136
Subtotal N					0.0205
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
POLVO DE PIEDRA	m3	0.00336	10	0.0336	
CHISPA	m3	0.00087	15	0.0131	
CEMENTO (ELABORACION)	Kg	0.83333	0.16	0.1333	
CEMENTO (CURADO DE VIRUTAS)	Kg	0.00667	0.16	0.0011	
Subtotal O					0.1811
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
VIRUTA DE MADERA RECICLADA	m3-Km	0.00167	0.25	0.0004	
Subtotal P					0.0004
NOTA: 5% DE VIRUTA DE MADERA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.3630
	INDIRECTOS 12 %				0.0436
	UTILIDAD 5 %				0.0182
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.42
	VALOR COMERCIAL				0.42

Fuente: Manobanda Santiago.

Tabla 30. APU-Bloque lote C

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 3 de 5
Rubro:	Bloque hueco de hormigon vibrado pesado 40*20*15 cm				Unidad: u
Detalle:	Incluye agregado CMC				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.0010
Mezcladora/Vibradora 4 bloques	1	30	30	0.0053	0.1600
Subtotal M					0.1610
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Albañil, EO D2	1	3.87	3.87	0.0018	0.0069
Peón, EO E2	2	3.83	3.83	0.0018	0.0136
Subtotal N					0.0205
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
POLVO DE PIEDRA	m3	0.00319	10	0.0319	
CHISPA	m3	0.00083	15	0.0124	
CEMENTO (ELABORACION)	Kg	0.83333	0.16	0.1333	
CEMENTO (CURADO DE VIRUTAS)	Kg	0.00667	0.16	0.0011	
Subtotal O					0.1787
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
VIRUTA DE MADERA RECICLADA	m3-Km	0.00333	0.25	0.0008	
Subtotal P					0.0008
NOTA: 10% DE VIRUTA DE MADERA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.3610
	INDIRECTOS 12 %				0.0433
	UTILIDAD 5 %				0.0181
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.42
	VALOR COMERCIAL				0.42

Fuente: Manobanda Santiago.

Tabla 31. APU-Bloque lote D

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Hoja 4 de 5					
Rubro:	Bloque hueco de hormigon vibrado pesado 40*20*15 cm				Unidad: u
Detalle:	Incluye agregado CMC				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.0010
Mezcladora/Vibradora 4 bloques	1	30	30	0.0053	0.1600
Subtotal M					0.1610
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Albañil, EO D2	1	3.87	3.87	0.0018	0.0069
Peón, EO E2	2	3.83	3.83	0.0018	0.0136
Subtotal N					0.0205
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
POLVO DE PIEDRA	m3	0.00301	10	0.0301	
CHISPA	m3	0.00078	15	0.0117	
CEMENTO (ELABORACION)	Kg	0.83333	0.16	0.1333	
CEMENTO (CURADO DE VIRUTAS)	Kg	0.00667	0.16	0.0011	
Subtotal O					0.1762
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
VIRUTA DE MADERA REICLADA	m3-Km	0.0050	0.25	0.0013	
Subtotal P					0.0013
NOTA: 15% DE VIRUTA DE MADERA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.3590
	INDIRECTOS 12 %				0.0431
	UTILIDAD 5 %				0.0179
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.42
	VALOR COMERCIAL				0.42

Fuente: Manobanda Santiago.

Tabla 32. APU-Bloque lote E

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro: Bloque hueco de hormigon vibrado pesado 40*20*15 cm					Hoja 5 de 5
Detalle: Incluye agregado CMC					Unidad: u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.0010
Mezcladora/Vibradora 4 bloques	1	30	30	0.0053	0.1600
Subtotal M					0.1610
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Albañil, EO D2	1	3.87	3.87	0.0018	0.0069
Peón, EO E2	2	3.83	3.83	0.0018	0.0136
Subtotal N					0.0205
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
POLVO DE PIEDRA	m3	0.00283	10	0.0283	
CHISPA	m3	0.00073	15	0.0110	
CEMENTO (ELABORACION)	Kg	0.83333	0.16	0.1333	
CEMENTO (CURADO DE VIRUTAS)	Kg	0.00667	0.16	0.0011	
Subtotal O					0.1737
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
VIRUTA DE MADERA REICLADA	m3-Km	0.00667	0.25	0.0017	
Subtotal P					0.0017
NOTA: 20% DE VIRUTA DE MADERA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.3569
	INDIRECTOS 12 %				0.0428
	UTILIDAD 5 %				0.0178
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.42
	VALOR COMERCIAL				0.42

Fuente: Manobanda Santiago.

Además del análisis de precios unitarios se realizó un estudio de mercado en la zona con el cual se obtuvo valores similares al determinado en dicho análisis para el bloque tradicional clase B con medidas 40*20*15 cm.

Tabla 33. Precios de bloques clase B.

BLOQUERA	PRECIO POR UNIDAD
CONCRETE BLOK	\$ 0.43
BLOQUES DEL NORTE	\$ 0.44
BLOQUERA SNA ANTONIO	\$ 0.42
BLOQUERA MITAD DEL MUNDO	\$ 0.44
BLOQUERARUMICUCHO	\$ 0.42
PROMEDIO	\$ 0.43

Fuente: Manobanda Santiago.

Tabla 29. Resumen de costos de bloques.

LOTE	REDUCCIÓN DE AGREGADOS (%)	COSTO EN DÓLARES
A	0	\$ 0.43
B	5	\$ 0.42
C	10	\$ 0.42
D	15	\$ 0.42
E	20	\$ 0.42

Fuente: Manobanda Santiago.

5.3.2 Aspecto Social de los bloques con “CMC”

El fin de este proyecto consiste en reemplazar agregados áridos por virutas de madera, las cuales de otra manera representarían un costo por su traslado y eliminación. Con la fabricación de bloques huecos de hormigón con “CMC” se evita el gasto de los aserríos o carpinterías por la eliminación de este desperdicio como lo es el aserrín, y de la misma manera puede generar fuentes de empleo que se dedique netamente a la recolección y entrega de este material a las bloqueras.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Para el ensayo de dimensiones se determinó que ninguno de los ejemplares salió del margen de ± 3 mm permitido por la norma.

En cuanto a los aspectos visuales se determinó que a pesar del porcentaje de virutas de madera no tuvieron cambios de color o textura significativos.

El ensayo de absorción determinó que a medida que aumenta la proporción de virutas de madera el porcentaje de absorción también aumenta.

Los bloques con virutas de madera al poseer una granulometría similar a la de la arena generan un bloque más denso que el tradicional.

En los bloques con “CMC” a medida que aumenta la proporción de viruta de madera el bloque se vuelve menos denso.

Basado en el ensayo a compresión se concluye que a medida que el porcentaje de virutas de madera aumenta la resistencia del bloque disminuye.

En el lote E, con el 20% de virutas de madera, se obtuvo una resistencia menor a la estipulada en la norma y como resultado obtenemos un bloque clase C.

El lote B con un porcentaje de 5% de viruta de madera, se obtuvo una resistencia mayor en un 10% a la del bloque tradicional.

Para el ensayo de aislamiento acústico se determinó que mientras se aumenta el porcentaje de virutas de madera el aislamiento de la fuente y de ruido externo llegando a disminuir alrededor de dos decibeles en el lote E en comparación con el bloque tradicional.

En cuanto al ensayo de resistencia al fuego se determinó que a pesar del agregado de virutas de madera los bloques no presentaron ignición, ni un cambio de coloración significativo.

Para el aislamiento térmico se obtuvo una capacidad calorífica menor conforme aumenta la proporción de viruta de madera.

El coeficiente de conductividad térmica disminuye a medida que la proporción de viruta de madera aumenta, haciendo de estos bloques malos conductores térmico, y por lo tanto muy buenos aislantes.

En cuanto al aspecto económico los bloques con “CMC” presentan un valor menor al tradicional.

El aspecto social y ambiental del presente proyecto presenta una ayuda para generar fuentes de empleo y menorar la contaminación ambiental por los residuos reciclados.

De acuerdo con el análisis de los resultados la mejor opción en cuanto a los factores físicos y económicos es el lote D, es decir, con un reemplazo del 15% de viruta en lugar de agregados, ya que el costo de comercialización es de 0.42 dólares y mantiene la resistencia de 3.27 MPa para ser considerado un bloque clase B, además de poseer un mejor aislamiento térmico y acústico.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda ser minucioso en la selección de las virutas de madera y el tratamiento de las mismas.

Para la dosificación se recomienda disgregar las virutas de madera para evitar la formación de grumos y un incorrecto mezclado, esto aprovechando los tiempos muertos de los trabajadores para que no influya en el costo final del bloque. Teniendo en cuenta como tiempo muerto los momentos en los que los trabajadores esperan a que se completen ciertos procesos como el mezclado, vibrado y carga del material.

Para el ensayo a compresión es necesario seguir las recomendaciones dadas por la norma, para obtener resultados fiables.

En el ensayo de aislamiento acústico es necesario realizarlo en un lugar aislado donde el ruido ambiental es menor al ruido generado por la fuente.

Para el ensayo de aislamiento acústico se recomienda utilizar una fuente de ruido rosa debido a su naturaleza.

En el ensayo de resistencia al fuego y aislamiento térmico es recomendable generar las mismas condiciones para cada ejemplar y así obtener resultados confiables.

Se recomienda experimentar con distintos tipos de residuos de madera para ampliar el rango de este proyecto y poderlo replicar en otras zonas del país.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, H. (1982). *LA MADERA COMO AISLANTE TÉRMICO*. 0–4.
- Alvarez, L. (2005). Caracterización de morteros para revestimiento con polvo de piedra. *Revista de La Construcción*, ISSN-e 0717-7925, Vol. 4, Nº. 2, 2005, Págs. 30-37, 4(2), 30–37.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4204587&info=resumen&idioma=SPA>
- Beraldo, A. L., & Balzam, H. (2009). Compuestos no- estructurales de cementos comerciales y aserrín de maderas Argentinas. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 11(3), 233–250. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2009000300006>
- Brito, J., & Castro, S. (2017). *Influencia de la calidad de los agregados en la resistencia del hormigon*. 15.
- Castañeda Rodriguez, H. A., & Escalante Cotrina, M. S. (2020). Aprovechamiento Del Aserrín Para La Fabricación De Ladrillos Ecológicos, Y Lograr Su Próxima Aplicación En El Perú. *Tesis*, 1(1524887), 1–3.
<https://hdl.handle.net/20.500.12867/3336>
- Dupuy, J., Garrido, O., & Guerra, G. (2019). Cálculo de cantidad de residuos para generación de electricidad utilizando la gasificación de la madera; una solución para mitigar impactos ambientales. *Revista ECOVIDA*, 9(1), 39–46.
<https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/148/html>
- FAO. (1991). *Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales*.
<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/5431>
- Fregoso-Madueño, J. N., Goche-Télles, J. R., Rutiaga-Quiñones, J. G., González-Laredo, R. F., Bocanegra-Salazar, M., Chávez-Simental, J. A., Fregoso-Madueño, J. N., Goche-Télles, J. R., Rutiaga-Quiñones, J. G., González-Laredo, R. F., Bocanegra-Salazar, M., & Chávez-Simental, J. A. (2017). Usos alternativos de los desechos de la industria del aserrío. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 23(2), 243–260. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2016.06.040>
- Guevara, L., Reyes, P., & Bocanegra, L. (1993). *Evaluación de residuos de aserrío*. 5, 191–201.
- Moreno, R., & Cañizares, F. (2011). *Agregado Alternativo para Fabricación de bloques y Adoquines en base a Polítilen Tereftalato*. 197.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3968>

NTE INEN 152. (2010). *Cemento Portland*.

NTE INEN 3066. (2016). Adoquines De Hormigón. Requisitos Y Métodos De Ensayo. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 45.
file:///C:/Users/Alba/Downloads/nte_inen_3066.pdf

NTE INEN 872. (2011). Áridos Para Hormigón. Requisitos. NTE INEN 872. *Intituto Ecuatoriano de Normalizacion*, 16.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>

Sánchez, C. (2020). Diseño Experimental para Elaborar Bloques de Conglomerado Madera–Cemento. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 8, 28–37.

Sotomayor, J., Suárez, G., & Olguín, J. (2015). Efecto del tratamiento higo-térmico en las características acústicas de la madera de *Quercus scytophylla* Liebm. *Madera y Bosques*, 21(1), 139–156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61738656011>

Yoris, A., Quiroga, A., Citroni, J., & Rintoul, I. (2012). *Influencia de los tratamientos de mineralización de la madera en las propiedades mecánicas de los compuestos de madera-cemento*. December.

8 ANEXOS

ANEXO I

PROCESO DE ELABORACION DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGON CON FIBRAS MINERALIZADAS DE MADERA

Transporte de las fibras de madera



Eliminación del exceso de agua



Dosificación del polvo de piedra



Dosificación de chispa



Vertido de los áridos



Vertido del cemento



Vertido de agua



Vertido de fibras de madera



Vibrado en el molde



Salida del molde



Ubicación por lote



Disposición final para curado



Fuente: Manobanda Santiago

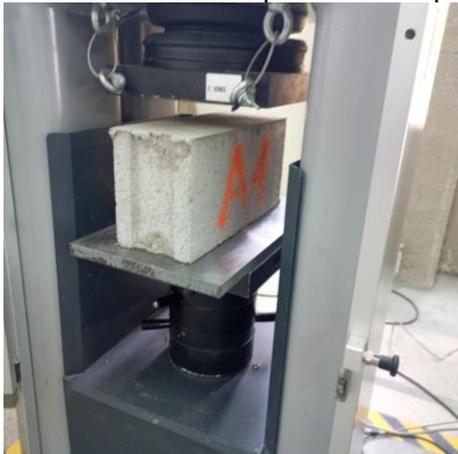
ANEXO II

ENSAYO A LA COMPRESIÓN SIMPLE

Refrentado en ambas caras del bloque.



Colocación del bloque en la máquina de compresión y aplicación de la carga.



Falla del bloque luego del ensayo.



Fuente: Manobanda Santiago

ANEXO III AISLAMIENTO ACÚSTICO

Medición de ruido sin aislamiento y ruido ambiental.



Montaje del cajón de bloque.



Aislamiento de la fuente y del ruido externo



Fuente: Manobanda Santiago y CICAM.

ANEXO IV

AISLAMIENTO TERMICO

Registro de temperaturas para capacidad calorífica.



Registro de temperatura para conductividad térmica.



Aplicación de fuego.



Fuente: Manobanda Santiago.

ANEXO V

VARIACION DE TEMPERATURA EN FUNCION DEL TIEMPO

(GUÍA PARA TABLA DE RESULTADOS)

VIRUTAS DE MADERA AL 0%					
L	0.15	m	BLOQUE		
A	0.08	m ²			
CB	2.110297938	julios/°C*g			
mB	13020.70	g			
TA	17.50	°C	A1		
T1	544.70	°C			
Δt	600.00	s			
$C_B * m_B (T_2 - T_A) = \frac{\lambda A}{L} (T_2 - T_1) t$					
t(s)	T2(°C)	T2(°K)	CB*mB(T2-TA)	(A/L)(T2-T1)t	λ (w/°K*m)
300	19.57	292.72	56809.84778	168042.4	0.338068534
301	19.56	292.71	56576.28855	168045.12	0.336673202
302	19.57	292.72	56809.84778	168042.4	0.338068534
303	19.57	292.72	56809.84778	168042.4	0.338068534
304	19.57	292.72	56809.84778	168042.4	0.338068534
305	19.57	292.72	56809.84778	168042.4	0.338068534
306	19.58	292.73	57040.65926	168039.712	0.339447495
307	19.58	292.73	57040.65926	168039.712	0.339447495
308	19.58	292.73	57040.65926	168039.712	0.339447495
309	19.58	292.73	57040.65926	168039.712	0.339447495
310	19.58	292.73	57274.21848	168036.992	0.340842917

Fuente Manobanda Santiago.

ANEXO VI

RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS AGREGADOS



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

INF. No. 22 - 401-I
Hoja 01 de 01

Quito, 27 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: ***
TIPO DE MUESTRA: INDICADO
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-25
NORMA: ASTM C128-15 / ASTM C127-15

RESULTADOS DEL ENSAYO					
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	DENSIDAD RELATIVA SECA	DENSIDAD RELATIVA S.S.S	DENSIDAD RELATIVA APARENTE	ABSORCIÓN DE AGUA (%)
003-I-01	POLVO DE PIEDRA	2.56	2.62	2.73	2.43
003-I-02	CHISPA	2.47	2.57	2.76	4.34

OBSERVACIÓN: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad. Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio. El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: LEMSUR



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

INF. No. 22-0400-I
Hoja 01 de 02

Quito, 22 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.

Contratante: ***

Contratista: ***

Fiscalizador: ***

MUESTRA: POLVO DE PIEDRA

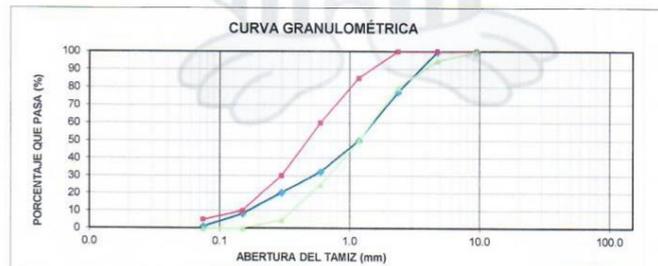
PROCEDENCIA: ***

FECHA DE ENSAYO: 2022-07-15

NORMA: ASTM C136M

TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.3	0.1	0.1	99.9
No. 8	2.360	225.2	22.5	22.7	77.3
No. 16	1.180	272.3	27.2	49.9	50.1
No. 30	0.600	177.3	17.7	67.6	32.4
No. 50	0.300	119.9	12.0	79.6	20.4
No. 100	0.150	119.2	11.9	91.6	8.4
No. 200	0.075	73.2	7.3	98.9	1.1
BANDEJA	-	11.1	1.1	100.0	0.0
TOTAL		999.5			

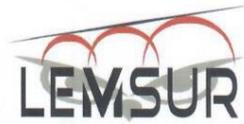
Observaciones: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones del Laboratorio.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

INF. No. 22-400-I
Hoja 02 de 02

Quito, 22 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

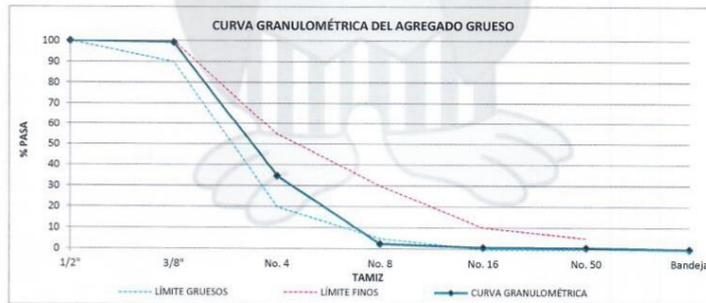
DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.

Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
MUESTRA: CHISPA
PROCEDENCIA: ***
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-15
NORMA: ASTM C136/C136M-14

PESO INICIAL (g)		1000,00	Número de Tamaño		89
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1/2"	12,50	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,50	7,1	0,7	0,7	99,3
No. 4	4,75	644,7	64,5	65,2	34,8
No. 8	2,36	323,5	32,4	97,6	2,4
No. 16	1,18	15,8	1,6	99,2	0,8
No. 50	0,30	1,5	0,2	99,3	0,7
Bandeja	-	6,9	0,7	100,0	0,0
TOTAL		999,5	M. FINURA	4,62	

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad. Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los items ensayados bajo las condiciones del Laboratorio. El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609



DENSIDAD APARENTE

INF. No. 22 - 402- I
Hoja 01 de 01

Quito, 27 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.

Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: ***
TIPO DE MUESTRA: INDICADO
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-15
NORMA: ASTM C29

DENSIDAD APARENTE AGREGADOS					
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA SUELTA		MUESTRA COMPACTADA	
		DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)
22-001-I	CHISPA	1361	45	1510	39
22-002-I	POLVO DE PIEDRA	1464	43	1660	35

OBSERVACIÓN: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los items ensayados bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609

ANEXO VII RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS BLOQUES



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



COMPRESION DE MAMPOSTERIA

INF. No. 22 - 0399-I
Hoja 01 de 02

Quito, 22 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.

Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
FECHA DE FÁBRICA: 2022-06-14
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-20
EDAD: 36
NORMA: NTE INEN 3066:2016

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ÁREA		CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
					NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO (MPa)	BRUTO (MPa)	
1	A1	15,0	40,0	20,1	369,5	598,7	261,4	7,1	4,4	CLASE B
2	A4	15,0	40,0	20,2	367,1	600,5	238,5	6,5	4,0	
3	A5	15,2	40,2	20,2	366,5	610,5	266,7	7,3	4,4	
PROMEDIO BLOQUE		15,1	40,1	20,2	367,7	603,2	255,5	7,0	4,3	

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ÁREA		CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
					NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO (MPa)	BRUTO (MPa)	
1	B1	15,1	40,1	20,4	364,1	604,2	251,9	6,8	4,2	CLASE B
2	B4	15,0	40,0	20,0	371,4	600,0	278,8	7,5	4,6	
3	B5	15,0	40,0	20,0	370,8	600,0	291,2	7,9	4,9	
PROMEDIO BLOQUE		15,0	40,0	20,1	368,7	601,4	274,0	7,4	4,6	

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ÁREA		CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
					NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO (MPa)	BRUTO (MPa)	
1	C1	15,0	40,0	20,0	370,8	599,2	207,2	5,6	3,5	CLASE B
2	C3	15,0	40,0	20,1	388,3	600,0	190,6	5,2	3,2	
3	C5	15,1	40,2	20,2	367,1	607,9	234,0	6,4	3,8	
PROMEDIO BLOQUE		15,0	40,1	20,1	366,7	602,3	210,6	5,7	3,5	

OBSERVACIONES : La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y edad, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR. La clasificación se realizó en base a la tabla 6 de la norma INEN 3066.



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609

BQR77-003-I

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: LEMSUR



COMPRESION DE MAMPOSTERIA

INF. No. 22 - 0399-I
Hoja 02 de 02

Quito, 22 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.

Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
FECHA DE FÁBRICA: 2022-06-14
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-20
EDAD: 36
NORMA: NTE INEN 3066:2016

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ÁREA		CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
					NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO (MPa)	BRUTO (MPa)	
1	D2	15,0	40,1	20,0	365,9	600,2	192,2	5,3	3,2	CLASE B
2	D3	15,0	40,1	19,8	370,2	600,7	197,3	5,3	3,3	
3	D4	15,0	40,1	19,8	369,6	601,0	197,3	5,3	3,3	
PROMEDIO BLOQUE		15,0	40,1	19,9	368,6	600,6	195,6	5,3	3,3	

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ÁREA		CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
					NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO (MPa)	BRUTO (MPa)	
1	E1	14,9	40,1	20,2	363,5	598,3	142,7	3,9	2,4	CLASE C
2	E3	15,0	40,0	19,6	374,0	598,7	103,9	2,8	1,7	
3	E4	15,1	40,0	20,0	365,9	602,2	104,1	2,8	1,7	
PROMEDIO BLOQUE		15,0	40,0	19,9	367,8	599,7	116,9	3,2	1,9	

OBSERVACIONES : La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y edad, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los items ensayados bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR. La clasificación se realizó en base a la tabla 6 de la norma INEN 3066.



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



ABSORCIÓN DE MAMPOSTERÍA

INF. No. 22 - 0397-I
Hoja 01 de 01

Quito, 21 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: SANTIAGO LEONEL MANOBANDA RECALDE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0962750545

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BLOQUES FABRICADOS CON COMPUESTO MADERA - CEMENTO CMC, EN COMPARACIÓN CON LOS BLOQUES TRADICIONALES NORMADOS.
Contratista: ***
Fiscalizador: ***

FECHA DE FÁBRICA: 2022-06-14
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-20
EDAD: 36 DÍAS
NORMA: INEN 3066

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA INICIAL (kg)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)	ÁREA NETA PROMEDIO (cm ²)
1	A6	15.10	40.00	20.00	12.74	13.84	6.88	12.51	11.45	1.82	1765.79	354.20
2	A7	15.00	40.00	20.00	12.75	14.04	5.96	12.46	12.71	2.39	1541.71	404.63
3	A8	14.90	40.00	20.00	13.00	14.09	7.01	12.79	10.22	1.71	1805.37	353.54
PROMEDIO					12.83	14.02	6.61	12.58	11.46	1.97	1704.29	370.79

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA INICIAL (kg)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)	ÁREA NETA PROMEDIO (cm ²)
1	B6	15.00	40.00	20.00	14.35	15.28	6.24	14.11	8.24	1.70	2004.64	352.00
2	B7	15.10	40.20	20.00	15.19	15.88	8.73	14.71	7.96	3.22	2055.99	357.83
3	B8	15.00	40.10	20.00	14.76	15.65	8.51	14.40	8.71	2.51	2017.41	356.20
PROMEDIO					14.77	15.60	8.49	14.41	8.30	2.48	2026.01	355.34

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA INICIAL (kg)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)	ÁREA NETA PROMEDIO (cm ²)
1	C6	15.10	40.00	20.00	14.44	15.58	6.40	14.23	9.51	1.48	1980.33	359.26
2	C7	15.10	40.00	20.10	14.53	15.56	8.39	14.27	9.11	1.85	1989.24	357.38
3	C8	15.10	40.10	20.10	14.33	15.34	8.14	13.95	9.92	2.73	1939.11	357.98
PROMEDIO					14.43	15.49	8.31	14.15	9.51	2.02	1969.56	358.21

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA INICIAL (kg)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)	ÁREA NETA PROMEDIO (cm ²)
1	D6	15.00	40.10	20.00	13.44	14.81	7.54	13.12	12.84	2.42	1806.67	362.56
2	D7	15.00	40.00	19.90	13.79	15.17	7.92	13.59	11.59	1.48	1874.72	363.88
3	D8	15.10	40.10	20.00	14.16	15.59	8.11	13.89	12.17	1.92	1857.58	373.38
PROMEDIO					13.80	15.19	7.86	13.54	12.20	1.94	1846.32	366.54

No.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA INICIAL (kg)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)	ÁREA NETA PROMEDIO (cm ²)
1	E6	15.00	40.00	20.00	12.75	14.07	7.07	12.51	12.45	1.87	1787.91	349.38
2	E7	15.10	40.00	20.00	13.21	14.73	7.43	12.92	13.97	2.26	1770.50	364.88
3	E8	15.00	40.00	20.20	12.82	14.29	7.12	12.51	14.22	2.42	1744.92	355.63
PROMEDIO					12.83	14.36	7.21	12.65	13.55	2.18	1767.76	356.63

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, edad y descripción de muestra, involucra su total responsabilidad. Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones en las que se recibieron. El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.



ING. MERCEDES VILLAGRIS
Jefe de Laboratorio



Tel.: 2976300
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: LEMSUR.

ANEXO VIII FORMATO DE ENCUESTA A ASERRÍOS

ENCUESTA SOBRE RESIDUOS DE MADERA EN ASERRÍOS

1) ¿Cuáles son los tipos de madera que Ud. más utiliza?

a) _____ b) _____ c) _____

2) ¿En qué es usada su madera principalmente?

a) _____ b) _____ c) _____

3) ¿Cuánto genera en residuos de madera al mes por realizar su trabajo?

a) _____

4) Clasifique el tipo de residuo y porcentaje generado por actividad realizada para entregar un producto final.

ACTIVIDAD	TIPO	%RESIDUO
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

5) ¿Cuál es el destino de este residuo generado?

a) _____ b) _____ c) _____

6) ¿Percibe algún beneficio económico por el manejo de este residuo?

a) SI b) NO

7) ¿Paga Ud. por la gestión de este residuo?

a) SI b) NO

8) ¿Qué le parece aportar al sector de la construcción con la gestión de estos residuos?

a) Mal b) Más o menos c) bien

9) ¿Cree Ud. que reusar el residuo generado en aserríos cause un impacto positivo en el medio ambiente?

a) Si b) No c) No estoy seguro

10) ¿Estaría dispuesto /a ha clasificar sus desperdicios de madera y así obtener un beneficio por la venta del mismo?

a) Si b) No c) Tal vez

NOMBRE: _____