



Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

Evaluación térmica y acústica de un panel en base al alga *Durvillaea antártica*

Por

Karla Andrea Ponce Rivera

Tesis para optar al Grado de Licenciado en
Ciencias de la construcción y/o al Título de
Ingeniero Constructor

Profesor Guía: Alberto Moya Arredondo

Diciembre, 2018

Agradecimientos

Agradezco a la vida, por permitir cumplir mis metas y anhelos.

A mis padres, por su confianza, por no perder la esperanza, por permitir salir de casa con rumbo a esta aventura y nunca cortar mis alas.

Agradecer a mi abuela, mi abu, ella fue la que siempre tubo fe en mí, la que nunca dejo de apostar por su negrita, la que le rezaba a todos sus santitos para que me protegieran y aprobara todos los ramos, espero que la vida nos de muchos años juntas para que ahora disfrutemos como corresponde.

A mis hermanos y mi madre, misión cumplida mamá, ya tienes a tus tres hijos profesionales, gracias por tus valores y coraje, eres mi mejor ejemplo de mujer a seguir, tengo lo trabajólica y luchadora en mis genes gracias a ti.

A mis amigos y compañeros, que estuvieron a lo largo de todo este proceso, gracias por su apoyo, por las alegrías, penas y rabias. En especial a mi quedísima amiga Katia Basaure junto a su familia, que me acogieron en el ultimo año de esta gran aventura, dándome su apoyo y fuerza cuando mas lo necesite, cuando las ganas de flaquear eran muy grandes, ellos estuvieron ahí, con su cariño y sonrisa. Amiga mía gran parte de este logro te lo debo a ti y al Rocco, sin su amor no hubiera sido lo mismo.

Gracias a todos mis profesores, por entregarme todos sus conocimientos y ayuda, valoro mucho la paciencia que tuvieron conmigo. En especial a mi Profesor Guía Alberto Moya, por los mil y un llamados y visitas en su oficina, gracias por permitir terminar este proceso de su mano.

INDICE

Agradecimientos	2
Lista de Figuras	6
Lista de tablas	7
Resumen	8
Abstract	9
Capítulo 1. Antecedentes Generales	10
1.1 Introducción	11
1.2 Objetivos de la Investigación	12
1.2.1 Objetivo general	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 Hipótesis	12
1.4 Alcances de la investigación	13
1.5 Estructura de la Investigación	14
Capítulo 2. Marco Teórico	16
2.1 Generalidades	17
2.2 Ventajas del ahorro energético	18
2.3 Aislación térmica	18
2.4 Poliestireno expandido	19
2.5 Aislantes con fibras vegetales	19
2.5.1 Las algas	20
2.6 Utilización de las algas como aislante en construcciones	21
2.6.2 Otros usos de las algas en construcción	24
2.7 <i>Durvillaea antártica</i>	26
2.7.1 Estudio de las propiedades físicas del cochayuyo	28
2.8 Transferencia de calor	30
2.8.1 Transferencia por Conducción	31
2.8.2 Transferencia por Convección	31
2.8.3 Transferencia por Radiación	32
2.9 Confort térmico	33
2.10 Aislación acústica	33
2.11 El Sonido	33

2.11.1 Características del sonido	34
2.12 El Ruido.....	35
2.12.1 Características del Ruido (Ocampo,2010)	35
2.12.2 Tipos de ruido (Sanguineti,2000)	37
Capítulo 3. Metodología de la Investigación.....	38
3.1 Generalidades	39
3.2 Etapa de recolección de materiales	39
3.3 Configuración de los prototipos.....	40
3.4 Metodología de los ensayos.....	48
3.4.1 Ensayo Aislación Térmica	48
3.4.2 Ensayo aislación acústica	51
Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados	53
4.1. Generalidades.....	54
4.2 Densidad Aparente de las probetas	54
4.3 Ensayo de aislación térmica.....	55
4.4 Resultados ensayos térmicos	56
4.4.1 Resultados térmicos panel patrón	56
4.4.2 Resultados térmicos panel tipo A	57
4.4.3 Resultados térmicos panel tipo B	58
4.4.4 Resultados térmicos panel tipo C	59
4.5 Resumen y análisis de resultados térmicos	60
4.6 Resultados ensayos acústicos	62
4.6.1 Resultados acústicos panel patrón	64
4.6.2 Resultados acústicos panel tipo A	66
4.6.2 Resultados acústicos panel tipo B	68
4.6.3 Resultados acústicos panel tipo C	70
4.7 Resumen y análisis de resultados acústicos	72
4.8 Estudio de costos.....	76
4.8.1 Análisis de materiales panel patrón	77
4.8.2 Análisis de materiales panel tipo A	77
4.8.3 Análisis de materiales panel tipo B	78
4.8.4 Análisis de materiales panel tipo C	78
4.9 Análisis de resultados	80

4.9.1 Análisis de densidades	81
4.9.2 Análisis de resultados térmicos	83
4.9.3 Análisis de resultados acústicos.....	85
4.9.4 Análisis de costos	86
4.10 Análisis de desempeño.....	87
Capítulo 5. Conclusiones y propuestas de futuras investigaciones	89
5.1 Conclusiones	90
5.2 Futuras investigaciones	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	93
ANEXOS.....	97

Lista de Figuras

Figura 2.1 Cubiertas en Ibiza.....	18
Figura 2.2 <i>Posidonia oceánica</i>	19
Figura 2.3 Placa <i>Posidonia oceánica</i>	19
Figura 2.4 Cubierta Modern Seaweed House.....	20
Figura 2.5 Paneles de vidrio con alga en su interior.....	22
Figura 2.6- Ladrillos con fibras de algas.....	23
Figura 2.7 Corte transversa <i>Durvillaea antártica</i>	24
Figura 2.8 Transferencia de calor.....	27
Figura 2.9 Conducción.....	28
Figura 2.10 Convección.....	28
Figura 2.11 Radiación.....	29
Figura 2.12 Clasificación de los sonidos según su frecuencia.....	32
Figura 2.13 Decibeles producidos por cada tipo de Ruido.....	33
Figura 3.1 Lugar recolección <i>Durvillaea antártica</i>	36
Figura 3.2 Estructura y revestimiento paneles.....	37
Figura 3.3 Lavado del alga.....	38
Figura 3.4 Alga lavada y cortada.....	39
Figura 3.5- Panel poliestireno expandido.....	41
Figura 3.6 Primera capa prototipo A.....	42
Figura 3.7 Segunda capa prototipo A.....	42
Figura 3.8 Panel tipo B.....	43
Figura 3.9 Panel tipo C.....	43
Figura 3.10 Revestimiento paneles.....	44
Figura 3.11 Cámara térmica.....	46
Figura 3.12 Instrumento de medición Xplorer GLX.....	47
Figura 3.13 Esquema cámara, medición acústica.....	48
Figura 3.14 Instrumento de medición Xplorer GLX.....	49
Figura 4.1 Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel poliestireno expandido.....	53
Figura 4.2 Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel tipo A.....	54
Figura 4.3 Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel tipo B.....	55
Figura 4.4 Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel tipo C.....	56
Figura 4.5 Comparación diferenciales térmicos.....	58
Figura 4.6: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel poliestireno expandido.....	62
Figura 4.7: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel tipo A.....	64
Figura 4.8: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel tipo B.....	66
Figura 4.9: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel tipo C.....	68
Figura 4.10: Resumen de aislación acústica de los tipos de paneles ensayados.....	71
Figura 4.11 Grafico análisis de desempeño.....	86

Lista de tablas

Tabla 2.1- Humedad <i>Durvillaea antártica</i>	25
Tabla 2.2-Densidad <i>Durvillaea antártica</i>	26
Tabla 2.3 Clasificación de los sonidos en decibeles.....	33
Tabla 3.1 Dimensiones paneles	39
Tabla 3.2 Cantidad de paneles.....	40
Tabla 4.1 Densidades aparentes elementos propuestos.....	51
Tabla 4.2 Densidades aparentes alga <i>Durvillaea antártica</i>	51
Tabla 4.3 Clasificación de temperaturas de medición.....	52
Tabla 4.8 Resumen diferenciales térmicos	57
Tabla 4.9 Ensayo acústico campo libre.....	59
Tabla 4.10 Ensayo acústico poliestireno expandido.....	61
Tabla 4.11 Ensayo acústico panel tipo A.....	63
Tabla 4.12 Ensayo acústico panel tipo B.....	65
Tabla 4.13 Ensayo acústico panel tipo C.....	67
Tabla 4.14 Aislación acústica de los distintos paneles ensayados.....	69
Tabla 4.15 Aislación acústica frecuencias altas.....	73
Tabla 4.16 Descripción elementos de cada panel.....	74
Tabla 4.17 Costo de materiales.....	74
Tabla 4.18 Costo materiales (\$/m ²) Panel patrón.....	75
Tabla 4.19 Costo materiales (\$/m ²) Panel tipo A.....	75
Tabla 4.20 Costo materiales (\$/m ²) Panel tipo B.....	76
Tabla 4.21 Costo materiales (\$/m ²) Panel tipo C.....	76
Tabla 4.22 Resumen costo materiales de los paneles.....	77
Tabla 4.23 Resumen final de los resultados.....	79
Tabla 4.24 Resumen Densidad aparente elementos propuestos.....	79
Tabla 4.25 Resumen Densidad aparente Material Aislante.....	79
Tabla 4.26 Densidad aparente Materiales	79
Tabla 4.27 Calificación Densidades	80
Tabla 4.28 Evaluación Densidades	80
Tabla 4.29 Resistencia térmica paneles propuestos.....	81
Tabla 4.30 Resistencia térmica paneles propuestos	81
Tabla 4.31 Calificación Resistencia térmica	81
Tabla 4.32 Evaluación térmica	82
Tabla 4.33 Calificaciones Aislación acústica	83
Tabla 4.34 Evaluación acústica Paneles ensayados	83
Tabla 4.35 Resumen costo material aislante de los paneles.....	84
Tabla 4.36 Calificaciones Costo material aislante.....	84
Tabla 4.37 Evaluación de costos material aislante.....	84
Tabla 4.38 Tabla escala de desempeño.....	85

Resumen

Nos situamos en una sociedad en la que cada día se incrementa el uso de energías no renovables, se aumentan los niveles de contaminación y se produce un abuso sobre los recursos que poseemos.

Para mitigar estos problemas se planteó el estudio de un panel aislante compuesto con el alga *Durvillaea antártica*, permitiendo la utilización de este recurso natural como un aislante termo-acústico.

El objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento del alga *Durvillaea antártica* como material aislante, determinando sus propiedades térmicas y acústicas, obteniendo una nueva alternativa de aislación natural siendo amigable con el medio ambiente, enfocándose en la autoconstrucción artesanal, sólo utilizando el alga encontrada en las orillas de las costas de la Quinta Región, disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono en su proceso de fabricación.

Al comenzar esta investigación, se realizó un estudio bibliográfico, continuando con el diseño y confección de tres prototipos diferentes, que posteriormente fueron ensayados en los laboratorios docentes de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso, mediante procedimientos indicados por la normativa correspondiente.

Concluidos los ensayos y obtenidos los datos, se determinó que los elementos propuestos presentan propiedades termo-acústicas, superando en un 14% el diferencial térmico final obtenido por el poliestireno expandido, el cual fue nuestro patrón de comparación en esta investigación, aceptando el panel propuesto como aislante térmico.

En cuanto a los resultados acústicos los paneles propuestos lograron una buena aislación acústica principalmente en las frecuencias medias altas (sonidos agudos) en comparación al panel patrón, lo que permite su utilización en autopistas o zonas industriales donde se producen estas frecuencias.

Palabras claves: *Durvillaea antártica*-aislación térmica-aislación acústica

Abstract

We are in a society in which every day the use of non-renewable energies increases, the levels of pollution are increased and the resources we possess are abused.

To mitigate these problems was raised the study of an insulating panel composed of the alga *Durvillaea Antarctica*, allowing the use of this natural resource as a thermo-acoustic insulator.

The objective of this research is to evaluate the behavior of the alga *Durvillaea Antarctica* as insulating material, determining its thermal and acoustic properties, obtaining a new alternative of natural isolation being friendly with the environment, Focusing on artisanal self-construction, using only the algae found on the shores of the fifth region, reducing carbon dioxide emissions in its manufacturing process.

At the beginning of this research, a bibliographical study was carried out, continuing with the design and preparation of three different prototypes, which were subsequently tested in the teaching laboratories of the school of Civil Construction of the University of Valparaiso, by means of procedures indicated by the corresponding regulations.

Once the tests were completed and the data obtained, it was determined that the proposed elements present thermo-acoustic properties, surpassing by 14% The final thermal differential obtained by the expanded polystyrene, which was our standard of comparison in this Investigation, accepting the proposed panel as thermal insulator.

As for the acoustic results, the proposed panels achieved a good acoustic isolation mainly in the high medium frequencies (treble sounds) compared to the standard panel, which allows its use in motorways or industrial areas where They produce these frequencies.

Keywords: *Durvillaea antárctica* -Thermal insulation-acoustic insulation

Capítulo 1. Antecedentes Generales

1.1 Introducción

Uno de los principales problemas de una vivienda con una inadecuada aislación, es la pérdida de energía que afecta al confort habitacional, incurriendo en gastos para climatizar la vivienda, generando la imprescindible necesidad de incorporar a la vivienda las estrategias pasivas y las nuevas técnicas activas orientadas al ahorro, la eficiencia y la mejora del confort doméstico (Cárdenas, 2012).

En la actualidad debido a los cambios climáticos y la crisis energética, se observa la necesidad de construir viviendas eficientes energéticamente, produciendo una disminución en el consumo de combustibles y energías necesarias para mantener las condiciones del hogar. En Chile, las edificaciones gastan el 22 % del total de la energía consumida en el país, de esto se utiliza un 56 % para calefacción, lo que equivale a un 12 % del consumo nacional de energía (Blender, 2012). La principal fuente de energía para la calefacción residencial es la leña, pero en las ciudades predominan la parafina, el gas licuado y la energía eléctrica (Romero, 2011).

Otro factor importante que afecta al confort habitacional es el ruido, “aquella emisión de energía originada por un conjunto de fenómenos vibratorios aéreos que, percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias o lesiones de oído”. En cualquier caso, todas las definiciones se agrupan en torno a sonido desagradable, sonido no deseado, sonido perjudicial (Caru, 2007).

Una adecuada aislación térmica y acústica tiene un rol fundamental para conseguir eficiencia energética, la base para realizar una edificación sostenible es el material que impide que la energía que se crea en el interior de una vivienda se escape a través de su envolvente. Es la forma de crear confort térmico en el interior haciendo que la vivienda ahorre energía (González, 2011).

La tendencia actual es buscar nuevos productos que necesiten poca energía en su proceso de fabricación y que respeten la naturaleza (Yáñez, 2008). Por ende, se deben encontrar diversas soluciones que vayan reduciendo el impacto que resulta de los consumos excesivos de energía, incrementando la sustentabilidad y construyendo un hábitat con los requerimientos de los usuarios.

De esta inquietud se generan nuevas opciones de proporcionar confort doméstico de la mano de la eficiencia energética, nace el presente estudio, en el que se plantea el uso de un elemento aislante de origen vegetal, fabricado con el alga *Durvillaea antártica*, donde sus frondas están formadas por cavidades llenas de aire, separadas por tabiques.

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar las propiedades térmicas y acústicas de un elemento aislante elaborado con el alga *Durvillaea antártica*.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades térmicas del elemento fabricado con el alga *Durvillaea antártica*.
- Determinar las propiedades acústicas del elemento fabricado con el alga *Durvillaea antártica*.
- Determinar la mejor configuración de los elementos propuestos.

1.3 Hipótesis

El elemento propuesto en base al alga *Durvillaea antártica* presentará mejores propiedades térmicas y acústicas que el modelo de comparación de poliestireno expandido de 40 mm.

1.4 Alcances de la investigación

- Se estudiará el alga *Durvillaea antártica* sólo como un material aislante térmico y acústico.
- El alga fue recolectada en la región de Valparaíso.
- El estudio se realizó durante el año 2017 en las dependencias de los laboratorios docentes de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso, ubicados en Playa Ancha.
- La investigación se enfoca en la autoconstrucción de paneles de *Durvillaea antártica* en zonas costeras de la Región de Valparaíso.

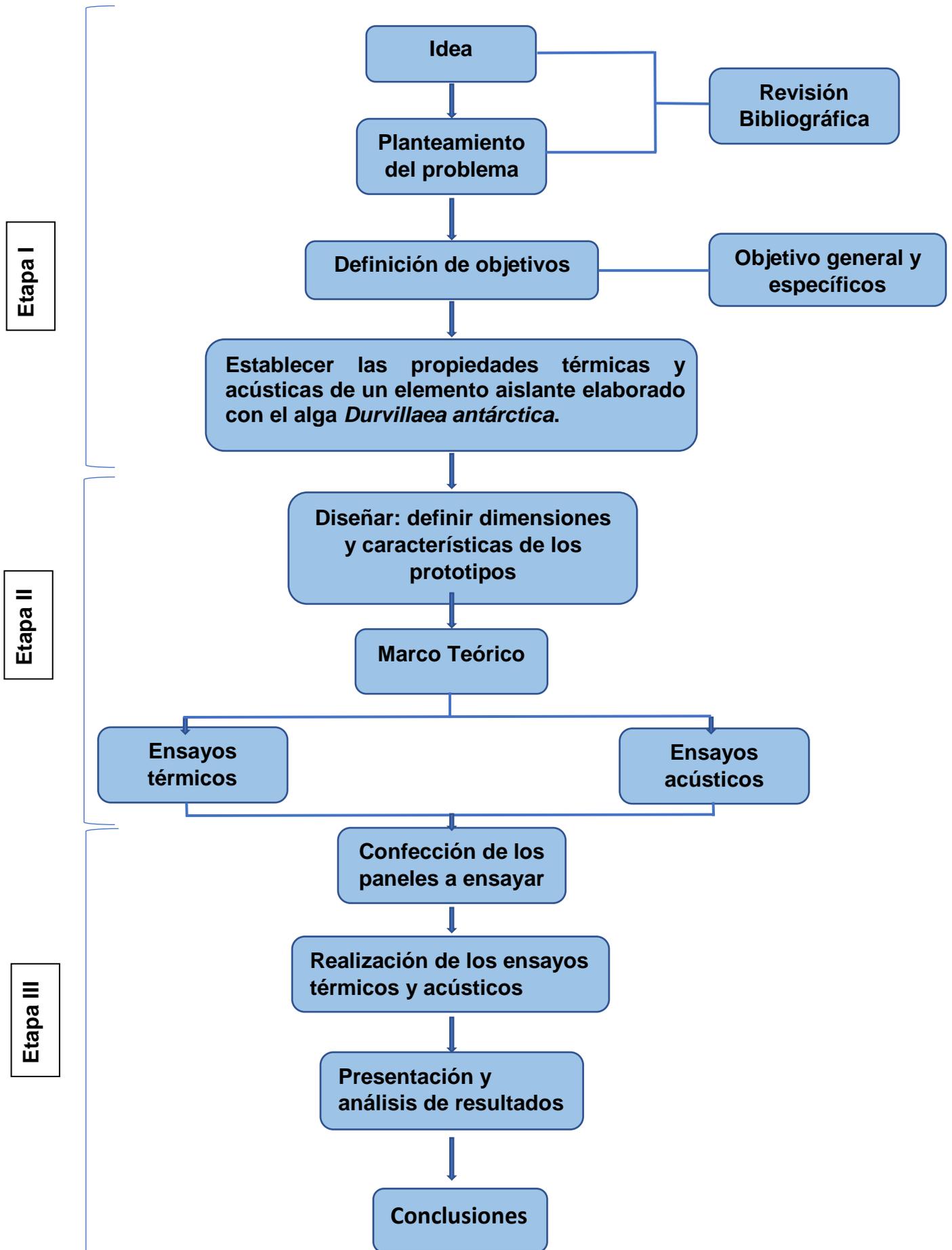
1.5 Estructura de la Investigación

El desarrollo de esta investigación comenzó con la revisión bibliográfica de los temas de interés, en revistas científicas, artículos, investigaciones y estudios.

Se plantearon objetivos generales y específicos, dejando detallados los alcances de la investigación.

Se planificó una metodología de trabajo, la cual describe detalladamente los pasos y etapas a seguir en la investigación, la cual comenzó con la recolección de materiales que servirán como materia prima para la elaboración de los elementos propuestos, realizando el diseño, estableciendo las características y dimensiones de cada uno, para finalmente realizar su confección.

Se realizaron los ensayos mediante procedimientos establecidos por norma, analizando las propiedades térmicas y acústicas del elemento, interpretando los datos y resultados obtenidos mediante expresiones gráficas, para desarrollar conclusiones y nuevas propuestas para futuras investigaciones.



Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Generalidades

Una buena aislación térmica y acústica en una vivienda mejora la calidad de vida de sus moradores generando un ambiente propicio y confortable dentro de ella, esta sensación de satisfacción es lo que se denomina confort. Un hogar con una buena barrera contra el calor, el frío y los ruidos, será siempre más confortable y consumirá menos energía, todo esto sumado a otros factores como una adecuada iluminación, hace que tengamos una vivienda energéticamente eficiente, presentando beneficios como la disminución económica del gasto en combustibles y energías para mantener las condiciones de temperaturas adecuadas dentro del hogar, mejorando notoriamente la calidad de vida de sus habitantes.

Según el estudio “Radiografía del consumidor de energía chileno”, realizado por la consultora Collect GFK, los hogares del país incrementan su gasto en energía en los meses de invierno un 55% respecto al resto de los meses del año, debido a las bajas temperaturas, se señala que el gasto de los hogares en energía y combustibles promedia unos \$ 52.542 en invierno, frente a los \$ 33.847 en los restantes meses del año (De Lucca, 2013), en general parte importante de estos gastos tienen por causa, un aislamiento deficiente que lleva a que la vivienda requiera un porcentaje mayor de recursos para mantener las condiciones interiores en épocas frías y calurosas.

En la actualidad las viviendas de nuestro país, especialmente las de carácter social como también viviendas antiguas presentan malas condiciones de aislación térmica y acústica. Diversos estudios han reflejado la precaria eficiencia energética de estas viviendas. Las pérdidas de energía que presentan las viviendas, según la publicación realizada por la revista EMB construcción en el año 2007, se pueden clasificar de la siguiente manera: un 57% de las pérdidas de energía de una vivienda se producen por cielos y techos, un 26% por muros y un 17% restante se pierde entre pisos, ventanas y puertas exteriores.

2.2 Ventajas del ahorro energético

La eficiencia energética corresponde a las acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, significa hacer más con menos, el uso eficiente de la energía en una vivienda tiene beneficios directos sobre las personas que las habitan, los que se traducen en un ahorro mensual de dinero en el pago de las cuentas del gas y la electricidad, las que cada vez tienen un costo más elevado.

Según datos de la OCDE el precio de la energía en Chile en los últimos 15 años ha sufrido un alza que alcanza el 365% (pasando de 55,1 \$US/MWh en el año 1998 a 256,4 \$US/MWh en el año 2012). El sector residencial tiene una importante participación en el consumo de energía actual con un 21% del consumo total país, (Correa, 2013).

2.3 Aislación térmica

Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción a través de ellos. La medida de la resistencia térmica se expresa, en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en $W/m^2 \cdot K$. Se considera material aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica: λ es inferior a $\lambda < 0.10 W/m^2 \cdot K$ medido a $23^\circ C$ (Ramírez, 2012).

Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos. Algunos muy escasa, como los metales, por lo que se dice de ellos que son buenos conductores; los materiales de construcción (yesos, ladrillos, morteros) tienen una resistencia media y aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta, se les denomina aislantes térmicos.

Los Materiales que presentan mayores características de aislación térmica, son aquellos capaces de retener aire quieto en su estructura interior, debido a que el aire en reposo a una temperatura de $0^\circ C$ presenta una conductividad térmica de $0,024 [W/(m \cdot K)]$ (Burgos, 2008).

2.4 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es un derivado del petróleo, de este se obtiene el estireno el cual se polimeriza con agua y un agente expansor para obtener el poliestireno expandido, el cual es utilizado en la industria de la construcción, embalaje y envase, entre otros, por sus características de aislante térmico, acústico, inocuidad y baja absorción de agua (Carpio, 1998)

Según estudios de la Universidad de Harvard, este material al ser desechado contamina los mares y causa la muerte de muchos animales que ingieren estos restos al ser confundidos con alimento. Además de la contaminación producida al generar este material, ya que está hecho de petróleo, el cual es altamente contaminante cuando se calienta. Su proceso de manufactura contamina el aire, siendo la segunda industria a nivel mundial en producir gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono, un gas que contribuye a aumentar el efecto Invernadero y una amenaza a la estabilidad del clima del planeta, asimismo crea gran cantidad de líquidos y desechos tóxicos.

Es un material 0% biodegradable, por su composición química, es decir que no se descompone por el medio ambiente, es muy difícil reciclarlo ya que es muy ligero y resistente. Al quemarlo produce gases tóxicos que contribuyen a dañar la capa de ozono.

Por estas razones, se está en la búsqueda constante de nuevos aislantes con características similares y amigables con el medio ambiente, ante estas problemáticas surge esta investigación.

2.5 Aislantes con fibras vegetales

Los materiales aislantes se dividen según su origen el cual puede ser: mineral, sintético o vegetal. Dentro de los materiales aislantes vegetales podemos encontrar el corcho (aglomerado, embreado, expandido), las fibras de madera, paja, coco, algas (Margarida, 1983), que reducen la transferencia de calor, consiguiendo un ahorro energético por la reducción de pérdidas en la envolvente de la edificación. Su capacidad aislante se debe a que el tejido vegetal está formado por la agrupación de células muertas dispuestas muy regularmente y próximas entre sí con escasos espacios intercelulares.

Los aislantes naturales de fibras vegetales pueden ser muy beneficiosos, y respetuosos con el medio ambiente para aislar térmica y acústicamente una vivienda. Hay que tener en cuenta la calidad, naturaleza y prestaciones de cada aislante, su espesor y el método de colocación.

Las fibras vegetales presentan ventajas productivas (disponibilidad, bajos costos de adquisición y facilidad de procesamiento, entre otras). Las ventajas productivas y ambientales de las fibras naturales propician su utilización como una alternativa para impulsar el uso racional de los recursos naturales y la preservación ambiental (Giovanna, 2002), lo que ha incentivado a diversas investigaciones.

2.5.1 Las algas

Las algas son organismos vivos eucarióticos muy importantes y variados. Se encuentran en diversos ambientes y se caracterizan por ser capaces de realizar fotosíntesis, lo que las asemeja en este sentido a las plantas superiores.

Las algas forman paredes celulares por fuera de la membrana plasmática, pero dichas paredes se componen de diferentes materiales, como celulosa o quitina. También hay algas que tienen paredes de tipo calcáreo o silíceo (Enciclopedia de Características,2017).

Los cuatro tipos principales de algas son cianobacterias, algas verdes, algas rojas y algas pardas. Las cianobacterias son algas unicelulares que realizan principalmente la fotosíntesis.

Las algas son utilizadas principalmente por los seres humanos como fuente de alimentos y también son devoradas por muchos peces y otras criaturas marinas. Aunque muchas personas no se den cuenta, las algas desempeñan un papel tan importante en la ecología global como lo hacen las plantas.

Se debe cuidar su sobreexplotación, ya que estaría poniendo en peligro la fauna marina puesto que su extracción amenazaría a los refugios naturales de las especies. Según el servicio nacional de pesca en el año 2017 se encuentran 1.650 recolectores inscritos de los cuales el 50% se mantienen activos.

De modo que en el presente estudio se propone solo recolectar el alga que sea arrastradas por la marea y se encuentre en la arena, sin ocasionar un desequilibrio en el ecosistema al cortar de raíz las algas.

Las algas son uno de los organismos más difíciles de entender, ya que es una categoría tan amplia, y muchas comparten características de las plantas y los animales. Por ejemplo, realizan la fotosíntesis, pero muchas de ellas también tienen órganos móviles que utilizan para moverse por su entorno y consumir material orgánico. Las algas están siendo examinadas por los investigadores como una fuente potencial de energía, así, ya sea mediante el procesamiento de ciertos tipos para su uso como combustible de etanol o su utilización para producir hidrógeno a bajo costo para las celdas de combustible. (Hewitt,2014).

2.6 Utilización de las algas como aislante en construcciones

Se han utilizado durante mucho tiempo en construcciones tradicionales de Ibiza e Islas Baleares (Valero,2003). Su colocación en cubiertas se realiza tal y como muestra en la figura 2.1

- 1.- Arcilla
- 2.- Residuos provenientes de hornos de cal (mezcla de ceniza y cal) que absorben la humedad y aseguran la evaporación,
3. Algas que aíslan los techos de la humedad y constituyen una barrera térmica
4. Techos de sabina, o cañas, ramas.

Figura 2.1- Cubierta vegetal



Fuente: ilustración Valerie Gevers (adaptación)

El Instituto Fraunhofer de Física de la Construcción (IBP) en Holzkirchen (Alemania ha descubierto que esta materia natural *Posidonia oceánica* puede ejercer de aislante de edificios y junto a un equipo de colaboradores industriales han logrado convertirla en un material de aislamiento viable.

Las algas poseen una serie de características interesantes para la construcción, como por ejemplo el ser prácticamente ignífugas y resistentes al moho. Pueden utilizarse como material aislante sin necesidad de añadir sustancias químicas exógenas en los espacios entre las vigas de los techos y el interior de las paredes y amortiguan las condiciones ambientales al absorber y expulsar vapor de agua sin perder sus propiedades aislantes. Además, por su porcentaje de sal, permite utilizarlas sin que provoquen problemas de descomposición (CORDIS, 2013).

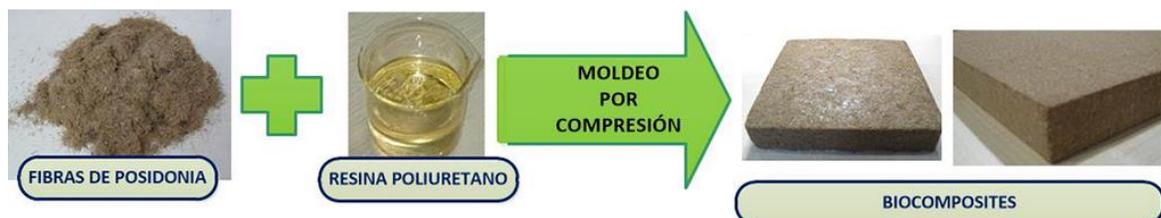
El alga *Posidonia oceánica* desmadejado, ocupado como aislante es capaz de almacenar una cantidad de energía considerable $-2\ 502$ julios por kilogramo kelvin (J/kgK)-, un 20 % más que la madera o los productos derivados de ésta. Esta característica le permite mantener frescos los edificios durante periodos calurosos al protegerlos contra el calor durante las horas de luz. (CORDIS, 2013)

Figura 2.2 *Posidonia oceánica*



Fuente:

Figura 2.3- Placa *Posidonia oceánica*



Modern Seaweed House, es parte de un proyecto de “casas de algas de Laeso. Están construidas en madera, cubiertas y aisladas con algas.

La moderna casa de algas ha demostrado que tiene un cúmulo de cualidades. Además de su excelente propiedad de aislamiento y la durabilidad a largo plazo, que a su vez ofrecen se ha descubierto a través de la aplicación práctica que algas tiene excepcionales propiedades acústicas. Esto crea sorprendentemente confortables habitaciones mientras que la capacidad de absorber y desprender humedad contribuye a regular un buen clima interior. Las cualidades ofrecen una amplia gama de aplicaciones en edificio moderno y sostenible. (Realdania Byg, 2014)

Gracias al alto contenido de sal de las algas, el material es esencialmente resistente al fuego y puede resistir el tiempo extremadamente bien. En algunos casos, el alga, se ha sabido que puede durar cientos de años, por lo menos doscientos o más.

Figura 2.4- Cubierta modern Seaweed House



Fuente: <http://arqa.com/en/architecture/modern-seaweed-house.html>

2.6.2 Otros usos de las algas en construcción

Algas “bio-reactivas” en fachadas:

Una casa en proceso de construcción en Alemania está revolucionando el sector de las energías renovables al demostrar que, gracias a un sistema de fachada que utiliza micro algas vivas, es posible dar sombra y generar energía renovable al mismo tiempo (Quintans, 2014).

El diseño de esta fachada está pensado para que las algas en la fachada bio-reactiva crezcan más rápido bajo la luz solar directa, proporcionando así más sombra interna en verano. De esta manera, los “bio-reactores” no sólo producen biomasa que posteriormente puede ser cosechada, sino que también capturan la energía solar térmica, dos fuentes de energía capaces de ser utilizadas para alimentar el edificio (Quintans, 2014).

Figura 2.5- Paneles de vidrio con alga en su interior



Fuente: <http://tectonicablog.com/?p=56264>

Ladrillos ecológicos con fibras de lana y polímeros extraídos de las algas:

La meta del equipo de investigadores escoceses y españoles era fabricar ladrillos a base de un material no tóxico, usando elementos naturales que predominaran en la naturaleza y a la vez que le confirieran mayor resistencia mecánica. Así fue como incorporando a modo de conglomerante el alginato: polímero natural presente en las paredes celulares de algas pardas, al material arcilloso base y añadiendo fibras de lana de oveja, resultaron unos ecológicos y muy resistentes ladrillos listos para la construcción. (Olmedo, 2013)

Entre las ventajas de poder usar este tipo de material para la construcción en un futuro, podemos mencionar: menor daño para la naturaleza, puesto a que su hechura significa un menor gasto de energía y menor producción de residuos, y el posible reciclaje de otros materiales de desecho. Son mejores aislantes tanto del frío como del calor exterior, lo que se traduce en gastar menos energía en el hogar para calefaccionar o refrigerar. (Olmedo, 2013)

Figura 2.6- Ladrillos con fibras de algas



Fuente: www.arquitecturayempresa.es

2.7 *Durvillaea antártica*

El cochayuyo, cuyo nombre científico es *Durvillaea antártica*, perteneciente al grupo de algas pardas, se caracterizan por ser multicelulares y por tener diferenciados pie y talo (Thomas, 2002).

La palabra cochayuyo (yerba acuática) es de origen quechua y en el mundo andino es un genérico que designa a diversas algas (Masuda, 1986).

Esta alga puede medir hasta 15 metros de largo, se encuentra adherida a rocas en ambientes expuestos al oleaje, y es rica en yodo (Vásquez, 2005).

Esta alga, se encuentra a lo largo de toda la costa de Chile, se distribuye entre Cabo de Hornos y Antofagasta, pero su abundancia varía, siendo mayor hacia el sur. Se encuentra también en Nueva Zelanda, Argentina (Tierra del Fuego), Islas Malvinas, Islas Heard y McDonald. Es decir, la especie tiene una distribución subantártica (Hoffmann y Santelices, 1997).

El talo de *Durvillaea antártica* consiste en una gran lámina de color café oscuro o pardo verdoso. Morfológicamente consta de un disco macizo para la adhesión al sustrato, desde el cual se origina un estipe cilíndrico, cuyo extremo se aplanan y ensanchan en sentido apical para formar la fronda o lámina. Esta es alargada y entera en juveniles, dividida en porciones de ancho dispar en adultos (Alveal *et al.* 1990).

Esta alga se diferencia de las demás especies que se reproducen en nuestro País, por su estructura interna, sus cavidades llenas de aire, separadas por tabiques es su diferenciación, lo que les permite flotar además de su especial volumen, teniendo consistencia elástica y firme (Herranz I, 2009)

Figura 2.7- Corte transversal *Durvillaea Antártica*



Fuente: www.sisacollection.com

2.7.1 Estudio de las propiedades físicas del cochayuyo

En el año 2014 el estudiante de ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, Matías Moreno Brunod, realizó un estudio sobre las propiedades físicas de los alimentos, en la que estudio el alga *Durvillaea antártica*, obteniendo los siguientes resultados.

Humedad:

Tabla 2.1 Humedad *Durvillaea antártica*

Cochayuyo							
	abreviatura	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Peso placa (gr)	P1	38,192	35,299	36,139	36,5433	1,48827	0,0407
Peso placa + muestra inicial(gr)	P2	41,196	38,811	39,551	39,551	1,48452	0,0875
Peso placa + muestra final (gr)	P3	40,439	37,546	38,439	38,808	1,4813	0,03817
Humedad base húmeda	Hbh(%)	25,199	23,738	23,511	24,1493	0,916	0,03793
Humedad base seca	Hbs	0,1561	0,2431	0,2405	0,213233	0,0494	0,23212

Humedad del medio	peso placa (gr)	masa inicial (gr)	masa final (gr)	Humedad base húmeda Hbh (gr)	Humedad base seca Hbs(gr)
5	14,317	3,007	16,6439	22,6172	0,2922
10	19,22	3,0322	21,4627	26,1031	0,3532
15	21,132	3,0204	23,1905	31,8467	0,4879
20	20,201	3,068	22,1799	35,4986	0,5503
24	35,937	3,0215	37,7687	39,3777	0,6495
30	21,277	3,0247	23,0032	42,9298	1,7522

	peso placa (gr)	masa inicial (gr)	masa final (gr)	Humedad base seca Hbs(gr)
Promedio	22,0143333	3,02896667	24,0414833	0,652688
desviación estándar	7,28693438	0,02080353	7,14252809	0,55691
coef. Variación	33,1008633	0,68681922	29,7091822	85,32558

Fuente: Estudio propiedades físicas de los alimentos Matías Moreno (2014)

Densidad

Tabla 2.2-Densidad *Durvillaea antártica*

Promedio	Cochayuyo			
Peso cochayuyo (gr)	V. inicial probeta (mL)	V. final probeta (mL)	Volumen real (mL)	Densidad real (gr/mL)
2,7781	70	81	11	0,2526



Fuente: Estudio propiedades físicas de los alimentos Matías Moreno (2014)

Donde tomó una muestra del alga cochayuyo con un peso de 2,7781 gr.

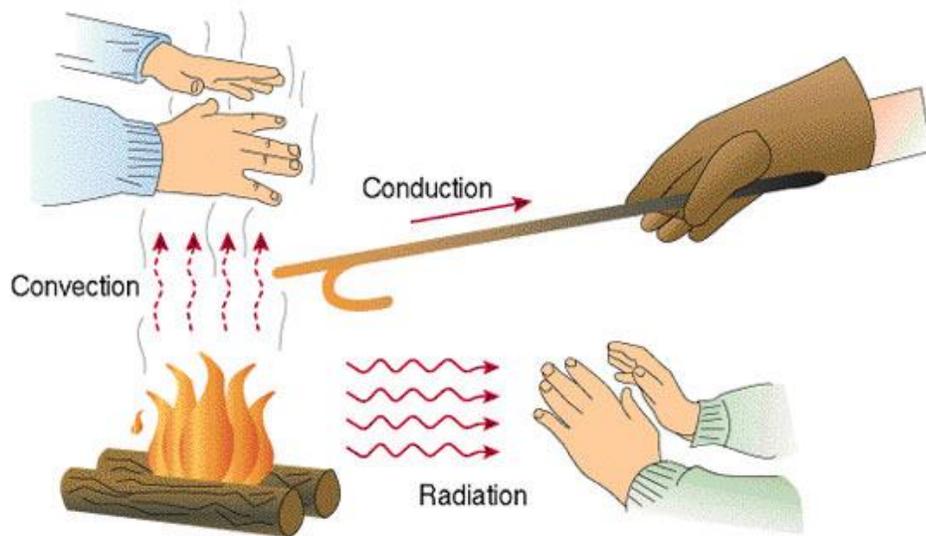
Obteniendo su volumen real, determinando su densidad real de 0,2526 (g/ml) y una densidad aparente de 0,789 (g/ml)

2.8 Transferencia de calor

La transferencia de calor en una vivienda es el paso de energía térmica desde un ambiente de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Ésta siempre ocurre desde un cuerpo con más temperatura a uno con menor temperatura.

En los materiales de construcción, la transferencia de calor es considerada como conducción pura, pero es casi imposible encontrar un material que sea totalmente homogéneo, por esta razón la transferencia de calor se produce también en forma de radiación y convección en los poros del material, es decir como todos los materiales son porosos, unos más que otros, y estos poros están llenos de aire permiten la transferencia de calor por radiación y convección, y a la vez, como están constituidos por partículas se produce la transferencia de calor por conducción (Erazo, 2007).

Figura 2.8 Transferencia de calor



Fuente: Fundamentos de transferencia de calor. Incropera F (1999)

2.8.1 Transferencia por Conducción

Es la transferencia de calor donde la energía se transfiere durante el contacto directo entre cuerpos a distintas temperaturas. Se produce por medio de choques entre las moléculas del sistema, donde la transferencia térmica tiende a igualar las temperaturas que los objetos en contacto poseen, este proceso es de gran importancia en sólidos, pero de menor importancia en líquidos y gases, donde normalmente aparece combinado con la convección (Domingo, 2011).

Figura 2.9 Conducción

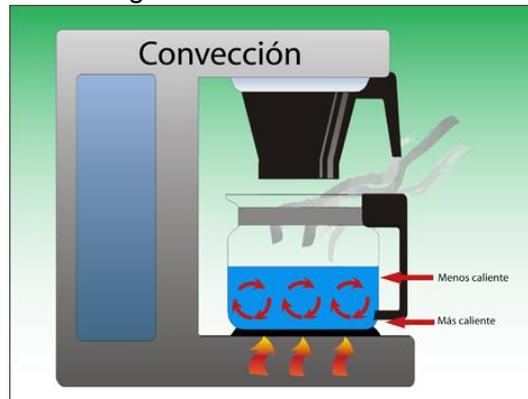


Fuente: Física general edición 32

2.8.2 Transferencia por Convección

Este proceso tiene gran importancia en fluidos (especialmente en líquidos y gases), también se denomina conducción superficial, ya que el flujo de calor entre la superficie de un material y un fluido está relacionado con la conducción a través de una fina capa del fluido que se encuentra junto a la superficie, en este proceso un fluido inicialmente en reposo en contacto con una superficie a distinta temperatura provoca diferencias de temperaturas en él, originándose diferencias de densidad que producirá un desplazamiento físico de materia a distintas temperaturas de unas zonas a otras (Domingo, 2011).

Figura 2.10 Convección



Fuente: Física general edición 32

2.8.3 Transferencia por Radiación

En la transferencia de calor por radiación la energía se transmite en forma de radiación electromagnética, emitida por todos los cuerpos, se encuentra a una temperatura determinada y que se propaga a la velocidad de la luz la que puede ser absorbida por los cuerpos, aumentando su temperatura, la radiación es el único medio de transmisión de calor cuando esta tiene lugar a través del vacío y puede ser muy importante para altas temperaturas (Domingo, 2011).

Figura 2.11 Radiación



Fuente: Física general edición 32

2.9 Confort térmico

La aislación térmica tomó un rol fundamental luego de la crisis energética de los años 70. Podríamos decir que existe confort térmico cuando las personas no experimentan una sensación de calor ni de frío; es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables (Aroztegui, 2004).

En construcción la manera en que se consigue el confort térmico de las viviendas tiene una fuerte relación con el diseño de los edificios y viviendas, con una buena aislación se producen condiciones deseables para sus habitantes (Serra, 1991)

Según la fundación Chile en el año 2004, los factores que se deben considerar para que la vivienda entregue condiciones de confort térmico son:

- La ventilación
- El clima
- Materialidad de la vivienda
- Humedad en el interior de la vivienda
- Calefacción que se utilizará

2.10 Aislación acústica

La absorción del sonido se debe mayoritariamente a la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre las superficies. Los materiales absorbentes presentan un gran número de canales (poros) a través de los cuales la onda sonora puede penetrar. La disipación de energía en forma de calor se produce cuando la onda entra en contacto con las paredes de dichos canales, cuanto mayor sea el número de canales, mayor será la absorción producida. Mientras que para reflejar el sonido se necesitan elementos constituidos por materiales lisos, no porosos y totalmente rígidos capaces de reflejar la mayor parte de la energía sonora que incide sobre ellos (Carrión, 1998).

2.11 El Sonido

El sonido es un fenómeno producido por la vibración mecánica de un cuerpo, la cual se propaga a través de un medio elástico y denso (habitualmente el aire), y que es capaz de producir una sensación auditiva. A diferencia de la luz, el sonido no se propaga a través del vacío (Carrión, 1998).

Mediante estas vibraciones se produce un incremento en la presión atmosférica por la presencia de las ondas acústicas, estas variaciones de presión el oído las percibe en forma de sonido, las que viajan en forma de ondas sinusoidales.

2.11.1 Características del sonido

a) Elongación (s)

Posición de la partícula con respecto a la posición de equilibrio. Puede ser positiva o negativa.

b) Amplitud (A)

Es la elongación máxima o punto de la onda más distante del eje, es decir, distancia desde la posición de reposo hasta el punto de máximo alejamiento alcanzado por una molécula del medio. Cuando mayor sea este valor más fuerte será la sensación de sonido que percibe.

c) Longitud de onda λ

es la distancia del medio que recorre una molécula para realizar un ciclo o vibración completa. También se define como el segmento de eje que corresponde a una vibración completa.

d) Periodo (T)

Tiempo empleado por una molécula en realizar un ciclo, este tiempo es medido en segundos.

e) La amplitud:

Indica la magnitud de las variaciones de presión. Cuando mayor sea este valor más fuerte será la sensación de sonido que percibe el oído humano, su unidad de medida es el decibelio (dB) (Cárdenas, 2010).

f) Frecuencia (f)

La frecuencia indica la velocidad de las variaciones de presión por segundo de la presión sonora y se mide en hercios (Hz), que es el número de variaciones por segundo. El rango de frecuencias que es capaz de percibir el oído humano se encuentra entre los 20 Hz y los 20000 Hz (Chovacustic, 2008)

Este rango se subdivide en tres zonas según el tipo de tono que emite cada frecuencia. Las frecuencias bajas inferiores a 400 (Hz) son tonos graves, si se encuentra entre 400 y 1600 (Hz) son tonos medios y los superiores a 1600 (Hz) son tonos agudos (Chovacustic, 2008). En la siguiente figura 2.30 observamos estas 3 zonas.

Figura 2.12 Clasificación de los sonidos según su frecuencia



Fuente: (Chovacustic, 2008)

2.12 El Ruido

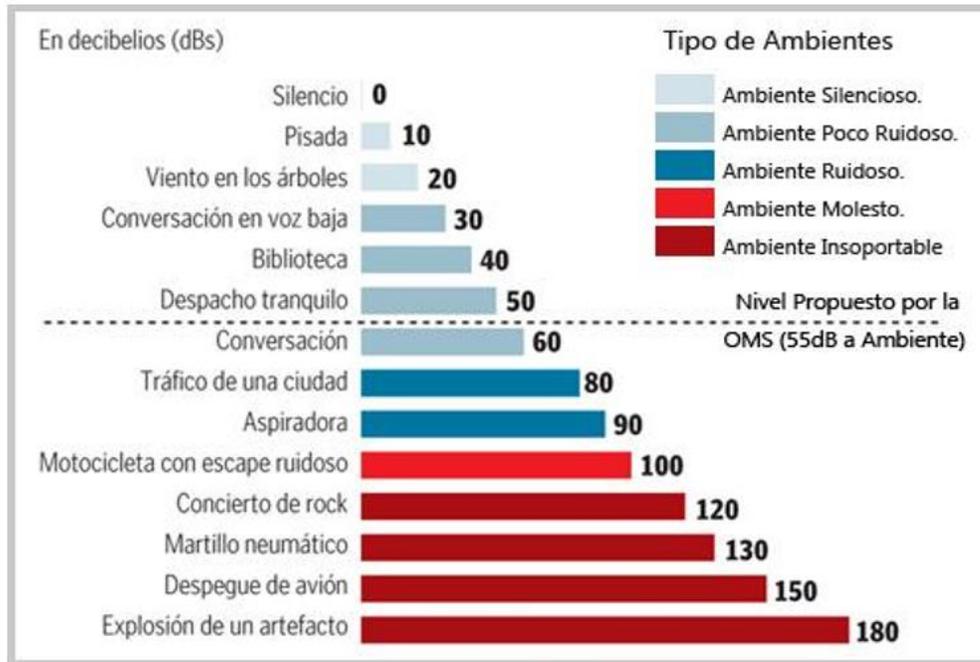
El ruido es aquel sonido molesto producido por la mezcla de ondas sonoras de distintas frecuencias y distintas amplitudes. Los niveles racionales permisibles de ruido según la OCDE tienen medias que marcan como límite aceptable 65 (dB) durante el día y 55 (dB) durante la noche, ya que la capacidad auditiva se deteriora en la banda comprendida entre 75 y 125 (dB) (López, 2012).

2.12.1 Características del Ruido (Ocampo,2010)

- Su producción es muy barata y quien recibe este ruido necesita poca energía para captarlo
- Complicado de medir y cuantificar
- No genera residuos ni produce un efecto acumulativo en el medio, pero si se puede producir efectos acumulativos en el hombre.
- Es localizado ya que su radio de acción es menor que otros contaminantes,
- No ocupa sistemas naturales para su traslación como el caso del aire contaminado que es movido por el viento.

En la siguiente figura 2.13 se muestran los decibeles por cada tipo de ruido y ambiente.

Figura 2.13: Decibeles producidos por cada tipo de Ruido



Fuente: López,201

El campo audible de decibeles para una persona va de 0 a 120 dB. El nivel 0 es el mínimo nivel de presión acústica que el oído humano percibe. Se considera un nivel de 120 dB produce daños irreversibles en el sistema auditivo.

Estos niveles se clasifican en:

Tabla 2.3 Clasificación de los sonidos en decibeles

Muy bajo:	10-30 dB
Bajo:	30-55 dB
Ruidoso:	55-75 dB
Ruidoso fuerte	75-100 dB
Ruido insoportable	➤ 100
Umbral de dolor	< 140

2.12.2 Tipos de ruido (Sanguineti,2000)

a) Ruido Continuo

Este ruido se produce por maquinaria que opera sin interrupciones, como los ventiladores, bombas y equipos de procesos. Para poder determinar el nivel de ruido se debe medir durante pocos minutos con equipo manual. También puede medirse el espectro de frecuencia para posterior análisis y documentación.

b) Ruido intermitente

Cuando se opera en ciclos, cuando circulan vehículos o aviones, el nivel de un vehículo o aeronave se llama suceso. Para medir el ruido, se mide el nivel de exposición sonora, que combina en un único descriptor tanto el nivel como la duración.

c) Ruido impulsivo

El ruido de impacto o explosivos por ejemplo el de una pistola, se denomina ruido impulsivo, es breve y abrupto, su efecto causa molestia que la esperada a partir de una simple medida de nivel de presión sonora.

d) Ruido exterior

Está relacionado con la densidad de la población que en la mayoría de los casos no es uniforme con el espacio. Las fuentes que producen el ruido externo de las viviendas se clasifican en dos tipos que son las fijas, que son emisoras de ruido y se ubican en cierto lugar y también las móviles, que son las que se desplazan.

Capítulo 3. Metodología de la Investigación

3.1 Generalidades

En el presente capítulo, se describe el diseño y configuración de los paneles propuestos con el alga *Durvillaea antártica*, la metodología de los ensayos a realizados, para evaluar sus propiedades térmicas y acústicas, realizando una comparación con el poliestireno expandido.

La siguiente investigación está compuesta por las siguientes etapas.

- Recolección y preparación del alga
- Configuración de prototipos
- Ensayos térmicos y acústicos
- Análisis de resultados
- Conclusiones

3.2 Etapa de recolección de materiales

En esta etapa se identifican los materiales que se van a utilizar para confeccionar los paneles propuestos los cuales serán: alga *Durvillaea antártica*, poliestireno expandido, madera, yeso cartón y fijaciones.

- ***Durvillaea antártica***: el alga utilizada en esta investigación será obtenida en la Playa Carvallo, sector de Playa Ancha, Quinta Región de Valparaíso.

Figura 3.1- Lugar recolección *Durvillaea antártica*



(Fuente Google Maps, 2017)

El alga recolectada es la que se encuentra en la orilla de la playa, la cual es lavada, quitando la arena y los agentes externos adheridos a ella.

- **Poliestireno expandido:** Se comprará en una casa comercial, una plancha de poliestireno expandido de 40mm.
- **Madera:** Se utilizará pino seco cepillado de 1x2" para confeccionar los bastidores de madera.
- **Plancha de Yeso cartón:** Se utilizará como revestimiento por ambas caras yeso cartón de 10 mm de espesor.
- **Fijaciones:** se utilizaron tornillos yeso cartón 6x1 1/4

3.3 Configuración de los prototipos

La estructura de todos los paneles a ensayar será de pino seco cepillado de 1x2", conformando un bastidor de madera de 65x60x4cm, utilizando el alga *Durvillaea antártica* como material aislante y revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras, obteniendo un espesor total de 6 cm. Para el prototipo de comparación de poliestireno expandido, se utilizarán las mismas medidas y materialidad para conformar el bastidor y el revestimiento de este.

Figura 3.2 Estructura y revestimiento paneles



(Fuente: elaboración propia, 2017)

Luego de la recolección del alga, esta es lavada solo con agua, dos veces para asegurar que esté totalmente limpia y humedecida. Antes de ser secada, es cortada según lo requerido por cada panel, para obtener esta cantidad, calculamos el volumen interior del panel, y del alga que estamos trabajando se dejan 2-4 cm de largo más porque esta al perder humedad se encoje.

Calculo para el prototipo A: Volumen interior del panel/ volumen promedio de 1 tira de alga (con $h=56$ y 61) nos entregara la cantidad de tiras de alga que debemos utilizar por capa, luego este valor se multiplica por 61 y 56 cm, y se obtienen los metros lineales de alga a utilizar.

Calculo para el prototipo B: Volumen interior del panel/ volumen promedio de 1 "cilindro" de alga (con $h=$ espesor de 4 cm) nos entregara la cantidad de cilindros de alga que debemos utilizar, luego este resultado se multiplica por el espesor de 4 cm, y se obtienen los metros lineales de alga a utilizar (aproximado).

Calculo para el prototipo C: Volumen interior del panel/ volumen promedio de 1 tira de alga (con $h=56$) nos entregara la cantidad de tiras de alga que debemos utilizar, luego este valor se multiplica por 56 , y se obtienen los metros lineales de alga a utilizar.

Para su secado, se requiere un ambiente seco y ventilado, para evitar su descomposición y no pueda ser utilizada. Es ideal que no sea secada directamente al sol, para que no se reseque y se vuelva quebradiza. El alga mientras se encuentra en la etapa de secado, debe ser movida, vuelta y vuelta, cada 3-4 horas para que esta quede totalmente seca.

En la figura 3.3 y 3.4 se muestra el lavado y cortado del alga *Durvillaea antártica* la que posteriormente es secada, para luego conformar el panel.

En la figura 3.3 Lavado del alga



(Fuente: Elaboración propia, 2017)

En la figura 3.4 Alga lavada y cortada



(Fuente: Elaboración propia,2017)

En la tabla 3.1 se muestran las dimensiones de los paneles a construir, todos serán realizados de la misma manera, con una estructura de pino cepillado seco de 1x2” y revestido por ambas caras con yeso cartón de 10 mm, cambiando solo el material aislante que se encuentra en el interior.

Tabla 3.1 Dimensiones paneles

LARGO	65 cm
ANCHO	60 cm
ESPESOR	4 cm
ESPESOR PLANCHA	1 cm
ESPESOR TOTAL	6 cm

(Fuente: Elaboración propia,2017)

La norma NCh851 Of83- Determinación de la conductividad y capacidad de aislación térmica de un material o elemento constructivo, establece el procedimiento de para una sola probeta representativa del elemento de construcción a ensayar. En la presente investigación se confeccionaron 3 probetas representativas de cada tipo A, B y C con el fin de tener una media estadística entre estos y así tener resultados con mayor confiabilidad, teniendo un total de 9 probetas a ensayar más la de comparación, realizada con poliestireno expandido.

Tabla 3.2- Cantidad de paneles

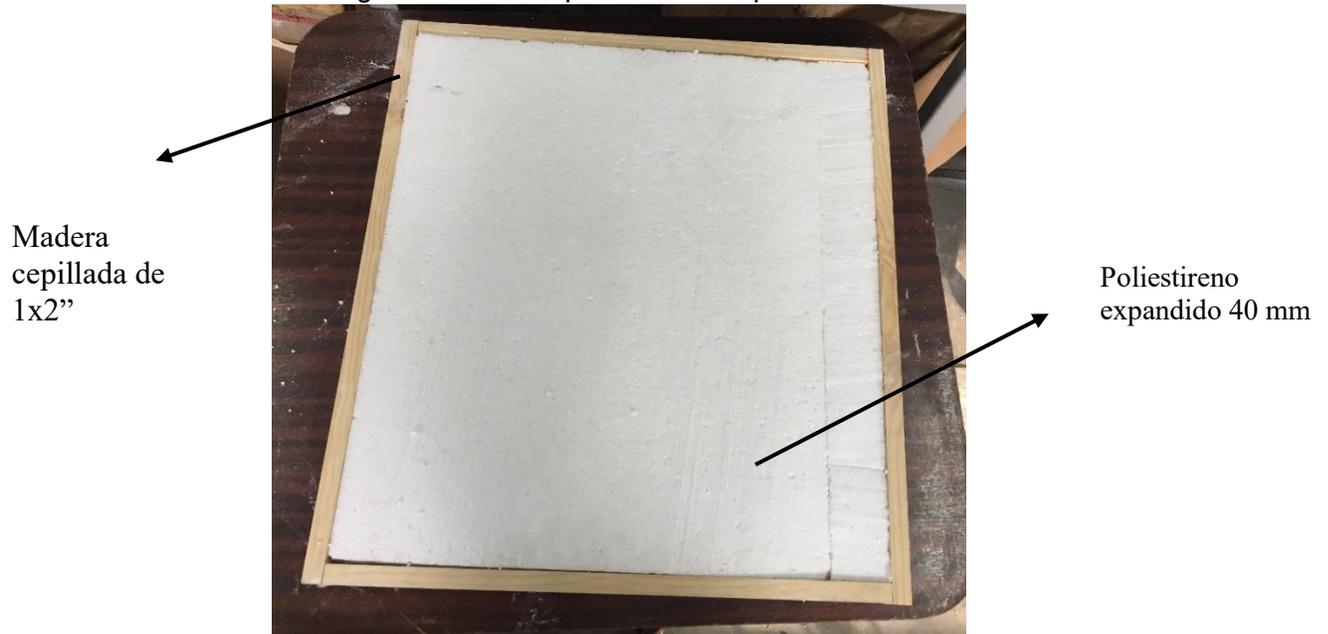
N° DE PROBETAS	TIPO	DIMENSION
3	A	65X60cm
3	B	65X60cm
3	C	65X60cm
1	Prototipo comparación	65X60cm

(Fuente: Elaboración propia,2017)

A continuación, en las figuras 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se muestra la configuración de cada panel a ensayar.

Prototipo de comparación: se utiliza como material aislante poliestireno expandido de 40 mm de espesor, con una estructura de pino cepillado seco de 1x2" y revestido por ambas caras con yeso cartón de 10 mm.

Figura 3.5- Panel poliestireno expandido



(Fuente elaboración propia, 2017)

Tipo A: Se utiliza como material aislante el alga *Durvillaea antártica*, la cual va dispuesta en dos capas, colocadas en dirección ortogonal, como se observa en la figura 3.6 y 3.7 con una estructura de pino cepillado seco de 1x2" y revestido por ambas caras con yeso cartón de 10 mm.

Figura 3.6- Primera Capa panel tipo A



(Fuente elaboración propia, 2017)

Figura 3.7- Segunda Capa panel tipo A



(Fuente elaboración propia, 2017)

Tipo B: Se utiliza como material aislante el alga *Durvillaea antártica*, la cual va dispuesta en forma perpendicular a sus caras o revestimiento, ejerciendo presión entre ellas, conformada por la misma estructura de pino cepillado seco de 1x2" y revestido por ambas caras con yeso cartón de 10 mm.

Figura 3.8- Panel tipo B



(Fuente: elaboración propia, 2017)

Tipo C: Se utiliza como material aislante el alga *Durvillaea antártica*, la cual va dispuesta en una capa, colocada en una sola en dirección, como se observa en la figura 3.9 con una estructura de pino cepillado seco de 1x2" y revestido por ambas caras con yeso cartón de 10 mm.

Figura 3.9- Panel tipo C



(Fuente: elaboración propia, 2017)

Todos los paneles son revestidos con yeso cartón de 10 mm por ambas caras como se muestra en la figura 3.10

Figura 3.10- Revestimiento paneles



(Fuente: elaboración propia, 2017)

3.4 Metodología de los ensayos

3.4.1 Ensayo Aislación Térmica

Para realizar este ensayo se regirá por las siguientes normas chilenas:

NCh 851 off 1983 - Determinación de la conductividad y capacidad de aislación térmica de un material o elemento constructivo. Se obtienen mediante la cámara térmica. Se realizará este ensayo a los dos tipos de paneles propuestos, A, B y C más el prototipo de comparación.

Para realizar este ensayo se utilizará la cámara térmica que se encuentran en las dependencias de los laboratorios de la universidad, la cual está construida con madera de pino de 2x2" y revestimiento de terciado estructural de 15mm. Aislada con poliestireno expandido, asegurando la aislación total al interior de la cámara.

Antes de proceder a realizar los ensayos térmicos se determina la densidad del elemento mediante la ecuación 3.1:

Ecuación 3.1

$$d = \frac{m}{v}$$

Donde:

m = masa [kg]

v = volumen [m³]

d= densidad [kg/m³]

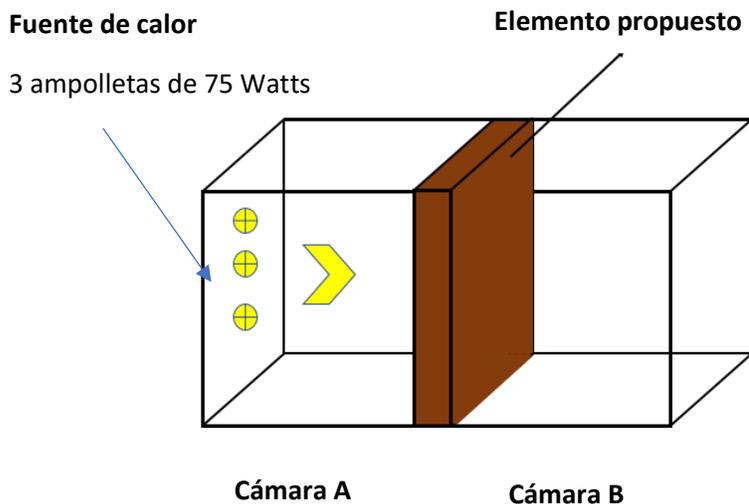
Cámara térmica (NCh 851 Off 1983)

La cámara térmica es un método muy útil para medir las propiedades térmicas de un material razonablemente representativo de los elementos constructivos a ensayar, que normalmente tengan caras planas y paralelas.

El elemento por ensayar se coloca de manera vertical dividiendo la cámara en 2 secciones, donde en una de ellas se coloca una fuente de calor, la que emite energía térmica producida por la potencia eléctrica de 3 ampolletas de 75 Watts cada una. Esta potencia eléctrica producida, será disipada y convertida en energía térmica que se transmite en forma de calor, lo que generará una sección A con mayor temperatura y una sección B con menor temperatura, teniendo así dos sistemas en desequilibrio térmico, los cuales estarán separados por el panel a ensayar, el que actuará como una barrera que impide el equilibrio térmico entre estas dos secciones. Así se producirá una diferencia estacionaria de temperaturas a través del panel ensayado durante un periodo determinado de tiempo, lo que permitirá efectuar la medición del flujo térmico y diferencias de temperatura entre sus caras, pudiendo determinar la resistencia térmica mediante su diferencial térmico.

Las aristas y juntas del panel en el interior de la cámara son cubiertas con fibra textil para hermetizar el sistema aislándolo por completo.

Figura 3.11: Cámara térmica



Cámara A: fuente de calor localizada
Cámara B: espacio sin fuente de calor

Los datos de temperatura son tomados por el instrumento Xplorer GLX, el cual es un equipo de adquisición de datos de temperatura.

Figura 3.12 Instrumento de medición Xplorer GLX



EL Xplorer GLX permite obtener datos de temperatura a través de sus sensores térmicos. Para medir la temperatura interior de la cámara éstos primeramente son conectados a los puertos receptores del equipo, luego uno de ellos es conectado a la superficie del material que recibe el calor producido por la energía térmica generada por la disipación de la potencia eléctrica de la fuente de energía y otro sensor conectado en la superficie fría del material, ambos ubicados en el centro del panel en su respectivas caras, las diferencias de temperatura que se detecten en sus superficies en un periodo de 2 horas se denominarán T1 y T2, en donde T1 es la temperatura de la cara expuesta a la fuente de calor y T2 es a temperatura de la cara no expuesta a la fuente de calor, para realizar un análisis de la transmisión de calor.

3.4.2 Ensayo aislación acústica

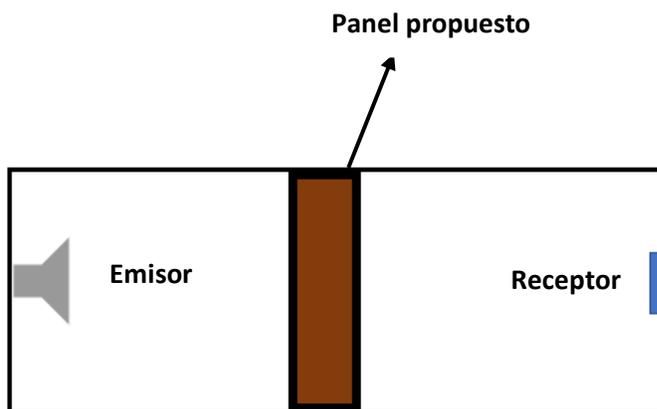
La norma NCh 352 Of 2000, Aislación acústica, nos indica que los ensayos se deben realizar de manera in situ para lo cual se utilizan los siguientes instrumentos de medición.

- Sonómetro
- Filtros de frecuencia
- Fuente emisora de sonido.

Para el ensayo acústico se tomará como referencia la norma chilena NCh 2786 Of2002, Aislación acústica, la cual establece las condiciones necesarias para realizar los ensayos de manera in situ en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil, donde se realizará una modificación de ésta, se utilizará la misma cámara térmica, pero con los requerimientos acústicos necesarios para realizar este ensayo. El cual consiste en colocar una fuente emisora de sonido a una distancia de 1,2 mt de la superficie del material a ensayar y al lado opuesto colocar una fuente receptora a la misma distancia de 1,2 mt desde la superficie.

El sonido generado en el recinto de emisión debe ser estacionario y tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado, el cual debe ser medido por un periodo de 30 segundos para cada frecuencia. El nivel de presión sonora debe medirse utilizando filtros de octava de 100 Hz a 5000 Hz.

Figura 3.13 esquema cámara, medición acústica



Fuente elaboración propia, 2017



Este ensayo se realiza de la siguiente manera:

Primero, se mide la intensidad sonora en decibeles dentro de la cámara de medición, sin el panel en su interior, luego se repite el mismo procedimiento, pero con el panel a ensayar en su interior.

Así la diferencia entre la intensidad sonora de la cámara con los paneles a ensayar respecto a la intensidad sonora de la cámara de medición sin los paneles en su interior representará la capacidad de aislación acústica que presenta cada panel, la cual será analizada por frecuencia, mediante una gráfica de aislación acústica en función de la frecuencia.

Figura 3.14 Instrumento de medición Xplorer GLX



Fuente elaboración propia, 2017

Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados

4.1. Generalidades

En el presente capítulo se presentarán y analizarán los resultados obtenidos de los ensayos realizados.

- Aislación térmica
- Aislación acústica

Determinando las propiedades de los nuevos paneles propuestos en base al alga *Durvillaea antártica*. Los resultados obtenidos permitirán conocer el comportamiento de los paneles.

4.2 Densidad Aparente de las probetas

Un factor muy importante que se debe considerar es la densidad del material, para determinarla, se pesó cada probeta, obteniendo el promedio por cada tipo de panel, se incluyó el revestimiento de yeso-cartón, dividido por su volumen, el cual es constante para todos los elementos a ensayar. Los resultados de las densidades de cada panel se muestran en la tabla 4.1 y la densidad del material aislante en la tabla 4.2.

Tabla 4.1 Densidades aparentes elementos propuestos e=6cm

Tipo	Masa (kg)	volumen(m3)	Densidad (kg/m3)
A	8,43	0,0234	360,26
B	8,42	0,0234	359,83
C	8,54	0,0234	364,95
Poliestireno	7,05	0,0234	301,28

Tabla 4.2 Densidades aparentes material aislante e=4cm

Tipo	Masa (kg)	volumen(m3)	Densidad (kg/m3)
A	1,54	0,0156	98,72
B	1,53	0,0156	98,08
C	1,65	0,0156	105,77
Poliestireno	0,16	0,0156	10,26

(Elaboración propia, 2017)

4.3 Ensayo de aislación térmica

El ensayo se realizó dentro de una cámara térmica ubicada en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil. Este ensayo fue realizado a todos los paneles propuestos con las mismas dimensiones de 65x60x6 cm, revestidos por ambas caras con yeso cartón de 10 mm, por un periodo de 2 horas, registrando los datos de temperatura cada 1 minuto.

Durante el ensayo, a los paneles se le aplicó calor a una de sus caras, registrando la variación de temperatura de la cara caliente (T1) respecto a la temperatura de la cara fría (T2), variación denominada diferencial térmico. Estas mediciones se realizaron mediante 4 sensores conectados al instrumento de medición Xplorer GLX de Pasco, conectado al software "Pasco Captone" para realizar el registro de los datos al notebook personal.

Tabla 4.3 Clasificación de temperaturas de medición

Temperatura	Descripción
T1	Temperatura correspondiente a la cara del panel, expuesta a la fuente de calor
T2	Temperatura correspondiente a la cara no expuesta a la fuente de calor
T3	Temperatura correspondiente a la cara interior de la sección de la cámara con la fuente de calor
T4	Temperatura correspondiente a la superficie exterior de la cámara.

(Elaboración propia, 2017)

4.4 Resultados ensayos térmicos

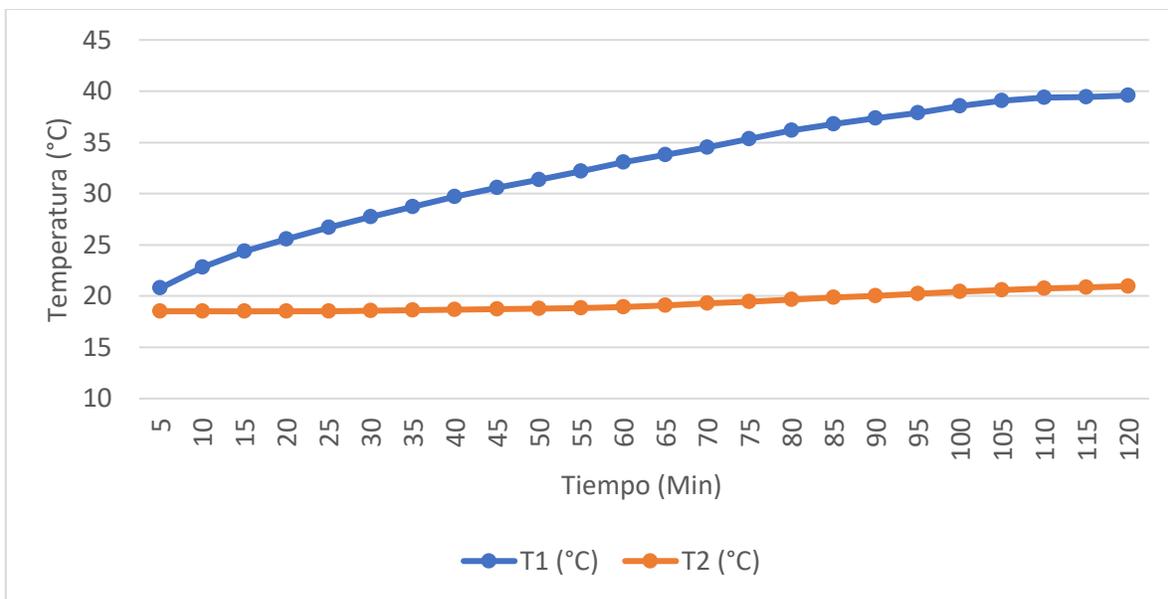
4.4.1 Resultados térmicos panel patrón

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante poliestireno expandido de 40 mm y revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras. Con medidas de 60x65x6 cm ubicado en disposición vertical al interior de la cámara térmica.

Los resultados obtenidos, corresponden a las mediciones de temperatura cada 1 minuto, durante 2 horas, los cuales están registrados en la tabla 4.4.

El siguiente gráfico muestra las temperaturas (°C) obtenidas de ambas caras del panel ensayado en intervalos de 5 minutos.

Figura 4.1: Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel poliestireno expandido



(Elaboración propia, 2017. En base a datos obtenidos por el instrumento de medición Xplorer GLX)

Al analizar los resultados obtenidos de la tabla 4.4 del panel utilizando como aislante el poliestireno expandido, se observa que la cara expuesta a la fuente de calor alcanzó una temperatura máxima de 39,57 °C en 120 minutos, logrando traspasar a la cara no expuesta una temperatura de 20,97 °C, obteniendo un diferencial térmico de 18,6 °C.

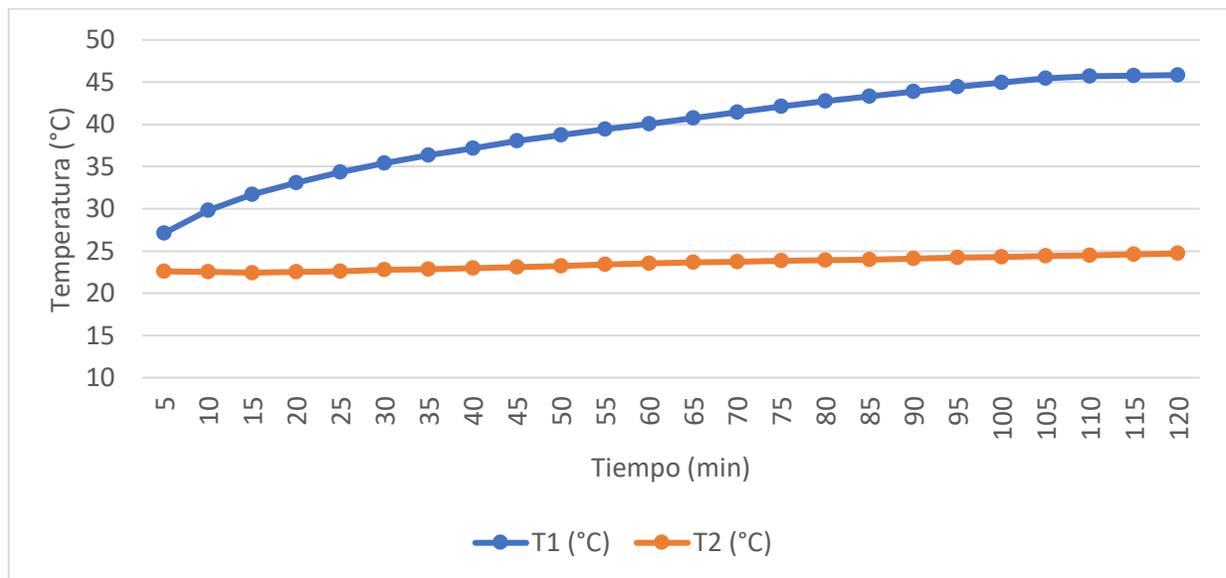
4.4. Resultados térmicos panel tipo A

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante el alga *Durvillaea antártica* con espesor de 40 mm dispuesta en dos capas en dirección ortogonal, con un revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras. Con medidas de 60x65x6 cm ubicado en disposición vertical al interior de la cámara térmica.

Los resultados obtenidos, corresponden al promedio de las mediciones de temperatura cada 1 minuto, durante 2 horas, los cuales están registrados en la tabla 4.5.

El siguiente gráfico muestra las temperaturas (°C) obtenidas de ambas caras del panel ensayado en intervalos de 5 minutos.

Figura 4.2: Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel tipo A



(Elaboración propia, 2017. En base a datos obtenidos por el instrumento de medición Xplorer GLX)

Al analizar los resultados obtenidos de la tabla 4.5 del panel tipo A, se observa que la cara expuesta a la fuente de calor alcanzó una temperatura máxima de 45,83 °C en 120 minutos, logrando traspasar a la cara no expuesta una temperatura de 24,71 °C, obteniendo un diferencial térmico de 21, 12°C.

Este diferencial supera en un 14 % al obtenido por nuestro prototipo de comparación realizado con poliestireno expandido.

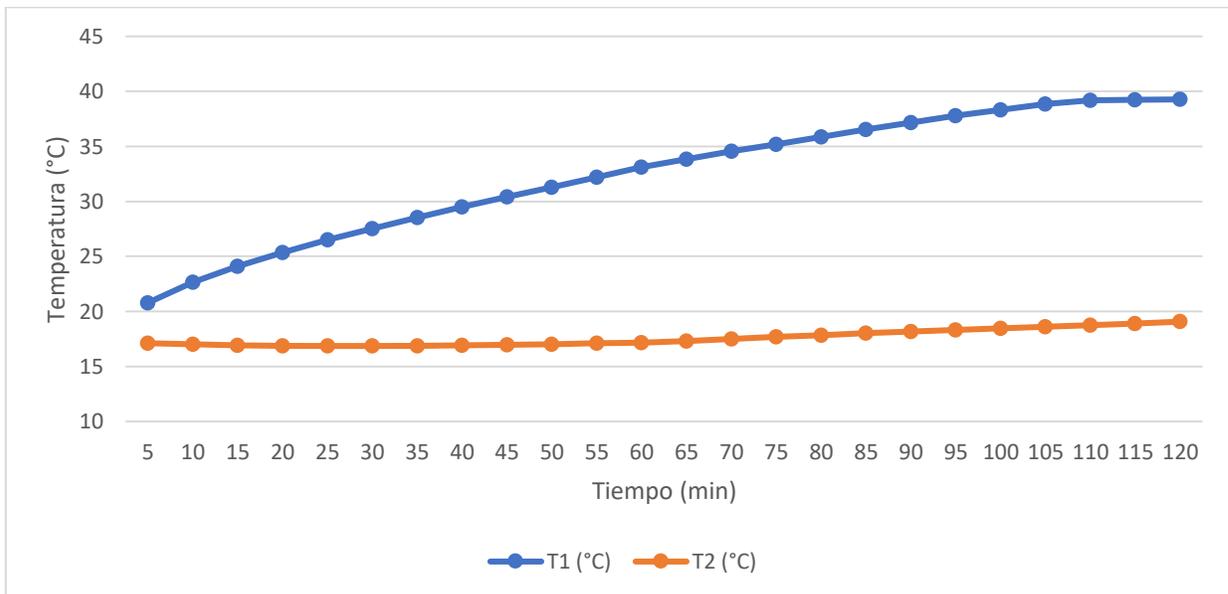
4.4.3 Resultados térmicos panel tipo B

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante el alga *Durvillaea antarctica* con un espesor de 40 mm, dispuestas en forma perpendicular a una de sus caras, llevando un revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras. Con medidas de 60x65x6 cm ubicado en disposición vertical al interior de la cámara térmica.

Los resultados obtenidos, corresponden a las mediciones de temperatura cada 1 minuto, durante 2 horas, los cuales están registrados en la tabla 4.6.

El siguiente gráfico muestra las temperaturas (°C) obtenidas de ambas caras del panel ensayado en intervalos de 5 minutos.

Figura 4.3: Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel tipo B



(Elaboración propia, 2017. En base a datos obtenidos por el instrumento de medición Xplorer GLX)

Al analizar los resultados obtenidos de la tabla 4.6 del panel tipo B, se observa que la cara expuesta a la fuente de calor alcanzó una temperatura máxima de 39,27 °C en 120 minutos, logrando traspasar a la cara no expuesta una temperatura de 19,07 °C, obteniendo un diferencial térmico de 20,20 °C.

Este diferencial supera en un 8% al obtenido por nuestro prototipo de comparación realizado con poliestireno expandido

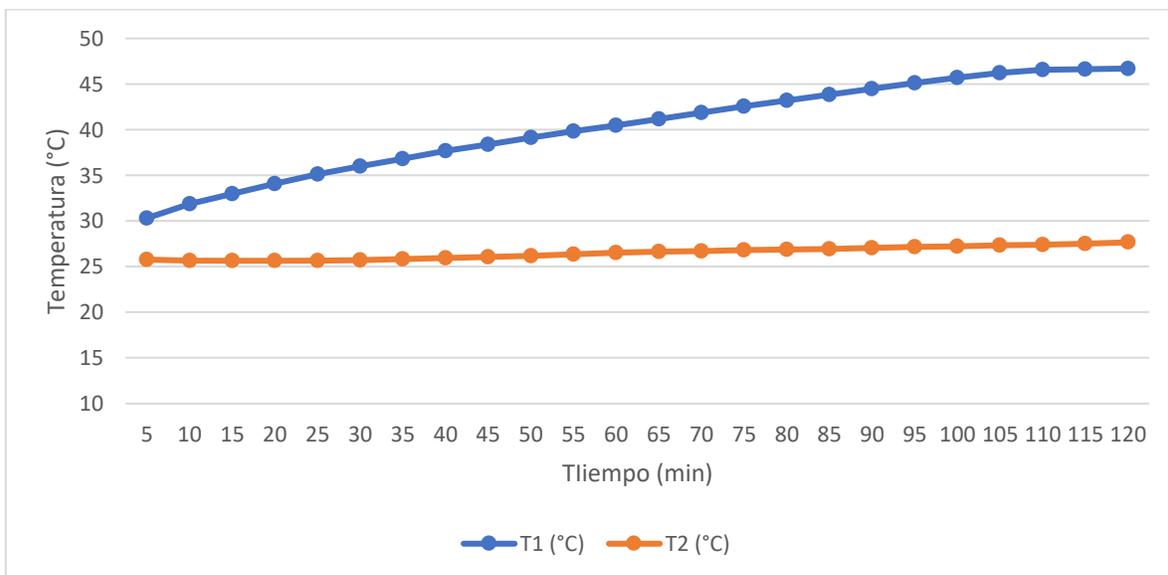
4.4.4 Resultados térmicos panel tipo C

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante el alga *Durvillaea antártica* con un espesor de 40 mm, dispuesta en una sola capa en la misma dirección, llevando un revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras. Ubicado en disposición vertical de medidas 60x65x6 cm, ubicado en la cámara térmica.

Los resultados obtenidos, corresponden a las mediciones de temperatura cada 1 minuto, durante 2 horas, los cuales están registrados en la tabla 4.7.

El siguiente gráfico muestra las temperaturas (°C) obtenidas de ambas caras del panel ensayado en intervalos de 5 minutos.

Figura 4.4: Gráfico Temperatura v/s tiempo. Panel C



(Elaboración propia, 2017. En base a datos obtenidos por el instrumento de medición Xplorer GLX)

Al analizar los resultados obtenidos de la tabla 4.7 del panel tipo B, se observa que la cara expuesta a la fuente de calor alcanzó una temperatura máxima de 46,7 °C en 120 minutos, logrando traspasar a la cara no expuesta una temperatura de 27,66 °C, obteniendo un diferencial térmico de 19,04 °C.

Este diferencial supera en un 2% al obtenido por nuestro prototipo de comparación realizado con poliestireno expandido

4.5 Resumen y análisis de resultados térmicos

La tabla 4.8 muestra el resumen de los resultados promedios obtenidos en los ensayos de aislación térmica para los paneles tipo A, B y C. Los datos presentados corresponden a las mediciones de las temperaturas obtenidas cada 5 minutos, para un ensayo que en total tuvo una duración de 2 horas en cada caso. Los cuales son comparados con el panel patrón de poliestireno expandido.

Tabla 4.8: Resumen diferenciales térmicos

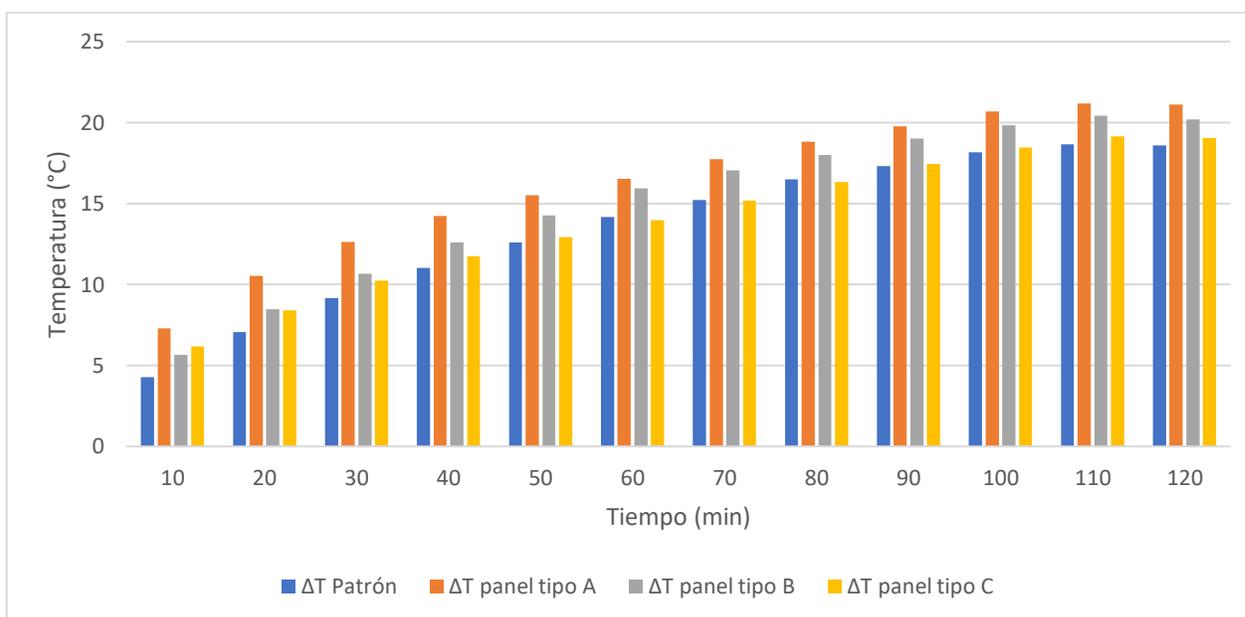
Tiempo (min)	ΔT Patrón	ΔT panel tipo A	ΔT panel tipo B	ΔT panel tipo C
5	2,23	4,50	3,68	4,55
10	4,29	7,29	5,66	6,19
15	5,84	9,26	7,19	7,35
20	7,05	10,53	8,47	8,42
25	8,14	11,72	9,64	9,45
30	9,15	12,63	10,66	10,23
35	10,10	13,47	11,67	11,00
40	11,01	14,23	12,59	11,74
45	11,84	14,95	13,43	12,30
50	12,59	15,50	14,27	12,92
55	13,35	16,03	15,09	13,50
60	14,16	16,52	15,94	13,97
65	14,70	17,12	16,51	14,54
70	15,23	17,73	17,04	15,18
75	15,87	18,30	17,52	15,75
80	16,49	18,83	18,01	16,34
85	16,91	19,30	18,53	16,89
90	17,32	19,77	19,00	17,43
95	17,69	20,22	19,45	17,93
100	18,16	20,67	19,84	18,45
105	18,50	21,04	20,24	18,90
110	18,65	21,19	20,43	19,15
115	18,59	21,18	20,32	19,12
120	18,60	21,12	20,20	19,04

(Elaboración propia, 2017. En base a datos obtenidos por el instrumento de medición Xplorer GLX)

De la tabla anterior podemos observar que ambos paneles propuestos, utilizando el alga *Durvillaea antarctica*, en sus tres configuraciones A, B y C, presentan mejor capacidad de aislación térmica al ser comparado con el poliestireno expandido. El panel tipo A fue el que presentó mejores características de aislación térmica, presentando un diferencial térmico de 21,12 °C superando en un 14 % al panel patrón (poliestireno expandido) con un diferencial térmico de 18,6 a los 120 minutos, mientras los paneles tipo B y C en un 8% y 2% correspondiente,

En la figura 4.5 se expresa de manera gráfica estos resultados, en intervalos de 10 minutos observando claramente la comparación de diferenciales obtenidos por cada tipo de panel.

Figura 4.5: Comparación diferenciales térmicos



(Fuente elaboración propia, 2017)

De los resultados obtenidos podemos analizar que la disposición en la que va dispuesta el alga *Durvillaea antarctica* si influye al momento de confeccionar el panel, esta presenta mejores propiedades de aislación térmica cuando va dispuesta por capas en dirección ortogonal una de la otra.

4.6 Resultados ensayos acústicos

Antes de ensayar los paneles, se midió la intensidad sonora dentro de la cámara sin ningún elemento en su interior, en la tabla 4.9 se indican los resultados obtenidos.

Tabla 4.9 Ensayo acústico campo libre

Frecuencia (Hz)	L1 (dB)
100	86,7
125	79,3
160	90,0
200	87,8
250	87,7
315	86,9
400	87,7
500	83,0
630	90,0
800	90,0
1000	88,1
1250	77,6
1600	86,8
2000	83,8
2500	90,0
3150	88,7
4000	89,2
5000	75,0

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Estos resultados obtenidos, son un parámetro, ya que una vez ensayados los paneles propuestos dentro de la cámara, se realiza una diferencia de intensidad, para obtener la capacidad de aislación acústica de cada uno.

Esta diferencia se expresa en la siguiente ecuación:

$$D = L1 - L2$$

Donde L1 es la intensidad sonora medida sin los paneles en el interior y L2 es la intensidad sonora medida con los paneles en el interior.

La norma NCh2786 Of2002, entrega el procedimiento para medición de la aislación acústica en elementos de construcción, mediante una probeta representativa de ellos. En la presente investigación se realizaron ensayos a 3 paneles representativos por cada tipo A, B y C para tener una media estadística entre sus resultados, y así obtener resultados con una mayor confiabilidad.

4.6.1 Resultados acústicos panel patrón

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante poliestireno expandido de 40 mm y revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras.

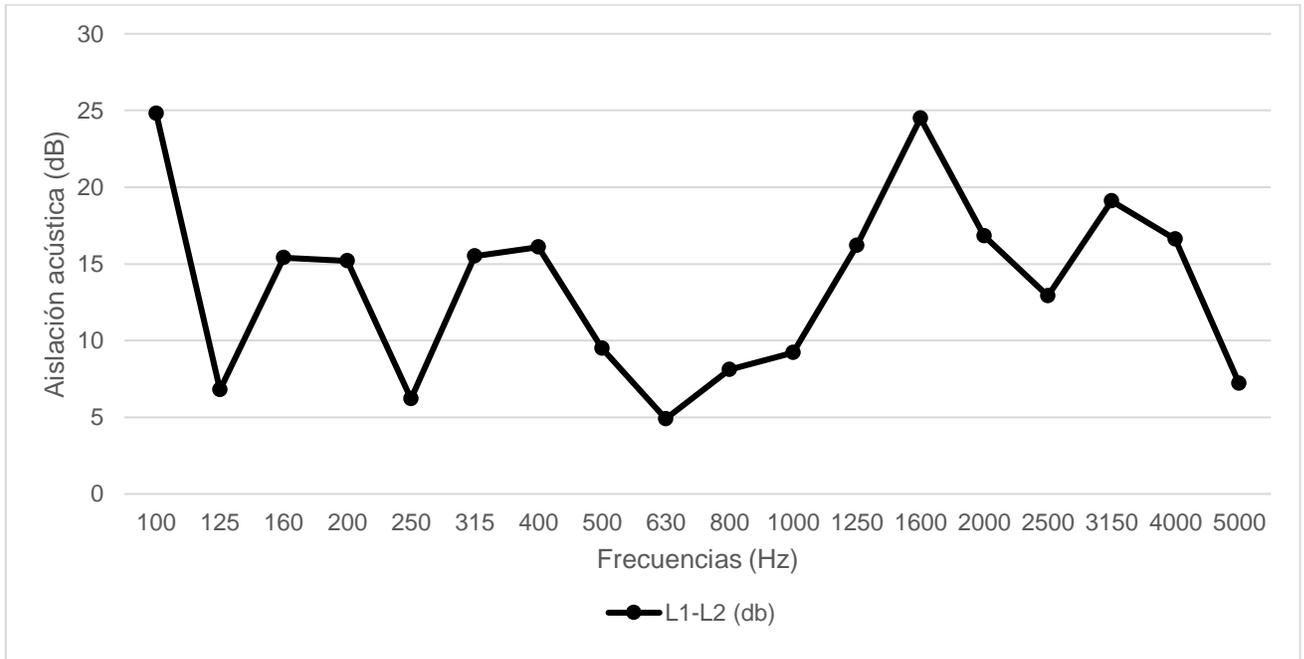
Tabla 4.10 Ensayo acústico poliestireno expandido

Frecuencia (Hz)	L1 (dB)	L2 (dB)	L1-L2 (dB)
100	86,7	61,9	24,8
125	79,3	72,5	6,8
160	90,0	74,6	15,4
200	87,8	72,6	15,2
250	87,7	81,5	6,2
315	86,9	71,4	15,5
400	87,7	71,6	16,1
500	83,0	73,5	9,5
630	90,0	85,1	4,9
800	90,0	81,9	8,1
1000	88,1	78,9	9,2
1250	77,6	61,4	16,2
1600	86,8	62,3	24,5
2000	83,8	67,0	16,8
2500	90,0	77,1	12,9
3150	88,7	69,6	19,1
4000	89,2	72,6	16,6
5000	75,0	67,8	7,2

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Estos resultados que reflejan la aislación acústica de panel de poliestireno expandido se muestran de una manera más gráfica en una curva que a cada frecuencia asocia un valor de aislamiento en decibeles como se indica en la figura 4.6.

Figura 4.6: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel poliestireno expandido



(Fuente: Elaboración propia, 2017)

La menor capacidad de aislación acústica generada por el panel patrón, se presentó en las frecuencias bajas, obteniendo una escasa aislación de 4,9 dB en la frecuencia 630 Hz.

El panel generó un mayor aislamiento a frecuencias más baja, como se puede ver en la figura 4.6 alcanzando su mayor aislamiento de 24,8 dB en la banda de 100 Hz.

4.6.2 Resultados acústicos panel tipo A

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante el alga *Durvillaea antártica* con un espesor de 40 mm, dispuestas en dos capas en dirección ortogonal, llevando un revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras.

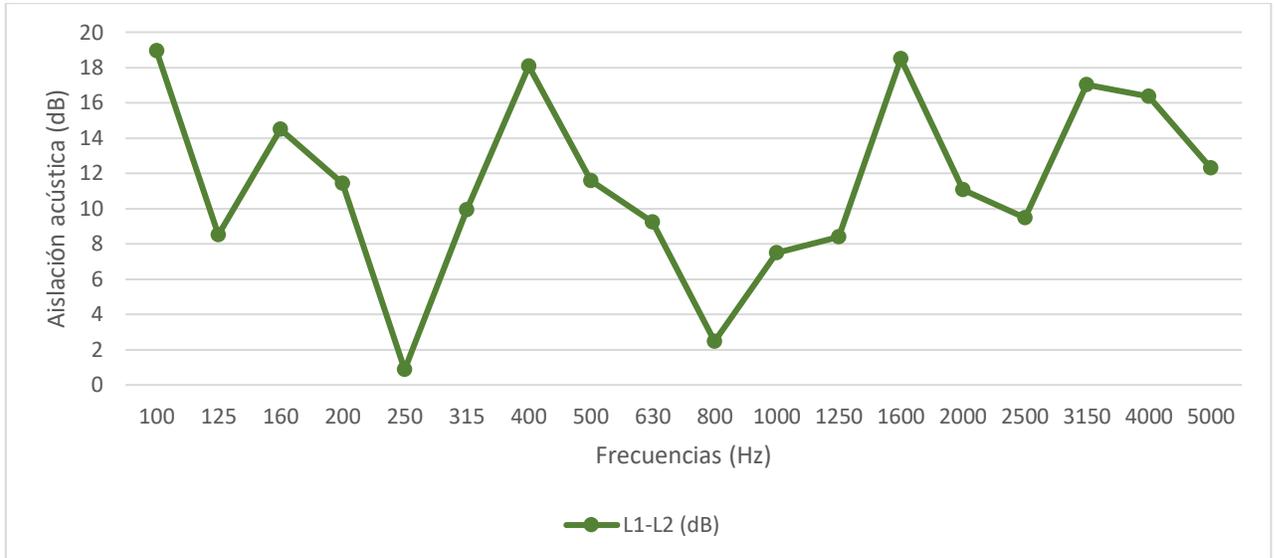
Tabla 4.11 Ensayo acústico panel tipo A

Frecuencia (Hz)	L1 (dB)	L2 (dB)	L1-L2 (dB)
100	86,70	67,77	18,93
125	79,30	70,80	8,50
160	90,00	75,50	14,50
200	87,80	76,37	11,43
250	87,70	86,83	0,87
315	86,90	76,97	9,93
400	87,70	69,63	18,07
500	83,00	71,43	11,57
630	90,00	80,77	9,23
800	90,00	87,53	2,47
1000	88,10	80,60	7,50
1250	77,60	69,20	8,40
1600	86,80	68,30	18,50
2000	83,80	72,73	11,07
2500	90,00	80,53	9,47
3150	88,70	71,67	17,03
4000	89,20	72,83	16,37
5000	75,00	62,70	12,30

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Estos resultados que reflejan la aislación acústica de panel tipo A, se muestran de una manera más gráfica en una curva que a cada frecuencia asocia un valor de aislamiento en decibeles como se indica en la figura 4.7.

Figura 4.7: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel tipo A



(Fuente: Elaboración propia, 2017)

La menor capacidad de aislación acústica generada por el panel tipo A se presentó en una frecuencia baja, obteniendo una escasa aislación de 0,87 dB en la frecuencia 250Hz.

El panel generó un mayor aislamiento a frecuencia más baja, como se puede ver en la figura 4.7 alcanzando su mayor aislamiento de 18,93 dB, a los 100 Hz.

4.6.2 Resultados acústicos panel tipo B

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante el alga *Durvillaea antártica* con un espesor de 40 mm, dispuestas en forma perpendicular a una de sus caras, llevando un revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras.

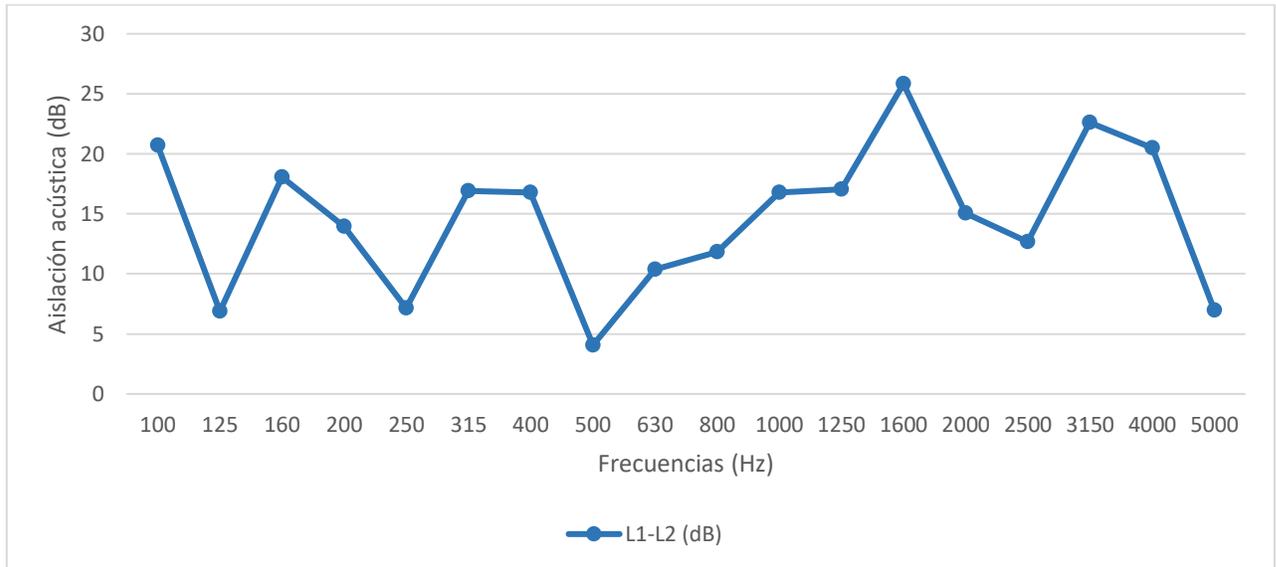
Tabla 4.12 Ensayo acústico panel tipo B

Frecuencia (Hz)	L1 (dB)	L2 (dB)	L1-L2 (dB)
100	86,7	66,0	20,7
125	79,3	72,4	6,9
160	90,0	71,9	18,1
200	87,8	73,8	14,0
250	87,7	80,5	7,2
315	86,9	70,0	16,9
400	87,7	70,9	16,8
500	83,0	78,9	4,1
630	90,0	79,6	10,4
800	90,0	78,2	11,8
1000	88,1	71,3	16,8
1250	77,6	60,6	17,0
1600	86,8	61,0	25,8
2000	83,8	68,7	15,1
2500	90,0	77,3	12,7
3150	88,7	66,1	22,6
4000	89,2	68,7	20,5
5000	75,0	68,0	7,0

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Estos resultados que reflejan la aislación acústica de panel tipo B, se muestran de una manera más gráfica en una curva que a cada frecuencia asocia un valor de aislamiento en decibeles como se indica en la figura 4.8.

Figura 4.8: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel tipo B



(Fuente: Elaboración propia, 2017)

La menor capacidad de aislación acústica generada por el panel tipo B, se presentó en las frecuencias medias, obteniendo una escasa aislación de 4,1 dB en la frecuencia 500Hz.

El panel generó un mayor aislamiento a frecuencias más altas, como se puede ver en la figura 4.8 alcanzando su mayor aislamiento de 25,8 dB, en la banda de 1600 Hz.

4.6.3 Resultados acústicos panel tipo C

La estructura de este panel son piezas de madera cepillada de 1" x 2" utilizando como aislante el alga *Durvillaea antártica* con un espesor de 40 mm, dispuesta en una capa, en la misma dirección llevando un revestimiento de yeso cartón de 10 mm por ambas caras.

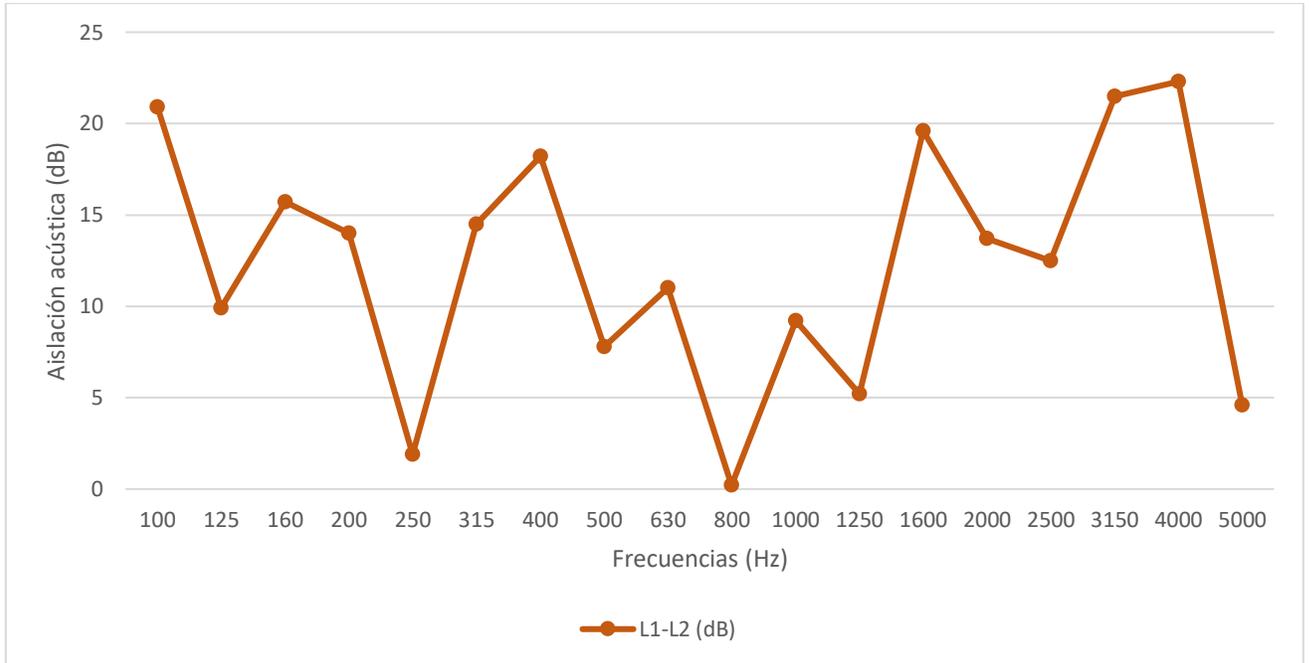
Tabla 4.13 Ensayo acústico panel tipo C

Frecuencia (Hz)	L1 (dB)	L2 (dB)	L1-L2 (dB)
100	86,7	65,8	20,9
125	79,3	69,4	9,9
160	90,0	74,3	15,7
200	87,8	73,8	14,0
250	87,7	85,8	1,9
315	86,9	72,4	14,5
400	87,7	69,5	18,2
500	83,0	75,2	7,8
630	90,0	79,0	11,0
800	90,0	89,8	0,2
1000	88,1	78,9	9,2
1250	77,6	72,4	5,2
1600	86,8	67,2	19,6
2000	83,8	70,1	13,7
2500	90,0	77,5	12,5
3150	88,7	67,2	21,5
4000	89,2	66,9	22,3
5000	75,0	70,4	4,6

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Estos resultados que reflejan la aislación acústica de panel tipo C se muestran de una manera más gráfica en una curva que a cada frecuencia asocia un valor de aislamiento en decibeles como se indica en la figura 4.9.

Figura 4.9: Gráfico Aislación acústica v/s Frecuencias Panel tipo C



(Fuente: Elaboración propia, 2017)

La menor capacidad de aislación acústica generada por el panel tipo C, se presentó en la frecuencia media, obteniendo una escasa aislación de 0,2 dB en la frecuencia 800 Hz.

El panel generó un mayor aislamiento a frecuencias más altas, como se puede ver en la figura 4.9 alcanzando su mayor aislamiento de 22,3 dB, en la banda de 4000 Hz.

4.7 Resumen y análisis de resultados acústicos

De los resultados entregados anteriormente se realizaron tres paneles para cada tipo A, B y C, en la siguiente tabla 4.14 se entrega un resumen de los promedios de aislación acústica por frecuencia para cada tipo de panel.

Tabla 4.14 Comparación aislación acústica de los distintos paneles ensayados

Frecuencia (Hz)	Aislación acústica panel poliestireno	Aislación acústica panel tipo A	Aislación acústica panel tipo B	Aislación acústica panel tipo C
100	24,8	18,93	20,73	20,9
125	6,8	8,5	6,87	9,9
160	15,4	14,5	18,07	15,7
200	15,2	11,43	13,97	14
250	6,2	0,87	7,17	1,9
315	15,5	9,93	16,9	14,5
400	16,1	18,07	16,8	18,2
500	9,5	11,57	4,07	7,8
630	4,9	9,23	10,37	11
800	8,1	2,47	11,83	0,2
1000	9,2	7,03	16,8	9,2
1250	16,2	8,4	17,03	5,2
1600	24,5	18,5	25,83	19,6
2000	16,8	11,07	15,07	13,7
2500	12,9	9,47	12,67	12,5
3150	19,1	17,03	22,63	21,5
4000	16,6	16,37	20,5	22,3
5000	7,2	12,3	6,97	4,6

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

De los resultados obtenidos, se puede analizar con respecto a los paneles tipo A, presentan su mejor aislación acústica en las frecuencias de 100 y 1600 Hz, en la frecuencia de 5000 Hz fue donde mayormente supero en un 71% la capacidad de aislación del prototipo de comparación de poliestireno expandido.

La menor capacidad de aislación registrada fue en los 250 Hz (sonido grave) y 800 Hz (media alta). (Bandas bajo los 250 Hz son poco peligrosas)

Podemos observar que en las frecuencias bajas desde 100 a 350 Hz, el comportamiento del prototipo de comparación (poliestireno expandido) tiene una mejor capacidad de aislación a sonidos graves que los paneles propuestos tipo A.

En las frecuencias de 1000 a 2500 Hz (media altas) se observa el mismo comportamiento, siendo el prototipo de comparación el que tiene mejor capacidad de aislación acústica que el tipo A.

En el rango de los 400 a 630 Hz los paneles tipo A generaron una mayor aislación en comparación al panel de poliestireno expandido, lo que permite su empleo en zonas donde se desarrollen estas frecuencias.

Con respecto a los paneles tipo B, observar que en las frecuencias bajas desde 250 a 400 Hz, el comportamiento del prototipo de comparación (poliestireno expandido) tiene una menor capacidad de aislación a frecuencias graves (bajas) que los paneles propuestos tipo B.

En las frecuencias de 630 a 1600 Hz (medias altas) se observa que los paneles tipo B tienen una mejor capacidad de aislación en todas las frecuencias emitidas, superando al poliestireno expandido.

En la frecuencia de los 1000 Hz el panel tipo B supero en un 82% la capacidad de aislación del panel patrón.

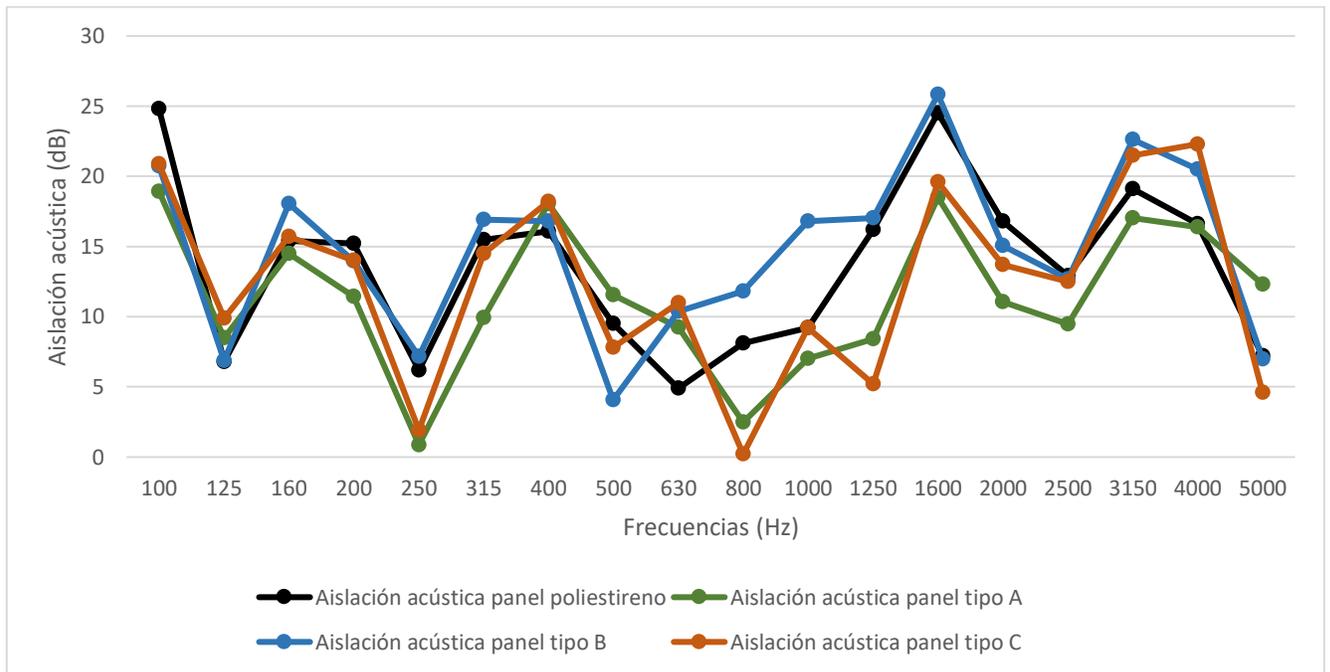
Se observa que, en la frecuencia más baja de 100 Hz, el comportamiento del prototipo de comparación (poliestireno expandido) tiene una mejor capacidad de aislación que los paneles propuestos tipo B.

Del ultimo panel propuesto tipo C, en la frecuencia de los 630 Hz supero en un 124 % la capacidad de aislación del panel de poliestireno expandido. su menor capacidad de aislación registrada fue en los 800 Hz.

Esta mejor aislación a frecuencias altas se explica por la materialidad de nuestra propuesta, ya que el alga es un material poroso, la cual absorbe estas frecuencias altas que tienen una menor longitud de onda, como se muestra en la siguiente figura, siendo gran parte de estas absorbidas por el material, evitando su propagación.

En la siguiente grafico de la figura 4.10 se puede observar de manera clara el comportamiento de aislación acústica presentada por los paneles tipo A, B y C en comparación al panel de poliestireno expandido.

Figura 4.10: Resumen aislación acústica de los tipos de paneles ensayados



(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Al observar por rangos, graves, medios y altos podemos analizar que:

El prototipo B en el rango medio de 500 a 1600 Hz tuvo la mejor capacidad de aislación en comparación con el poliestireno expandido y el prototipo A y C, a excepción de la frecuencia de 500 Hz.

Ocurre un comportamiento similar en los tonos graves con el prototipo B, en el rango de frecuencias de 100 a 400 Hz, a excepción de las frecuencias de 100 y 200 Hz.

La máxima aislación alcanzada por los paneles propuestos superando al panel de poliestireno expandido fue en la frecuencia de los 1600 Hz con 25,83 dB del prototipo B, 18,07 dB en la frecuencia de 400 Hz para el panel A y 22,3 dB en la frecuencia de 4000 Hz para el tipo C.

Mientras donde obtuvieron menor valor de aislamiento fue en la frecuencia de los 250 Hz con 0,87 dB para el panel tipo A, 4,07 dB para el panel tipo B en la frecuencia de 500 Hz y 0,2 dB en los 800 Hz del tipo C.

En los tonos agudos, donde el rango de frecuencias de 2000 a 5000 Hz, el prototipo de comparación de poliestireno expandido tiene un mejor comportamiento inicial, pero al aumentar. En los 3150, los paneles propuestos presentan mejor aislamiento que el panel patrón.

En términos generales el panel propuesto tipo B, tiene un mejor comportamiento de aislamiento acústica, superando en 12 de 18 frecuencias al panel de poliestireno expandido, destacando en las frecuencias medias altas.

Los seres humanos son capaces de detectar sonidos en el rango de 10 a 20.000 Hz, las frecuencias más dañinas para el oído humano van entre la banda 2000 Hz a 4000 Hz, en la siguiente tabla, se muestra el resumen de los valores de aislamiento acústica obtenidos por cada tipo de panel según este rango.

Tabla 4.15 Aislación acústica frecuencias altas

Panel	Frecuencia (Hz)	2000 Hz	2500 Hz	3150 Hz	4000 Hz
TIPO A	Aislación Acústica (dB)	11,07	9,47	17,03	16,37
TIPO B	Aislación Acústica (dB)	15,07	12,67	22,63	20,05
TIPO C	Aislación Acústica (dB)	13,7	12,5	21,5	22,3

Estos valores de aislamiento acústica, que presentan al emplear los paneles propuestos nos indican que se permite su empleo en zonas donde se desarrollen estas frecuencias Altas, como en las autopistas o zonas industriales.

4.8 Estudio de costos

Se realizó un análisis de precios unitarios a los 10 paneles ensayados, considerando su construcción en un metro cuadrado de cada elemento con su estructura, material aislante y recubrimiento.

Tabla 4.16 Descripción elementos de cada panel

Panel	Estructura	Material aislante	Revestimiento
Tipo A	Madera pino seco cepillado de 1x2"	<i>Durvillaea antártica</i>	yeso cartón 10 mm
Tipo B	Madera pino seco cepillado de 1x2"	<i>Durvillaea antártica</i>	yeso cartón 10 mm
Tipo C	Madera pino seco cepillado de 1x2"	<i>Durvillaea antártica</i>	yeso cartón 10 mm
Patrón	Madera pino seco cepillado de 1x2"	Poliestireno expandido	yeso cartón 10 mm

Fuente: Elaboración propia, 2018

Como podemos observar en la tabla 4.16 en esta investigación la única variable que cambia es la utilización del material aislante, la estructura y el revestimiento es la misma para los 10 paneles ensayados.

La siguiente tabla indica los materiales utilizados y sus costos para la confección de los paneles ensayados, como podemos observar en ella el valor del alga *Durvillaea antártica*, tiene un valor cero, ya que esta fue recolectada en la Playa Carvallo, sector de Playa Ancha, Quinta Región de Valparaíso.

Tabla 4.17 Costo de materiales

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO
Pino seco cepillado 1x2" 3,2m	un	\$ 950
Clavos 1 1/2"	kg	\$ 1.490
Plancha poliestireno expandido 1000X500X40 mm	un	\$ 849
Alga <i>Durvillaea Antártica</i>	m	\$ -
Plancha yeso cartón 10 mm 120x240m	un	\$ 4.990
Tornillos 6X1 1/4" caja 250 unidades	un	\$ 2.447

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para poder determinar el valor de fabricación por metro cuadrado de los paneles propuestos, se realizó su análisis de costos para cada uno de ellos según la cantidad de materiales a utilizar.

4.8.1 Análisis de materiales panel patrón

Tabla 4.18 Costo materiales (\$/M²) Panel patrón

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Pino seco cepillado 1x2"	un	1,5	\$ 950	\$ 1.425
clavos 1 1/2"	kg	0,011	\$ 1.490	\$ 16
Plancha poliestireno expandido 1000X500X40 mm	un	2	\$ 849	\$ 1.678
yeso cartón 10 mm 120x240m	un	1	\$ 4.990	\$ 4.990
Tornillos 6X1 1/4"	un	0,16	\$ 2.447	\$ 392
			TOTAL	\$ 8.501

Fuente: Elaboración propia, 2018

El valor por m² del panel patrón equivale a un total de \$8.501 (\$/m²)

4.8.2 Análisis de materiales panel tipo A

Tabla 4.19 Costo materiales (\$/M²) Panel tipo A

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Pino seco cepillado 1x2"	un	1,5	\$ 950	\$ 1.425
clavos 1 1/2"	kg	0,011	\$ 1.490	\$ 16
<i>Alga Durvillaea antártica</i>	ml		\$ -	\$ -
yeso cartón 10 mm 120x240m	un	1	\$ 4.990	\$ 4.990
Tornillos 6X1 1/4"	un	0,16	\$ 2.447	\$ 392
			TOTAL	\$ 6.823

Fuente: Elaboración propia, 2018

El valor por m² del panel tipo A equivale a un total de \$6.823 (\$/m²)

4.8.3 Análisis de materiales panel tipo B

Tabla 4.20 Costo materiales (\$/M²) Panel tipo B

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Pino seco cepillado 1x2"	un	1,5	\$ 950	\$ 1.425
clavos 1 1/2"	kg	0,011	\$ 1.490	\$ 16
<i>Alga Durvillaea antártica</i>	ml		\$ -	\$ -
yeso cartón 10 mm 120x240m	un	1	\$ 4.990	\$ 4.990
Tornillos 6X1 1/4"	un	0,16	\$ 2.447	\$ 392
			TOTAL	\$ 6.823

Fuente: Elaboración propia, 2018

El valor por m² del panel tipo B equivale a un total de \$6.823 (\$/m²)

4.8.4 Análisis de materiales panel tipo C

Tabla 4.21 Costo materiales (\$/M²) Panel tipo C

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Pino seco cepillado 1x2"	un	1,5	\$ 950	\$ 1.425
clavos 1 1/2"	kg	0,011	\$ 1.490	\$ 16
<i>Alga Durvillaea antártica</i>	ml		\$ -	\$ -
yeso cartón 10 mm 120x240m	un	1	\$ 4.990	\$ 4.990
Tornillos 6X1 1/4"	un	0,16	\$ 2.447	\$ 392
			TOTAL	\$ 6.823

Fuente: Elaboración propia, 2018

El valor por m² del panel tipo C equivale a un total de \$6.823 (\$/m²)

En la siguiente tabla se presenta el resumen de costos de materiales por m² para cada uno de los paneles.

Tabla 4.22 Resumen costo materiales de los paneles

PANEL	COSTO TOTAL POR M ²
Patrón	\$8.501
Tipo A	\$6.823
Tipo B	\$6.823
Tipo C	\$6.823

Fuente: Elaboración propia, 2018

De los valores indicados en la tabla 4.22 tenemos una diferencia del 20 % con un valor de \$1.678 por m², el cual, es el valor del material aislante utilizado en el panel patrón, el poliestireno expandido, ya que en los paneles propuestos el material utilizado no tiene costo de compra, siendo recolectada en las orillas de las playas.

De la información obtenida, debemos considerar que la mano de obra es un opcional, (análisis adjunto en anexo), ya que el enfoque de esta investigación es en la autoconstrucción de cada uno de estos paneles, para aquellas personas que no tienen los recursos suficientes para aislar sus viviendas, u optaron por una opción más ecológica, utilizando una materia prima que muchas veces no es utilizada

4.9 Análisis de resultados

A continuación, se muestra una tabla resumen, con los resultados obtenidos de esta investigación, para cada tipo de panel.

Tabla 4.23 Resumen final de los resultados

Resumen y análisis de los resultados	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Patrón
Dimensiones (cm)	65x60	65x60	65x60	65x60
Espesor (cm)	6	6	6	6
Densidad (kg/m ³)	359,82	360,25	364,95	301,28
Diferencial térmico (°C)	21,12	20,12	19,04	18,6
Aislación acústica (dB) a los 4000 Hz	16,37	20,05	22,3	16,6
Costos (\$) materiales	6.823	6.823	6.823	8.501

Fuente: Elaboración propia, 2018

De los resultados indicados en la tabla 4.28 se puede concluir que de los paneles propuestos el tipo A, es el de menor densidad, generó una mayor aislación térmica, debido a la disposición en la que fue colocada el alga, opuestamente el de mayor densidad obtuvo una menor aislación térmica, aquí el alga solo fue dispuesta en una sola dirección. Confirmando que si influye la disposición de este material aislante a la hora de ser utilizado. En cuanto a la aislación acústica, de los paneles propuestos el B y C poseen mayor aislación acústica en la frecuencia más alta, esto se debe a su mayor densidad y porosidad, lo que opone y absorbe las ondas sonoras.

4.9.1 Análisis de densidades

Se realizaron tres probetas por cada prototipo propuesto en esta investigación, todos con las mismas dimensiones de 65x60 cm con 6 cm de espesor total y 4 cm de aislante. Al obtener su masa y volumen podemos calcular su densidad aparente. A continuación, se muestra la tabla resumen promedio de las densidades obtenidas por cada Prototipo.

Tabla 4.24 Resumen Densidad aparente elementos propuestos

Panel	Densidad [Kg/m ³]
Poliestireno	301,28
Tipo A	360,26
Tipo B	359,83
Tipo C	364,96

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 4.25 Resumen Densidad aparente Material Aislante

Panel	Densidad [Kg/m ³]
Tipo A	98,72
Tipo B	98,08
Tipo C	105,77

Fuente: Elaboración propia, 2018

Las tablas anteriores se puede apreciar una densidad mayor de nuestros prototipos con respecto al material aislante de comparación de poliestireno expandido el que tiene una densidad aparente aproximada de 10 [Kg/m³].

Tabla 4.26 Densidad aparente Materiales

Material	Densidad Aparente [Kg/m ³]
Mortero de Cemento	2.000
Papel	1.000
Perlita expandida	90
Plancha de corcho	100-500
Plomo	11.300
Poliestireno Expandido	10-30
Poliuretano expandido	25-70
Vidrio plano	2.500
Yeso cartón	650-870
Lana minera, colchoneta libre	40-120

Fuente: NCh 853 of 91

Para crear la tabla de evaluación, calificaremos con un 5 aquel material que tiene una menor densidad, con respecto a la NCh 853 of 91, en este caso el poliestireno expandido obtiene la calificación máxima, usamos la tabla 4.27 como parámetro para obtener las calificaciones para nuestros prototipos.

Tabla 4.27 Evaluación Densidades

Calificación	1	2	3	4	5
Rango Densidad [Kg/m3]	<10.000-790	530-780	270-520	120-260	>10-100

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 4.28 Evaluación de densidades

Panel	Evaluación
Poliestireno	5
Tipo A	5
Tipo B	5
Tipo C	5

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla 4.28 Obtenemos también que nuestra Propuesta de aislante obtiene calificación 5. No tiene tan baja densidad como el poliestireno expandido, pero es menor al ser comprada con otros materiales aislantes, estando dentro del rango de la calificación 5.

Es importante considerar la densidad de los materiales al ser manipulados manualmente, considerando la ley 20949 que reduce el peso máximo de carga de manipulación manual de los trabajadores a 25 Kg, destacando la importancia de la densidad de los materiales, significando una mejor trabajabilidad, disminuyendo esfuerzo y tiempo, al simplificar su utilización.

4.9.2 Análisis de resultados térmicos

De acuerdo al manual de aplicación reglamentaria térmica MINVU se definen las exigencias térmicas según zonificación, estos requerimientos térmicos en muros son expresados en la siguiente tabla 4.29.

Tabla 4.29 Resistencia térmica paneles propuestos

Zonificación		Muros R100
Zona 1	Arica, Iquique, Antofagasta, Copiapó, La Serena	23
Zona 2	Valparaíso	23
Zona 3	Santiago, Rancagua	40
Zona 4	Talca, Concepción, Los Ángeles	46
Zona 5	Temuco, Villarrica, Osorno, Valdivia	50
Zona 6	Puerto Montt, Frutillar, Chiten	78
Zona 7	Coyhaique, Punta arenas	154

Fuente: * según la norma NCh 2251

En esta investigación se trabajó con poliestireno de densidad igual a 10 (kg/m³), con una conductividad térmica de 0,0425 [W/(mK)], de acuerdo a los datos entregados por el fabricante. El poliestireno expandido usado fue de 40mm de espesor, el cual tiene una resistencia térmica de 0,941 [m²*K/W], obtenido este valor se comparó en forma proporcional con los diferenciales térmicos obtenidos por las 3 configuraciones.

Tabla 4.30 Resistencia térmica paneles propuestos

Panel	Diferencial térmico (°C)	Resistencia térmica [m ² *K/W]
Poliestireno	18,60	0,941
Tipo A	21,12	1,068
Tipo B	20,12	1,017
Tipo C	22,30	1,128

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según la tabla 4.31 se estable con calificación 5 a la mayor resistencia requerida en muros para la Zona 7, y calificación 1 para la que no cumpla con ninguna resistencia establecida por norma, con este parámetro obtenemos la siguiente tabla de calificación.

Tabla 4.31 Calificación Resistencia térmica

Calificación	1	2	3	4	5
R100	22	55	88	121	154
Rango R100	22<	23-55	56-88	89-121	122-154>

Fuente: NCh 2251

De acuerdo a esta tabla se evaluó cada tipo de aislante propuesto, obteniendo las siguientes calificaciones reflejadas en la tabla 4.32.

Tabla 4.32 Evaluación térmica

Panel	Muros R100	Evaluación
Poliestireno	94,1	4
Tipo A	106,8	4
Tipo B	101,7	4
Tipo C	112,8	4

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Se puede analizar, que los prototipos propuestos cumplen con las condiciones para ser utilizado como aislante térmico en 6 de las 7 zonas del país.

4.9.3 Análisis de resultados acústicos

Para realizar este análisis, se realiza una escala de evaluación, teniendo como parámetro el valor que exige la norma NCh 352 of 2000, se calificó con nota 5 a la aislación acústica de 40 dB, teniendo como referencia este valor máximo, y con nota 1 aquellos que no cumplen con la norma cuya aislación acústica es menor de 8 dB. Se obtienen las siguientes notas de forma proporcional 4, 3, 2 y 1 como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 4.33 Calificaciones Aislación acústica

Calificación	1	2	3	4	5
Aislación acústica	8 dB	16 dB	24 dB	32 dB	40 dB
Rango	<1-8 dB	9-16 dB	17-24 dB	25-32 dB	33-40> dB

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Obtenidas las calificaciones con su rango de decibeles correspondiente, se procede a evaluar cada uno de los paneles ensayados.

Tabla 4.34 Evaluación acústica Paneles ensayados

Panel	Evaluación
Poliestireno	2
Tipo A	2
Tipo B	3
Tipo C	3

Fuente: Elaboración Propia, 2018

De la tabla 4.34 obtenemos que todos los paneles propuestos cumplen con lo mínimo normado (calificación 2), pero no logran la calificación máxima 5.

4.9.4 Análisis de costos

En la siguiente tabla 4.35 se presenta el resumen de costos de material aislante por m² para cada uno de los paneles.

Tabla 4.35 Resumen costo material aislante de los paneles

PANEL	COSTO TOTAL POR M ²
Patrón	\$1.678
Tipo A	\$392
Tipo B	\$392
Tipo C	\$392

Fuente: Elaboración propia, 2018

Al realizar el análisis de costo del material aislante, podemos calificar con nota 5 al que tiene valor \$0, en este caso nuestra propuesta tiene un valor \$392 ya que no fue comprada, siendo recolectada en las orillas de la costa Chilena, en plan de autoconstrucción considerando solo el valor de transporte. (se considera \$820 valor litro gasolina de 95 octanos/ valor por Km \$70)

Considerando este parámetro, podemos obtener las siguientes notas de forma proporcional 4, 3, 2 y 1 como se indica en la siguiente tabla 4.36.

Tabla 4.36 Calificaciones Costo material aislante

Calificación	1	2	3	4	5
Rango Costo m ²	\$5.500>	\$5.400-\$3.900	\$3.700-\$2.200	\$2.000-\$1.000	\$0-900

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Obtenidas las calificaciones con su rango de decibeles correspondiente, se procede a evaluar cada uno de los paneles ensayados.

Tabla 4.37 Evaluación de costos material aislante

Panel	Evaluación
Poliestireno	4
Tipo A	5
Tipo B	5
Tipo C	5

Fuente: Elaboración Propia, 2018

4.10 Análisis de desempeño

Se consideraron cuatro parámetros para realizar este análisis, la densidad, aislación acústica, resistencia térmica y costo material aislante, estableciendo una escala de desempeño para cada parámetro, el cual se calificó con nota del 1 al 5, a continuación, se explica cada una de estas calificaciones:

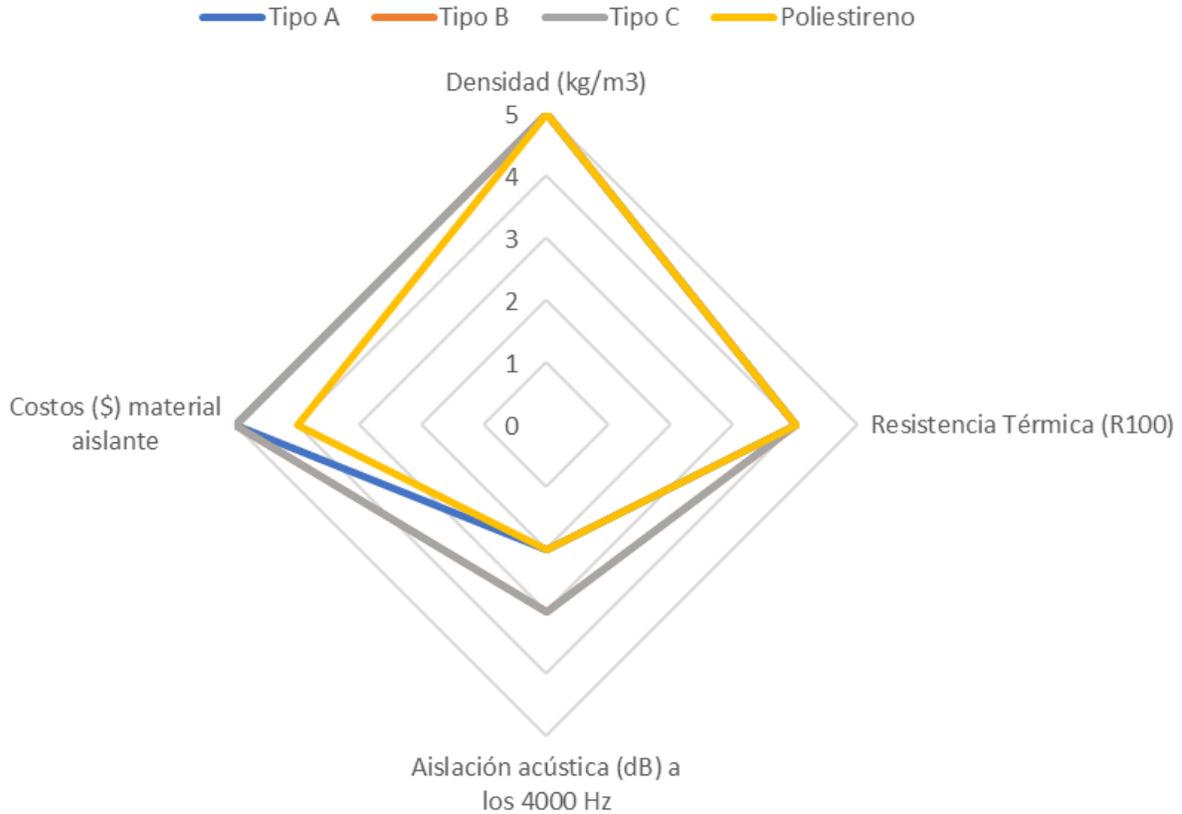
Tabla 4.38 Tabla escala de desempeño

Resumen y análisis de los resultados	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Poliestireno
Densidad (kg/m ³)	5	5	5	5
Resistencia térmica (R100)	4	4	4	4
Aislación acústica (dB) a los 4000 Hz	2	3	3	2
Costos (\$) material aislante	5	5	5	4
Total área cm ²	21,95	25,71	25,71	18,78

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para obtener la interacción de estas variables se graficaron las calificaciones obtenidas por cada panel ensayado, como se muestra en la figura 4.11 de esta manera quedan marcados en el grafico cuatro puntos conformando una figura geométrica, el cálculo de esta área permitirá aproximar una medida, de esta manera se espera que cuanto mayor sea el área conformada con las calificaciones de cada panel, mayor será su desempeño.

Figura 4.11 Grafico análisis de desempeño



Fuente: Elaboración propia, 2018

De la figura 4.11 Grafico de desempeño de cada panel ensayado podemos analizar que el panel propuesto con el alga *Durvillaea Antártica*, obtienen calificaciones similares a diferencia del parámetro aislación acústica (mayor prototipo C) y el costo del material aislante, obteniendo un desempeño semejante. En cuanto al proceso de fabricación, realizando una comparación entre la propuesta y el patrón, nuestra propuesta no produce gases contaminantes al ser realizado de manera artesanal, como autoconstrucción, ocupando el alga encontrada en las orillas de las costas chilenas.

Capítulo 5. Conclusiones y propuestas de futuras investigaciones

5.1 Conclusiones

En relación con los objetivos propuestos al comienzo de esta investigación, estos se cumplieron de manera satisfactoria. Se lograron medir y determinar las propiedades térmicas y acústicas del material propuesto como aislante.

Mediante los ensayos realizados en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil se estableció el comportamiento térmico y acústico de los paneles propuestos, determinando el diferencial térmico y capacidad de aislación acústica para cada prototipo establecido.

- **Relacionado con la aislación térmica**

De los resultados del ensayo de aislación térmica, comparado con el material aislante de poliestireno expandido, se determina que la propuesta de *Durvillaea antártica* en sus tres configuraciones de diseño presenta mejores propiedades de aislación térmica, obteniendo los siguientes diferenciales térmicos, panel tipo A 21,12 °C, panel tipo B 20,2 °C, panel tipo C 19,04 °C y el patrón de comparación 18,6 °C los cuales fueron registrados a los 120 minutos en el término de cada ensayo. Determinando su eficacia térmica, donde el prototipo A, opone mayor resistencia al paso del calor, a los 120 minutos, superando en un 14 % al diferencial térmico del prototipo de comparación, de poliestireno expandido. Además, superó en un 5% el diferencial térmico del prototipo B, donde el alga va dispuesta en forma perpendicular a una de sus caras, de esta forma, según la norma NCh 2251 of 94 y el manual de aplicación reglamentaria térmica MINVU nuestros prototipos son aptos para ser utilizados en 6 de las 7 zonas de nuestro país en el acondicionamiento térmico en muros de una vivienda.

Esto demuestra que la disposición del alga utilizada si influye en los resultados, consiguiendo mejores propiedades de aislación térmica cuando es dispuesta en forma de capas, en sentido ortogonal, definiendo su eficiencia térmica al ser empleada como material aislante, consiguiendo un recurso natural encontrado en las orillas de nuestras costas chilenas que mayoritariamente es desechado.

- **Relacionado con la aislación acústica**

Con respecto a la aislación acústica se concluye que el material propuesto, presentó una aislación acústica variable frente a distintas frecuencias establecidas.

En el ámbito acústico el panel tipo B logra su valor máximo de 25,83 decibeles en la frecuencia de los 1600 Hz superando al panel de poliestireno expandido además del tipo A y C.

En los ensayos de aislación acústica se puede observar que los paneles propuestos tipo B, donde fue utilizada el alga *Durvillaea antártica* en forma perpendicular a una de sus caras como aislante, tienen un mejor índice de aislación acústica a diferencia del panel patrón, lo que nos permite concluir que tiene un mejor comportamiento de aislación acústica, superando en 12 de 18 frecuencias al panel de poliestireno expandido, destacando en las frecuencias medias altas, estas son las responsables de provocar daños en el oído humano, siendo algunos irreparables. Según la NCh 352 of 2000 nuestros paneles propuestos cumplen con el requisito mínimo de aislación permitiendo el empleo de estos elementos en zonas donde se desarrollen frecuencias medias altas, como autopistas o zonas industriales. Esto se debe a que el alga, material aislante utilizado, es poroso, lo cual absorbe estas frecuencias altas que tienen una menor longitud de onda, siendo gran parte de estas absorbidas por el material, evitando su propagación.

- **Relacionado con la hipótesis**

Se puede concluir mediante los ensayos y análisis realizados, la validación de la hipótesis establecida en esta investigación, logrando propiedades térmicas y acústicas los nuevos elementos propuestos con el alga *Durvillaea antártica* de 40 mm de espesor y recubierto con una placa de yeso-cartón de 10 mm por ambas caras, destacando en sus tres configuraciones, principalmente en el tipo A, el cual tiene posibles usos como material aislante en construcciones habitacionales. En cuanto en la aislación acústica el panel tipo B, fue el que obtuvo mejores resultados en la mayoría de las frecuencias, teniendo una mejor aislación acústica frente al panel patrón de poliestireno expandido.

5.2 Futuras investigaciones

- Como propuestas para estudios posteriores se plantea establecer las propiedades en base a los ensayos de resistencia al fuego, de los paneles propuestos en esta investigación.
- Se propone realizar investigación similar, pero con la utilización de otras algas.
- Establecer prototipos diferentes a los ya estudiados, evaluando sus propiedades térmicas y acústicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alveal K, A Candia, G Collantes, M Edding, E Fonk, C Melo, A Poblete, P Rivera, H Romo, C Werlinger & R Westermeier. (1990b). Guía de algas marinas chilenas de importancia económica. Red Algas Marinas - Chile. CIID, Canadá 114 p.

Blender M, (2012). Envoltente térmica “una promesa tramposa”, Ministerio de Obras Públicas, Dirección de planeamiento (23/10/2012), [en línea] <http://mariablender.com/envolventetermica-una-promesa-tramposa/>

Burgos D, (2008), “análisis de propuestas de soluciones térmicas exterior en el mercado chileno”, Universidad de Chile. Pag 17-18

Buschmann, A; Alveal, K. & Romo. H. (1984). “Biología de Durvillaea antártica (Phaeophyta, Durvilleales) en Chile centro-sur. Morfología y Reproducción”. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, 5:399-406.

Cárdenas J.P, (2012). Estudio A Viviendas En Temuco Arrojó Graves Falencias En El Sistema De Aislación Térmica, [en línea] <http://www.diarioelgong.cl>

Carpio R (1983), Ingeniería de los Materiales Plásticos. Ed.Díaz de Santos. Madrid.

Carrión A, (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Capítulo 1- principios del sonido, Pag 19-21

Caru A, (2007). “Caracterización acústica de los materiales”, Escuela de Ingeniería Acústica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Tesis de Grado. Pag 11-12.

CORDIS. (2013). Algas como aislante para la construcción. In. http://cordis.europa.eu/news/rcn/35568_es.html

Correa G, (2013). “Incorporación de criterios de eficiencia energética a las tasaciones de viviendas: tasaciones verdes”, Escuela de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile

De Luca A, (2013). “Gasto de energía en hogares sube un 55% en invierno” disponible en www.agroecosistema.cl

Domingo A, (2011). “Apuntes de transmisión de calor”. Universidad politécnica de Madrid, España. Pag 2-3.

Enciclopedia de Características, (2017). *10 características de las Algas.* Recuperado de:

<http://www.caracteristicas.co/algas/>

Erazo R, (2007). “Variación de la conductividad térmica con la humedad en materiales de construcción”, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile, Tesis de Doctorado, Pag 75-77.

FAO (2010). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, 2010.
<http://www.fao.org/docrep/013/i1820s/i1820s01.pdf>

Giovanna C, (2002).” Estudio de la variación en la conductividad térmica de cascarilla de arroz aglomerado con fibras vegetales, departamento de ingeniería y mecánica, Universidad del Norte. Colombia. Tesis de grado, Pag 28-31.

González P, (2011). Ensayo “Fabricación de materiales celulares mejorados basados en poliolefinas”. Departamento de física. Universidad de Valladolid, España. Pag 11-12.

Herranz I, (2009) “alga cochayuyo: Sabroso depurativo”, Mas allá de la ciencia, España.

Hoffmann A, Santelices B, (1997). Flora marina de Chile central. Editorial Universidad Católica de Chile. Facultad de Ciencias Biológicas. Santiago. Chile.

Las múltiples propiedades del cochayuyo chileno: <https://www.thisischile.cl/las-multiples-propiedades-del-cochayuyo-chileno/>

López A, (2012). Apuntes construcción 3ºaño, unidad nº7, acústica arquitectónica, curso lectivo 2012, pág. 42-43.

Margarida M, (1983). aislamiento térmico- aplicaciones en la edificación y la industria. Economía de energía.

McLachlan, J. (1985). Macroalgae (seaweeds): industrial resources and their utilization. Plant and Soil, 89(1-3), 137-157.

Olmedo, F. (2013). ladrillos ecológicos con fibras de lana y polímeros extraídos de las algas. Retrieved from <http://www.biodisol.com/ahorro-energetico/se-vienen-los-ladrillos-ecologicos-con-fibras-de-lana-y-polimeros-extraidos-de-las-algas/>

Quintans, c. (2014). Algas “bio-reactivas” en fachadas. Retrieved from <http://tectonicablog.com/?p=56264>

Ramírez P, (2012), “Conceptos de aislación térmica”, Definición de Aislante térmico, ensayo, Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ingeniería, Pag 4

Realdania Byg , V. (2014). The Modern Seaweed HouseThe Modern Seaweed House.

<http://arqa.com/en/architecture/modern-seaweed-house.html>

Romero N, (2011). “Consumo de energía a nivel residencial en Chile y análisis de eficiencia energética en calefacción”, Universidad de Chile. Tesis de grado, Pag 23-24.

Samguineti (2000). Control de ruido. Rosario Argentina

SERNAPESCA. (2011). Desembarque artesanal por especie y por Región, 2010. Disponible en: http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&func=startdown&id=5091 Leído el 22 de Abril, 2017.

Serra R, (1991). Arquitectura y Energía Natural, “las energías en la arquitectura”, Capítulo 3 – definición fisiológica del ambiente, Pag 83-89.

Thomas, D.N. (2002). Seaweeds. Natural History Museum. Smithsonian Institute Press, Londres, Inglaterra. 96p

Valero P, (2003) Aislando bien nuestra casa. Artículo Rehabitar N°6 pág. 30. Teruel,2003. <http://www.davidhammerstein.org/documentos/aislantes.pdf>

Vásquez, J. (2005). Algas pardas. Disponible en: <http://www.algaspardas.cl/durvantarc.htm> . Leído el 22 de abril, 2017.

Yáñez C, (2008). Corporación de desarrollo tecnológico, cámara chilena de la construcción, “aislación térmica exterior”, manual técnico, Reacondicionamiento Térmico de Viviendas en Uso, Corporación del desarrollo tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, Pag 4652.

ANEXOS