



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

**EVALUACIÓN DE LA AISLACIÓN TÉRMICA, ACÚSTICA Y  
RESISTENCIA IGNIFUGA DE UN SISTEMA DE AISLACIÓN  
A BASE DE ESPONJA VEGETAL LUFFA CYLINDRICA**

**POR**

**NICOLÁS ANDRÉS VIVANCO FERNÁNDEZ**

Tesis para optar al grado de licenciado en ciencias de la construcción y al título de ingeniero constructor

**Prof. Guía Alberto Moya Arredondo**

**Julio, 2019**

## **Agradecimientos**

*A mi familia por el apoyo que me han brindado durante todo mi proceso universitario, especialmente en esta última etapa.*

*A mi profesor guía Alberto Moya, por su orientación, apoyo y disposición en este último desafío.*

# Índice

Agradecimientos.....	2
Lista de abreviaturas y siglas.....	7
Lista de figuras.....	8
Lista de tablas.....	10
Resumen.....	11
<b>1. Antecedentes generales</b>	<b>12</b>
1.1. Introducción.....	12
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo General.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Alcances y limitaciones.....	17
<b>2. Marco teórico</b>	<b>18</b>
2.1. Antecedentes generales.....	18
2.2. Aislación térmica.....	19
2.2.1. Conductividad Térmica (Ke).....	19
2.2.2. Conductancia térmica (C).....	19
2.2.3. Transferencia de calor.....	20

2.2.4. Reglamentación térmica.....	20
2.2.5. Resistencia térmica (R).....	21
2.2.6. Resistencia térmica total de un elemento compuesto, RT.....	21
2.2.7. Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada, Rg.....	22
2.2.8. Resistencia térmica de superficie, Rs.....	22
2.2.9. Transmitancia térmica, U.....	23
<b>2.3. Aislamiento Acústico.....</b>	<b>23</b>
2.3.1. Sonido.....	23
2.3.2. Absorción Acústica.....	23
2.3.3. Frecuencia.....	24
2.3.4. Banda de frecuencia.....	24
2.3.5. Decibel (dB).....	24
2.3.6. Decibel A dB(A).....	24
2.3.7. Espectro.....	24
2.3.8. Reverberación.....	25
2.3.9. Puente Acústico.....	25
2.3.10. Onda y amplitud de onda.....	25
2.3.11. Ruido.....	25
<b>2.4. Densidad.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5. Porosidad.....</b>	<b>28</b>

<b>3. Desarrollo experimental</b>	29
3.1. Generalidades.....	29
3.1.1. Recopilación de materiales.....	29
3.1.2. Caracterización de la esponja vegetal <i>Luffa Cylindrica</i> .....	29
3.1.3. Construcción de un panel para un sistema de aislación.....	30
3.1.4. Confección del sistema de aislación a base de esponja vegetal <i>Luffa Cylindrica</i> .....	31
....	
3.1.5. Evaluación de las propiedades térmicas de la esponja <i>Luffa Cylindrica</i> .....	33
3.1.6. Descripción del equipo de medición.....	35
3.1.7. Evaluación de las propiedad acústicas de la esponja <i>Luffa Cylindrica</i> .....	36
3.1.8. Rango de frecuencia de las mediciones.....	38
3.1.9. Evaluación de la resistencia al fuego de la esponja <i>Luffa Cylindrica</i> .....	38
3.1.10. Evaluación de la resistencia al fuego de la esponja <i>Luffa Cylindrica</i> .....	40
3.1.11. Influencia comparativa entre marco de madera y metalcon.....	40
<b>4. Presentación y análisis de resultados</b>	41
4.1. Generalidades.....	41
4.1.1. Densidad de los aislantes ensayados.....	41
4.2. Resultados de ensayo de aislación térmica.....	42
4.2.1. Resistencia térmica y transmitancia térmica para los paneles.....	43

4.3. Resultados de ensayo de aislación acústica.....	45
4.4. Ensayo de resistencia ignifuga.....	48
4.5. Análisis de desempeño.....	50
4.5.1. Análisis de desempeño por resistencia térmica .....	50
4.5.2. Análisis de desempeño por reducción acústica .....	51
4.5.3. Análisis de desempeño resistencia al fuego.....	52
4.5.4. Desempeño general de los ensayos.....	53
<b>5. Conclusiones y nuevas propuestas.</b>	<b>56</b>
5.1. Evaluación de la aislación térmica.....	56
5.2. Evaluación de la aislación acústica.....	56
5.3. Evaluación de la resistencia ignifuga.....	57
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## Lista de abreviaturas y siglas

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.

dB: Decibel.

DT: Diferencia de temperatura.

F: Frecuencia.

Hz: Hertz.

OMS: Organización mundial de la salud.

U: Transmitancia térmica.

R<sub>t</sub>: Resistencia térmica total.

K<sub>e</sub>: Conductividad térmica.

T: Temperatura.

Q: Flujo térmico.

A: Area.

## Lista de figuras

Figura 2.1. Zonas térmicas en viviendas con su máximo coeficiente de resistencia térmica.....	21
Figura 3.1. Panel con el sistema de esponja vegetal Luffa Cylindrica.....	30
Figura 3.2. Esponja vegetal Luffa Cylindrica.....	31
Figura 3.3. Cola fría para madera.....	32
Figura 3.4. Elaboración sistema de esponja vegetal Luffa Cylindrica.....	32
Figura 3.5. Sistema de esponja vegetal Luffa Cylindrica.....	32
Figura 3.6. Panel con el sistema de esponja vegetal Luffa Cylindrica.....	33
Figura 3.7. Cámara hermética. Ensayo de aislación térmica .....	34
Figura 3.8. Cámara hermética modulo A.....	34
Figura 3.9. Cámara hermética modulo B .....	34
Figura 3.10. <i>Xplorer</i> GLX.....	35
Figura 3.11. <i>Sensor Passport</i> .....	36
Figura 3.12. Cámara hermética. Ensayo de aislación acústica.....	37
Figura 3.13. Cámara acústica lado A.....	37
Figura 3.14. Cámara acústica lado B.....	37
Figura 3.15. Ensayo resistencia al fuego.....	39
Figura 3.16. Muestra esponja vegetal.....	39
Figura 3.17. Muestra ensayo poliestireno .....	39
Figura 3.18. Muestra ensayo esponja vegetal .....	39



Figura 4.1. Gráfico DT ( $T_1 - T_2$ ) contra el tiempo de los paneles. ....	43
Figura 4.2. Gráfico de comparación entre densidad y diferencia térmica $T_1 - T_2$ de los sistemas.....	44
Figura 4.3. Gráfico de barras de comparación dBA .....	46
Figura 4.4. Gráfico de barras de comparación dBC .....	47
Figura 4.5 Figura 4.5 Ensayo resistencia al fuego.....	48
Figura 4.6 Gráfico de densidad v/s Traspaso de dBA.....	51
Figura 4.7. Gráfico radial, Superficie de área de los aislantes ensayados.....	54
Figura 4.8. Diseño de grafico radial según sus lados.....	55
Figura 4.9. Gráfico de barras, Porcentaje de área de los aislantes ensayados.....	55

## Lista de tablas

Tabla 2.1 Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas.....	22
Tabla 3.1 Rango de frecuencia de las mediciones.....	38
Tabla 3.2 Porcentaje de resistencia térmica marco madera. ....	40
Tabla 4.1 Sistema de esponja vegetal.....	41
Tabla 4.2 Temperatura ambiente de la cámara térmica antes de los ensayos.....	42
Tabla 4.3. Comparación de paneles ensayados térmicamente.....	42
Tabla 4.4. Resistencia térmica y transmitancia térmica de los paneles.....	44
Tabla 4.5. Comparativa dBA para los 4 paneles ensayados.....	45
Tabla 4.6. Resistencia del panel expuesto al fuego.....	48
Tabla 4.7. Clasificación de los materiales ensayados.....	49
Tabla 4.8. Fechas de ensayos en laboratorio.....	50
Tabla 4.9. Desempeño por resistencia térmica. ....	50
Tabla 4.10. Desempeño por reducción acústica.....	51
Tabla 4.11. Densidad v/s promedio de traspaso de dBA entre cámara A y B.....	51
Tabla 4.12. Desempeño resistencia al fuego.....	52
Tabla 4.13. Rendimiento general por promedio aritmético. ....	53
Tabla 4.14. Área y porcentaje de área según su desempeño general.....	55

## Resumen

Actualmente la contaminación acústica va en aumento, esto como consecuencia dará origen a un deterioro paulatino de la salud. La atenuación del sonido por parte de las edificaciones es mínima, por lo que esta problemática también conlleva a los propietarios a realizar importantes gastos en insonorización.

La finalidad de este estudio es evaluar la aislación térmica, acústica y resistencia ignífuga de un panel a base de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*. La metodología utilizada fue a través de ensayos térmicos, acústicos y de resistencia ignífuga, de esta manera se pudo evaluar las características térmicas, acústicas e ignífugas del material y se analizaron los beneficios que tendría la *Luffa Cylindrica* versus los materiales que causan contaminación.

Los materiales utilizados en esta investigación fueron la antes mencionada esponja vegetal *Luffa Cylindrica*, la fibra de vidrio y el poliestireno, comparados con un panel patrón (sin aislación). El instrumento que se utilizó para llevar a cabo la investigación fue el *Explorer GLX*, probado con la cámara hermética y regido por las normas chilenas de aislación térmica 851 of 2008, 849 of 1987 y la norma chilena de aislación acústica 2786 of 2003, para realizar el ensayo ignífugo se utilizó un termómetro laser, regido por la norma española UNE 23727.

Finalmente se pudo comprobar que la esponja vegetal *Luffa Cylindrica* fue favorable térmicamente contra los materiales utilizados en la investigación, sin embargo, no fue favorable en los resultados acústicos e ignífugos.

# 1. Antecedentes generales

## 1.1. Introducción

En la actualidad la contaminación acústica va cada día en aumento, siendo ésta una contaminación invisible a la vista, pero molesta al sentido auditivo. El ruido es un contaminante común que se podría definir, como ‘‘aquella emisión de energía generada por un conjunto de fenómenos vibratorios aéreos, que percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias o lesiones en el oído’’. En cualquier caso, todas las definiciones se agrupan en torno a sonido desagradable, sonido no deseado, sonido perjudicial (Pérez & Gómez, 2012)

El ruido lleva implícito un fuerte componente subjetivo. Un mismo sonido puede ser considerado un elemento molesto para unas personas, mientras que para otras no, dependiendo de las características del receptor y del momento en que este se produce. (González & Fernández, 2014)

De las fuentes de ruido urbano, los vehículos motorizados son responsables de aproximadamente el 70% del ruido presente en las ciudades, y de él, el mayor aporte lo representan los vehículos de mayor tamaño, entre ellos la locomoción colectiva. Un segundo grupo lo constituyen las <<fuentes fijas>>, es decir, las Industrias, construcción, talleres, centros de recreación, etc. Los agentes de menor impacto son aquellos de ocurrencia esporádica como: gritos de niños, conciertos al aire libre, ferias y vendedores callejeros, sonidos de animales domésticos, fuegos artificiales, entre otros. (Platzer et al., 2007)

En este aspecto, al igual que factores como el frío- calor, humedad, ventilación e iluminación; el ruido constituye un aspecto primordial de la habitabilidad. Los efectos traumáticos del ruido tales como estrés, alteraciones del sueño o bajo rendimiento, pueden ocasionar consecuencias para el desempeño en nuestras actividades habituales y en consecuencia un deterioro paulatino de la salud. (Astete, 2014)

Datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que entre los diversos tipos de contaminación que afectan al medio ambiente, el ruido es el más común. Se estima que aproximadamente 250 millones de personas en todo el mundo tienen algún tipo de pérdida de audición provocada por el ruido. (Silva et al., 2014)

Por otro lado, los ambientes interiores, específicamente aquellos espacios destinados al descanso de las personas, como son las habitaciones, deben proporcionarles un alto grado de confort. Esta sensación incluye lo que la persona percibe mediante los sentidos (vista, olfato, tacto, gusto y audición). Todos los tipos de confort son de gran importancia, sin embargo, se destaca el acústico, el cual hace referencia al nivel de ruido percibido, que permitirá lograr un sueño reparador y el descanso deseado. (Pilar et al., 2015)

El aislamiento acústico, es la cantidad física más importante que define la calidad acústica de las viviendas, y se define como la protección de un recinto contra la penetración de

sonidos o ruido; y el objetivo de ello es precisamente reducir el ruido, tanto aéreo como estructural, que llega al receptor a través de los obstáculos (paredes, techos o pisos). Dependiendo del uso de las viviendas, se definen los requisitos de aislamiento acústico de las paredes, para aislarlo del ruido exterior o viceversa; es decir, el aislamiento acústico de una pared debe ser diseñado sobre las bases de los niveles de ruido medidos del lado ruidoso y sobre el límite permisible, según la OMS, del otro lado de la pared. (Astete, 2014)

Todo material absorbe energía sonora en algún grado. Cuando las ondas sonoras alcanzan un material, parte de la energía acústica de estas, es absorbida y/o transmitida, y la restante es reflejada. La energía reflejada de la onda, es siempre menor que la energía incidente, y la energía acústica absorbida, es transformada en calor. (Marín et al., 2009)

Algunos absorbentes de sonido se pueden fabricar de materiales porosos o estructuras resonantes, y los principales mecanismos para la absorción del sonido, son adaptar la impedancia acústica en el límite de los absorbedores y la disipación de la energía acústica, en el interior de los amortiguadores. Los absorbedores porosos son materiales en que se produce la propagación del sonido, en una red de poros interconectados, de modo que los efectos viscosos y térmicos causan que la energía acústica se disipe. (Xiaojun, 2016)

Por otro lado, el bienestar térmico es fundamental para proveer un ambiente confortable, diversos estudios definen una zona de confort térmico en la cual el 80% de la población presenta una sensación psicológica de agrado con el ambiente. La frontera que define la zona de confort, depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente, velocidad del aire, vestimenta de las personas, y temperatura de la superficie de los espacios. (Veras & Ordenes, 2002)

Aislar una vivienda térmicamente contribuye al ahorro de energía en el hogar, mejorar el confort térmico y evitar la humedad. La aislación presenta menores emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, de esta manera, una temperatura en los hogares más cercana a los niveles de confort, asegura menos resfríos y, mejora salud de los habitantes. (Yáñez, 2013) Desde el punto de vista medioambiental los materiales aislantes térmicos no son todos iguales, no lo son desde el punto de vista de su producción, y desde el punto de vista de su posterior reciclado. Aunque todos los materiales aislantes térmicos sirven para conservar la energía, paradójicamente, no todos necesitan la misma cantidad de energía para su fabricación. Por otro lado, algunos materiales aislantes térmicos son mucho más contaminantes que otros tanto en el proceso de producción, como en su vida útil y posterior reciclado. (Victoria, 2013) Uno de los aislantes más comunes que están en el mercado actual son las fibras minerales artificiales, las cuales presentan diversos problemas, tal caso es por contaminar con CO<sub>2</sub> por su confección y por problemas de salud. Las fibras minerales artificiales pueden desencadenar síntomas irritativos cuando entran en contacto con piel y mucosas, principalmente cuando el diámetro de las fibras es mayor de 4  $\mu\text{m}$ , y en ocasiones, se han descrito alergias cutáneas relacionadas con el contacto con diferentes aditivos presentes en los compuestos de fibras de vidrio y en estudios realizados en poblaciones expuestas al edificio enfermo. (Pietropaoli et al., 2015) Mientras la manta aislante de fibra de vidrio se encuentre en perfecto estado no representa riesgos para la salud; por el contrario, cuando su integridad se ve perturbada por la humedad o algún agente externo que deteriore su estructura, las fibras se fraccionan en pequeñas partículas, y este desprendimiento provoca una contaminación por deposición

aleatoria homogénea sobre áreas aledañas a la fuente de contaminación. El tamaño de cada partícula agrega una característica adicional a su comportamiento. (Justavino, 2006)

Hoy en día se busca utilizar materiales que no afecten a la salud, el medio ambiente, que sean renovables y sustentables, manteniendo una calidad igual o mejor que los materiales que generan una contaminación en su elaboración, es por esto que se plantean nuevas ideas eco sustentables que sean un aporte para el medio ambiente. La planta de estropajo es una enredadera anual de la familia de las Cucurbitáceas (igual que los pepinos y calabazas) que comprende numerosas especies, de las cuales las más conocidas son la *Luffa acutángula* y la *Luffa Cylindrica*, nuestro estropajo. Es una planta de raíz fibrosa, con tallo trepador que mediante zarcillos puede subir en los árboles tropicales Y alcanzar más de 15 m de longitud. Es especie monoica, como la calabaza, tiene en forma separada flores masculinas y femeninas de vida muy corta. (Narváez, 2011) Estas plantas crecen en climas tropicales y subtropicales. La esponja vegetal tiene ventajas importantes que se requieren: alta porosidad (85-95%) con baja densidad simultánea (0,018 hasta 0,05 g / cm<sup>3</sup>). La esponja se compone de redes de fibra que forman un espacio abierto y libre para el intercambio de materia. (Dzionek et al., 2016) Siendo la luffa una planta de climas tropicales, existe una industria llamada Lufas Chile, que está dedicada a la producción, elaboración y comercialización de productos exfoliantes en esponja vegetal. Su materia prima se origina en los campos de Chicauma-Lampa (Chile), donde. Después de seis meses desde que se siembra y de un intenso trabajo, las plantas de *Luffa* comienzan a producir frutos que llegan a medir hasta 50 centímetros en algunos casos. (Lufas Chile, 2016) En cuanto a los suelos, se conoce una buena respuesta de la planta en aquellos ricos en materia orgánica, con buena fertilidad, especialmente niveles altos de nitrógeno y fósforo son idóneos debido a las exigencias nutricionales de esta planta. Una textura areno-arcillosa para proveer un buen drenaje, es preferible a aquellos muy arcillosos que retienen más humedad de la requerida por el cultivo. Es una planta sensible a la salinidad por lo que no es conveniente sembrarla en terrenos muy cercanos al mar; crece mejor en condiciones de suelo neutro, con valores de pH entre 6 y 7. (Guzmán, 1997) El rendimiento por hectárea varía según la densidad de población y la variedad elegida (tipo de fruto). En Costa Rica, por ejemplo, se calcula una producción promedio entre 25 y 30 frutos por planta, y se piensa que no es rentable utilizar variedades con producciones menores. En este mismo país, se realizaron experimentos con cuatro introducciones de estropajo en la zona de Alajuela, los cuales registraron promedios de producción de 26, 28, 57 y hasta 112 frutos por planta. También se encontró en este mismo ensayo que existe la relación: mayor número de frutos, menor tamaño y peso de los mismos (A Vila & Díaz, 2002) El mayor atractivo de estos materiales incluye el hecho de que las fibras son biodegradables, que son un recurso natural renovable, tienen generalmente de bajo costo y producir un menor desgaste de la fabricación de equipos en comparación con las fibras sintéticas. (d' Almeida et al., 2005) En la esponja vegetal el incremento controlado de temperatura permite establecer que la fibra en su estado natural presenta resistencia a temperaturas relativamente altas, puesto que sólo a partir de 120°C se pueden evidenciar gradualmente cambios físicos, los cuales se manifiestan inicialmente en el color. (Navarrete et al., 2009)

Un estudio realizado por Gutiérrez & González, en el año 2012, relacionado con material natural mineral y reciclado (paja de avena, Piedra pómez, Cartón corrugado, Aserrín de madera, papel de diario picado). Señala que; “En cuanto al uso práctico de los materiales

como aislantes, los valores encontrados son similares y cada material tiene ventajas en el momento de su elección, considerando la disponibilidad y el costo al momento de adquirirlo, ya sea como reciclado o recolectado. Por ejemplo, la piedra pómez resultó con el valor mayor de conductividad térmica. Sin embargo, tiene capacidad de soportar carga, tiene masa térmica, es inalterable con la humedad (salvo en las propiedades térmicas), y su condición poco atractiva para roedores (debido al alto contenido de sílice), lo convierten en una opción óptima en aislación de contra pisos, zócalos y veredas exteriores. En un trabajo reciente se estudió el aislamiento realizado con piedra pómez de la tierra en el perímetro de un invernadero (González, 2012). Se encontró que el cartón corrugado es un excelente aislante térmico con valores de  $0,06 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  siendo un material fácil de conseguir a partir del reciclado o comprarlo a bajo costo. El cartón ensayado es del tipo corrugado comercial, habitualmente vendido en pinturerías, y queda pendiente el ensayo del cartón común encontrado en reciclado de cajas. Los valores deberían ser muy similares, pero puede haber efectos de compactación y daño involuntario de las celdas de aire en el cartón de cajas, que en principio tenderían a aumentar la conductividad térmica. El aserrín tuvo valores muy similares al papel picado y a la paja de avena. Este material es derivado de producciones agropecuarias y forestales, es de fácil acceso en la zona rural, y con ciertos cuidados puede ser producido de manera sustentable (González et al., 2011).

En base a lo expuesto, llama la atención los resultados que se pueden arrojar con estudios de material natural, es por ello que resulta interesante investigar sobre otro material natural como lo es la *Luffa Cylindrica*.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general:**

- Evaluar la aislación térmica, acústica y resistencia ignifuga de un sistema de aislación a base de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Determinar las diferencias térmicas de un sistema de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.
- Determinar el diferencial acústico de un sistema de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.
- Determinar la resistencia ignifuga de la esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.



### **1.3. Alcances y limitaciones**

- El tipo de esponja a ocupar será la Luffa Cylindrica. y se obtendrá de Lampa, Santiago.
- Los ensayos térmicos, acústicos e ignífugos se realizarán en las dependencias de laboratorio de la Escuela de Construcción, ubicados en Playa ancha, Valparaíso.
- Los ensayos serán regidos por las normas chilenas de aislación térmica 851 of 2008, 849 of 1987 y la norma chilena de aislación acústica 2786 of 2003.
- El ensayo de resistencia al fuego se regirá por la norma española UNE 23727.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Antecedentes generales**

Actualmente es posible encontrar en el mercado una diversidad de productos, sistemas constructivos y soluciones orientadas a entregar una aislación térmica y/o acústica a viviendas y otros recintos, a los que se suman servicios de profesionales expertos en esta área. Sin embargo, los materiales comerciales que existen tienen una alta contaminación de CO<sub>2</sub> en su fabricación y un bajo nivel de disgregación de los materiales, llevando a contaminar de forma permanente después de su ocupación como aislante. Sin duda, uno de los grandes objetivos de velar por una adecuada aislación térmica es elevar la calidad de vida de los moradores de una vivienda, mejorando su confort; reduciendo enfermedades al disminuir la condensación; y bajando la contaminación intra domiciliaria, pues con una adecuada aislación se requiere menos energía para climatizarlas. Optimizar o reducir el uso de combustibles al interior de las viviendas, evidentemente es un gran beneficio, considerando la coyuntura energética que se vive en la actualidad, a lo que se suman los ahorros que obtienen los moradores por este concepto. Por el lado acústico, con respecto a la construcción de viviendas, hoy es clave que empresas constructoras, mandantes, arquitectos, especificadores y los propios usuarios, exijan determinados niveles de aislación acústica, conscientes de los problemas que generan los ruidos no deseados. Estar sometido de manera constante a los sonidos que emiten automóviles, motocicletas, aviones, sirenas y maquinaria, entre otros ejemplos, afecta sin duda la calidad de vida y confort de las personas, pudiendo, además, ocasionar stress, alteraciones del sueño, falta de concentración, disminución del apetito y otros trastornos. En esta área, también hace falta un mayor conocimiento de las alternativas existentes para atenuar el impacto de los ruidos no deseado. Buscando una alternativa que se encuentre en los niveles de eficiencia de los materiales de aislación térmica y/o acústica que se encuentran en el mercado, se encuentra la esponja vegetal *Luffa Cylindrica* que podría tener niveles altos de aislación térmica por sus características como un material orgánico, biodegradable, de muy baja densidad y alta porosidad, en donde se convierte en un material que tiene potenciales para el área de aislación.

## 2.2. Aislación térmica

Es la capacidad de oposición al paso de calor de un material o conjunto de materiales, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior. (Gómez, Fuentes, Catalán & Clericus, 2012)

Los conceptos más importantes a considerar en la aislación térmica son:

### 2.2.1. Conductividad Térmica (Ke).

Conductividad térmica de un material se puede definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura. La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor. Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor del calor y un valor bajo indica que es un mal conductor o que es un aislante. (Çengel, Y.A, 2007)

$$Ke = \frac{Q}{A * (T1 - T2)}$$

Donde:

Ke = Coeficiente de transmisión térmica.

Q = Potencia entregada

A = Área del elemento estudiado

T1 = Temperatura del área afectada de la fuente calórica.

T2 = Temperatura del área no afectada por la fuente calórica.

### 2.2.2. Conductancia Térmica (C).

Determina la transmisión térmica de una capa de material de un espesor d en metros. El coeficiente de conductancia térmica indica la cantidad de calor que fluye cada hora por 1 m<sup>2</sup> de material dada una diferencia de temperatura de 1 °C entre las dos superficies. (Çengel, Y.A, 2007)

Unidad: W /m<sup>2</sup>.K

### 2.2.3. Transferencia de calor.

El calor, es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. La ciencia que trata de la determinación de las razones de esa transferencia es la transferencia de calor. El requisito básico para la transferencia de calor es la presencia de una diferencia de temperatura. No puede haber transferencia neta de calor entre dos medios que están a la misma temperatura. La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora para la transferencia de calor.

Se presenta la relación entre el calor y otras formas de energía y se repasa el balance de energía. A continuación, se presentan los tres mecanismos básicos de la transferencia de calor: la conducción, la convección y la radiación, y se discute la conductividad térmica. La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes, menos energéticas, como resultado de la interacción entre ellas. La convección es el modo de transferencia de calor entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento, y comprende los efectos combinados de la conducción y del movimiento del fluido. La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones), como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. (Çengel, Y.A, 2007)

Para esta investigación se tomó como referencia los datos obtenidos en laboratorio que se logró a través de la cámara térmica de un flujo térmico promedio de 4,98 (W) (Roberts Cruz, 2018)

### 2.2.4. Reglamentación térmica.

La Reglamentación Térmica (RT) de vivienda está vigente en nuestro país desde el año 2000 luego de su incorporación a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC Artículo 4.1.10).

Los complejos de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menos, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior, a la señalada para la zona que corresponda, de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del ministro de vivienda y urbanismo y a la siguiente tabla:

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Figura 2.1 Zonas térmicas en viviendas con su coeficiente de resistencia térmica.

Fuente: Artículo 4.1.10 Reglamentación Térmica.

La zona que ocuparemos en esta investigación será la numero 2, ya que se encuentra la zona de Valparaíso y la resistencia térmica será 0,33 (m<sup>2</sup>\*K/W) ya que muros divisorios.

### 2.2.5. Resistencia térmica (R).

Oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Se pueden distinguir.

- Resistencia térmica de una capa material, R: para una capa de caras planas y paralelas, de espesor e, conformada por un material homogéneo de conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia térmica, R, queda dada por:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{Se expresa en (m}^2\text{*K/W)}.$$

### 2.2.6. Resistencia térmica total de un elemento compuesto, RT.

Inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento.

$$Rt = \frac{1}{U} \quad \text{Se expresa en (m}^2\text{*K/W)}.$$

### 2.2.7. Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada, $R_g$ .

Resistencia térmica que presenta una masa de aire confinado (cámara de aire). Se determina experimentalmente por medio de NCh851. Se expresa en ( $m^2 \cdot K/W$ ).

Se puede obtener los valores que se deben considerar en el cálculo de las resistencias térmicas “ $R_g$ ”, de cámaras de aire no ventiladas. Dichas resistencias corresponden a las obtenidas en cámaras cuyas paredes están conformadas por materiales corrientes de construcción, tales como madera, hormigón, ladrillo, vidrio, paneles metálicos, etc., es decir con emisividades relativamente elevadas.(NCh 853, Anexo C)

Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas – cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal:

Tabla 2.1. Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas.

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, $R_g$ , $m^2 \times K/W$			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
$e \geq 40$	0,165	0,37	0,46	0,55

Fuente: NCh 853, Anexo C

### 2.2.8. Resistencia térmica de superficie, $R_s$ .

Inverso del coeficiente superficial de transferencia térmica h, es decir:

$$R_s = \frac{1}{h} \quad \text{Se expresa en } (m^2 \cdot K/W).$$

### 2.2.9. Transmitancia térmica, U.

Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

$$U = \frac{1}{R_t} \quad \text{Se expresa en (W/m}^2 \times \text{K).}$$

Se determina experimentalmente según NCh851 o bien por cálculo como se señala en la presente norma.

## 2.3. Aislamiento acústico

Protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Se trata de reducir el ruido, tanto aéreo como estructural que llega al receptor a través del obstáculo. Un buen aislamiento acústico pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada y/o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la acústica del local emisor. Los materiales adecuados para el aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de la energía de la onda incidente. (Alejandres, 2009)

### 2.3.1. Sonido.

El sonido es una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por la asociación de partículas, a través de las cuales se transmite longitudinalmente la onda sonora. Este fenómeno puede producir una sensación auditiva. (Jaramillo, 2007).

La onda sonora requiere de un medio para propagarse, y va a depender de las características de ese medio, tales como temperatura, humedad, densidad y elasticidad su velocidad de propagación.

### 2.3.2. Absorción acústica.

Es el porcentaje de la energía de una onda acústica, que se transforma en calor (disipación) cuando ésta incide en una superficie. La capacidad de los materiales para absorber el sonido se cuantifica mediante el coeficiente de absorción, que varía desde 0 a 1. (Isbert, 1998).

### 2.3.3. Frecuencia (f).

Es el número de oscilaciones por segundo del movimiento vibratorio  $N= 1/T$ . Se expresa en hertzios (Hz).

- Si la frecuencia es alta, el sonido es agudo.
- Si la frecuencia es baja, el sonido es grave.

Los sonidos, según su frecuencia se clasifican en:

- Graves: de 20 a 400 Hz.
- Medios: de 400 a 1600 Hz.
- Agudos: de 1600 a 16000 Hz.

El oído percibe los sonidos, cuyas frecuencias están comprendidas aproximadamente entre 20 y 16000 Hz. Por debajo de los 20 Hz, los infrasonidos son inaudibles, de la misma forma que lo son los ultrasonidos por encima de los 16000 Hz. (Rougeron, 1977).

### 2.3.4. Banda de frecuencia.

Conjunto de frecuencias dentro de un intervalo cuyo nombre está dado por la frecuencia central de éste. Las más comunes son las de ancho de una octava o un tercio de octava. En una banda de octava, la frecuencia central es el doble de la frecuencia central de la octava anterior.

### 2.3.5. Decibel (dB).

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora. (Rengifo, 2011).

### 2.3.6. Decibel A dB(A).

Unidad de medida del ruido que toma en cuenta las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo. (Rengifo, 2011).

### 2.3.7. Espectro.

Se puede conocer qué frecuencias componen un sonido observando el denominado espectro frecuencial (o simplemente espectro) del mismo, entendiendo por tal la



representación gráfica de las frecuencias que lo integran junto con su correspondiente nivel de presión sonora. (Isbert, 1998).

### **2.3.8. Reverberación.**

Es el fenómeno de persistencia del sonido en el interior de un recinto, una vez cesada la fuente de ruido, debido a reflexiones sucesivas en los cerramientos del mismo. Tiempo de Reverberación: el tiempo de reverberación (de forma abreviada RT) a una frecuencia determinada como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora SPL cae 60 dB con respecto a su valor inicial. (Isbert, 1998).

### **2.3.9. Puente Acústico.**

Discontinuidad de un elemento constructivo que genera una mayor transmisión de la energía acústica. (Isbert, 1998).

### **2.3.10. Onda y amplitud de onda.**

Una onda es una perturbación que avanza o que se propaga en un medio material o incluso en el vacío. La amplitud de una onda sinusoidal es la diferencia entre la parte más alta y más baja de la onda. La diferencia entre las partes de alta y baja presión. Una amplitud baja corresponde a una onda de leve intensidad, mientras que una onda fuerte presentará una gran variación pico-pico. La amplitud se mide generalmente en decibelios (dB), pero el decibelio mismo no es na unidad absoluta de medida, sino una medida relativa. (Cool, 1996).

### **2.3.11. Ruido.**

El ruido puede definirse físicamente de la misma manera que el sonido, sin embargo, la definición más aceptada internacionalmente en la acústica es la que lo define como un sonido no deseado. La onda sonora requiere de un medio para propagarse, y va a depender de las características de ese medio, tales como temperatura, humedad, densidad y elasticidad su velocidad de propagación. (Jaramillo, 2007).

El ruido urbano (también denominado ruido ambiental, ruido residencial o ruido doméstico) se define como el ruido emitido por todas las fuentes a excepción de las áreas industriales. Las fuentes principales de ruido urbano son tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas y el vecindario. Las principales fuentes de ruido en interiores son los sistemas de ventilación, máquinas de oficina, artefactos domésticos y vecinos. (Berglund, Lindvall & Schwela, 1999).

### Tipos de ruido:

Atendiendo a la distribución temporal, los ruidos pueden ser:

- Continuo estable, es cuando el nivel de presión sonora es relativamente uniforme, con muy pocos cambios ( $\pm 2$  dB) durante un período de tiempo. Ejemplo de ello es la Bomba de agua, aproximadamente 60-70 dB (A, F).
- No Continuo (fluctuante), cuando existen variaciones apreciables del nivel de presión sonora considerando periodos de tiempo relativamente cortos, ejemplo el tránsito 60-90 dB (A, F).
- Intermitente, es cuando se presentan niveles significativos de presión sonora en períodos no mayores de 15 minutos y con variaciones de  $\pm 3$  dB. (Amable, Méndez, Delgado, Acebo, De Armas Mestre & Rivero, 2017)
- Ruido impulsivo: Es el caso del ruido de impactos o explosiones, por ejemplo de un martinete, troqueladora o pistola. Es breve y abrupto, y su efecto sorprendente causa mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida del nivel de presión sonora (figura 2.2.). Para cuantificar el impulso del ruido, se puede utilizar la diferencia entre un parámetro con respuesta rápida y uno de respuesta lenta (como se ve en la base del gráfico). También deberá documentarse la tasa de repetición de los impulsos (número de impulsos por segundo, minuto, hora o día). (Cabrera, 2010).
- Ruido de baja frecuencia: Posee una energía acústica significativa en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz, típico en motores diesel de trenes, barcos y plantas de energía (figura 2.3). Dado que este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser oído a muchos kilómetros. El ruido de baja frecuencia es más molesto de lo que indica una medida del nivel de presión sonora ponderado A. La diferencia entre el nivel sonoro ponderado A y el ponderado C puede indicar la existencia o no de un problema de ruido de baja frecuencia. Para calcular la audibilidad de componentes de baja frecuencia en el ruido, se mide el espectro y se compara con el umbral auditivo. Los infrasonidos tienen un espectro con componentes significantes por debajo de 20 Hz y se perciben no como un sonido sino más bien como una presión. La evaluación de los infrasonidos es aún experimental y en la actualidad no está reflejado en las normas internacionales. (Cabrera, 2010).
- Ruido tonal: frecuentemente en máquinas rotativas, como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, se producen desequilibrios o impactos repetidos causando vibraciones que, transmitidas al aire, pueden ser oídas como tonos (figura 2.4.). También pueden generar tonos los flujos pulsantes de líquidos o gases que se producen por causa de procesos de combustión o restricciones de flujo. Estos tonos pueden ser identificados subjetivamente, escuchándolos, u objetivamente, mediante análisis de frecuencias, comparando el nivel del tono con el nivel de los componentes espectrales circundantes. (Cabrera, 2010).

Los siguientes ruidos se utilizan para efectuar las medidas normalizadas:

- a) Ruido blanco: Tiene un espectro de frecuencia constante a todas las frecuencias, en otras palabras, iguales proporciones de todas las frecuencias están presentes. Contiene todas las frecuencias audibles entre 16 y 22000 Hz. (Marcillo, 1999).
  
- b) Ruido rosa: Tiene un espectro de frecuencia de  $1/f$  y es el que más se encuentra en la naturaleza y el más armónico de los ruidos. Puede ser generado por el sonido de cataratas, ríos, por el viento y por otros sonidos naturales. (Marcillo, 1999).

## 2.4. Densidad.

La densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos.

La densidad absoluta o densidad normal, también llamada densidad real, expresa la masa por unidad de volumen. Cuando no se hace ninguna aclaración al respecto, el término «densidad» suele entenderse en el sentido de densidad absoluta.

La densidad relativa o aparente expresa la relación entre la densidad de una sustancia y una densidad de referencia, resultando una magnitud adimensional y, por tanto, sin unidades. (R Legaz Berbel, 2010)

$$Densidad = \frac{\text{masa}}{\text{Volumen}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

## 2.5. Porosidad.

En este caso se considera únicamente la porosidad ( $n$ ) como una propiedad física, es decir como un parámetro numérico. Se define como el volumen ocupando los espacios vacíos ( $V_v$ ) o volumen poroso ( $V_p$ ) por unidad de volumen total de roca ( $V_t$ ), y se expresa en porcentaje:

$$n = (V_v / V_t) \times 100$$

Igual que la densidad, la porosidad admiten ciertas matizaciones y se establecen distintos tipos, siendo los principales: la “porosidad total” y la “porosidad abierta”. De acuerdo con las características de los espacios vacíos contemplados, pueden considerarse otros tipos de porosidad: “cerrada”, “accesible” a un determinado fluido, “comunicada” o “efectiva” para un determinado comportamiento.

La porosidad total ( $n$ ) se define como el volumen total de vacíos por unidad de volumen total de roca. En este caso deben contabilizarse todos los espacios vacíos presentes: abiertos y cerrados, accesibles y no accesibles. Su valor no puede obtenerse de forma experimental, ya que incluye entre los espacios vacíos los no comunicados con el exterior (poros no accesibles). Su determinación se realiza de forma indirecta a partir del valor de ambas densidades. (Rodríguez, 2010).

## 3. Desarrollo experimental.

### 3.1. Generalidades

Este estudio se puede descomponer en las siguientes etapas, en donde se explicarán detalladamente cada uno de sus procesos.

- 3.1.1. **Recopilación de materiales.**
- 3.1.2. **Caracterización de la esponja vegetal *Luffa Cylindrica***
- 3.1.3. **Construcción de un panel para un sistema de aislación.**
- 3.1.4. **Confección del sistema de aislación a base de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.**
- 3.1.5. **Evaluación de las propiedades térmicas de la esponja *Luffa Cylindrica***
- 3.1.6. **Descripción del equipo de medición**
- 3.1.7. **Evaluación de las propiedad acústicas de la esponja *Luffa Cylindrica***
- 3.1.8. **Rango de frecuencia de las mediciones**
- 3.1.9. **Evaluación de la resistencia al fuego de la esponja *Luffa Cylindrica***
- 3.1.10. **Influencia comparativa entre marco de madera y metalcon.**

#### 3.1.1. Recopilación de materiales.

La Luffa a utilizar se comprará en la industria Lufas Chile, ubicada en Chicauma, Lampa, Santiago de Chile.

La adherencia del sistema de aislación, se realizará de forma casera, y los materiales utilizados serán glicerina, gelatina sin sabor, vinagre blanco y agua, obtenidos en una farmacia y supermercado.

El material para la confección del panel que contendrá el sistema de aislación, serán listones de madera y planchas de yeso cartón, los cuales se encuentran en distribuidoras de materiales de construcción.

#### 3.1.2. Caracterización de la esponja vegetal *Luffa Cylindrica*

Por medio de diferentes investigaciones realizadas por investigadores se pudo recopilar algunos datos que determinaron y aclararon diferentes dudas sobre la esponja vegetal.

Como primer dato se encuentra la densidad de la fibra con una variación entre 0,018 y 0,05 g/cm<sup>3</sup> y que manifiesta una porosidad abierta entre el 85% – 95%.

En Chile sus dimensiones fluctúan entre 15 y 30 cm de Largo con un diámetro promedio de 8 cm.

En una investigación de planchas de fibrocemento y fibras de esponja vegetal se determinó que su duración oscilaba entre los 10 y 20 años, sin embargo, no se encontró información sobre su degradación en estado seco.

La absorción de agua en estado seco se obtuvo en laboratorio dando como resultado un 3,16%.

Datos investigados sobre la resistencia a la temperatura de la esponja vegetal dieron como resultado que resiste un total de 120 (°C) antes de presentar residuos de ceniza, en donde la misma investigación determinó que la esponja vegetal tiene un cierto grado de resistencia ignífuga.

### 3.1.3. Construcción de un panel para un sistema de aislación

Se construyó un panel con perfil C de metalcom con un alma de 60 mm, el revestimiento fue de fibrocemento de 4.5 mm de espesor y yeso cartón de 10 mm de espesor, para representar una pared exterior de una vivienda, el panel tiene las medidas de 60 x 66 cm.

Este único panel fue utilizado para las pruebas de cuatro sistemas de aislación.

- Sin sistema de aislación.
- Sistema de aislación a base de *Luffa Cylindrica*.
- Sistema de aislación a base de fibra de vidrio.
- Sistema de aislación a base de poliestireno.



Figura 3.1. Panel con el sistema de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*  
Fuente: Elaboración propia, 2017

### 3.1.4. Confección del panel con un sistema de aislación a base de Luffa Cylindrica.

La confección del sistema de aislación será de Luffa Cylindrica, este sistema modificará la estructura de la Luffa aplastándola hasta que los espacios de aire de mayor tamaño desaparezcan, conjunto a esto, se realizará una medida estándar para la creación de un nuevo sistema de aislación.



Figura 3.2. Esponja vegetal Luffa Cylindrica.  
Fuente: Elaboración propia (2017)

Luego de aplastar la esponja vegetal se midió dando un promedio de 2,5 cm de espesor y 15 cm de largo aproximadamente.

Para dar la forma del panel, la Luffa fue adherida con cola fría para madera profesional (Topex) a un saco reciclado de poliestireno.



Figura 3.3. Cola fría para madera  
Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 3.4. Elaboración sistema de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.  
Fuente: Elaboración propia, 2017

Se crearon dos paños con 34 esponjas vegetales, obteniendo un sistema de aislamiento de 68 unidades, de 50 mm de espesor, un ancho de 63 cms. y un largo de 60 cms.



Figura 3.5. Sistema de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.  
Fuente: Elaboración propia, 2017



El sistema de aislación se colocó dentro del panel construido.



Figura 3.6. Panel con el sistema de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.  
Fuente: Elaboración propia, 20

### 3.1.5. Evaluación las propiedades térmicas de la esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.

Las propiedades térmicas se evaluarán con las normas chilenas, Nch 851 of 2008 Aislación térmica - Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica. Ensayo que determina la conductividad térmica y la capacidad de aislación térmica de un material o elemento constructivo.

Nch 849 of 1987 Aislación térmica – Transmisión térmica - Terminología, Magnitudes, Unidades y Símbolos: Esta norma determina la terminología que se necesita utilizar en el estudio de propiedades térmicas, al igual que las unidades correspondientes y los símbolos que deben usarse al momento de analizar los resultados.

La evaluación se realizará en una cámara hermética ubicada en los laboratorios de ingeniería en construcción de la Universidad de Valparaíso, esta evaluación se ejecutará en un panel de yeso cartón con las medidas requeridas (60 x 66 cm) y con el sistema de aislación de esponja vegetal *Luffa Cylindrica*, que se comparará con un sistema sin aislación, un sistema con aislación a base de fibra de vidrio, y con un sistema de aislación a base de poliestireno.

La cámara hermética será dividida en dos cámaras (cámara A y cámara B) separadas por el panel, en donde la cámara A tendrá ampollas que elevarán la temperatura a lo largo de 60 min. mientras que la cámara B estará vacía, con el fin de probar la resistencia térmica del sistema de aislación con esponja vegetal.

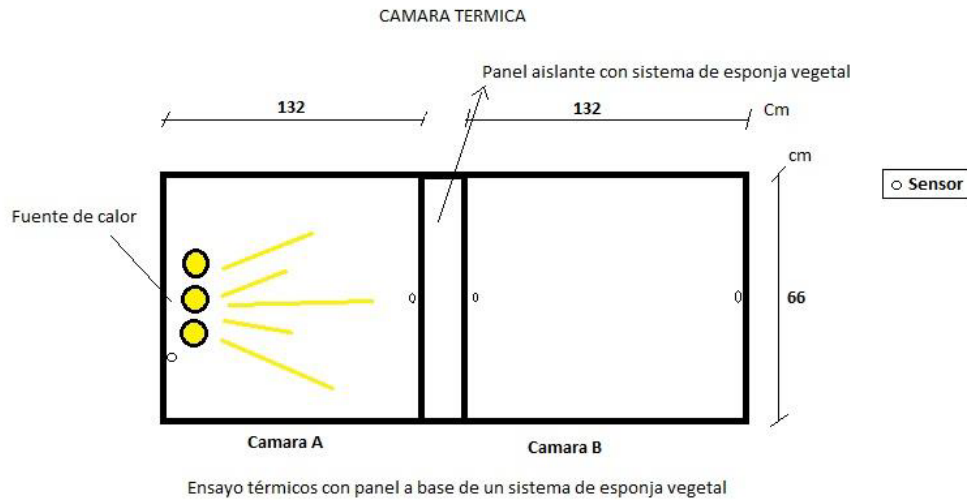


Figura 3.7. Cámara hermética. Ensayo de aislación térmica  
Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 3.8. Cámara hermética modulo A  
Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 3.9. Cámara hermética modulo B  
Fuente: Elaboración propia, 2017

Para la realización del ensayo se ocuparán 3 ampolletas incandescentes de 100 watts, que estarán en la cámara A perpendicular al panel a ensayar, esto se realizará con un tiempo estimado de 60 min. con el objetivo de encontrar la máxima y mayor variación de temperatura.

Para medir la temperatura se utilizarán dos sensores por cada cámara ubicados simétricamente, uno en cada cara del panel, y los otros en cada extremo de la cámara hermética.

### 3.1.6. Descripción del equipo de medición.

Los datos que se tomarán de la cámara hermética serán con el instrumento XPLOER GLX, este instrumento nos permite adquirir las temperaturas de las cámaras para poder calcular la diferencia de temperatura entre ellas, realizar gráficos y análisis. XPLOER GLX admite cuatro sensores Passport simultáneamente, además dos sensores de temperatura, sonido y voltaje, estos datos serán adquiridos mediante el software “Pasco capstone” el cual se conecta a un notebook.



Figura 3.10. Xplorer GLX  
Fuente: [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

### 3.1.7. Evaluación las propiedades acústicas de la esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.

Para este ensayo se toma referencia de las siguientes normas chilenas. NCh 278~;2003 Acústica -Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en terreno de la aislación acústica aérea entre recintos.

NCh 2786:2003 Acústica -Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción -Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción.

La NCh 2786 recomienda que el panel debe ser de 10 m<sup>2</sup> para que se realice el ensayo, pero en efectos de los alcances que se tienen en esta investigación nos acomodaremos a la cámara hermética que se ocupará para la aislación térmica, esta modificación se justifica ya que los análisis a realizar tienen un carácter de medición comparativos, por lo que las dimensiones de los muros no debiesen afectar.

Las propiedades acústicas se evaluarán con el sonómetro que tiene integrado el Xplorer GLX, que permite determinar los niveles de presión sonora, y medir la cantidad de ruido que existe en un lugar a través de la frecuencia y el tiempo.



Figura 3.11. *Sensor Pasport*  
Fuente: [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

El método utilizado será del manual de reglamentación acústica MINVU diseñado para medir el aislamiento al ruido aéreo de un elemento o configuración horizontal o vertical (según normas NCh 2785.Of2003 y NCh 2786.Of2003).

Una fuente generadora de ruido se ubica en la sala emisora, mientras se emite ruido rosa se registran mediante un sonómetro el nivel de presión sonora en la sala emisora y en la sala receptora.

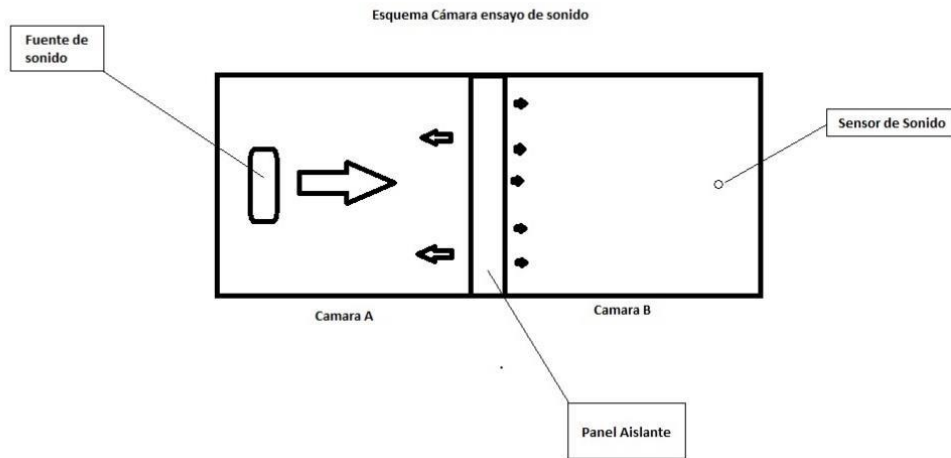


Figura 3.12. Cámara hermética. Ensayo de aislamiento acústica  
Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 3.13. Cámara acústica lado A  
Fuente: Elaboración propia, 2017.



Figura 3.14. Cámara acústica lado B  
Fuente: Elaboración propia, 2017

Se debe registrar también el tiempo de reverberación en la sala de recepción, para mediante un cálculo simple, obtener la absorción acústica equivalente de la sala. Estas mediciones se realizan para todas las bandas de frecuencia, obteniendo una tabla o gráfico de valores, este gráfico se contrasta con una curva de referencia y el valor de esta curva en 500 Hz, corresponde al índice de reducción acústica aparente ponderado.

Los sonidos a emitir deben ir desde los 100 Hz a los 5000 Hz., y se realizarán con el software "Audacity" durante un periodo de 30 segundos por cada frecuencia, cabe destacar que cada frecuencia está regida por la NCh 2786.



### 3.1.8. Rango de frecuencias de las mediciones.

El nivel de presión acústica se debe medir usando filtros de banda de tercio de octava que tengan al menos las siguientes frecuencias centrales en Hertz:

Tabla 3.1. Rango de frecuencias de las mediciones.

100	125	160	200	250	315
400	500	630	800	1000	1250
1600	2000	2500	3150		

Fuente: Elaboración propia, 2017

Para obtener información adicional y resultados comparables con la norma NCh2786, se recomienda ampliar el rango de frecuencia de las mediciones en bandas de tercio de octava con las frecuencias centrales 4000 y 5000 Hertz.

### 3.1.9. Evaluación la resistencia ignifuga de la esponja vegetal *Luffa Cylindrica*.

La reacción al fuego es una característica propia de un material o producto y trata de significar la magnitud relativa con la que pueden favorecer el inicio y desarrollo de un incendio, es decir, es la respuesta de un material al fuego medida en términos de su contribución al desarrollo del mismo con su propia combustión, bajo condiciones definidas de ensayo. La resistencia del sistema de aislación se considerará con la norma española UNE 23727. La forma de evaluar esta característica es mediante ensayo normalizado en laboratorio homologado, por la que se determina la clase de reacción al fuego. Entonces de acuerdo con la norma UNE 23727, las clases son: MO (material incombustible), MI (material combustible, pero no inflamable) y M2, M3 y M4, que corresponden a materiales combustibles con grado creciente de inflamabilidad.

La clasificación de los materiales en los grupos MO, MI..., M4, indica la magnitud relativa de ellos para favorecer el inicio o desarrollo de un incendio, según las normas UNE. Las clases M2, M3 y M4 significan productos con un grado de inflamabilidad creciente. Un ejemplo que se puede acotar es que las lanas minerales son de naturaleza MO, como materiales inorgánicos.



Figura 3.15. Ensayo resistencia al fuego.  
Fuente: Elaboración propia, 2017.



Figura 3.16. Muestra esponja vegetal.  
Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 3.17. Muestra ensayo poliestireno  
Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 3.18. Muestra ensayo esponja vegetal  
Fuente: Elaboración propia, 2017

Este ensayo se realiza con un soplete que se ubica de forma directa en el sistema de aislación, en donde se debe medir el tiempo y la temperatura simultáneamente hasta que se produzca una inflamabilidad.

Se determina en un ensayo normalizado de acuerdo con la norma UNE -EN 1363-1.

- Ausencia de emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes a la cara no expuesta al fuego.
- Resistencia térmica suficiente para impedir que, en la cara no expuesta al fuego, se produzcan temperaturas superiores a las establecidas por norma.

### 3.1.10 Influencia comparativa entre marco de madera y metalcon.

Durante la investigación, surgió la duda sobre el marco de metalcon, ya que se pensó que afectaba en la prueba térmica, haciendo elevar la temperatura más rápido.

Se determinó crear un nuevo panel patrón con madera, en donde las dimensiones del armazón fueran de 2x3”.

**Tabla 3.2. Porcentaje de resistencia térmica marco madera.**

	D. T1 – T2
Marco vulcometal	11,63
Marco de madera	12,47
Porcentaje	7,22%

Fuente: Elaboración propia, 2019

La prueba en cámara térmica arrojó que la temperatura disminuye un 7,22% en la cámara B.



## 4. Presentación y análisis de resultados

### 4.1 Generalidades

En el siguiente capítulo se darán a conocer los análisis de los resultados de los ensayos de aislación térmica, acústica y resistencia al fuego, donde se podrá observar imágenes, tablas y gráficos que se fueron adquiriendo durante esta investigación.

Durante el proceso de los ensayos en la cámara hermética, se insertó fibra mineral por los bordes del panel para obtener una buena aislación entre el módulo A y B.

#### 4.1.1 Densidad de los aislantes ensayados

La densidad de la esponja vegetal se determinó tomando el volumen del sistema y masa, ya su estructura y composición no permitía determinar su densidad con el método del picnómetro, debido a la absorción que la esponja posee.

Tabla 4.1. Sistema de esponja vegetal.

Sistema de esponja vegetal		
	Cantidad	Unidad
Volumen:	0,018	m <sup>3</sup>
Masa:	0,696	Kg
Densidad:	38,67	kg/m <sup>3</sup>
Volumen:	0,018	m <sup>3</sup>
Masa seca:	0,674	Kg
Densidad seca:	37,44	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia, 2019

La esponja se dejó en el horno de secado 24 horas a 50 °C, en donde el porcentaje de humedad fue de 3,16% y se calculó su densidad seca de 37,44 kg/m<sup>3</sup>. La densidad del poliestireno la determino el fabricante con 10 (kg/m<sup>3</sup>). La densidad de la lana de vidrio fue de 8,47 (kg/m<sup>3</sup>). El panel patrón, al no tener aislante en su interior, se determina con la densidad del air, siendo ésta 1.23 (kg/m<sup>3</sup>).

## 4.2. Resultados de ensayo de aislación térmica

Los ensayos realizados en la cámara térmica, fueron realizados en diferentes días y horarios, debido a esto, las temperaturas iniciales no son iguales para cada ensayo, por lo cual se realizó una tabla con la temperatura ambiente antes de realizar los ensayos con cada aislante.

Tabla 4.2. Temperatura ambiente de la cámara térmica antes de los ensayos.

T. Ambiente (°C)	Panel ensayado			
	Poliestireno	E. vegetal	F. de vidrio	Patrón
T1	14,61	17,72	20,24	14,76
T2	14,14	16,03	19,14	14,2
T3	11,42	18,79	16,05	15,04
T4	13,76	16,74	19,93	14,23

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Tabla 4.3. Comparación de paneles ensayados térmicamente.

Comparación de paneles ensayados térmicamente						
Datos	Minutos	T 1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT ( T1 - T2)(°C)
Panel poliestireno	120	35,64	16,49	56,98	14,98	19,15
Panel patrón	120	31,6	19,97	50,45	16,14	11,63
Panel esponja vegetal	120	36,18	20,15	54,39	17,16	16,03
Panel fibra de vidrio	120	36,75	21,6	57,75	20,16	15,15

Fuente: Elaboración propia, 2017

Los resultados reflejan la temperatura en un tiempo de 120 minutos.

- Las primeras pruebas que se realizaron al panel con esponja vegetal fueron de aislación, dando como resultado los siguientes datos expresado en la tabla 4-2-1. Como se puede observar la diferencia de temperatura entre la cara del panel expuesta a la fuente de calor (T1) y la cara no expuesta (T2) es de 16,03 °C, en donde la fuente de calor (T3) llegó a los 54,39 °C al cabo de 120 minutos.

En el siguiente gráfico, observamos las diferencias de temperatura de las 4 mediciones realizada a los paneles.

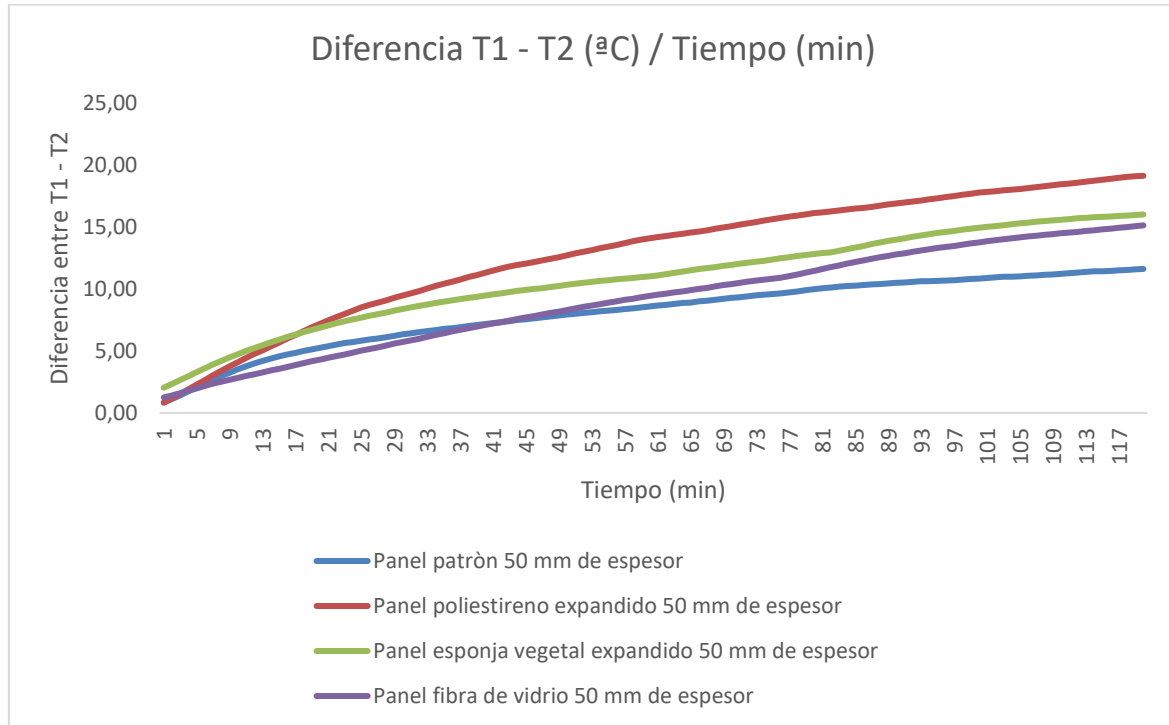


Figura 4.1. Gráfico DT (T1 – T2) contra el tiempo de los paneles.  
Fuente: Elaboración propia, 2017

#### 4.2.1 Resistencia térmica y transmitancia térmica para los paneles.

Obteniendo el flujo térmico promedio de la cámara hermética del laboratorio, se pudo obtener la resistencia térmica y transmitancia térmica de los paneles con aislantes y la resistencia del panel patrón al estar vacío se recolectó la resistencia por la tabla de cámara de aire no ventiladas de la norma NCh853 – Anexo C.

Tabla 4.4. Resistencia térmica y transmitancia térmica de los paneles.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

N°	Ensayo panel	Tiempo (min)	Área (m)	(DT) T1 - T2 (°C)	F.T. (W)	KE (W/m*°K)	Rt (m2*K/W)	U (W/m2*K)
1	Esponja vegetal	120	0,39	16,03	4,98	0,0442	1,372	0,729
2	Poliestireno	120	0,39	19,15	4,98	0,0437	1,385	0,722
3	Fibra de vidrio	120	0,39	15,15	4,98	0,0443	1,369	0,731
4	Patrón	120	0,39	11,63	4,98	N/N	0,465	2,150

Ke = Conductividad térmica.

F.T. = Flujo térmico.

Rt = Resistencia térmica.

U = Transmitancia térmica.

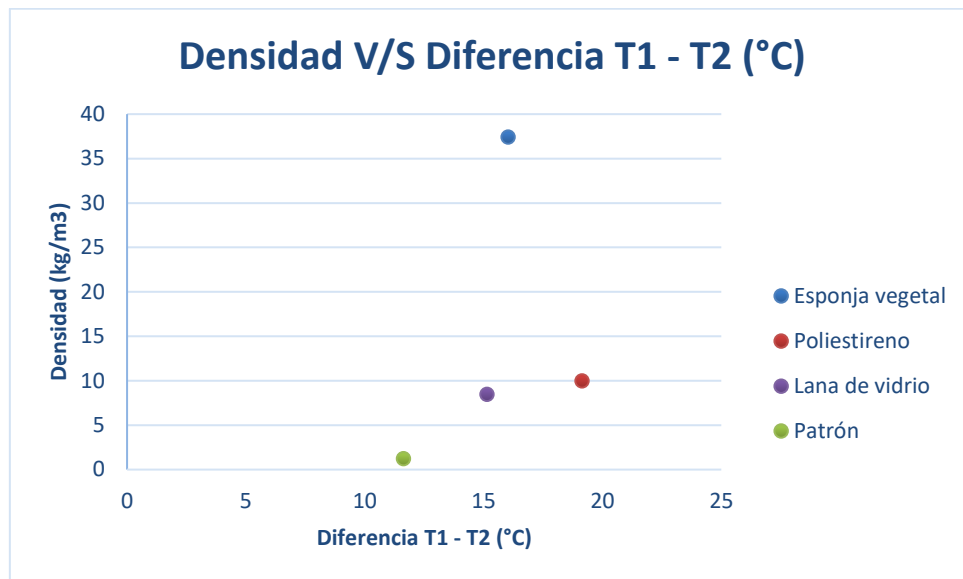


Figura 4.2. Gráfico de comparación entre densidad y diferencia térmica T1 – T2 de los sistemas.

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Se puede observar en el gráfico que la esponja vegetal aunque tenga mas densidad que los otros materiales, no tiene una mejor aislación térmica, sin embargo, ahí mas factores de cada aislante que pueden afectar los resultados de la aislación térmica.

### 4.3. Resultados de ensayos de aislación acústica

Los ensayos de aislación acústica se realizaron con el equipo de música marca BIDLLER modelo FD-YW3BT, transmitiendo el audio vía bluetooth.

En el momento de realizar los ensayos se debe mantener las áreas del establecimiento con el menor ruido aéreo posible, ya que puede modificar los resultados de la cámara.

Los resultados de los ensayos que arrojó el *Xplorer* son los datos presentados en la siguiente tabla 4.2 estos resultados toman en cuenta los dBA de los 4 paneles.

Tabla 4.5. Comparativa dBA para los 4 paneles ensayados.

Frecuencias	Poliestireno	Luffa	F. vidrio	Patrón
	dBA	dBA	dBA	dBA
100	50	50	50	50
125	50	50	50	50,01
160	50	50	50	50
200	50	50	50	50
250	50	50	50	50
315	50,01	50,03	50	50,23
400	51,38	50,73	50,28	51,81
500	51,76	50,94	50,37	52,46
630	54,55	51,9	51,88	54,05
800	57,67	55,07	53,25	55,23
1000	62,66	60,82	62,89	64,02
1250	69,05	67,82	72,54	74,14
1600	71,76	71,65	73,79	75,28
2000	75,78	74,48	79,24	80,48
2500	76,42	75,25	79,55	80,76
3150	76,93	76,21	80,2	81,44
4000	78,74	78,47	81,92	82,95
5000	79,85	79,85	82,83	83,67

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La tabla de datos conformada por los cuatro paneles, muestra que los menores decibeles marcados tienen la mejor aislación acústica de los cuatro paneles, no obstante, las diferencias entre los paneles no son significativas.

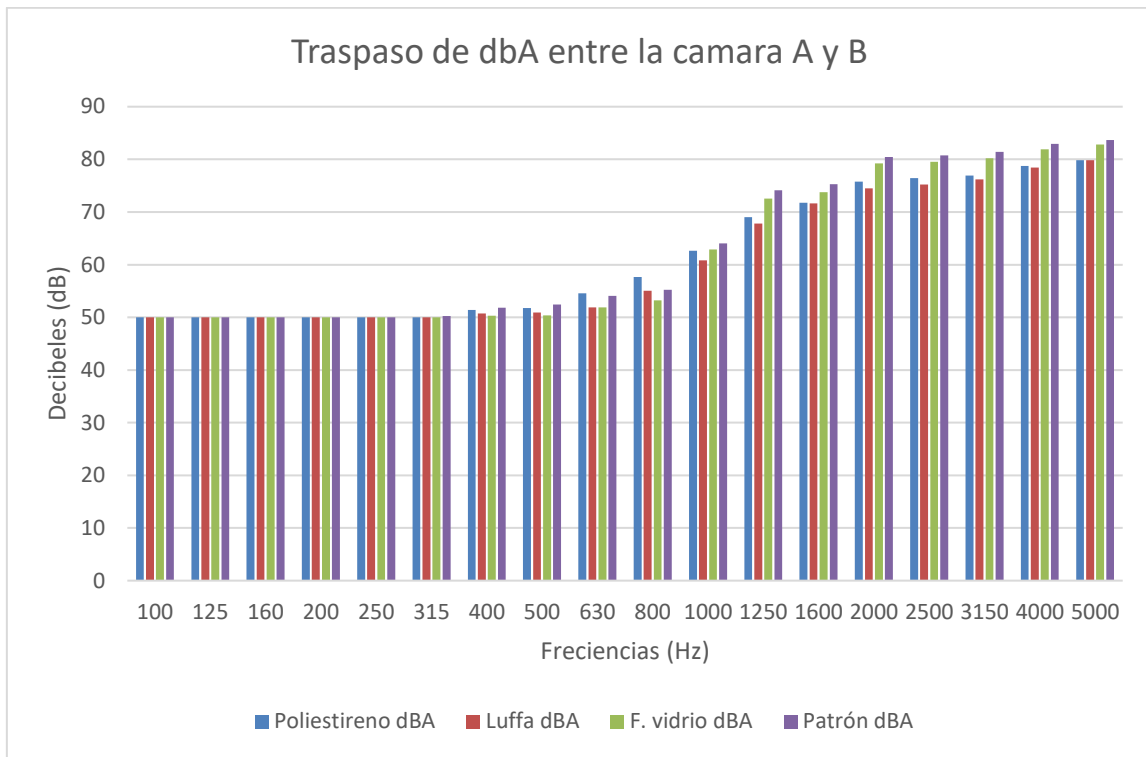


Figura 4.3. Gráfico de barras de comparación dBA  
Fuente: Elaboración propia, 2017

Se identifica la misma resistencia hasta los 315 Hz, desde los 400 Hz no hubo una diferencia significativa entre los cuatro paneles evaluados, a partir de los 1000 Hz la esponja vegetal Luffa Cylindrica mantuvo mejor resistencia en comparación a los otros materiales utilizados.

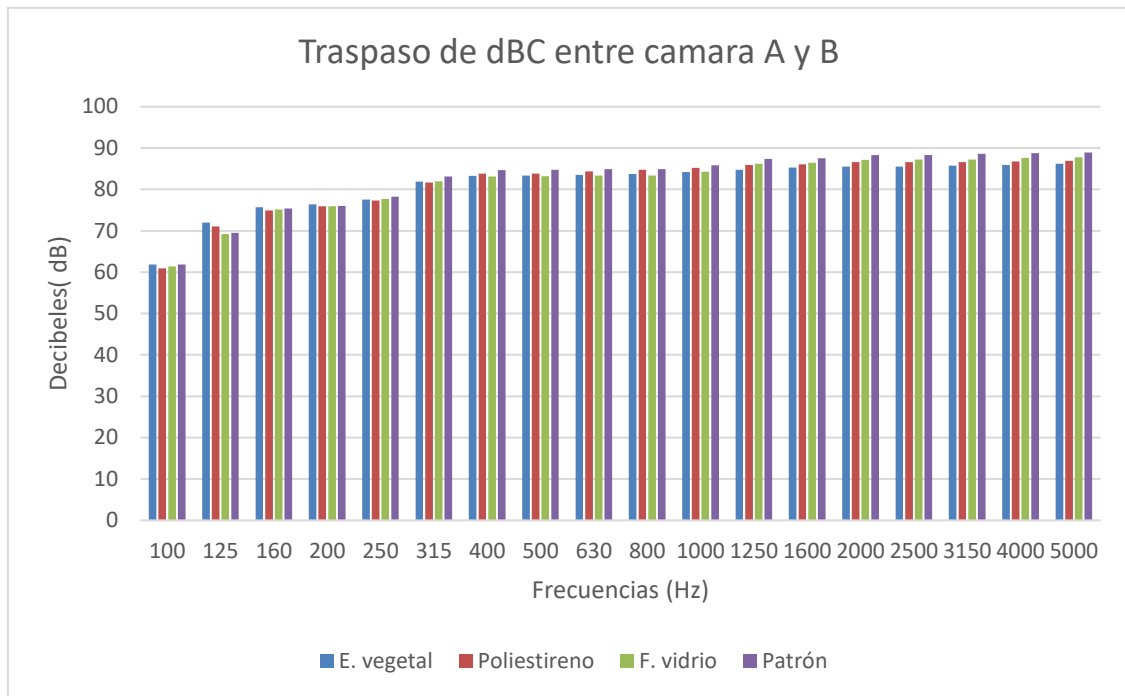


Figura 4.4. Gráfico de barras de comparación dBC  
Fuente: Elaboración propia, 2017

La figura muestra un gráfico comparativo de los decibeles C, los datos arrojados por los ensayos realizados a los paneles con los aislantes dieron a conocer que la esponja vegetal tuvo el mejor resultado, sin embargo estos tuvieron una mejora desde la frecuencia 400 Hz, dejando a conocer que su aislación acústica es mejor a grandes frecuencias. Los otros paneles que mejor aislación acústica tuvieron fue el poliéstireno, luego la fibra de vidrio y dejando al último lugar el panel patrón que se encontraba vacío.

#### 4.4. Ensayo de resistencia ignífuga

Los datos obtenidos por el ensayo de resistencia al fuego se representan en la siguiente tabla donde cada ensayo tuvo una duración de 5 minutos con una temperatura del soplete de 1100 (°C)

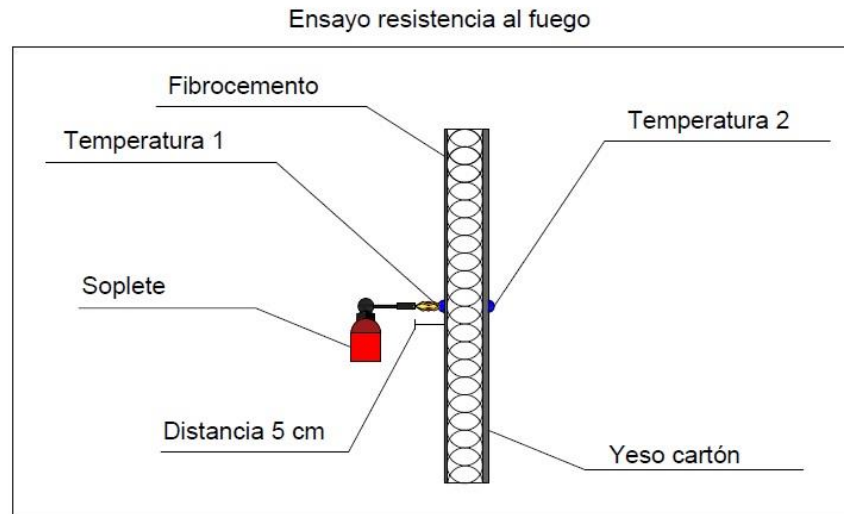


Figura 4.5 Ensayo resistencia al fuego  
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4.6. Resistencia del panel expuesto al fuego.

Resistencia de paneles expuesto al fuego				
Tiempo (min)	Espanja vegetal	Poliestireno	Fibra de vidrio	Patrón
	Temperatura (°C)			
0	26,5	27	27	26,3
1	28,2	27,9	26,8	27,1
2	27,1	28	26,5	34,9
3	28,7	35	29	44,7
4	72,1	45,8	35,1	54,2
5	73,2	59,2	40	65

Fuente: Elaboración propia, 2017

Las observaciones que se tomaron por cada uno de los aislantes fueron:

- Panel con aislante de esponja vegetal: al tiempo de tres minutos transcurridos el panel comienza a botar humo desde el interior, en donde se determina que al minuto cuatro



se quema la esponja vegetal y genera un cambio de temperatura en la cara no expuesta al fuego de 28,7°C a 72,0°C.

- Panel con aislante de poliestireno expandido: el aislante presentó al cabo de un minuto humo desde el interior del panel, dando así una temperatura de 27,9°C, sin embargo, se pudo observar que no aumento la T° drásticamente, pero se derritió logrando aumentar la T° del panel y de esta manera alcanzar 59,2°C en la cara no expuesta al fuego a los 5 minutos.
- Panel con aislante de fibra de vidrio: el aislante de fibra de vidrio obtuvo humo a los 51 segundos, sin embargo, su T° fue subiendo de manera paulatina, al finalizar el ensayo se verificó que no presentó mayores daños por los altos niveles de T°, siendo el aislante con la mejor resistencia al cabo de 5 minutos, con una T° de 40°C en la cara no expuesta al fuego.
- Panel patrón (sin aislante): el panel patrón no presento observaciones de humo, pero su T° aumento rápidamente, terminando así en 65°C en la cara no expuesta al fuego a los 5 minutos transcurridos del ensayo.

Se pudo clasificar de acuerdo a la norma UNE 23727 los elementos ensayados tomando en cuenta las observaciones y resultados de la siguiente manera.

Norma UNE 23727-1990

- M0: No inflamable- cero llamas (puede haber combustión sin llamas)
- M1: Muy poco inflamable- cinco segundos de llama solamente en el ensayo
- M2: Ligeramente inflamable
- M3: Moderadamente inflamable
- M4: Inflamable

Tabla 4.7. Clasificación de los materiales ensayados.

Panel	Clasificación
Esponja vegetal	M4
Poliestireno	M0
Fibra de vidrio	M0
Patrón	

Fuente: Elaboración Propia, 2019

La esponja vegetal se clasificó M4 ya que a los 4 minutos se quema y provoca combustión con llamas, el poliestireno y la fibra de vidrio se clasificó M0 ya que no presentó llamas.

El panel patrón no se clasificó ya que no tiene aislante.

Tabla 4.8. Fechas de ensayos en laboratorio.

Fecha de ensayos		
Fechas	día	Descripción
11-09-2017	lunes	Térmico
25-09-2017	lunes	Térmico
03-10-2017	Martes	Térmico
13-10-2017	Viernes	Acústico
23-10-2017	Lunes	Acústico
03-11-2017	Viernes	Acústico
13-11-2017	Lunes	E. Fuego

Fuente: Elaboración propia, 2017.

## 4.5. Análisis de desempeño

### 4.5.1. Análisis de desempeño por resistencia térmica.

Se dispone a utilizar el artículo 4.1.10. de la O.G.U.C, donde se ocupará la resistencia térmica de la zona 2 y muro, obteniendo el dato 0,33 que debe ser igual o superior. Teniendo el panel patrón se tomara la resistencia térmica 0,465 de una calificación de 10.

Tabla 4.9. Desempeño por resistencia térmica.

N°	Ensayo panel	Rt (m <sup>2</sup> *K/W)	Calificación
Mínimo requerido en muros 0,33			
1	Esponja vegetal	1,372	29,5
2	Poliestireno	1,385	29,8
3	Fibra de vidrio	1,369	29,4
4	Patrón	0,465	10

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Se observa que todos los paneles cumplen con la mínima resistencia para la zona 2.

#### 4.5.2. Análisis de desempeño por reducción acústica.

El análisis de desempeño por reducción acústica se determinó tomando un promedio de los dB tomados en el laboratorio de cada ensayo y calificando con un 10 al panel patrón, así logrando obtener una calificación para los otros paneles. Se debe tener en cuenta que ninguno de los aislantes obtiene lo mínimo permitido por la norma.

Tabla 4.10. Desempeño por reducción acústica.

	Poliestireno	Luffa	F. vidrio	Patrón
	dBA	dBA	dBA	dBA
Promedio	61,48	60,73	62,15	63,14
calificación	10,26	10,38	10,16	10

Fuente: Elaboración Propia, 2019

La calificación se obtuvo tomando en cuenta que mientras más bajo es el dato de dBA mejor será su desempeño, logrando observar que la esponja vegetal obtuvo el mejor resultado, no obstante la diferencia entre el panel patrón que no tiene ningún aislante es mínima.

Tabla 4.11. Densidad v/s promedio de traspaso de dBA entre cámara A y B.

Aislantes	Densidad	Promedio dBA
Luffa	37,44	60,73
Poliestireno	10	61,48
F. vidrio	8,9	62,15
Patrón	1,23	63,14

Fuente: Elaboración Propia, 2019

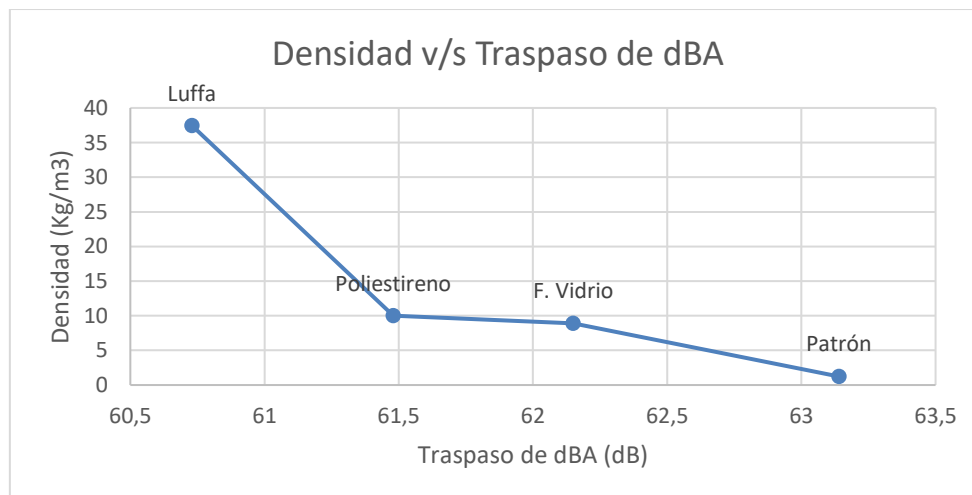


Figura 4.6. Gráfico de densidad v/s Traspaso de dBA

Fuente: Elaboración propia, 2019

Obteniendo el promedio de dBA de cada aislante y comparándolos con sus densidades en un gráfico se observa que a mayor densidad del aislante su resistencia a los decibeles es mayor. Teniendo el sistema de esponja vegetal una gran densidad a comparación de los otros aislantes ensayados su porosidad abierta no le permite tener mejor aislamiento acústico.

#### 4.5.3 Análisis de desempeño resistencia al fuego

El análisis de fuego se realizó tomando un promedio de cada minuto tomando una calificación 10 al panel patrón.

Como los paneles dieron menor promedio que el panel patrón al tener menor temperatura por resistir más, se restó el promedio del panel patrón a cada promedio de los aislantes y se les sumo 10 puntos dando su calificación.

Tabla 4.12. Desempeño resistencia al fuego.

Tiempo (min)	Patrón	Esponja vegetal	Poliestireno	Fibra de vidrio
0	10	10,08	10,27	10,27
1	10	10,41	10,30	9,89
2	10	7,77	8,02	7,59
3	10	6,42	7,83	6,49
4	10	13,30	8,45	6,48
5	10	11,26	9,11	6,15
Promedio	10	9,87	9	7,81
Calificación	10	10,13	11,00	12,19

Fuente: Elaboración propia, 2019

Siendo la esponja vegetal un material orgánico inflamable obtuvo el peor desempeño, no obstante, en el minuto 4 obtuvo la mejor calificación entre los 3 aislantes ensayados.

#### 4.5.4 Desempeño general de los ensayos.

Para determinar al mejor aislante buscando el mejor desempeño general, se realizó un promedio aritmético y rendimiento por área.

El promedio geométrico se obtuvo sumando las calificaciones y dividiéndolas por el número de ellas, logrando los siguientes resultados.

El rendimiento de área se obtuvo sacando la distancia en centímetros de los lados del triángulo y ocupando la fórmula de Herón.

$$\text{Donde: } S = \frac{A+B+C}{2} \quad \text{Area} = \sqrt{S(S-A) * (S-B) * (S-C)}$$

Tabla 4.13. Rendimiento general por promedio aritmético.

N°	Tipo de aislante	C. R. térmica	C. Reducción dB	C. R. al fuego	PROMEDIO
1	P. patrón	10	10	10	10
2	P. Poliestireno	29,8	10,46	11	17,09
3	P.E. vegetal	29,5	10,38	10,13	16,67
4	P.F. de vidrio	29,4	10,16	12,19	17,25

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se observa que el panel con el aislante que obtuvo mejor promedio aritmético vasado en los rendimientos de resistencia térmica, acústica y al fuego fue el panel de fibra de vidrio con un 17,25, seguido por el poliestireno presentando un 17,09 y quedando la esponja vegetal con un promedio de 16,67.

Desempeño general de los aislantes ensayados por rendimiento de área.

Se obtuvo el rendimiento de cada aislante y se muestra en un gráfico radial, en donde el panel patrón tiene un puntaje de 10 puntos en los ensayos de aislación térmica, acústica y resistencia ignífuga.

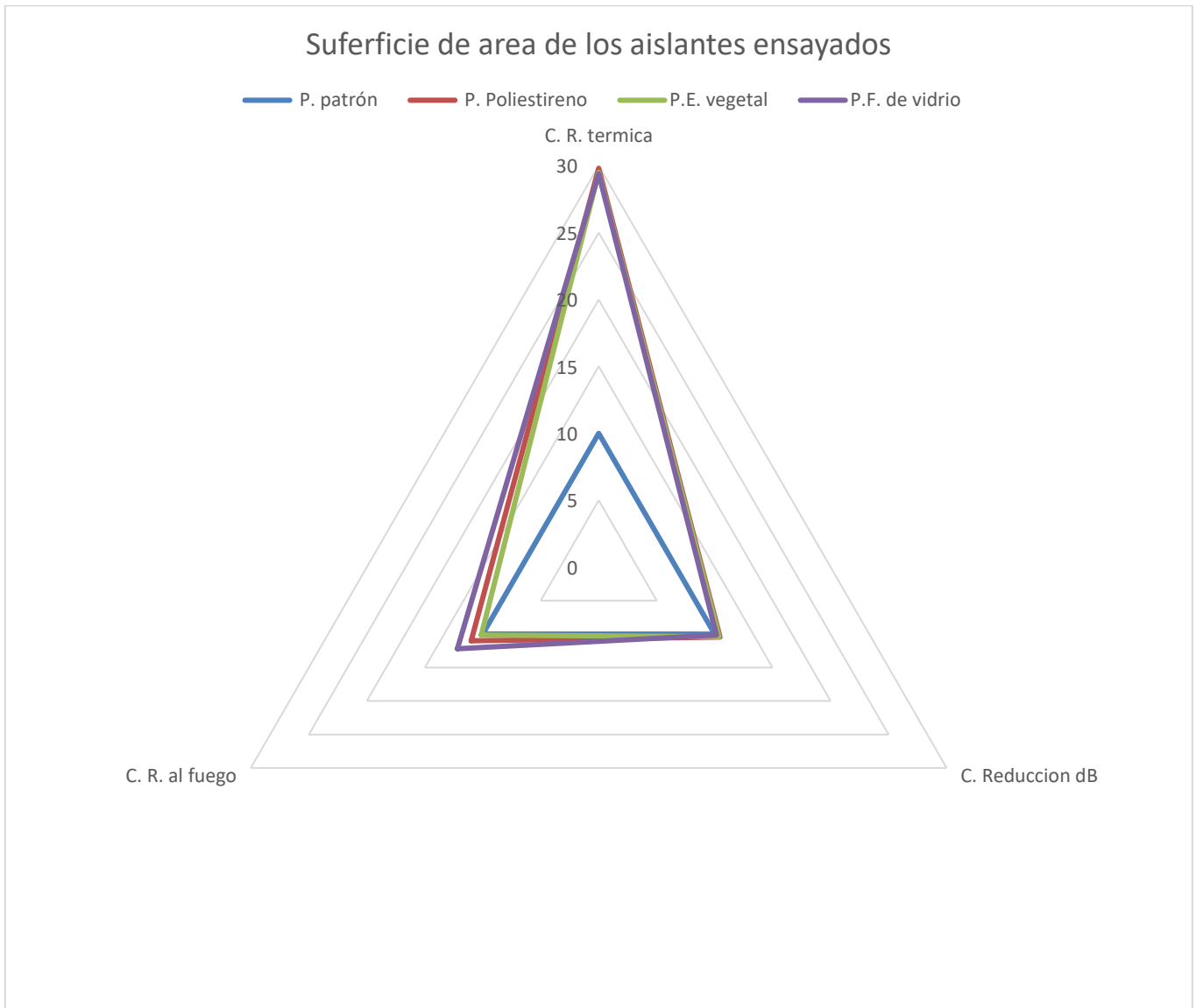


Figura 4.7. Gráfico radial, Superficie de área de los aislantes ensayados.

Fuente: Elaboración Propia, 2019

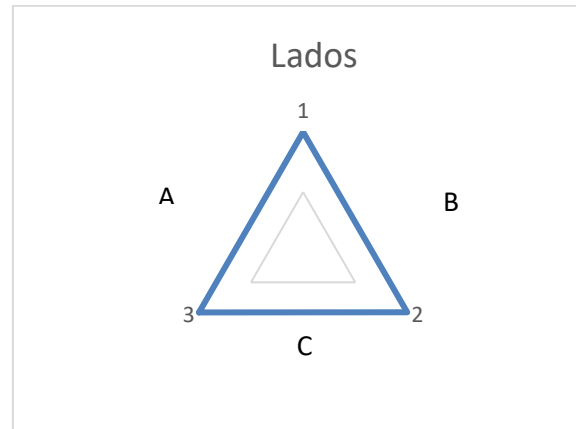


Figura 4.8. Diseño de gráfico radial según sus lados.

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Tabla 4.14. Área y porcentaje de área según su desempeño general.

	Lado A (cm)	Lado B (cm)	Lado C (cm)	S (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Porcentaje
P. Patrón	14,14	14,14	14,14	21,21	86,60	100%
E. Vegetal	31,19	31,27	14,50	38,48	220,30	254%
Poliestireno	31,77	31,58	15,18	39,26	233,37	269%
F. Vidrio	31,83	31,11	15,87	39,40	241,35	279%

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se puede analizar en la tabla 4.13 el mejor aislante según por desempeño general de área es la fibra de vidrio con un 279 % y que supero al poliestireno y la esponja vegetal en un 10 y 25 % respectivamente.

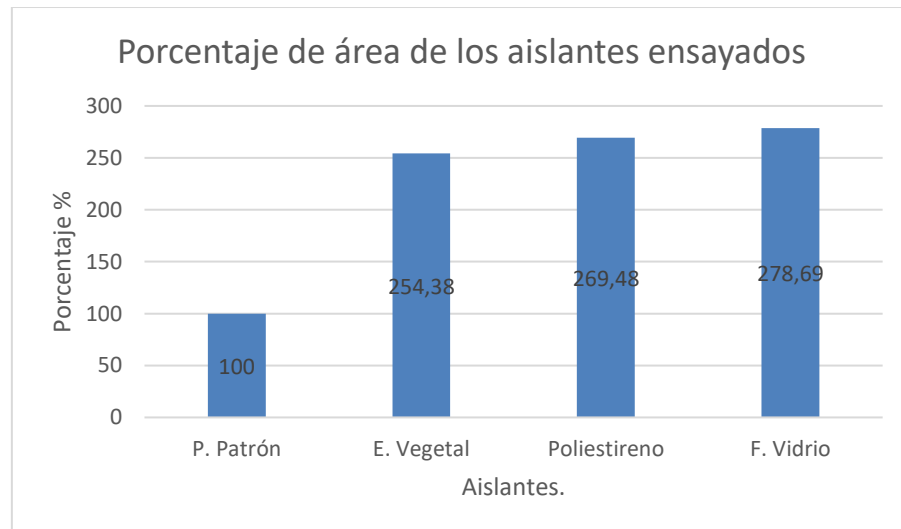


Figura 4.9. Gráfico de barras, Porcentaje de área de los aislantes ensayados

Fuente: Elaboración Propia, 2019

## **5. Conclusiones y nuevas propuestas.**

Los objetivos del estudio fueron cumplidos, puesto que se evaluó la aislación térmica, acústica y resistencia ignifuga de un sistema de aislación a base de esponja vegetal Luffa Cylindrica, cuantificados por dos instrumentos, el Xplorer GLX y un termómetro láser, arrojando resultados positivos en la aislación térmica, no relevantes en aislación acústica, y negativos para la resistencia ignifuga. Todos estos resultados fueron acompañados de propuestas en cada una de las áreas evaluadas.

Una conclusión general del material ensayado Luffa Cylindrica nos deja como resultados que su aislación térmica es favorable, comparándose con los aislantes del mercado actual, tomando en cuenta que es un material que no contamina al ambiente, sin embargo, las pocas producciones sobre este material en Chile lo dejan fuera de la línea comercial. Por otro lado, se deben realizar más investigaciones sobre su durabilidad y degradación en el medio ambiente, ya que solo se refieren a su duración con otros materiales de la construcción dándole un uso de vida entre 10 a 20 años.

### **5.1. Evaluación de la aislación térmica.**

En la evaluación de la aislación térmica, realizada en la cámara hermética, se identificó que la fibra de vidrio logró un 30,2% de aislación más que el panel patrón, la esponja Luffa Cylindrica alcanzó un 37,8% más que el panel patrón, y por último el poliestireno logró un 64,6% más que el panel patrón.

Si bien la esponja vegetal tiene una densidad mayor a los aislantes comparados su nivel de porosidad fluctúa entre el 85% y 95% dando como resultados vacíos abiertos para que traspase la energía.

Se propone realizar un análisis de costo de la esponja vegetal Luffa Cylindrica para el uso de la aislación térmica, ya que es un producto de origen vegetal con características térmicas similares a la fibra de vidrio, y en base a esto, se podría reducir el gasto monetario en materia de construcción.

### **5.2. Evaluación de la aislación acústica.**

La evaluación de la aislación acústica entre los paneles ensayados, identificó la misma resistencia hasta los 315 Hz, desde los 400 Hz no hubo una diferencia significativa entre los cuatro paneles evaluados, a partir de los 1000 Hz la esponja vegetal Luffa Cylindrica mantuvo mejor resistencia en comparación a los otros materiales utilizados, sin embargo se estima que



no reúne las condiciones para cumplir como aislante acústico, puesto que la diferencia de dB entre el panel patrón y la esponja antes mencionada es mínima.

Analizando las densidades de los aislantes la esponja vegetal obtuvo el mejor resultado porque su densidad fue la mas alta, sin embargo, los vacíos abiertos de la esponja vegetal no favorecen su aislación acústica.

Se propone modificar la estructura de la esponja Luffa Cylindrica para realizar nuevos análisis de aislación acústica y comparar los resultados obtenidos, con los de este estudio.

### **5.3. Evaluación de la resistencia ignifuga.**

La evaluación de la resistencia ignifuga arrojaron que el aislante menos resistente al fuego fue la esponja vegetal Luffa Cylindrica, esto porque la cara no expuesta al fuego del panel utilizado alcanzó la temperatura más alta (72,1 °C) en cuatro minutos, considerando que el segundo más alto alcanzó 54.2 °C (panel patrón).

Se propone realizar un estudio con Luffa Cylindrica agregando material retardante, para evaluar posibles mejoras en los resultados, esto porque la esponja vegetal tiene mejor aislación térmica y acústica pero no así resistencia ignifuga.

## 6. Bibliografía.

Amable Álvarez, Isabel, Méndez Martínez, Jesús, Delgado Pérez, Lenia, Acebo Figueroa, Fernando, de Armas Mestre, Joanna, & Rivero Llop, Marta Lidia. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649.

Astete, R. V. (2014). *Evaluación acústica de paneles en base a papel de diario reciclado*. Universidad de Valparaíso.

Ávila, L. M., & Díaz, J. A. (2002). Sondeo del mercado mundial de Estropajo (*Luffa Cylindrica*). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt"*, 18.

Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). Guías para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS, 18-22.

D'Almeida, A. L. F. S., Calado, V., Barreto, D. W., & d'Almeida, J. R. M. (2005). Acetilação da fibra de bucha (*Luffa Cylindrica*). *Polímeros*, 15(1), 59–62. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282005000100013>

Cabrera Ortiz, Juan. (2010) ACUSTICA Y FUNDAMENTOS DEL SONIDO (E-Learning) UNIVERSIDAD NACIONAL, Bogotá, Colombia.

Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico. McGraw-Hill.

Cool Edit, User`s manual, Syntrillium, Phoenix, Estados Unidos, 1996.

Dzionic, A., Wojcieszynska, D., Guzik, U., & 1, 1. (2016). Natural carriers in bioremediation: A review. *Electronic Journal of Biotechnology*, 23, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2016.07.003>

Gómez, Í. C., Fuentes, A. H., Catalán, R. J., & Clericus, J. E. A. BIOINSECTICIDA A BASE DE HOJAS DE BOLDO CONTRA LA VAQUITA DEL OLMO. Métodos de cosecha forestal que combinan conservación de la biodiversidad y los ciclos naturales del bosque primario con la producción maderera en tierra.

González Sánchez, Y., & Fernández Diaz, Y. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Rev. cuba. hig. epidemiol*, 52(3), 402–410.

Gutiérrez, J. A., & González, A. D. (2012). Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado.

Guzmán, G. A. (1997). *Aspectos técnicos sobre el cultivo del paste (Luffa Cylindrica)*. San Jorge, Costa rica.

Isbert, A. C. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos (Vol. 4). Univ. Politèc. de Catalunya.

- Jaramillo, A. M. J. (2007). Acústica: la ciencia del sonido. ITM.
- Justavino, I. J. M. (2006). La fibra de vidrio en su estado contaminante.
- León Alejandres, J. (2009). Análisis técnico acústico.
- Lufaschile. (2016). Lufaschile. Recuperado a partir de [www.lufaschile.cl](http://www.lufaschile.cl).
- Marcillo (1999). Tesis previa a la obtención de título de Ingeniero en electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- María del Pilar, R. ., Beatriz Janeth, G. ., Nelson Javier, E. ., & Ever, P. . (2015). Design Process of a Sound Barrier Applied To the Hospital Sector. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18), 133–138. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-97622015000200016&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622015000200016&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Marín, B. E., Benavidez, A., Delvasto, S., Ruby, M. D. G., & Chavarro, S. (2009). Estudio De Materiales Absorbentes Del Sonido En Cajas Acústicas. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 1(3), 1135–1142.
- Narváez, D. E. (2011). *Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de productos para el aseo personal con Luffa Cylindrica (esponja biodegradable), ubicado en el distrito metropolitano de Quito.*
- Navarrete, L. F., Martínez, D., Duarte, E., & 1, 1. (2009). Caracterización preliminar del estropajo“Luffa Cylindrica” como posible materia prima para construcción. *Avances investigación en ingeniería*, (11), 12–17.
- Pietropaoli, A., Basti, F., Veiga-Álvarez, Á., & Maqueda-Blasco, J. (2015). Manejo de la fibra de vidrio en entorno laboral, potenciales efectos sobre la salud y medidas de control (Revisión). *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 61(240), 393–414. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2015000300008>
- Platzer, L., Iñiguez C, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile Environmental noise levels measurement of the city of Santiago, Chile. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 67, 122–128. <https://doi.org/10.4067/S0718-48162007000200005>
- Rengifo Pinedo, K. (2011). Influencia del tráfico vehicular en los niveles de inmisión de ruidos en la ciudad de Juanjui–departamento de San Martín.
- Rougeron, C. (1977). Aislamiento acústico y térmico en la construcción. Reverte.
- SILVA, J. L. L., COSTA, F. S., SOUZA, R. F., SOUSA, J. L., & OLIVEIRA, R. S. (2014). O ruído causando danos e estresse: possibilidade de atuação para a enfermagem do trabalho. *Avances en Enfermería*, 32(1), 124–138. <https://doi.org/10.15446/av.enferm.v32n1.46074>

Victoria. (2013). Tipos de materiales aislantes térmicos contaminantes y no reciclables. Recuperado a partir de <http://vilssa.com/tipos-de-materiales-aislantes-termicos-contaminantes-y-no-reciclables>.

Xiaojun Qiu. (2016). Principles of Sound Absorbers. En *Acoustic textiles* (pp. 43–72). [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1476-5\\_46](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1476-5_46)

Yáñez, C. (2013). EMB construcción. Recuperado a partir de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2625&edi=130&xit=aislacion-termica-en-la-vivienda>.

Vera, S., Ordenes, M. (2002). Evaluación del desempeño energí-termico de una vivienda social en Chile, utilizando un programa de simulación energética de edificios. *Revista Ingeniería De Construcción*, 17(3), 133–142.

## Anexos

### Mediciones térmicas de panel con esponja vegetal

Mediciones térmicas de panel con esponja vegetal 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT(T3 -T4) (°C)
120	1	18,05	16,01	20,81	16,75	2,04	4,06
240	2	18,34	15,99	22,49	16,75	2,35	5,74
360	3	18,63	15,98	23,9	16,75	2,65	7,15
480	4	18,93	15,97	25,14	16,76	2,96	8,38
600	5	19,24	15,95	26,31	16,76	3,29	9,55
720	6	19,55	15,95	27,34	16,75	3,6	10,59
840	7	19,85	15,94	28,21	16,76	3,91	11,45
960	8	20,14	15,93	29,01	16,76	4,21	12,25
1080	9	20,41	15,93	29,67	16,76	4,48	12,91
1200	10	20,68	15,94	30,28	16,75	4,74	13,53
1320	11	20,94	15,94	30,81	16,75	5	14,06
1440	12	21,2	15,95	31,32	16,75	5,25	14,57
1560	13	21,44	15,96	31,79	16,73	5,48	15,06
1680	14	21,67	15,96	32,2	16,73	5,71	15,47
1800	15	21,89	15,98	32,65	16,73	5,91	15,92
1920	16	22,12	15,99	33,09	16,72	6,13	16,37
2040	17	22,33	16,01	33,49	16,71	6,32	16,78
2160	18	22,54	16,02	33,86	16,7	6,52	17,16
2280	19	22,75	16,04	34,28	16,69	6,71	17,59
2400	20	22,96	16,06	34,7	16,68	6,9	18,02
2520	21	23,16	16,08	35,09	16,67	7,08	18,42
2640	22	23,36	16,1	35,41	16,66	7,26	18,75
2760	23	23,54	16,12	35,73	16,65	7,42	19,08
2880	24	23,71	16,15	35,98	16,64	7,56	19,34
3000	25	23,88	16,18	36,21	16,62	7,7	19,59
3120	26	24,05	16,2	36,49	16,61	7,85	19,88
3240	27	24,22	16,23	36,77	16,6	7,99	20,17
3360	28	24,38	16,26	37,06	16,58	8,12	20,48
3480	29	24,54	16,29	37,33	16,57	8,25	20,76
3600	30	24,7	16,32	37,62	16,55	8,38	21,07
3720	31	24,87	16,35	37,88	16,54	8,52	21,34
3840	32	25,01	16,37	38,17	16,53	8,64	21,64
3960	33	25,17	16,41	38,4	16,5	8,76	21,9
4080	34	25,32	16,44	38,66	16,49	8,88	22,17
4200	35	25,45	16,47	38,82	16,47	8,98	22,35

Mediciones térmicas de panel con esponja vegetal 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
4320	36	25,58	16,5	39,01	16,44	9,08	22,57
4440	37	25,72	16,53	39,22	16,43	9,19	22,79
4560	38	25,85	16,56	39,42	16,41	9,29	23,01
4680	39	25,98	16,6	39,63	16,39	9,38	23,24
4800	40	26,11	16,63	39,83	16,37	9,48	23,46
4920	41	26,24	16,66	40,07	16,35	9,58	23,72
5040	42	26,37	16,7	40,25	16,32	9,67	23,93
5160	43	26,5	16,73	40,44	16,31	9,77	24,13
5280	44	26,62	16,76	40,6	16,28	9,86	24,32
5400	45	26,73	16,8	40,71	16,26	9,93	24,45
5520	46	26,84	16,83	40,85	16,23	10,01	24,62
5640	47	26,95	16,87	41	16,21	10,08	24,79
5760	48	27,07	16,9	41,24	16,19	10,17	25,05
5880	49	27,19	16,93	41,47	16,17	10,26	25,3
6000	50	27,31	16,96	41,68	16,14	10,35	25,54
6120	51	27,42	16,99	41,81	16,11	10,43	25,7
6240	52	27,53	17,03	41,95	16,08	10,5	25,87
6360	53	27,65	17,06	42,1	16,06	10,59	26,04
6480	54	27,76	17,1	42,24	16,04	10,66	26,2
6600	55	27,86	17,13	42,43	16,01	10,73	26,42
6720	56	27,96	17,17	42,54	15,99	10,79	26,55
6840	57	28,04	17,2	42,59	15,96	10,84	26,63
6960	58	28,14	17,23	42,74	15,93	10,91	26,81
7080	59	28,25	17,27	42,91	15,9	10,98	27,01
7200	60	28,34	17,3	43,2	15,87	11,04	27,33
7320	61	28,45	17,34	43,6	15,88	11,11	27,72
7440	62	28,59	17,37	43,98	15,9	11,22	28,08
7560	63	28,73	17,41	44,13	15,91	11,32	28,22
7680	64	28,86	17,44	44,29	15,93	11,42	28,36
7800	65	29	17,47	44,47	15,95	11,53	28,52
7920	66	29,13	17,51	44,61	15,97	11,62	28,64
8040	67	29,26	17,55	44,65	15,98	11,71	28,67
8160	68	29,38	17,6	44,75	16	11,78	28,75
8280	69	29,51	17,63	44,95	16,02	11,88	28,93
8400	70	29,62	17,67	45,15	16,04	11,95	29,11
8520	71	29,75	17,7	45,39	16,06	12,05	29,33
8640	72	29,87	17,74	45,59	16,07	12,13	29,52
8760	73	30	17,78	45,84	16,09	12,22	29,75
8880	74	30,11	17,81	46,05	16,12	12,3	29,93

Mediciones térmicas de panel con esponja vegetal 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
9000	75	30,25	17,85	46,22	16,13	12,4	30,09
9120	76	30,38	17,88	46,58	16,15	12,5	30,43
9240	77	30,51	17,92	46,89	16,18	12,59	30,71
9360	78	30,63	17,95	47,11	16,19	12,68	30,92
9480	79	30,74	17,99	47,32	16,22	12,75	31,1
9600	80	30,86	18,02	47,64	16,24	12,84	31,4
9720	81	30,97	18,06	47,8	16,26	12,91	31,54
9840	82	31,08	18,11	47,97	16,27	12,97	31,7
9960	83	31,24	18,14	48,16	16,3	13,1	31,86
10080	84	31,4	18,18	48,31	16,32	13,22	31,99
10200	85	31,57	18,21	48,51	16,34	13,36	32,17
10320	86	31,74	18,25	48,65	16,36	13,49	32,29
10440	87	31,91	18,28	48,76	16,38	13,63	32,38
10560	88	32,09	18,32	48,82	16,4	13,77	32,42
10680	89	32,26	18,37	48,94	16,43	13,89	32,51
10800	90	32,44	18,43	49,02	16,44	14,01	32,58
10920	91	32,6	18,49	49,2	16,47	14,11	32,73
11040	92	32,77	18,54	49,39	16,49	14,23	32,9
11160	93	32,94	18,6	49,63	16,51	14,34	33,12
11280	94	33,1	18,65	49,95	16,54	14,45	33,41
11400	95	33,25	18,71	50,27	16,55	14,54	33,72
11520	96	33,39	18,76	50,55	16,58	14,63	33,97
11640	97	33,53	18,82	50,8	16,6	14,71	34,2
11760	98	33,67	18,87	50,83	16,63	14,8	34,2
11880	99	33,81	18,93	50,91	16,65	14,88	34,26
12000	100	33,95	19	50,99	16,68	14,95	34,31
12120	101	34,08	19,05	50,98	16,7	15,03	34,28
12240	102	34,2	19,11	51,04	16,72	15,09	34,32
12360	103	34,32	19,16	51,29	16,74	15,16	34,55
12480	104	34,45	19,22	51,54	16,77	15,23	34,77
12600	105	34,58	19,27	51,73	16,8	15,31	34,93
12720	106	34,7	19,33	51,9	16,82	15,37	35,08
12840	107	34,84	19,4	52,08	16,84	15,44	35,24
12960	108	34,97	19,46	52,25	16,86	15,51	35,39
13080	109	35,08	19,53	52,51	16,89	15,55	35,62
13200	110	35,19	19,58	52,87	16,91	15,61	35,96
13320	111	35,3	19,64	53,18	16,94	15,66	36,24
13440	112	35,41	19,69	53,47	16,96	15,72	36,51
13560	113	35,51	19,75	53,59	16,98	15,76	36,61

Mediciones térmicas de panel con esponja vegetal 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T1 (°C)	T1 (°C)	T1 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
13680	114	35,61	19,8	53,63	17,01	15,81	36,62
13800	115	35,7	19,86	53,74	17,03	15,84	36,71
13920	116	35,8	19,93	53,89	17,06	15,87	36,83
14040	117	35,9	19,98	54,01	17,08	15,92	36,93
14160	118	35,99	20,04	54,13	17,11	15,95	37,02
14280	119	36,08	20,09	54,23	17,13	15,99	37,1
14400	120	36,18	20,15	54,39	17,16	16,03	37,23



### Mediciones térmicas de panel con fibra de vidrio

Mediciones térmicas de panel con fibra de vidrio 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT(T3 -T4) (°C)
120	1	20,38	19,13	18,95	19,67	1,25	0,72
240	2	20,52	19,12	21,85	19,41	1,4	2,44
360	3	20,69	19,09	24,29	19,21	1,6	5,08
480	4	20,86	19,07	26,36	19,05	1,79	7,31
600	5	21,04	19,05	28,1	18,92	1,99	9,18
720	6	21,22	19,03	29,59	18,81	2,19	10,78
840	7	21,37	19,01	30,65	18,74	2,36	11,91
960	8	21,52	18,99	31,55	18,67	2,53	12,88
1080	9	21,65	18,98	32,26	18,63	2,67	13,63
1200	10	21,79	18,96	33	18,59	2,83	14,41
1320	11	21,93	18,95	33,77	18,56	2,98	15,21
1440	12	22,07	18,94	34,45	18,54	3,13	15,91
1560	13	22,21	18,93	35,06	18,52	3,28	16,54
1680	14	22,35	18,92	35,62	18,51	3,43	17,11
1800	15	22,48	18,91	36,15	18,49	3,57	17,66
1920	16	22,63	18,91	36,68	18,49	3,72	18,19
2040	17	22,77	18,91	37,21	18,48	3,86	18,73
2160	18	22,93	18,9	37,82	18,47	4,03	19,35
2280	19	23,07	18,9	38,26	18,47	4,17	19,79
2400	20	23,22	18,9	38,64	18,47	4,32	20,17
2520	21	23,37	18,91	39,04	18,47	4,46	20,57
2640	22	23,5	18,91	39,36	18,47	4,59	20,89
2760	23	23,64	18,91	39,63	18,47	4,73	21,16
2880	24	23,79	18,92	40,01	18,48	4,87	21,53
3000	25	23,95	18,93	40,44	18,48	5,02	21,96
3120	26	24,1	18,94	40,8	18,48	5,16	22,32
3240	27	24,25	18,95	41,1	18,49	5,3	22,61
3360	28	24,41	18,96	41,38	18,49	5,45	22,89
3480	29	24,56	18,97	41,64	18,5	5,59	23,14
3600	30	24,7	18,98	41,79	18,51	5,72	23,28
3720	31	24,85	18,99	41,93	18,52	5,86	23,41
3840	32	25	19	42,25	18,52	6	23,73
3960	33	25,16	19,02	42,7	18,53	6,14	24,17
4080	34	25,33	19,04	43,16	18,54	6,29	24,62
4200	35	25,49	19,05	43,56	18,54	6,44	25,02
4320	36	25,65	19,07	43,94	18,55	6,58	25,39
4440	37	25,8	19,09	44,09	18,56	6,71	25,53

Mediciones térmicas de panel con fibra de vidrio 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
4560	38	25,95	19,11	44,25	18,57	6,84	25,68
4680	39	26,11	19,13	44,43	18,59	6,98	25,84
4800	40	26,25	19,15	44,57	18,59	7,1	25,98
4920	41	26,39	19,16	44,61	18,6	7,23	26,01
5040	42	26,53	19,19	44,71	18,61	7,34	26,1
5160	43	26,67	19,21	44,91	18,62	7,46	26,29
5280	44	26,82	19,23	45,11	18,63	7,59	26,48
5400	45	26,97	19,25	45,35	18,65	7,72	26,7
5520	46	27,11	19,28	45,55	18,66	7,83	26,89
5640	47	27,26	19,3	45,8	18,67	7,96	27,13
5760	48	27,4	19,32	46,01	18,68	8,08	27,33
5880	49	27,54	19,35	46,18	18,7	8,19	27,48
6000	50	27,69	19,37	46,54	18,71	8,32	27,83
6120	51	27,84	19,4	46,85	18,73	8,44	28,12
6240	52	27,98	19,42	47,07	18,74	8,56	28,33
6360	53	28,12	19,45	47,28	18,75	8,67	28,53
6480	54	28,26	19,47	47,6	18,77	8,79	28,83
6600	55	28,4	19,5	47,76	18,79	8,9	28,97
6720	56	28,54	19,52	47,93	18,8	9,02	29,13
6840	57	28,68	19,55	48,12	18,82	9,13	29,3
6960	58	28,81	19,58	48,27	18,83	9,23	29,44
7080	59	28,95	19,61	48,47	18,85	9,34	29,62
7200	60	29,08	19,64	48,61	18,87	9,44	29,74
7320	61	29,21	19,66	48,72	18,88	9,55	29,84
7440	62	29,33	19,69	48,78	18,9	9,64	29,88
7560	63	29,46	19,72	48,9	18,91	9,74	29,99
7680	64	29,57	19,75	48,98	18,93	9,82	30,05
7800	65	29,7	19,78	49,16	18,95	9,92	30,21
7920	66	29,82	19,81	49,35	18,97	10,01	30,38
8040	67	29,95	19,84	49,59	18,98	10,11	30,61
8160	68	30,08	19,86	49,91	19	10,22	30,91
8280	69	30,22	19,9	50,23	19,02	10,32	31,21
8400	70	30,35	19,93	50,51	19,04	10,42	31,47
8520	71	30,48	19,96	50,76	19,06	10,52	31,7
8640	72	30,6	19,99	50,79	19,07	10,61	31,72
8760	73	30,71	20,02	50,87	19,09	10,69	31,78
8880	74	30,83	20,06	50,95	19,12	10,77	31,83
9000	75	30,94	20,09	50,94	19,13	10,85	31,81
9120	76	31,05	20,12	51	19,15	10,93	31,85

Mediciones térmicas de panel con fibra de vidrio 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
9240	77	31,21	20,15	51,25	19,18	11,06	32,07
9360	78	31,37	20,18	51,5	19,19	11,19	32,31
9480	79	31,55	20,21	51,69	19,22	11,34	32,47
9600	80	31,72	20,24	51,86	19,24	11,48	32,62
9720	81	31,89	20,27	52,04	19,26	11,62	32,78
9840	82	32,07	20,3	52,21	19,27	11,77	32,94
9960	83	32,24	20,34	52,47	19,3	11,9	33,17
10080	84	32,42	20,37	52,83	19,32	12,05	33,51
10200	85	32,58	20,4	53,14	19,34	12,18	33,8
10320	86	32,75	20,43	53,43	19,36	12,32	34,07
10440	87	32,91	20,47	53,55	19,38	12,44	34,17
10560	88	33,07	20,5	53,59	19,4	12,57	34,19
10680	89	33,22	20,53	53,7	19,43	12,69	34,27
10800	90	33,36	20,56	53,85	19,44	12,8	34,41
10920	91	33,5	20,6	53,97	19,47	12,9	34,5
11040	92	33,64	20,63	54,09	19,49	13,01	34,6
11160	93	33,78	20,66	54,19	19,51	13,12	34,68
11280	94	33,92	20,69	54,35	19,54	13,23	34,81
11400	95	34,05	20,73	54,5	19,55	13,32	34,95
11520	96	34,17	20,76	54,58	19,58	13,41	35
11640	97	34,29	20,8	54,63	19,6	13,49	35,03
11760	98	34,42	20,83	54,84	19,63	13,59	35,21
11880	99	34,55	20,87	55,05	19,65	13,68	35,4
12000	100	34,67	20,9	55,18	19,68	13,77	35,5
12120	101	34,8	20,94	55,44	19,7	13,86	35,74
12240	102	34,93	20,97	55,68	19,72	13,96	35,96
12360	103	35,04	21,01	55,74	19,74	14,03	36
12480	104	35,15	21,04	55,83	19,77	14,11	36,06
12600	105	35,26	21,08	55,9	19,8	14,18	36,1
12720	106	35,37	21,11	55,93	19,82	14,26	36,11
12840	107	35,47	21,15	55,97	19,84	14,32	36,13
12960	108	35,57	21,18	55,99	19,86	14,39	36,13
13080	109	35,66	21,22	56,09	19,89	14,44	36,2
13200	110	35,76	21,25	56,2	19,91	14,51	36,29
13320	111	35,86	21,28	56,31	19,94	14,58	36,37
13440	112	35,95	21,32	56,29	19,96	14,63	36,33
13560	113	36,04	21,35	56,29	19,98	14,69	36,31
13680	114	36,14	21,39	56,51	20,01	14,75	36,5
13800	115	36,24	21,42	56,83	20,03	14,82	36,8

Mediciones térmicas de panel con fibra de vidrio 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
13920	116	36,34	21,46	57,08	20,06	14,88	37,02
14040	117	36,45	21,49	57,37	20,08	14,96	37,29
14160	118	36,55	21,53	57,61	20,11	15,02	37,5
14280	119	36,65	21,56	57,73	20,13	15,09	37,6
14400	120	36,75	21,6	57,75	20,16	15,15	37,59

### Mediciones térmicas panel con poliestireno

Mediciones térmicas de panel con poliestireno 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
120	1	14,95	14,12	14,05	13,92	0,83	0,13
240	2	15,29	14,1	17,68	13,84	1,19	3,84
360	3	15,62	14,08	20,74	13,77	1,54	6,97
480	4	15,96	14,06	23,24	13,72	1,9	9,52
600	5	16,32	14,04	25,32	13,68	2,28	11,64
720	6	16,68	14,02	27,09	13,65	2,66	13,44
840	7	17,04	14,01	28,67	13,63	3,03	15,04
960	8	17,4	13,99	30,08	13,6	3,41	16,48
1080	9	17,76	13,99	31,15	13,59	3,77	17,56
1200	10	18,09	13,98	32,08	13,58	4,11	18,5
1320	11	18,41	13,97	32,85	13,57	4,44	19,28
1440	12	18,72	13,96	33,53	13,56	4,76	19,97
1560	13	19,02	13,96	34,1	13,56	5,06	20,54
1680	14	19,32	13,96	34,66	13,55	5,36	21,11
1800	15	19,64	13,96	35,46	13,55	5,68	21,91
1920	16	19,97	13,96	36,33	13,55	6,01	22,78
2040	17	20,28	13,97	37,04	13,55	6,31	23,49
2160	18	20,58	13,97	37,6	13,55	6,61	24,05
2280	19	20,88	13,97	38,16	13,55	6,91	24,61
2400	20	21,18	13,98	38,82	13,56	7,2	25,26
2520	21	21,47	13,99	39,32	13,56	7,48	25,76
2640	22	21,75	14	39,86	13,56	7,75	26,3
2760	23	22,02	14,01	40,31	13,57	8,01	26,74
2880	24	22,29	14,02	40,74	13,57	8,27	27,17
3000	25	22,55	14,04	41,07	13,58	8,51	27,49
3120	26	22,77	14,05	41,24	13,58	8,72	27,66
3240	27	22,97	14,07	41,29	13,59	8,9	27,7
3360	28	23,17	14,08	41,52	13,59	9,09	27,93
3480	29	23,39	14,1	41,84	13,6	9,29	28,24
3600	30	23,59	14,12	42,12	13,61	9,47	28,51
3720	31	23,79	14,13	42,33	13,61	9,66	28,72
3840	32	24	14,16	42,75	13,62	9,84	29,13
3960	33	24,22	14,17	43,29	13,63	10,05	29,66
4080	34	24,44	14,19	43,67	13,63	10,25	30,04
4200	35	24,64	14,21	43,99	13,64	10,43	30,35
4320	36	24,83	14,23	44,25	13,65	10,6	30,6
4440	37	25,03	14,25	44,63	13,66	10,78	30,97

Mediciones térmicas de panel con poliestireno 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
4560	38	25,24	14,27	44,97	13,66	10,97	31,31
4680	39	25,44	14,3	45,32	13,67	11,14	31,65
4800	40	25,64	14,32	45,68	13,68	11,32	32
4920	41	25,83	14,34	45,91	13,69	11,49	32,22
5040	42	26,03	14,36	46,23	13,7	11,67	32,53
5160	43	26,22	14,39	46,51	13,71	11,83	32,8
5280	44	26,36	14,41	46,51	13,72	11,95	32,79
5400	45	26,5	14,44	46,4	13,73	12,06	32,67
5520	46	26,64	14,46	46,5	13,74	12,18	32,76
5640	47	26,8	14,48	46,71	13,74	12,32	32,97
5760	48	26,95	14,5	46,98	13,76	12,45	33,22
5880	49	27,11	14,53	47,2	13,77	12,58	33,43
6000	50	27,29	14,55	47,55	13,78	12,74	33,77
6120	51	27,46	14,58	47,9	13,79	12,88	34,11
6240	52	27,62	14,6	48,21	13,8	13,02	34,41
6360	53	27,79	14,63	48,35	13,82	13,16	34,53
6480	54	27,94	14,65	48,47	13,83	13,29	34,64
6600	55	28,11	14,68	48,78	13,84	13,43	34,94
6720	56	28,27	14,7	49,05	13,85	13,57	35,2
6840	57	28,44	14,73	49,36	13,86	13,71	35,5
6960	58	28,61	14,75	49,6	13,87	13,86	35,73
7080	59	28,77	14,78	49,81	13,89	13,99	35,92
7200	60	28,91	14,81	49,91	13,9	14,1	36,01
7320	61	29,03	14,83	49,88	13,91	14,2	35,97
7440	62	29,15	14,86	49,83	13,93	14,29	35,9
7560	63	29,26	14,88	49,69	13,94	14,38	35,75
7680	64	29,37	14,91	49,7	13,95	14,46	35,75
7800	65	29,49	14,93	49,83	13,97	14,56	35,86
7920	66	29,6	14,96	49,93	13,98	14,64	35,95
8040	67	29,74	14,99	50,21	14	14,75	36,21
8160	68	29,88	15,01	50,56	14,01	14,87	36,55
8280	69	30,02	15,04	50,83	14,03	14,98	36,8
8400	70	30,16	15,07	51,04	14,04	15,09	37
8520	71	30,31	15,09	51,27	14,06	15,22	37,21
8640	72	30,43	15,12	51,46	14,07	15,31	37,39
8760	73	30,56	15,15	51,6	14,09	15,41	37,51
8880	74	30,71	15,17	51,91	14,1	15,54	37,81
9000	75	30,85	15,2	52,07	14,12	15,65	37,95
9120	76	30,99	15,23	52,29	14,14	15,76	38,15

Mediciones térmicas de panel con poliestireno 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
9240	77	31,1	15,25	52,35	14,15	15,85	38,2
9360	78	31,23	15,28	52,44	14,17	15,95	38,27
9480	79	31,35	15,3	52,61	14,19	16,05	38,42
9600	80	31,48	15,33	52,72	14,2	16,15	38,52
9720	81	31,57	15,36	52,71	14,21	16,21	38,5
9840	82	31,66	15,38	52,55	14,24	16,28	38,31
9960	83	31,77	15,41	52,52	14,25	16,36	38,27
10080	84	31,88	15,44	52,64	14,27	16,44	38,37
10200	85	31,98	15,47	52,75	14,29	16,51	38,46
10320	86	32,07	15,5	52,7	14,31	16,57	38,39
10440	87	32,18	15,53	52,88	14,33	16,65	38,55
10560	88	32,3	15,55	53,13	14,34	16,75	38,79
10680	89	32,42	15,58	53,44	14,36	16,84	39,08
10800	90	32,53	15,61	53,59	14,38	16,92	39,21
10920	91	32,63	15,64	53,57	14,39	16,99	39,18
11040	92	32,74	15,67	53,71	14,42	17,07	39,29
11160	93	32,86	15,7	53,84	14,43	17,16	39,41
11280	94	32,98	15,73	54,03	14,46	17,25	39,57
11400	95	33,09	15,75	54,28	14,48	17,34	39,8
11520	96	33,21	15,78	54,44	14,5	17,43	39,94
11640	97	33,33	15,81	54,77	14,51	17,52	40,26
11760	98	33,46	15,84	54,96	14,53	17,62	40,43
11880	99	33,58	15,87	55,17	14,55	17,71	40,62
12000	100	33,7	15,9	55,23	14,57	17,8	40,66
12120	101	33,78	15,92	55,02	14,59	17,86	40,43
12240	102	33,86	15,95	55	14,61	17,91	40,39
12360	103	33,95	15,98	55,02	14,63	17,97	40,39
12480	104	34,04	16,01	55,08	14,65	18,03	40,43
12600	105	34,12	16,04	55,12	14,67	18,08	40,45
12720	106	34,22	16,07	55,27	14,69	18,15	40,58
12840	107	34,34	16,1	55,5	14,71	18,24	40,79
12960	108	34,45	16,13	55,77	14,73	18,32	41,04
13080	109	34,56	16,16	55,92	14,75	18,4	41,17
13200	110	34,66	16,19	55,99	14,77	18,47	41,22
13320	111	34,74	16,22	56,05	14,79	18,52	41,26
13440	112	34,85	16,25	56,22	14,81	18,6	41,41
13560	113	34,96	16,28	56,47	14,83	18,68	41,64
13680	114	35,07	16,31	56,65	14,86	18,76	41,79
13800	115	35,17	16,34	56,71	14,88	18,83	41,83

Mediciones térmicas de panel con poliestireno 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT (T3 -T4) (°C)
13920	116	35,28	16,37	56,86	14,89	18,91	41,97
14040	117	35,38	16,4	57	14,91	18,98	42,09
14160	118	35,49	16,43	57,09	14,93	19,06	42,16
14280	119	35,57	16,46	57,07	14,95	19,11	42,12
14400	120	35,64	16,49	56,98	14,98	19,15	42



### Mediciones térmicas de panel patrón

Mediciones térmicas de panel patrón vacío 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT(T3 -T4) (°C)
120	1	15,02	14,18	17,46	14,18	0,84	3,28
240	2	15,29	14,17	19,58	14,13	1,12	5,45
360	3	15,59	14,17	21,42	14,09	1,42	7,33
480	4	15,92	14,17	23,02	14,06	1,75	8,96
600	5	16,24	14,17	24,49	14,03	2,07	10,46
720	6	16,58	14,18	25,74	14,02	2,4	11,72
840	7	16,9	14,19	26,77	13,99	2,71	12,78
960	8	17,2	14,21	27,66	13,98	2,99	13,68
1080	9	17,49	14,23	28,37	13,97	3,26	14,4
1200	10	17,78	14,26	29,06	13,97	3,52	15,09
1320	11	18,06	14,29	29,64	13,96	3,77	15,68
1440	12	18,33	14,33	30,21	13,96	4	16,25
1560	13	18,59	14,38	30,76	13,95	4,21	16,81
1680	14	18,81	14,42	31,09	13,95	4,39	17,14
1800	15	19,03	14,46	31,39	13,95	4,57	17,44
1920	16	19,24	14,51	31,75	13,95	4,73	17,8
2040	17	19,43	14,57	31,99	13,96	4,86	18,03
2160	18	19,62	14,62	32,28	13,96	5	18,32
2280	19	19,81	14,67	32,6	13,96	5,14	18,64
2400	20	20	14,73	32,88	13,96	5,27	18,92
2520	21	20,19	14,79	33,21	13,97	5,4	19,24
2640	22	20,36	14,84	33,53	13,98	5,52	19,55
2760	23	20,53	14,89	33,82	13,99	5,64	19,83
2880	24	20,69	14,95	34,1	14	5,74	20,1
3000	25	20,85	15,01	34,37	14	5,84	20,37
3120	26	21	15,07	34,63	14,01	5,93	20,62
3240	27	21,14	15,12	34,85	14,02	6,02	20,83
3360	28	21,3	15,18	35,12	14,03	6,12	21,09
3480	29	21,46	15,23	35,5	14,04	6,23	21,46
3600	30	21,62	15,28	35,82	14,05	6,34	21,77
3720	31	21,77	15,34	36,1	14,06	6,43	22,04
3840	32	21,91	15,39	36,35	14,07	6,52	22,28
3960	33	22,06	15,45	36,63	14,08	6,61	22,55
4080	34	22,2	15,51	36,88	14,09	6,69	22,79
4200	35	22,34	15,56	37,1	14,11	6,78	22,99
4320	36	22,47	15,62	37,19	14,12	6,85	23,07
4440	37	22,6	15,67	37,35	14,13	6,93	23,22

Mediciones térmicas de panel patrón vacío 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT(T3 -T4) (°C)
4560	38	22,74	15,73	37,61	14,15	7,01	23,46
4680	39	22,87	15,78	37,89	14,16	7,09	23,73
4800	40	23,01	15,84	38,12	14,17	7,17	23,95
4920	41	23,15	15,89	38,37	14,18	7,26	24,19
5040	42	23,28	15,94	38,59	14,2	7,34	24,39
5160	43	23,42	16	38,81	14,21	7,42	24,6
5280	44	23,55	16,05	39	14,23	7,5	24,77
5400	45	23,67	16,11	39,14	14,25	7,56	24,89
5520	46	23,8	16,16	39,34	14,26	7,64	25,08
5640	47	23,92	16,21	39,59	14,28	7,71	25,31
5760	48	24,06	16,27	39,86	14,3	7,79	25,56
5880	49	24,19	16,32	40,06	14,31	7,87	25,75
6000	50	24,31	16,37	40,22	14,33	7,94	25,89
6120	51	24,43	16,43	40,35	14,35	8	26
6240	52	24,55	16,48	40,52	14,37	8,07	26,15
6360	53	24,68	16,54	40,75	14,39	8,14	26,36
6480	54	24,8	16,59	40,87	14,41	8,21	26,46
6600	55	24,91	16,64	40,94	14,43	8,27	26,51
6720	56	25,01	16,69	41,09	14,45	8,32	26,64
6840	57	25,13	16,74	41,33	14,47	8,39	26,86
6960	58	25,25	16,8	41,58	14,49	8,45	27,09
7080	59	25,38	16,85	41,81	14,51	8,53	27,3
7200	60	25,5	16,9	42,04	14,53	8,6	27,51
7320	61	25,62	16,95	42,24	14,55	8,67	27,69
7440	62	25,74	17	42,42	14,57	8,74	27,85
7560	63	25,86	17,05	42,6	14,59	8,81	28,01
7680	64	25,97	17,1	42,77	14,61	8,87	28,16
7800	65	26,07	17,15	42,82	14,64	8,92	28,18
7920	66	26,2	17,2	43,1	14,66	9	28,44
8040	67	26,32	17,26	43,32	14,68	9,06	28,64
8160	68	26,45	17,31	43,58	14,7	9,14	28,88
8280	69	26,57	17,36	43,86	14,73	9,21	29,13
8400	70	26,7	17,41	44,09	14,75	9,29	29,34
8520	71	26,82	17,46	44,37	14,77	9,36	29,6
8640	72	26,95	17,52	44,55	14,8	9,43	29,75
8760	73	27,07	17,57	44,7	14,82	9,5	29,88
8880	74	27,18	17,62	44,77	14,84	9,56	29,93
9000	75	27,28	17,67	44,84	14,86	9,61	29,98
9120	76	27,39	17,73	45,06	14,88	9,66	30,18

Mediciones térmicas de panel patrón vacío 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT(T3 -T4) (°C)
9240	77	27,51	17,78	45,3	14,91	9,73	30,39
9360	78	27,64	17,83	45,57	14,93	9,81	30,64
9480	79	27,79	17,88	45,87	14,96	9,91	30,91
9600	80	27,93	17,94	46,14	14,99	9,99	31,15
9720	81	28,05	17,99	46,36	15,01	10,06	31,35
9840	82	28,17	18,04	46,53	15,04	10,13	31,49
9960	83	28,29	18,1	46,77	15,07	10,19	31,7
10080	84	28,41	18,15	46,81	15,09	10,26	31,72
10200	85	28,5	18,21	46,93	15,12	10,29	31,81
10320	86	28,6	18,26	47,05	15,15	10,34	31,9
10440	87	28,69	18,32	47,08	15,17	10,37	31,91
10560	88	28,79	18,38	47,18	15,2	10,41	31,98
10680	89	28,88	18,43	47,26	15,23	10,45	32,03
10800	90	28,98	18,48	47,38	15,25	10,5	32,13
10920	91	29,07	18,54	47,5	15,28	10,53	32,22
11040	92	29,17	18,59	47,6	15,31	10,58	32,29
11160	93	29,26	18,63	47,75	15,34	10,63	32,41
11280	94	29,32	18,69	47,68	15,37	10,63	32,31
11400	95	29,4	18,74	47,69	15,39	10,66	32,3
11520	96	29,48	18,79	47,83	15,42	10,69	32,41
11640	97	29,56	18,84	47,94	15,45	10,72	32,49
11760	98	29,67	18,89	48,11	15,48	10,78	32,63
11880	99	29,75	18,94	48,26	15,51	10,81	32,75
12000	100	29,85	18,99	48,4	15,53	10,86	32,87
12120	101	29,94	19,05	48,56	15,56	10,89	33
12240	102	30,03	19,09	48,67	15,6	10,94	33,07
12360	103	30,13	19,14	48,77	15,63	10,99	33,14
12480	104	30,2	19,2	48,78	15,66	11	33,12
12600	105	30,27	19,24	48,78	15,68	11,03	33,1
12720	106	30,36	19,29	48,93	15,72	11,07	33,21
12840	107	30,45	19,34	49,04	15,74	11,11	33,3
12960	108	30,54	19,39	49,15	15,78	11,15	33,37
13080	109	30,63	19,44	49,33	15,81	11,19	33,52
13200	110	30,73	19,49	49,46	15,84	11,24	33,62
13320	111	30,83	19,54	49,55	15,87	11,29	33,68
13440	112	30,92	19,59	49,72	15,9	11,33	33,82
13560	113	31,02	19,63	49,85	15,93	11,39	33,92
13680	114	31,11	19,68	49,96	15,96	11,43	34
13800	115	31,18	19,73	50,04	15,99	11,45	34,05

Mediciones térmicas de panel patrón vacío 50 mm de espesor.							
Datos	Min	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	DT (T1 -T2) (°C)	DT(T3 -T4) (°C)
13920	116	31,26	19,78	50,08	16,02	11,48	34,06
14040	117	31,34	19,83	50,13	16,06	11,51	34,07
14160	118	31,43	19,88	50,25	16,09	11,55	34,16
14280	119	31,52	19,93	50,43	16,12	11,59	34,31
14400	120	31,6	19,97	50,45	16,14	11,63	34,31

### Frecuencia panel con esponja vegetal

Aislante esponja vegetal		
Frecuencias (Hz)	dBA	dBC
100	50	61,88
125	50	71,96
160	50	75,68
200	50	76,36
250	50	77,55
315	50,03	81,87
400	50,73	83,28
500	50,94	83,33
630	51,9	83,5
800	55,07	83,74
1000	60,82	84,18
1250	67,82	84,77
1600	71,65	85,28
2000	74,48	85,56
2500	75,25	85,56
3150	76,21	85,72
4000	78,47	85,93
5000	79,85	86,19

**Frecuencia panel con poliestireno**

Aislante poliestireno		
Frecuencias (Hz)	dBA	dBC
100	50	60,94
125	50	71,05
160	50	74,95
200	50	75,96
250	50	77,33
315	50,01	81,66
400	51,38	83,8
500	51,76	83,8
630	54,55	84,33
800	57,67	84,78
1000	62,66	85,2
1250	69,05	85,94
1600	71,76	86,1
2000	75,78	86,57
2500	76,42	86,64
3150	76,93	86,63
4000	78,74	86,75
5000	79,85	86,93

### Frecuencia panel con fibra de vidrio

Aislante fibra de vidrio		
Frecuencias (Hz)	dBA	dBC
100	50	61,35
125	50	69,22
160	50	75,15
200	50	75,9
250	50	77,69
315	50	81,96
400	50,28	83,12
500	50,37	83,17
630	51,88	83,37
800	53,25	83,36
1000	62,89	84,28
1250	72,54	86,21
1600	73,79	86,43
2000	79,24	87,16
2500	79,55	87,26
3150	80,2	87,26
4000	81,92	87,59
5000	82,83	87,77

### Frecuencias de panel patrón

Panel patrón		
Frecuencias (Hz)	dBA	dBC
100	50	61,88
125	50,01	69,53
160	50	75,41
200	50	76,04
250	50	78,24
315	50,23	83,09
400	51,81	84,67
500	52,46	84,78
630	54,05	84,91
800	55,23	84,91
1000	64,02	85,81
1250	74,14	87,4
1600	75,28	87,52
2000	80,48	88,27
2500	80,76	88,32
3150	81,44	88,59
4000	82,95	88,77
5000	83,67	88,94