



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

**Estudio de las prestaciones de un aislante elaborado por acetato
de celulosa con adhesivo de almidón de maíz.**

Por

Luís Nicolas Ahumada Gonzalez

Tesis para optar al Título de Ingeniero Constructor

Prof. Guía: Claudio Carrasco Aldunate

Noviembre 2017

Agradecimientos y dedicatorias.

En esta investigación formaron parte mis padres Luis Ahumada Hormazábal y Paula González Muñoz los cuales fueron el pilar fundamental en la motivación de mi investigación y en el transcurso de mi carrera, también destaco el apoyo de mis amigos tanto emocional como en la práctica de la investigación.

Agradecido de Claudio Carrasco Aldunate mi profesor guía el cual me ayudo en la elaboración de esta investigación y me oriento en la estructuración de ella, también agradecido de los profesores Uriel Padilla Carrasco y Alberto Moya Arredondo que me aportaron con datos e información para poder llevar a cabo esta investigación

Los materiales usados fueron recolectados gracias a la ayuda de distintas identidades las cuales fueron resto-bares, discoTeque e identidades ecológicas dedicadas a la recolección de colillas de cigarros en las playas de la costa de la quinta región.

La tesis elaborada va en dedicación a mis compañeros que me dieron todo el apoyo para llevarla a cabo, a los integrantes y trabajadores del Laboratorio de Docencia de la Escuela de Ingeniería en Construcción.

Índice

CAPITULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	13
1.4 ALCANCES	14
1.5 HIPÓTESIS	14
MARCO TEÓRICO DE AISLACIÓN TÉRMICA, ACÚSTICA Y DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	15

CAPITULO II

2.0 DIAGRAMA MOTIVACIONAL PARA DAR EL INICIO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1 TRANSFERENCIA DE CALOR Y TERMODINÁMICA.....	17
2.2 ONDA DE CALOR.....	17
2.3 CONFORT TÉRMICO.....	17
2.4 FUENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	18
2.5 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	20
2.6 DESCRIPCIÓN DE UN AISLANTE TÉRMICO	22
2.7 MATERIALES.....	22
2.7.1 ACETATO DE CELULOSA	22
2.7.2 POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	23
2.7.3 ADHESIVO DE ALMIDÓN DE MAÍZ	25
2.8 SONIDO.....	26
2.9 ABSORCIÓN ACÚSTICA	26
2.10 AISLAMIENTO ACÚSTICO	26
2.11 ONDAS DE SONIDO	28
2.12 FRECUENCIAS ACÚSTICAS	30
2.13 CONFORT ACÚSTICO.....	30

CAPITULO III

3.0 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	32
3.1 CONSUMO ENERGÉTICO EN CHILE	33
3.2 CONTAMINACIÓN Y ELEVADO CONSUMO ENERGÉTICO.....	35

CAPITULO IV

4.0 ENSAYOS A REALIZAR PARA UNA PROPUESTA DE AISLANTE.....	40
4.1 AISLACIÓN TÉRMICA SEGÚN LA NORMA NCH 851 OF 1983 Y NCH 849 OF 1987	41
4.2 ENSAYO DE AISLACIÓN ACÚSTICA SEGÚN NCH 2786 OF 2002	43
4.3 ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO SEGÚN NCH 935/1 Y CON APOYO DE LA NORMA ESPAÑOLA UNE 23-725-90	44

CAPITULO V

5.1 ELABORACIÓN DE MOLDES.....	47
5.2 CONFECCIÓN DEL AISLANTE	49
5.2.1 ADHESIVO DE ALMIDÓN DE MAÍZ	49
5.2.2 ELABORACIÓN DEL AISLANTE MEDIANTE MEZCLA ENTRE ADHESIVO Y ACETATO DE CELULOSA.....	50
5.2.3 DENSIDADES Y DOSIFICACIONES DE CÓMO SE ELABORARON LOS AISLANTES	53
5.3 ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DEL AISLANTE	54
5.3.1.1 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 50/50 Y CON UN ESPESOR DE 50MM DURANTE 60 MINUTOS.....	56
5.3.1.2 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 50/50 Y CON UN ESPESOR DE 50MM DURANTE 90 MINUTOS.....	58
5.3.2.1 ENSAYO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 50MM DE ESPESOR	60
5.3.2.2 ENSAYO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 50MM DE ESPESOR DURANTE 90 MINUTOS.....	62
5.3.3.1 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 50/50 Y CON UN ESPESOR DE 30MM	64
5.3.3.2 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 50/50 Y CON UN ESPESOR DE 30MM CON 90 MINUTOS DE DURACIÓN.	66
5.3.4.1 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 70/30 Y CON UN ESPESOR DE 50MM	68
5.3.4.2 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 70/30 Y CON UN ESPESOR DE 50MM CON 90 MINUTOS DE DURACIÓN	70

5.3.5.1 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 70/30 Y CON UN ESPESOR DE 30MM	72
5.3.5.2 ENSAYO DE AISLANTE Y ANÁLISIS CON DOSIS DE 70/30 Y CON UN ESPESOR DE 30MM	74
5.3.6.1 ENSAYO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 30MM DE ESPESOR	76
5.3.6.2 ENSAYO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 30MM DE ESPESOR DURANTE 90 MINUTOS.....	78
5.4 ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES ACÚSTICAS DEL AISLANTE.....	80
5.4.1 GRÁFICO Y ANÁLISIS DE AISLANTES CON DOSIS 50/50 VS AISLAPOL DE 30MM Y 50MM	85
5.4.2 GRÁFICO Y ANÁLISIS DE AISLANTES CON DOSIS 70/30 VS AISLAPOL DE 30MM Y 50MM	87
5.4.3 GRÁFICO Y ANÁLISIS DE AISLANTES CON ESPESOR DE 30 MM.....	89
5.4.4 GRÁFICO Y ANÁLISIS DE AISLANTES CON ESPESOR DE 50 MM.....	91
5.4.5 GRÁFICO Y ANÁLISIS TODOS LOS AISLANTES	92
5.4.6 ANÁLISIS DE LOS AISLANTES ENSAYADOS CON RESPECTO A LOS TIPOS DE SONIDOS EMITIDOS EN LAS DISTINTAS FRECUENCIAS.....	94
5.5 DESARROLLO DE ENSAYO IGNIFUGO SEGÚN NORMA ESPAÑOLA UNE 23-725-90	95
5.5.1 DESARROLLO DE ENSAYO IGNIFUGO SEGÚN NORMA ESPAÑOLA UNE 23-725-90 Y POSTERIOR ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
5.6 CUADRO DE COSTOS DE LA ELABORACIÓN DEL AISLANTE.....	99
5.7 ANÁLISIS DE DESEMPEÑO	101
 CAPITULO VI	
6.0 INTRODUCCIÓN A CONCLUSIONES.....	109
6.1 CONCLUSIONES DE OBJETIVOS.....	110
6.1.1 CONCLUSIONES DE DOSIS DE ADHESIVO DE ALMIDÓN DE MAÍZ VS ACETATO DE CELULOSA EN LOS TIPOS DE AISLANTES	110
6.1.2 CONCLUSIONES POR ESPESOR DE LOS AISLANTES PROPUESTOS.....	111
6.1.3 CONCLUSIÓN CON RESPECTO AL CUADRO DE COSTOS.	111
6.2 CONCLUSIONES POR DENSIDADES DE LOS AISLANTES PROPUESTOS.....	112
6.3 CONCLUSIONES DE ACUERDO A LA ELABORACIÓN DEL AISLANTE	112
6.4 CONCLUSIONES DE ACUERDO AL ANÁLISIS DE DESEMPEÑO.	113
6.5 CONCLUSIÓN CON RESPETO A LA HIPÓTESIS.....	115

6.6 PROPUESTA DE FUTURAS INVESTIGACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116

Lista de Tablas

Tabla 2.5.1.- Materiales aislantes, densidad aparente y conductividad térmica	21
Tabla 2.11.- Velocidades de propagación del sonido.	29
Tabla 3.1.- Consumo de energía promedio Nacional	34
Tabla 4.2.- Requisitos mínimos para construcciones de uso habitacional	44
Tabla 5.2.3.-Cuadro de gasto del aislante de tipo 50/50	53
Tabla 5.3.1.1.- Resultados ensayo aislación térmica de aislante (50/50) y 50mm.	56
Tabla 5.3.1.2.- Ensayo de aislación térmica del aislante de 50 mm y dosis 50/50	58
Tabla 5.3.2.1- Resultados ensayo aislación térmica del aislapol 50mm.	60
Tabla 5.3.2.2.- Ensayo de aislación técnica del poliestireno expandido de 50 mm	62
Tabla 5.3.3.1.- Aislación térmica del aislante de dosis 50/50 y espesor 30 mm	64
Tabla 5.3.3.2.- Aislación térmica del aislante con dosis 50/50 y espesor 50 mm	66
Tabla 5.3.4.1- Resultados ensayo aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 50mm.	68
Tabla 5.3.4.2.- Aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 50 mm	70
Tabla 5.3.5.1.- Resultados ensayo aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 30mm.	72
Tabla 5.3.5.2.-Resultados ensayo de aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 30mm	74
Tabla 5.3.6.1.- Resultados ensayo aislación térmica del aislapol 50mm.	76
Tabla 5.3.6.2.- Resultados ensayo aislación térmica del aislapol 50mm.	78
Tabla 5.4.1- Frecuencias de octavas	82
Tabla 5.4.2: Tabla de datos recopilados por los primeros ensayos acústicos	83
Tabla 5.4.3: Tabla de datos recopilados por los primeros ensayos acústicos	84
Tabla 5.4.6.- Cuadro de sonidos emitidos para las distintas frecuencias	94
Tabla 5.5.1.- clasificación de los aislantes ensayados	98
Tabla 5.6.1.- Cuadro de costo del aislante de tipo 50/50 con espesor 30mm	99
Tabla 5.6.2.- Cuadro de costo del aislante tipo 70/30	99

Tabla 5.6.3.- Cuadro de costo del aislante tipo 50/50 con espesor de 30mm	100
Tabla 5.6.4.- Cuadro de costos del aislante tipo 70/30 y espesor 30mm	100
Tabla 5.6.5.- Cuadro de costos para los materiales del molde tipo	100
Tabla 5.7.- Cuadro de calificaciones	101
Tabla 5.7.b.- Cuadro de calificaciones	101
Tabla 5.7.C.- Cuadro de transmitancia térmica	103
Tabla 5.7.1.- Cuadro de aislante ideales	104
Tabla 5.7.2.- Cuadro de aislante ideales estudiados en la investigación	105
Tabla 5.7.3 – Cuadro de aislantes de comparación en la investigación	108

Lista de figuras

Figura 2.7.- Muestra de enlaces, estructura química de acetato de celulosa	23
Figura 2.10.- Índice de Reducción Acústica	27
Figura 2.13.- Valores confort acústico	29
Figura 3.0.- Demanda de energía en calefacción promedio nacional	34
Figura 3.1.- Perdidas de energía en viviendas	35
Figura 3.2.1.- Demanda de energía primaria mundial entre 2001 y 2017	37
Figura 3.2.2. –Matriz energética mundial	38
Figura 3.2.3.- Evolución de la energía per cápita consumida por los chilenos entre 1993 y 2008.	40
Figura 3.2.4.- Consumo residencial de energía en Chile	40
Figura 4.1.1.- Cámara aislada	42
Figura 4.1.2.- XPLOER GLX.	42
Figura 4.3.-Termometro infrarrojo digital.	46
Figura 5.1.1.- Moldes de 30*30 y molde de 60*65cm	47
Figura 5.1.2.- Molde de 100*50 cm	48
Figura 5.2.1.- Adhesivo de almidón de maíz elaborado por la empresa Italquim	49
Figura 5.2.2.1.-Capa de 5mm de adhesivo y filtros mezclados con adhesivo	51
Figura 5.2.2.2.- Probeta compactada con discos.	52
Figura 5.2.2.3.- Aislante desmoldado después de 24 horas, listo para ensayar.	52

Figura 5.3.1.- Aislante dentro de la cámara antes de ser ensayado.	55
Figura 5.3.2.- Aislante dentro de la cámara en de ensayo.	55
Figura 5.3.1.1.- Gráfico de ensayo aislación térmica de aislante (50/50) y 50mm.	56
Figura 5.3.1.2.- Gráfico de ensayo de aislación térmica del aislante con dosis 50/50 y espesor de 50mm	59
Figura 5.3.2.1.- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislapol 50mm.	60
Figura 5.3.2.2.- Gráfico de ensayo de aislación térmica del poliestireno expandido de 50mm de espesor	63
Figura 5.3.3.1- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante 50/50 y 30 mm de espesor.	65
Figura 5.3.3.2.- Grafico de ensayo de aislación térmica del aislante 50/50 y 30 mm de espesor	69
Figura 5.3.4.1.- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante (70/30) y 50mm de espesor.	69
Figura 5.3.4.2.- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante (70/30) y 50mm de espesor.	71
Figura 5.3.5.1.- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante (70/30) y 50mm de espesor.	72
Figura 5.3.5.2.- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante (70/30) y 50mm de espesor.	75
Figura 5.3.6.1- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislapol 30mm.	77
Figura 5.3.6.2.- Gráfico de ensayo de aislación térmica de poliestireno expandido	79
Figura 5.3.7.- Gráfico de diferencial térmico entre todos los aislantes.	80
Figura 5.4.1: XPLOER GLX con PASSPORT de sonido a 120 cm del aislante.	80
Figura 5.4.2.- Montaje para toma de traspaso de sonido.	80
Figura 5.4.3.- Montaje de aislante a 120 cm del emisor y receptor.	81
Figura 5.4.4.- Emisor de sonido ubicado en altura dentro de la cámara aislada.	81
Figura 5.4.5.- Figura tipo de emisor de sonido ubicado en altura dentro de la cámara aislada y receptor del sonido.	82
Figura 5.4.1.1- Grafico entre aislantes de 50mm y 30 mm con dosis 50/50 vs aislapol de 50 y 30 mm.	85
Figura 5.4.2.1- Grafico entre aislantes de 50mm y 30 mm con dosis 70/30 vs aislapol de 50 y 30 mm.	87
Figura 5.4.3.1.- Grafico entre aislantes de 30mm vs sin aislante	89
Figura 5.4.4.1- Grafico entre aislantes de 50mm con ambas dosis vs sin aislante	91
Figura 5.4.5.1.- Grafico entre todos los aislantes menos los de comparación.	92
Figura 5.5.1.- Ensayo ignifugo en aislante tipo 50/50 (de dosis)	96

Figura 5.5.2.- Ensayo ignifugo en aislante tipo 70/30 (de dosis)	97
Figura 5.5.3.-Ensayo ignifugo en aislante tipo aislapol.	98
Figura 5.7.C- cuadro de zonas termicas de nuestro pais	102
Figura 5.7.0- Gráfica radial de prototipos de aislantes ideales	103
Figura 5.7.1.- Gráfica radial de aislantes con dosis 50/50	105
Figura 5.7.2.- Gráfica radial de aislantes con dosis 70/30	106
Figura 5.7.3.- Grafica radial entre aislantes de comparación	107

Capítulo I: Formulación del estudio.

1.1 Planteamiento del Problema

Hasta el momento en nuestro país y en la mayoría de los países desarrollados se están sustentado en su gran mayoría con combustibles fósiles que generan una gran contaminación a nuestra capa de ozono y un gran gasto energético, por consecuencia esto genera un daño a la salud de la humanidad y a su entorno (Ballester; 2005). Bueno esto también genera efecto negativo en la economía ya que durante los últimos años han sufrido fuertes alzas en el precio de los combustibles ya que el consumo de estos es mayor a la producción elaborada lo cual obliga a restringir la producción alzando los precios; cabe destacar que la demanda ha aumentado en un 71% en las últimas décadas (Paneque et al, 2011) .

Otro punto importante a destacar es la contaminación que generan las industrias al producir materiales, insumos elaborados para la construcción y otros uso de maquinarias y tratamientos químicos llevados a cabo por medios de combustión expulsando los desechos tóxicos al medio ambiente generando un daño no solo a las personas que trabajan en las industrias sino que a las personas que viven en el perímetro y muy importante también es el daño que se genera en la flora y fauna del sector (Ordoñez, 2000).

Según (Cardona, 1993) en el ambiente de la construcción se originan constantemente desastres que se consideran de carácter antrópico que son fallas causadas intencionalmente o fallas causadas por errores técnicos lo cual desencadena una serie de desastre como la contaminación ambiental, forestal y acústica.

Entonces al momento de aislar térmicamente una vivienda, se busca como finalidad reducir el consumo energético y poder conservar el calor o mantener el lugar refrigerado según sea el caso al realizar una edificación estos puntos son muy importantes ya que son claves al momento de considerar el ahorro energético por lo cual el diseñador debe tener presentes en todo momento (Mercier et al, 2011).

En Chile hay variados factores que pueden considerarse que afecten a la calidad de vida de los usuarios y sus viviendas, algunos de estos son los siguientes: aislación térmica, control de humedades, asolamiento, ventilación, entre otros (Martínez, et al, 2005)

Cuando se regía por la reglamentación térmica antigua en el año 2000, da cuenta la mala visión o perspectiva que tienen los chilenos con respecto al confort térmico dentro de las viviendas, por lo que se debe utilizar materiales adecuados para elaborar las viviendas lo que conlleva a reducir los gastos energéticos entre un 15% y un 25%, por consecuencia las viviendas tendrán un confort térmico interior por un largo plazo al utilizar estos materiales dentro de las viviendas habitacionales (Bustamante, et al, 2009).

Hay consideraciones que se deben tener en cuenta en los meses de verano ya que las ganancias de calor en esta temporada son bastantes considerables por lo que la aislación térmica cumple un rol fundamental al momento de climatizar un vivienda.

En Invierno la aislación térmica en el sector sur cordillera del país funciona de manera eficiente en viviendas que se encuentran expuestas a temperaturas bajo los 12 grados Celsius, pero en verano es donde surgen los problemas y las viviendas deben mantenerse refrigeradas para tener un confort interior térmico ideal (Sills, 2007).

Para lograr una aislación térmica en las viviendas existen varios materiales obtenidos por recursos naturales o recursos que han sido reciclados (González, 2012) que funcionan de manera muy adecuada en el mercado logrando eficientes trabajos, pero aun así falta más innovación de nuevos materiales utilizando el reciclaje de productos que se hayan elaborado con recursos naturales para así lograr ayudar al entorno con iniciativas más sostenibles y también disminuir los costos y reducir el consumo de combustibles fósiles (González, 2008).

La idea de elaborar materiales aislantes térmicos con materias primas obtenidas del reciclaje no son del todo nuevas debido a que se han realizado estudios previos con material reciclado (con papel de diario reciclado). Varios autores han probado que el material reciclado ha demostrado ser un buen aislante térmico, concluyendo que el material reciclado puede ser utilizado como una propuesta de aislante (Chanchí et al, 2008; Vargas, 2007; Muñoz et al, 2005; Bertoni y Bramati, 2011). Por lo que ha surgido una nueva idea de investigación en la cual asociamos el reciclaje como una prioridad del punto de vista ecológico ya que el material a ocupar son las colillas de cigarro que actualmente afectan a la sociedad generando cada día más y más basura, ensuciando las ciudades contaminando ríos y perjudicando la vida silvestre de manera muy importante. Debido a la necesidad de saber que se puede realizar con las colillas, han surgido varios proyectos a nivel mundial para poder elaborar distintos productos como sillas y mesas (Arias Urrea, et al, 2010). Entonces debido a esta principal inquietud analizo la principal materia prima de las colillas de cigarrillos que es el acetato de celulosa, el cual es el principal contaminante ya que su periodo de degradación en la naturaleza son de 25 años mínimo y cabe destacar que generan un 33% de la basura en las calles y también es importante destacar que una colilla de cigarro contamina aproximadamente 50 litros de agua si es mal desechada (Guevara, 2010).

La particularidad que tiene el acetato de celulosa es su similar composición química con la celulosa de los papeles de diario por lo que se estudió sus propiedades para así poder elaborar un nuevo material que sea aislante térmico por medio del reciclado de colillas de cigarro, también es importante destacar que el descubridor del acetato de celulosa John Wesley Hyatt dio a conocer sus propiedades no inflamables y sus buenas propiedades térmicas y es por esas particularidades que realizare una investigación de un panel aislante térmico utilizando el reciclado de colillas de cigarrillos (acetato de celulosa) para poder agregar una nueva opción al mercado y también darle un apoyo a la nueva época orientada en cuidar la naturaleza y disminuir residuos tóxicos en la naturaleza (Fuentes, 2008).

1.2 Objetivos

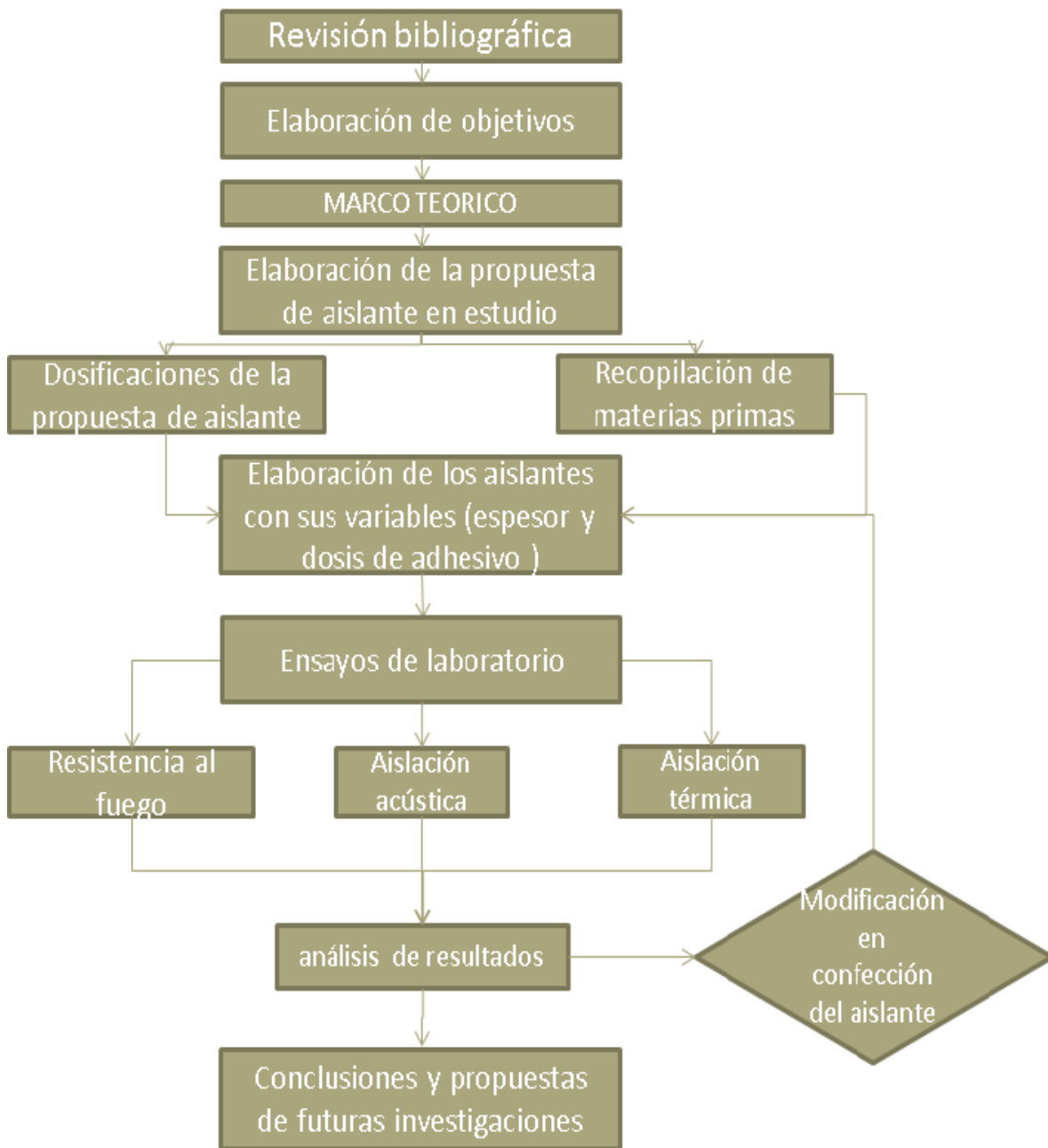
1.2.1 Objetivo general:

Evaluar las prestaciones térmicas, acústicas, de resistencia al fuego del aislante elaborado a base de acetato de celulosa de acuerdo a las variables espesor y dosis de adhesivo de almidón de maíz.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Establecer propiedades de la propuesta de aislante en base a los ensayos de resistencia al fuego con respecto a los variables de medición (espesor y dosis de almidón) que se llevaran a cabo considerando la norma española UNE 23-725-90 como apoyo.
- Determinar las prestaciones de aislación térmica con respecto a los variables espesor y dosis de almidón que se estudiara en las propuestas de aislantes según NCh 851 Of 1983.
- Determinar las prestaciones de aislación acústica con respecto a los variables espesor y dosis de almidón que se estudiara en las propuestas de aislantes según NCH 352/1. OF 2000.

1.3 Metodología de Trabajo



1.4 Alcances

- 1) Los estudios a realizar se llevaran a cabo en el domicilio del investigador debido al amplio espacio que se tiene para conservar material. También se utilizó el laboratorio de la escuela de construcción civil de la universidad de Valparaíso ubicado en Playa Ancha para el desarrollo de la experiencia.
- 2) Los resultados obtenidos en el laboratorio de docencia serán validados solo en las mismas condiciones que presupuestamos o establecimos en el laboratorio tomando en cuenta las variables climáticas y de cerramiento.
- 3) Norma Chilena NCh 851 Of 1983 Aislación Térmica.
- 4) Norma española UNE 23-725-90 para verificar la resistencia al fuego.
- 5) Norma NCh 2785.Of2003, NCh 2786.Of2003 y NCH 352/1. OF 2000 para la aislación acústica.
- 6) Se utilizara un adhesivo de almidón de origen orgánico distribuido solo por la empresa ITALQUIM que tiene despacho a la 5ta región sin costo de envió.

1.5 Hipótesis

“La propuesta de aislante formado por acetato de celulosa y adhesivo de almidón de maíz presentara prestaciones eficientes frente a la aislación acústica, aislación térmica y resistencia al fuego para que pueda ser aplicado en tabiquerías de madera en construcciones del tipo habitacional”.

Capítulo II: Generalidades

Marco teórico de aislación térmica, acústica y descripción de materiales

Desde hace mucho en las viviendas se ha considerado mantener una buena aislación térmica y acústica de la mejor manera posible obteniendo distintos instrumentos, artefactos, productos que tienen como objetivo proteger a las personas dentro de un recinto, ya sea de distinta clase social, protegiéndola del ambiente exterior ya sea muy frío o muy caluroso tanto como en invierno o en verano.

Para ello existen materiales como el que proponemos que son reutilizables o reciclables para poder formar una nueva propuesta de aislante térmico-acústico. Con estas nuevas propuestas de aislante ayudamos a nuestro entorno ya que eliminamos un desecho toxico que genera contaminación y gran contaminación si es mal desechada.

Teniendo en cuenta que las viviendas hace un par de décadas atrás la aislación que tenían esta era muy deficiente por lo que necesariamente recurrían a climatizar estas vivienda ya sea en invierno o verano lo cual genera un gran gasto energético por ejemplo en invierno se ocupan generalmente combustibles fósiles o leña (madera seca) y esto produce un alto consumo energético y contaminación al medio ambiente al combustionar estos productos. En verano al climatizar una vivienda se utilizan varios productos que consumen alta cantidad de energía eléctrica como ventiladores, entre otros.

En la página 15 se muestra un diagrama en el cual se puede mostrar el enfoque de motivación de la investigación para poder abordar el marco teórico y el desarrollo de la investigación para poder llegar con fundamentos a la metodología y elaboración de la experiencia.

2.0 Diagrama motivacional para dar el inicio de la investigación



2.1 Transferencia de Calor y Termodinámica

Al trabajo en el cual se realiza un movimiento de energía se le conoce como transferencia o traspaso de calor, este contenido de transporte denominado calor no se puede medir de manera directa si no que se pueden realizar estimaciones, apreciaciones o análisis para poder interpretar dicha transferencia de calor.

Ciertas áreas de la ciencia que se refieren a la relación entre el calor y otras formas de energía, considerando también el trabajo mecánico, se considera termodinámica (Rodríguez, 2002).

2.2 Onda de Calor

Una onda de calor puede ser considerada como un periodo prolongado de tiempo que puede ser muy intenso como también caluroso pero no solo se considera esto sino que también se puede considerar a un periodo de tiempo prolongado que sea muy húmedo(Álvarez, et al, 2007).

2.3 Confort Térmico

Podemos entender que el confort térmico es la situación en la cual el ambiente dentro de una vivienda es adecuado para el lugar en donde esta se encuentre, es decir, para que dentro de una vivienda haya confort térmico las personas que habitan dentro de esta no deben sentir calor y tampoco frío, ósea deben poder realizar sus actividades y tareas sin tener ningún malestar o inconveniente debido a estos dos factores mencionados anteriormente, otro factor que se considera es la humedad del lugar ya que esta debe ser adecuada para que el recinto se encuentre con un óptimo confort térmico.(Fillipin, et al, 2005)

2.4 Fuentes de Transferencia de Calor

Como bien sale explicado en párrafos anteriores la transferencia de calor es la propagación del calor en distintos medios.

Pero también en el ambiente en el cual nos encontramos, convivimos a menudo con distintos materiales que son buenos transportando energía calórica, como también se encuentran materiales que son inadecuados en el traspaso de energía y a estos los denominamos como aislantes del calor.

También se puede argumentar que hay distintas formas de transferencia de energía calórica como por ejemplo la transferencia por convección, conducción y radiación (Frank p, et al, 1999).

Convección: esta es una de las tres maneras en la que el calor se puede transferir, esta forma se caracteriza por realizarse por medio de un fluido ya sea líquido o gaseoso, cabe destacar que también se ocasiona en el movimiento de las partículas de este fluido. Según Isaac Newton y sus 3 leyes de la termodinámica, la transferencia de calor por convección se refleja según la fórmula siguiente:

$$\frac{dQ}{dt} = hA_s(T_s - T_{inf})$$

- h : coeficiente de convección.
- A_s : área del cuerpo en contacto con el fluido.
- T_s : es la temperatura en la superficie del cuerpo.
- T_{inf} : es la temperatura del fluido lejos del cuerpo.

Conducción: se refiere a la transferencia de energía calórica que se realiza cuando dos cuerpos están en contacto entre sí, en esta forma de transferencia de calor toma gran presencia la diferencia de temperatura entre los dos cuerpos ya que el cuerpo de mayor temperatura cede energía al cuerpo de menor temperatura.

La fórmula que se ocupa para la transferencia de calor por conducción es la siguiente:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{x}(T_1 - T_2)$$

$$\frac{Q}{\Delta t}$$

:es el calor transmitido por unidad de tiempo.

k (λ): es la conductividad térmica.

A : es el área de la superficie de contacto.

$(T_1 - T_2)$: es la diferencia de temperatura entre el foco caliente y el frío.

x Es el espesor del material.

Radiación: este método de transferencia calórica es normal verlo en cuerpos que se encuentran en entornos aislados o cuando algún elemento se encuentran a temperaturas demasiado elevadas que emiten ondas electromagnéticas que irradian energía colorida, según la ley de Stefan la fórmula que gobierna a la transferencia de energía calórica por radiación es la siguiente:

$$P = \alpha (\sigma T^4) S$$

- P es la potencia radiada.
 - α es un coeficiente que depende de la naturaleza del cuerpo; $\alpha = 1$ para un cuerpo negro perfecto.
 - S es el área de la superficie que radia.
- σ es la constante de **Stefan-Boltzman**, que tiene un valor de $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
 T es la temperatura absoluta (0 K o -273°C).

2.5 Conductividad Térmica

La conductividad térmica es considerada por definición la propiedad física que tienen los materiales de medir la conducción del calor que ellos poseen. También podemos hablar de conductividad térmica como la capacidad que tiene una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes u otras sustancias que pudiesen estar en contacto entre sí. La conductividad térmica se considera que una magnitud intensiva y su inversa es la resistividad térmica que es la capacidad que poseen los materiales de realizar, mejor dicho oponerse al paso del calor. Se debe considerar que la conductividad térmica es muy alta en los metales de distinto tipo. Es inferior la conductividad térmica en los polímeros debido a su gran cavidad de vacío interior al igual que otros polímeros de origen vegetal.

El factor de conductividad térmica es denominado como λ y sus unidades de medida son $(W / (K \cdot M))$, algunos factores de distintos materiales son siguientes y en los cuales algunos tienen similar conductividad térmica que el acetato de celulosa:

Otros datos importantes a mencionar son los que se muestran en la figura, en la tabla que se muestra se pueden ver los materiales de construcción, estos con su propia densidad aparente y conductividad térmica.

Materiales	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica (W/(MxK))
Mortero de cemento	2000	1,400
papel	1000	0,130
perlita expandida	90	0,050
plancha de corcho	100	0,040
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
plomo	11300	35,000
poliestireno expandido	10	0,043
	15	0,041
	20	0,038
	30	0,036
poliuretano expandido	25	0,027
	30	0,026
	40	0,025
	45	0,024
	60	0,025
	70	0,027
vidrio plano	2500	1,200
yeso cartón	650	0,240
	700	0,260
	870	0,310
adhesivo de almidón de maíz	400	0,120
filtros de acetato de celulosa	40	0,070

Tabla 2.5.1.- Materiales aislantes, densidad aparente y conductividad térmica.

Fuente: Elaboración propia basada en la NCh 853 of 91, 2017.

2.6 Descripción de un Aislante Térmico

Todo material encontrado en nuestro entorno es aislante térmico la única diferencia es que lo que varía es la resistividad del material para aislar un recinto o vivienda. Variados autores han investigado este tema y aseguran que la verdadera palabra que debería llevar un material con buenas propiedades aislantes debería ser aislante térmico especial debido a sus excelentes propiedades. Un aislante térmico catalogado como bueno, es un sistema sellado al vacío pero para conseguir un material que tenga estas características es difícil por lo que se considera ocupar materiales fibrosos para que en los interiores moleculares de estos materiales quede atascado o atrapado el calor por convección, ya que el calor que se transfiere por radiación es el único que se va tener que tener en cuenta debido a sus ondas electromagnéticas son las que pueden traspasar cualquier tipo de material existente por lo que un material con una adecuada resistividad térmica tiene que poseer buena propiedad para poder resistir este tipo de irradiación (Ramírez, 2012). Se considera a los materiales que poseen una buena capacidad de ser un excelente aislante térmico, los que tienen una conductividad térmica inferior a $\lambda < 0,10 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$.

2.7 Materiales

2.7.1 Acetato de Celulosa

El acetato de celulosa es un polímero que fue descubierto en 1856, Paul Schützenberger pudo lograr la combinación de la celulosa con el anhídrido acético y pudo lograr la reacción creando así el acetato de celulosa.

El acetato de celulosa puede encontrarse en distintos materiales que son elaborados y comercializados en todo el mundo como en los filtros de los cigarrillos que se desechan por todo el mundo generando un gran impacto ambiental.

El acetato de celulosa en particular tiene una conductividad térmica aproximada de $\lambda = 0,07 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$, pero varía de acuerdo a distintas temperaturas que se ensaye.

Hay que tener en cuenta que el acetato de celulosa es un producto que no es biodegradable por lo que su desintegración, descomposición química tarda entre 20 y 50 años en degradarse (Marco et al, 2011).

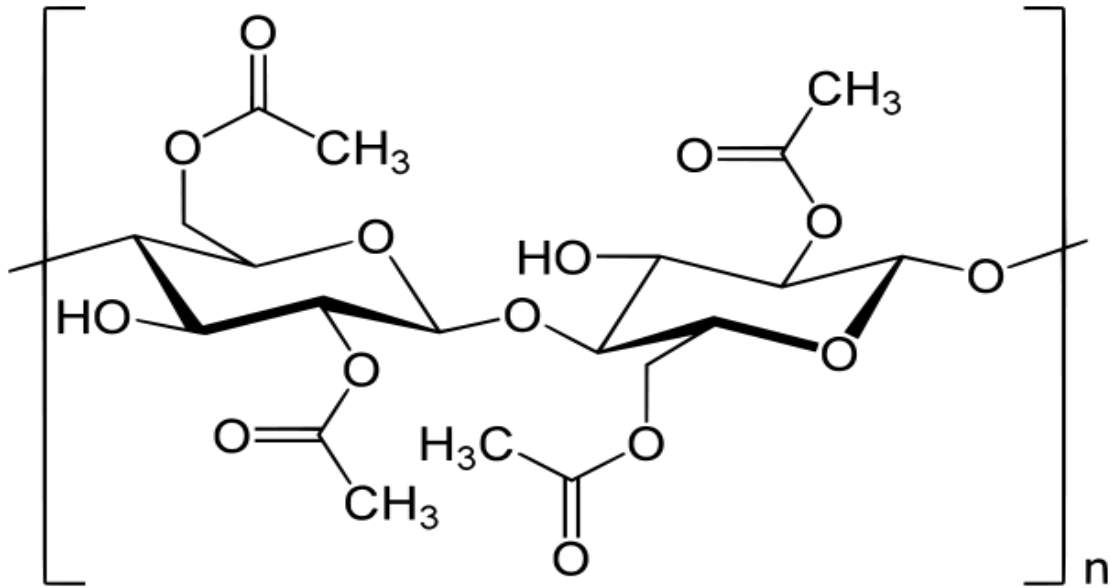


Figura 2.7.- Muestra de enlaces, estructura química de acetato de celulosa.

Fuente: Fundamentos de química; (Heinz Morris, 2001).

2.7.2 Poliestireno Expandido

Materia plástica que se obtiene por polimerización de estirenos, se utiliza industrialmente para fabricar lentes y aislantes térmicos. Las formas de presentación más comunes son la laminar que se utiliza para muchas aplicaciones y se nombra con la letra D para densidades aparentes.

En su estructura este material posee una alta cantidad de esferas envolventes con aire entre ellas y juntas con una soldadura para que logren estar lo más cerca posible. Estas esferas forman una masa liviana por el aire que contienen encerrado dándole capacidades de aislación térmica de un 98% y aislamiento acústico del tipo por impacto. El Poliestireno Expandido no está diseñado prioritariamente para una aislación acústica pero dado que sus prestaciones son más del campo de la aislación térmica. De igual forma el espacio de aire que queda entre las perlas juntas ayuda a poder generar absorción de sonido. Debido al bajo peso del Poliestireno Expandido, resaltan sus propiedades físico-mecánicas. Tiene una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y también una buena elasticidad.

Podemos decir que el Poliestireno Expandido usado en las construcciones en auto extingible (no propaga la llama). Cuando es expuesto al fuego, la carga combustible es

casi despreciable en relación a la mayoría de los materiales componentes de una edificación.

Tomando en cuenta otras características se encuentra su estabilidad dimensional a lo largo del tiempo, su higiene, su resistencia a hongos, parásitos y bacterias de putrefacción. No alimenta a roedores, ni a insectos. Contiene un amplio espectro de aplicación térmica. Además, es flexible y manipulable para trabajar, es de fácil manipulación, es reciclable, no es tóxico y no contiene compuestos como clorofluoroarborados, es un producto de bajo costo y no contamina la capa de ozono pero si la corteza terrestre si es arrojado al medio ambiente. No es un producto biodegradable, mantiene su inalterabilidad en el tiempo, lo que le permite una larga vida útil (ANPES, 2011).

Función y utilización de Poliestireno Expandido:

Se utilizaran planchas de marca Aislapol de densidad 30 kg/m³ y con espesores de 30 y 50 mm(Referente a NCH 1070 Of 84). Estas planchas de poliestireno expandido serán comparadas con los aislantes propuestos que tendrán similares propiedades para ver las prestaciones que se obtienen y poder realizar comparaciones.

2.7.3 Adhesivo de Almidón de maíz

El adhesivo para corrugado de base almidón (o fécula, o engrudo) es una sustancia muy común y un ingrediente usual en todo el mundo en el proceso de fabricación de cartón corrugado. Este adhesivo se ha producido generalmente por pedidos, y su industria ha experimentado una gran demanda en inversión de capital en equipos automáticos durante la última década. El adhesivo mismo también ha cambiado sustancialmente en lo referente a los tipos de fórmulas que se encuentran disponibles, y en términos de los tipos de ingredientes que se usan para propósitos de adhesión específicos.

Este adhesivo para corrugados se formula con almidón de maíz o almidón de trigo, que son los almidones de más disponibilidad en el mercado. El uso de otras fuentes de almidón es viable cuando esos productos son de más fácil adquisición u ofrecen ventajas en sus precios. Entre otros almidones comunes se encuentran: Tapioca, arroz, arvejas, casabe y sagú. Cada tipo de almidón tiene una "huella digital química" que es única y que requiere tipos de fórmulas específicos. Por otro lado, el adhesivo final hecho a partir de cada fuente será similar en lo referente a los parámetros de Viscosidad y Punto de Gelatina. La viscosidad o "espesor" del adhesivo de almidón es muy importante y debe mantenerse en un rango específico para permitir la optimización del proceso de fabricación. Esto se debe a que la Viscosidad controla el "Agarre y Transferencia" del adhesivo e influye en la velocidad con la que el adhesivo migra hacia el interior del sustrato. Lo mismo es válido para el Punto de Gelatina. Este parámetro es una medida de la temperatura requerida para activar el proceso de pegado del adhesivo. Estos temas se tratan según la fórmula que se utiliza en la realidad, el tipo de equipo con el que se produce el adhesivo y el control de calidad de las materias primas (Velasco et al, 2008).

2.8 Sonido

“Se entiende como sonido a un disturbio que se propaga por un material elástico causa un desplazamiento de las partículas del material que puedan ser reconocidos por una persona o por un instrumento u otro” .

2.9 Absorción Acústica

La densidad de la energía sonora de una onda es la energía acumulada en un medio producido por un sonido que traspasa una habitación en términos de la presión sonora. Después que esta onda ha sentido o sufrido una reflexión en una pared absorbente, la densidad de la energía disminuye en el próximo recorrido a través de la habitación. Definido como la relación de la energía absorbida a la energía incidente sobre la superficie. A medida que la onda se propaga por la habitación encuentra las diversas superficies a diversos ángulos de incidencia. En una habitación de gran superficie e irregular, el número de ondas que están propagándose simultáneamente es tan grande que todos los vértices y ángulos de incidencia son igualmente posibles en cada una y todas las superficies de la habitación. El coeficiente de absorción sonora debe tomarse como promedio parcial para todos los ángulos de incidencia. Los coeficientes de absorción sonora dados en las tablas que son publicadas se miden en lo posible en esta condición de ejecución. Por lo tanto, puede tomarse directamente de las publicaciones oficiales (Pérez, 2001).

2.10 Aislamiento Acústico

Las pérdidas por transmisión indican la capacidad de una pared para no transmitir las ondas sonoras. Estas pérdidas dependen sobre todo de su masa por unidad de área, su rigidez y el amortiguamiento en el aislamiento acústico total de un recinto se determina mediante el aislamiento acústico de todos los límites y depende tanto del nivel de ruido existente en el exterior del recinto como del nivel de ruido máximo en el interior del recinto(Pérez, 2001).

El traspaso de sonido a través de las paredes dentro de un vivienda, en especial las tabiquerías, es el punto principal a resolver, y para resolver este problema es fundamental tener en cuenta cual será el método de aislación acústica, por lo que los materiales para su aislamiento es el tema que se investiga y que se quiere abordar.

- Aislamiento acústico de cerramientos simples:

Se entiende como cerramiento simple cualquier conjunto que esté formado por una sola capa de material o por varias capas unidas rígidamente entre sí de forma que al enfrentarse a la vibración acústica se comporte como un solo cuerpo vibratorio. Teniendo

en cuenta que el aislamiento acústico a ruido aéreo de este tipo de cerramientos depende principalmente de la masa por unidad de superficie (m) de los mismos. [MINVU2013]

Estos datos o mediciones son reflejados mediante bandas de frecuencia, obteniéndose así una tabla o gráfico de valores. Este gráfico se contrasta con una curva de referencia (ISO 717/1) y el valor de esta curva en 500 Hz corresponde al Índice de Reducción Acústica Aparente Ponderado.

La Figura 2.10 representa los valores de aislamiento calculados para distintos valores de masa por unidad de superficie.

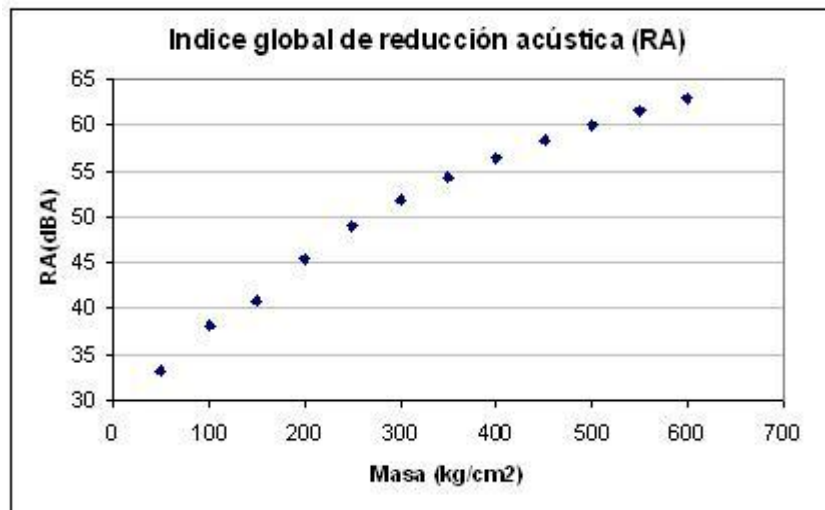


Figura 2.10.- Índice de Reducción Acústica.

Fuente: Acústica arquitectónica ambiental.

2.11 Ondas de Sonido

El sonido es una onda producida por una fuente de vibración que emite una señal, la cual desordena las moléculas de aire cercanas a la vibración donde el aire es superior o inferior la presión atmosférica. En las zonas de presión superior hay compresión y en las que es inferior hay rarefacción. En la Figura 3 se puede ver la forma y los parámetros de la onda de sonido.

Estas zonas de rarefacción y compresión generan una onda de sonido la cual se traslada a través del aire. Las ondas poseen características comunes que transportan información y energía. Las ondas pueden describirse con pocos parámetros: amplitud, periodo, fase y forma. De estos parámetros antes señalados se derivan la frecuencia e intensidad (Cádiz, 2008).

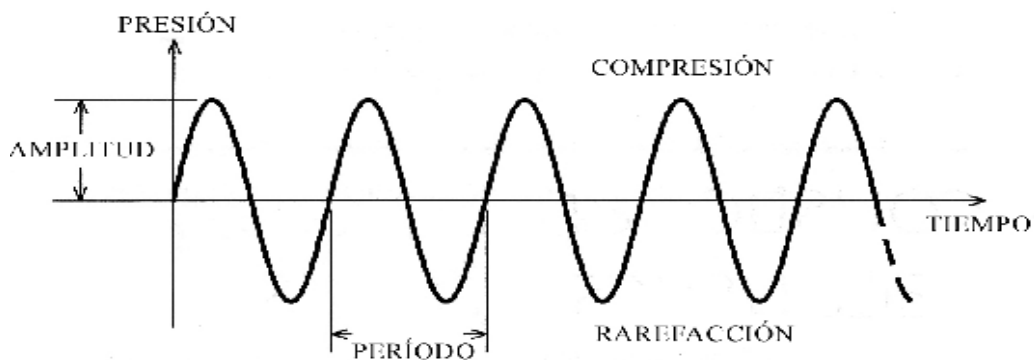


Figura 2.11.- Refracción y compresión sonora.

Fuente: Cádiz, 2008.

El análisis físico del comportamiento de una onda de sonido puede reflejar o dar a entender y comprender como se manifiesta, transfiere y como se pierde en el medio. El sonido tiene un adecuado comportamiento de propagación en medios con menor densidad en particularidad (el sonido atraviesa con mayor facilidad un elemento con menor densidad). La velocidad de cada onda depende del medio en que se traslada. Este medio también depende de factores como la temperatura y densidad del medio donde se está trasladando la onda, esto debido a que las partículas de un medio elástico estarán más juntas produciendo que la propagación de onda pierda menos energía, ósea en un elemento con mayor densidad el sonido se dispersa con mayor rapidez (es mejor aislante acústico).

El análisis de la propagación del sonido es muy importante al momento de señalar el problema que se debe resolver por medio de este estudio. La necesidad humana cotidiana de un buen descanso o de una convivencia armónica es requerida para un buen

vivir. Entonces la contaminación acústica es un problema cotidiano a nivel mundial que si no es tomado en cuenta con la respectiva seriedad que amerita puede afectar la salud de la población ocasionando daños físicos a largo plazo.

La tabla 2.11 muestra las velocidades de propagación del sonido en los variados estados de la materia y sus respectivos medios. Han sido medidas en condiciones normales de presión 1 atmósfera con temperatura 20 y 25°C.

Estado	Medio	Velocidad (m/s)
Gaseoso	Aire (a 20°C)	340
	Hidrógeno (a 0°C)	1286
	Oxígeno (a 0°C)	317
	Helio (a 0°C)	972
Líquido	Agua (a 25°C)	1493
	Agua de mar (a 25°C)	1533
Sólido	Aluminio	5100
	Cobre	3560
	Hierro	5130
	Plomo	1322
	Caucho	54

Tabla 2.11.- Velocidades de propagación del sonido.

Fuente: Sonen Acústica 2013.

Fuente Sonora:

Se le considera al elemento que genera el sonido. La generación de sonido comienza cuando la fuente que lo produce entra en vibración; esta vibración es transmitida a través del medio a las moléculas de aire cercanas las cuales transmiten a las otras moléculas nuevas de aire que son cercanas a ellas. Las partículas no se transportan con la oscilación sino que comienzan a variar, a oscilar en su posición de equilibrio. La manera en que se desplazan de un lugar a otro se le nombra propagación de la onda sonora en una zona de enrarecimiento o dilatación. Debido a la gran importancia que tiene del movimiento o propagación de sonido en materiales y el comportamiento de este en recintos, espacios arquitectónicos, entre otros, se procede con urgencia el desarrollo de nuevos materiales con prestaciones acústicas y así poder lograr cavidades mínimas en que las vibraciones y las ondas de sonido son aminoradas, esta disminución de ondas se puede llevar a cabo con la ruptura de la onda, absorción, refracción y disipación de los sonidos, de tal manera se deben elaborar nuevos materiales que cumplan estas características y particularidades teniendo en cuenta la situación global y particular que sucede en nuestro país.

2.12 Frecuencias Acústicas

El estudio de valores en Chile por el MINVU y empresas que se especializan en el desarrollo de productos o materiales con prestaciones acústicas con apoyo de las normas NCh 2785/2786.Of2003, estas realizan sus estudios con respecto a las mediciones de 20 Hz a 20.000 Hz 20000 Hz. Con esto podemos establecer que nuestro oído humano no permite señales menores a los 20 Hz o mayores a los 20 kHz.

La banda de auditiva se puede dividir en tres regiones:

- Frecuencia bajas o graves: 20 – 400 Hz
- Frecuencia medias: 400 – 1600 Hz
- Frecuencias altas o agudos: 1600 – 20000Hz

El estudio del comportamiento de dichas frecuencias de sonido es de suma importancia, debido a que por medio de las frecuencias del sonido se pueden realizar mediciones de ondas e intensidad de las cuales estas son emitidas desde un emisor ubicado en distintos lugares en un punto determinado. Lo más importante es lograr tener catalogadas estas frecuencias, puesto que parte de la metodología de trabajo es realizada por un emisor de distintas frecuencias para poner a prueba los aislantes propuestos que se están investigando.

2.13 Confort Acústico

Con respecto a ciertos puntos que son más relevantes en lo que se refiere a aislación acústica, el confort acústico es uno de estos, que necesitan tener las personas para que de esta forma tengan un buen vivir.

La contaminación acústica perjudica tanto al interior como al exterior de las viviendas. El volumen que se encuentra en los espacios de la vivienda determinan los lugares que se deben proteger de la contaminación acústica. Los materiales que se utilizan para la construcción de estas viviendas definen la cantidad de aislamiento y su confort acústico.

Considerando que el umbral del dolor es de 140 dB, a partir de ahí se siente dolor y molestias, aun así se considera que desde los 90 dB exponiendo nuestro oído a dichos decibeles por un tiempo prolongado lograra causar daños a largo plazo. En la figura 2.13 se logra ver los valores de confort acústico dependiendo de las distintas intensidades de sonido y como afectan a los distintos individuos en la vida diaria.

Hoy en día se han introducido modificaciones a la ley general de urbanismo y construcción, por lo tanto también a la OGUC (NCh352/1 Of.2000 y D.S. 146, Artículo

Primero) que indica los niveles de ruido máximos permitidos entre viviendas. Con respecto a los ruidos por impacto, en caso de los departamentos se ha ido avanzado en la materialidad de estos, únicamente puesto que no hay certificaciones nacionales. Actualmente se complementa con criterios internacionales de confort acústico (Huaquin, 2008).

Se deben considerar ciertos aspectos para lograr lo mencionado anteriormente:

- Cuando un espacio acústico es agradable, una persona predispone de confort en su estancia, este estimula la calma de la persona, concentración y considerablemente aumenta la privacidad de esta persona en las viviendas.
- Lo más adecuado es lograr soluciones para sitios o lugares nuevos en que la contaminación acústica es elevada, como también poder lograr prestaciones acústicas adecuadas en un corto plazo, a viviendas que poco a poco van cambiando su rumbo a lugares más centralizados y logrando con el paso de los años mayor contaminación acústica.

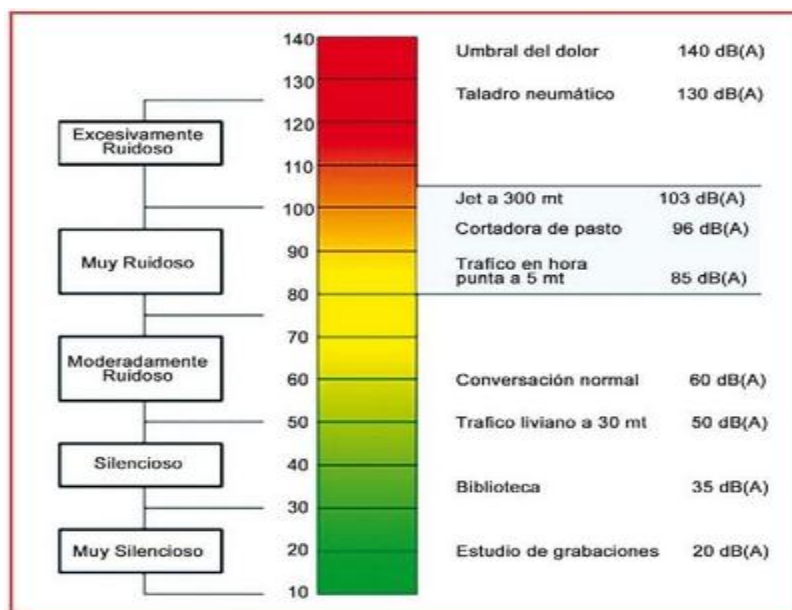


Figura 2.13: Valores Confort Acústico.
Fuente: Acustec.cl datos sobre confort acústico.

Con respecto a lo mencionado anteriormente los ruidos molestos que directamente interfieren con el confort acústico son los que provocan un malestar en las personas. La legislación chilena D.S. 146 MISEGPRES interpreta que el ruido máximo para las zonas residenciales debe ser de 60 dB(A) en horario de 7 a 21 horas y de 50 dB(A) de 21 a 7 horas. Entonces se debe considerar los niveles de ruidos máximos permitidos para fuentes fijas, se establecen en el Decreto Supremo 146/97, los que variaran de acuerdo al uso del lugar en el que se encuentre el receptor.

Capítulo III: Consumo Energético.

3.0 Eficiencia Energética

La energía como podemos entender es el motor de la vida en donde nuestra población que habita de generación en generación, es la cual nos mantiene vivos y nos permite poder crear nuevas tecnologías durante el tiempo. Una de las principales características de la energía es que no se crea ni se destruye solo se transforma. Volviendo al tema de investigación podemos tomar en cuenta que la aislación termo-acústica de una vivienda tiene por prioridad disminuir los índices de consumo energético que se han presentado a lo largo de las últimas décadas. Como decíamos en párrafos anteriores el uso de la energía forma parte de nuestra vida cotidiana, en las últimas décadas el consumo energético ha incrementado en un 18% en los hogares, teniendo en cuenta que la mayoría del gasto se ve reflejado en los meses de invierno (Emol, 2016).

Esto nos hace pensar que la eficiencia energética es la salida para poder dar solución al elevado gasto energético, con ello podemos aumentar la calidad de vida y entregar garantía de que podemos tener mayores comodidades teniendo un menor gasto energético dentro de una vivienda habitacional.

Según estudios “Radiografía del consumidor de energía chileno”, realizado por diferentes entidades, una de ellas es Collect GFK, los hogares del país aumentan su gasto en energía en 55% en la estación de invierno respecto del resto de los meses del año. Un sondeo, realizado entre 860 personas a lo largo del país con un margen de error muestra de 3,3%, señala que el gasto de los hogares en energía promedia \$ 52.000 en el invierno, frente a los \$ 33.000 en los restantes meses del año; es decir, un incremento del 55%(Astudillo, 2013)por lo que cuando se utiliza un aislamiento deficiente obliga a las personas a incrementar su gasto para encontrar su confort ambiental dentro de la vivienda por ello es de gran énfasis una buena aislación perimetral dentro del recinto.

Chile considera que en los últimos años ha disminuido la demanda de energía en calefacción debido a la implementación de la reglamentación térmica contenida en el artículo 4.1.10 de la OGUC.

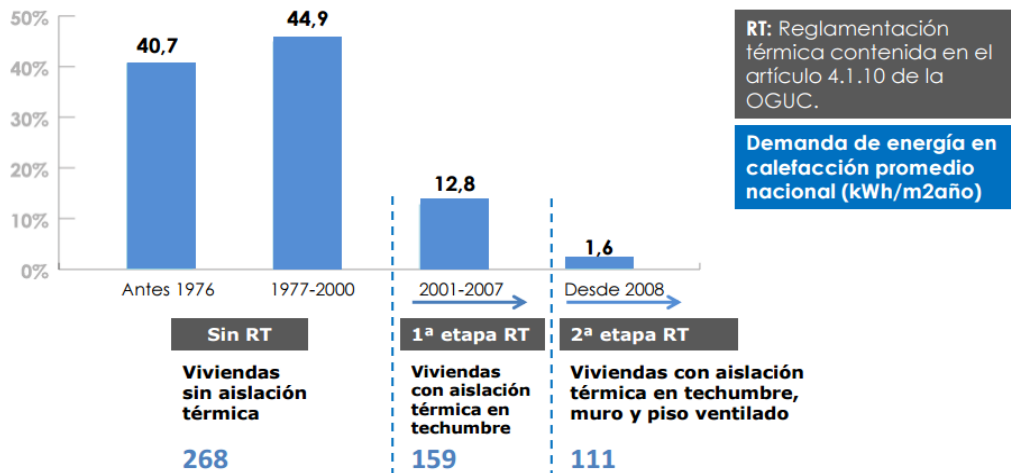


Figura 3.0.- Demanda de energía en calefacción promedio nacional.

Fuente: Minvu.cl, 2015.

3.1 Consumo Energético en Chile

Podemos resumir que el consumo final de energía entre los años 1991 y 2011 aumentó un 120%, y aun así Chile está muy bajo en comparación de los consumos que tienen países desarrollados en Europa o América del Norte (Ministerio de Energía, 2011). Por lo que Chile si quiere llevar un crecimiento de consumo energético sustentable pero para ello requiere de mayor energía para concretarlo. Para poder ser llevado a cabo con éxito se debe enfrentar con un suministro de energía eficiente y confiable para los siguientes años.

La edificación en lugares comerciales, sitios públicos y sector residencial representa el 26% del consumo de energía a lo largo de todo el país, siendo el tercer sector de mayor consumo en nuestro país. Este porcentaje corresponde a 87.335 GWh, proveniente principalmente del uso de la leña (46,9%), derivados de petróleo (19,8%) y consumo eléctrico (24,9%) (Balance nacional de energía, 2013).

Industrial – minero	38%
Transporte	33%
Residencial – público – comercial	26%
Energético	3%

Tabla 3.1.-Consumo de energía promedio nacional.

Fuente: BNE, 2010.

De estos valores el 26% de energía es consumido por los sectores residencial-comercial público, el 79% de estos es consumo residencial.

Estos consumos energéticos son utilizados a nivel de todo nuestro país como muestra la figura 3.1.

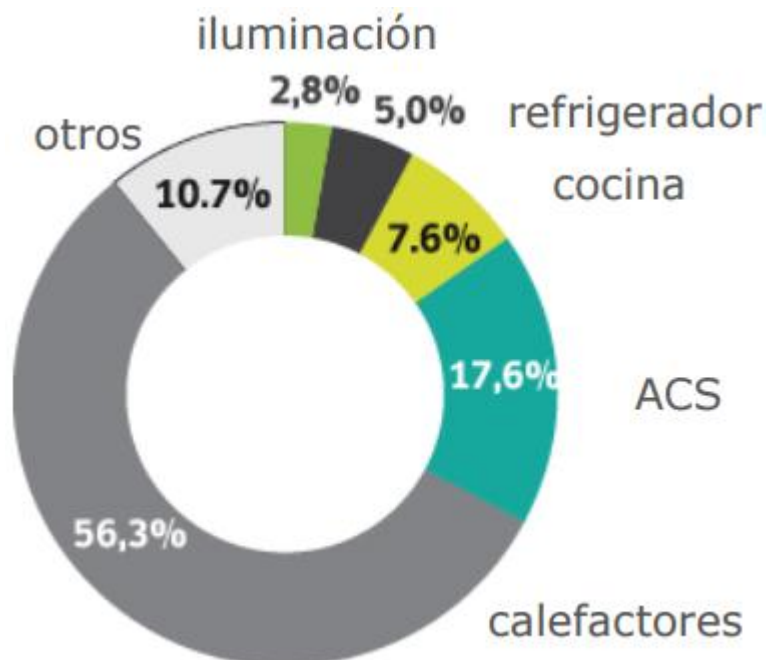


Figura 3.1.- Pérdida de energía en viviendas.

Fuente: Comisión Nacional de energía 2012.

Como se puede apreciar en la figura 3.1 el consumo de energía residencial es asignado a la calefacción con un 56% de todo el consumo reflejado en ella, donde la principal función es lograr obtener un confort en el interior de la vivienda, donde puede ser superior en viviendas con una inadecuada aislación.

La eficiencia energética ayuda a mejorar estos desafíos mencionados anteriormente, ya que disminuye el consumo de energía proyectado dentro del país y también reduce la dependencia de los energéticos residenciales por lo tanto disminuye las emisiones de gases efecto invernadero. Adicionalmente ayuda a incrementar la competitividad del país, al obtener menores costos de producción. Por todo lo mencionado anteriormente, la Estrategia Nacional de Energía establece que el crecimiento con eficiencia energética será una política de Estado (Ministerio de energía, 2013).

La eficiencia energética se puede entender de muchas maneras: es usar bien la energía, es poder disminuir el consumo de energía sin perder en calidad de vida o en calidad de producción y también es la optimización de la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales que se requieren obtener.

3.2 Contaminación y Elevado consumo energético

Durante el siglo pasado, el gran paradigma energético dominante se centró en poder elaborar energía, en una cantidad considerable y de buena calidad. Teniendo en cuenta el efecto de su producción a gran escala no fue motivo de preocupación ambiental hasta que a fines de la década de los ochenta se pudo concretar soluciones. Es evidente que sin fuentes energéticas de gran relevancia no hubiera sido posible sostener el ritmo con el que ha evolucionado la economía a nivel mundial y alcanzar el grado de calidad de vida en el cual nos encontramos viviendo. Por otro lado la mayoría de los avances logrados internacionalmente en el cuidado de la salud, en la medicina, en las comunicaciones, en la producción de alimentos, entre otros beneficios, son parte del gran uso que se le ha dado a las fuentes energéticas basadas principalmente en el uso de los llamados recursos fósiles: carbón, gas natural, petróleo y sus derivados. No obstante en la actualidad estos recursos son los principales responsables de las emisiones de dióxido de carbono, un gas que contribuye a aumentar el Efecto Invernadero y una amenaza a la estabilidad del clima del planeta. De gran manera, es difícil creer que las principales naciones del mundo los reemplacen de forma inmediata. Y es también muy difícil creer que sea posible seguir con el ritmo de demanda energética mundial bajo las mismas condiciones de consumo de energía que rigieron el siglo XX. Por lo que un cambio de paradigma es necesario, en especial cuando se sabe que este consumo energético mundial seguirá y seguirá creciendo sin parar, tanto por el crecimiento socioeconómico de las naciones como por el mayor consumo per cápita de la población mundial. Como podemos ver en la figura 3.2.1 se ha graficado el consumo mundial de energía primaria entre los años 1973 y 2008 (ver nota en Cuadro) de acuerdo a datos estadísticos recopilados por la Agencia Internacional de Energía. Podemos interpretar que en el año 2008 el consumo aumento el doble del

correspondiente a los primeros años de los setenta. Este aumento demanda que la producción de los combustibles fósiles no parara, sino que seguirá creciendo incluso respecto de las otras fuentes como la nuclear y la hidroeléctrica. Estos resultados nos han dado a comprender que en nuestra actualidad el uso del recurso fósil llegue a ser algo más del 80 % del consumo mundial total.(ROSENFELD,2003)

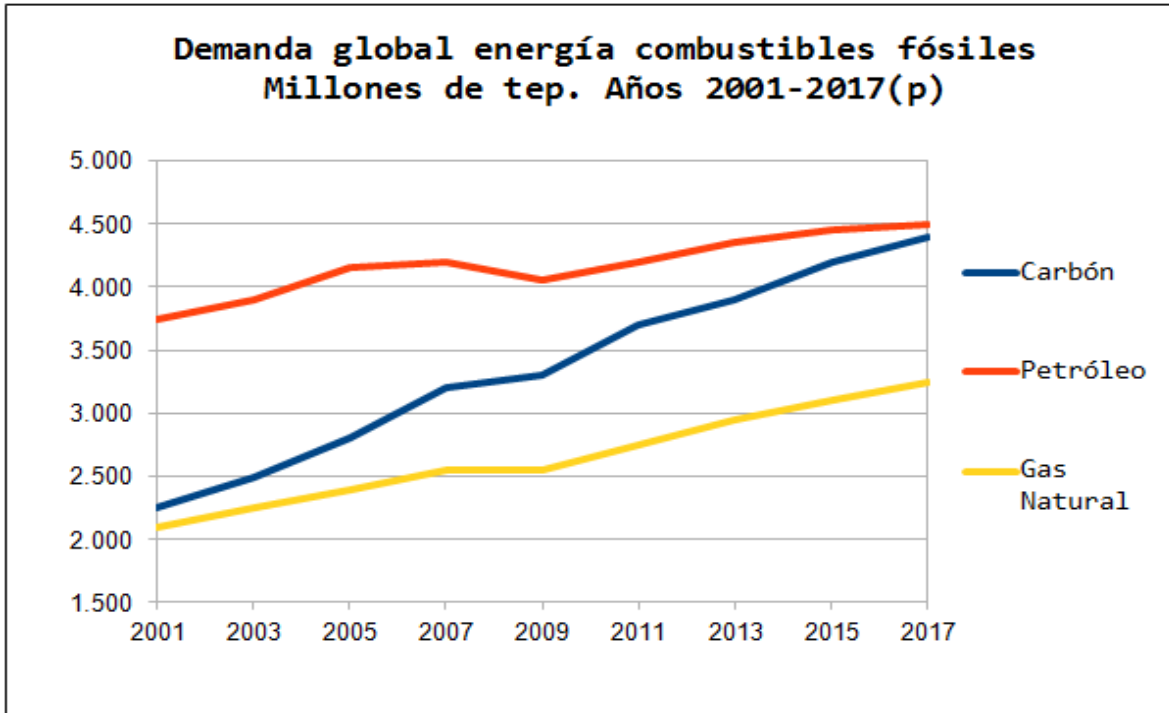


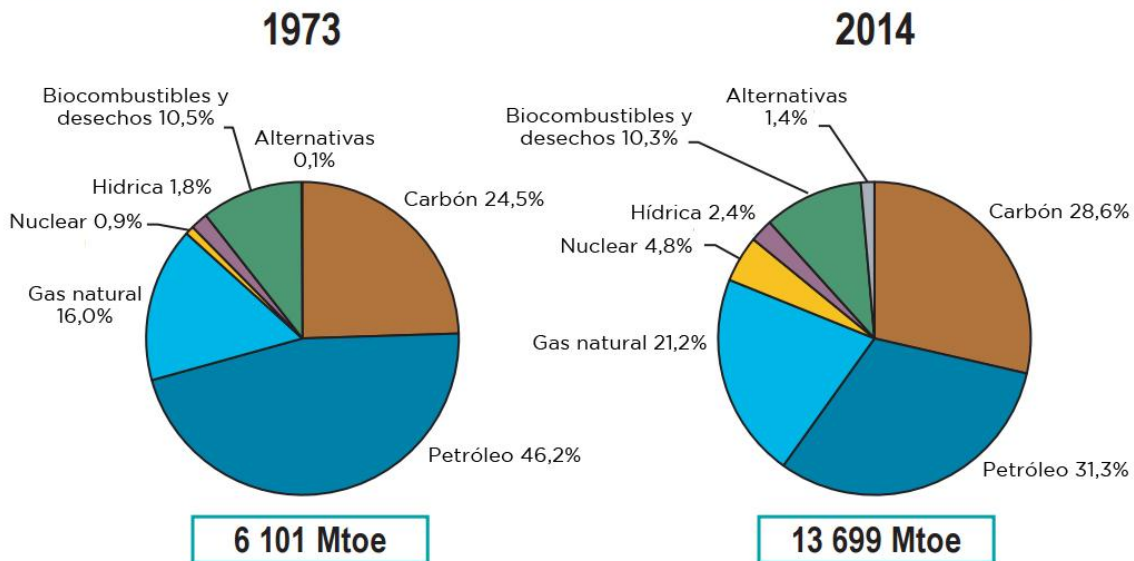
Figura 3.2.1.- Demanda de energía primaria mundial entre 2001 y 2017 expresada en unidades de energía llamadas Mtoe por sus siglas en inglés Million of tonne of oil equivalent. (Nota: 1 toe = 10 millones de calorías).
Fuente: Agencia Internacional de Energía,2017.

En Norte América se estima que la población mundial en la actualidad es de casi 7.000 millones de personas y esta aumentará a 9.100 millones para el año 2050. Es fácil entender que a mayor cantidad de personas, el mundo conducirá a un aumento elevado de consumo de energía. Un consumo que será independiente del desarrollo económico de las naciones, ya que estará vinculado a la mayor cantidad de energía que cada persona utilizará a diario.

Cuando se quiere construir proyecciones con gran certeza, se debe tener en cuenta que el consumo energético aumentará probablemente en una dimensión mayor a la directamente proporcional a la mayor cantidad de personas. Esa tendencia se ha reflejado en las últimas décadas, junto al veloz aumento de la producción de bienes y servicios producidos en la segunda parte del siglo XX.

Con mayor gente en el mundo mayor será el consumo de energía. Pero en las últimas décadas la correspondencia directa se modificó y cada generación pasó a consumir más energía que la anterior por lo que la curva de consumo energético aumento considerablemente con respecto a la del crecimiento de población.

MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL



FUENTE: *Internacional Energy Agency*

Figura 3.2.2. –Matriz Energética Mundial.
Fuente: Agencia Internacional de Energía.

Las necesidades energéticas del hombre en la actualidad son mayores que antes y muy variadas. Es decir, se requiere más energía para el transporte. Muchas personas se movilizan a diario largas distancias para concurrir a fábricas u oficinas que se encuentran lejos de sus domicilios. Muchas personas viajan cientos de kilómetros para asistir a reuniones de trabajo, o para disfrutar de sus vacaciones o realizar algún tipo de deporte. Kilómetros y kilómetros recorridos a diario que representan un mayor consumo de combustibles. En la actualidad el hombre utiliza una cuota de energía para mantenerse continuamente informado y actualizado de los hechos y sucesos que ocurren en la otra parte del mundo, o bien para comunicarse y mantenerse en contacto a diario con más personas.

En nuestra dieta diaria ya no sólo consumimos productos y materias primas de la región en la que vivimos. Ahora nos alimentamos de productos que llegan de todas partes del mundo, que exigen una demanda energética a utilizar en el transporte y en la conservación de tales productos como mantención, refrigeración, entre otros. Hace un

tiempo atrás la consulta al médico, cuando era de rutina y no representaba nada que fuera de gran importancia, se limitaba a sus preguntas y quizás a algunas recomendaciones, pero en nuestra vida cotidiana del día a día en el cual vivimos, casi todas las consultas derivan en estudios clínicos de rutina que utilizan maquinarias y herramientas, instrumentos o equipos sofisticados que necesitaron gran cantidad de energía para ser fabricados. Hoy en día la medicina preventiva que es una de las razones en la cual nos llenamos de mayor expectativa de vida se sostiene en estos instrumentos y técnicas de estudio mencionados anteriormente. Nuestras viviendas disponen también de un mayor confort térmico-acústico que está asociado a una mayor cantidad y diversidad de electrodomésticos, artefactos dentro de las habitaciones y a una mejor ambientación. En algunos lugares del mundo se puede encontrar las viviendas inteligentes que se hallan prácticamente automatizadas y equipadas para brindar las condiciones óptimas de temperatura y luminosidad óptimas a cada persona, y las condiciones de seguridad correspondientes. Teniendo en cuenta la mayor calidad de vida, el ritmo de vida del mundo globalizado, el transporte, las comunicaciones, el consumo y el confort, son las verdaderas razones de que el ser humano consuma en la actualidad más energía per cápita. Por este motivo es razonable ponerse a pensar que cuanto más elevado es el consumo de energía por habitante de una determinada ciudad, sociedad, o nación, mayor es su calidad de vida y desarrollo socioeconómico. En efecto, así se piensa en las Naciones de América del Norte, principalmente los EE.UU, que han establecido que la energía que se consume por cada habitante existente es un factor indicador de desarrollo socioeconómico, de desarrollo social y en suma un dato de referencia de desarrollo sostenible. Se nos hace de gran relevancia conocer los valores que adoptan estos datos para nuestro país y por la cual su comportamiento en los últimos años. La Figura 3.2.3 Y 3.2.4 refleja que nuestro consumo per cápita ha crecido en los últimos años, en consideración con la tendencia general mundial (Roberto, et al, 2010), pero en la figura 3.2.4 refleja el gráfico del consumo en el año 2016 y los tipos de energías.



Figura 3.2.3.- Evolución de la energía per cápita consumida por los chilenos entre 1993 y 2008.

Fuente: Dirección Nacional de Prospectiva. Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Cuentas Nacionales. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Ministerio de Economía y Producción.

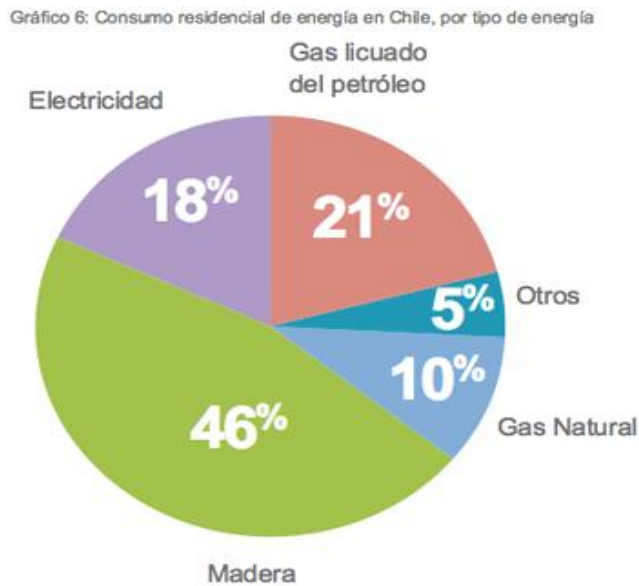


Figura 3.2.4.- consumo residencial de energía en Chile.

Fuente: EMPRESA ELÉCTRICA A.G, 2016.

Capítulo IV: Ensayos Predeterminados.

4.0 Ensayos a realizar para una propuesta de aislante

Los ensayos que se realizaran para una propuesta de aislante son el ensayo térmico y seguiremos como guía la Norma Chilena NCh 851 Of 1983 Aislación Térmica que determina los coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica de guarda.

Para verificar las propiedades acústicas se usa como base de apoyo las normas NCh 2785.Of 2003 y NCh 2786.Of 2003.

Teniendo en cuenta que para este aislante se verificara también la resistencia al fuego según la norma NCh 935/1 Of 84 y 97. que tiene por objetivo establecer las condiciones de ensayo y los criterios que permiten determinar la resistencia al fuego de los elementos de construcción en general, verticales u horizontales excluidas puertas y ventanas. Además para complementar el estudio de las prestaciones contra el fuego del aislante utilizaremos como apoyo la norma española UNE 23-725-90. Esta norma define un método de ensayo de reacción al fuego aplicable a los materiales de cualquier espesor, con el fin de contribuir a su clasificación en lo que se concierne a su comportamiento frente al fuego como materiales de construcción.

En estos tres tipos de ensayos que serán aplicados a nuestro aislante de acetato de celulosa con adhesivo de almidón de maíz.

Además de realizarle ensayos a nuestro aislante propuesto también se analizó el aislapol o poliestireno expandido para poder comparar su comportamiento con respecto a nuestra propuesta de aislante considerando los ensayos mencionados anteriormente.

4.1 Aislación Térmica según la Norma NCh 851 Of 1983 y NCh 849 of 1987

Para realizar este ensayo de aislación térmica se deberá tener en cuenta estas dos normas chilenas que se encuentran vigentes en nuestro país:

- 1) NCh 851 Of 1983 Aislación Térmica, determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica. La norma NCh 851 of 1983 representa los pasos a seguir para realizar los ensayos que determinan la Conductividad Térmica y la capacidad de Aislación Térmica de un específico material o elemento constructivo.

- 2) NCh 849 of 1987 Aislación térmica, transmisión térmica, terminología, magnitudes, unidades y símbolos: La norma NCh 849 of 1987 representa la terminología que se necesita al realizar el estudio de las Propiedades Térmicas, al igual que las unidades correspondientes y los símbolos necesarios que deben usarse al momento de analizar los resultados.

Para poder llevar a cabo este ensayo, se utiliza una cámara aislada en cada una de las caras del elemento, esta cámara que requerimos para realizar este ensayo se encuentra instalada en el laboratorio de docencia de la escuela de ingeniería en construcción civil de la Universidad de Valparaíso ubicado en Playa Ancha. Las medidas de la cámara son 3.0 x 0.6 m en planta y una altura de 1.2 m, donde es importante destacar que las medidas de altura de la cámara para realizar los estudios es de 0.6 m por lo que las medidas del aislante son acotadas a esta dimensión. Esta cámara está compuesta de terciado estructural de 15mm, con aislación entregada con la colocación lana de vidrio entre las placas de terciado. Esta cámara funciona con una tapa removible para tener un mayor control al efectuar los ensayos.

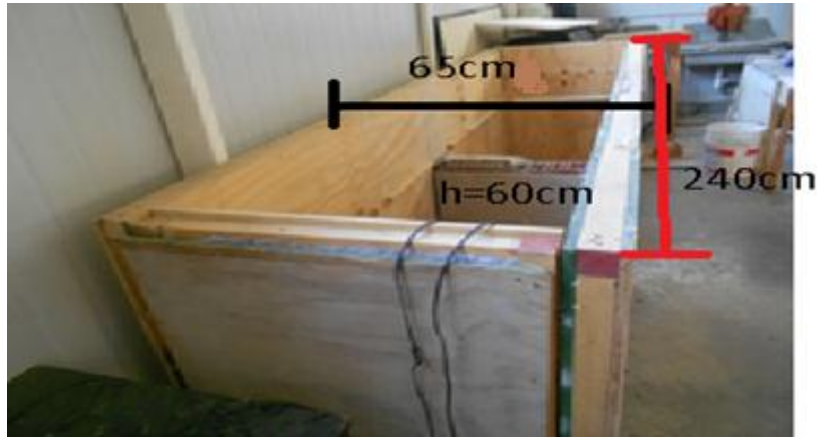


Figura 4.1.1.- Cámara aislada.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Para poder medir estos ensayos se necesitan instrumentos y programas que ayudan a la interpretación de los datos que se quieren analizar para poder llevar a cabo comparaciones con otros productos de la misma gama teniendo clara las variables y las distintas muestras que se quieren analizar.

El XPLOER GLX es un instrumento que se dispone en el laboratorio de docencia de la Universidad de Valparaíso, con este se procederá a medir y obtener datos, gráficos y posteriormente se podrá analizar los resultados entregados por este artefacto. Este instrumento admite hasta cuatro sensores Passport simultáneamente, dos sensores de temperatura, sonido y voltaje.



Figura 4.1.2.- XPLOER GLX.

Fuente: Elaboración propia 2017.

4.2 Ensayo de Aislación Acústica según NCh 2786 of 2002

Para este tipo de ensayos se toma como referencia la Norma Chilena NCh 2786 Of 2002 de Aislación Acústica – Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción – Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción.

La norma específica que para realizar el ensayo de los elementos de construcción que se quieren medir se debe tener un área de por lo menos 10 m², pero como nos adaptaremos a los recursos disponibles que se encuentran en nuestra escuela el ensayo de aislación acústica se realizara en la misma cámara donde se realizó el ensayo de aislación térmica.

Este ensayo consiste en colocar una fuente emisora de sonido a una cierta distancia (de 1,2 mt) de la superficie, cara lateral en planta del material a ensayar y al lado opuesto colocar una fuente receptora a la misma distancia mencionada anteriormente (de 1,2 mt) desde la superficie.

Entonces el sonido que se genera en el recinto de emisión debe ser estacionario y deberá tener un espectro continuo en el rango de frecuencia que se considera previo al ensayo, el cual podría ser de 30 segundos para cada frecuencia para tener una gran cantidad de valores.

Para poder llevar a cabo con éxito este ensayo se requieren ciertos instrumentos como:

1- Parlantes multimedia, con una potencia máxima de salida de 16W y un rango de frecuencia de 50Hz-18KHz podría variar el equipo pero siempre se deberá tener en cuenta los rangos de frecuencia establecidos.

2- Xplorer GLX conectado a un sensor de sonido PS-2109 que registra rangos desde los 30 dB hasta los 110db.

Otro punto importante a destacar es los parámetros acústicos mínimos que debe tener una vivienda, estos están dados en la NCH 352 of 60.

Parámetro	Emisor	Receptor	NED, dBA	Requisitos dBA	Método de ensayo
A	Exterior	Dormitorio o estar (recinto más expuesto)	≤ 60 61-65 66-70 71-75 > 75	Aislación mín.: 20 25 30 35 NED-40	NF S31-057
B	Vivienda contigua	Dormitorio o estar (recinto más expuesto)	No aplicable	Aislación mín.: 45	NF S31-057
C	Instalaciones sanitarias y mecánicas externas	Dormitorio o estar (recinto más expuesto)	No aplicable	Nivel de ruido máx.: 40	Según 6.3
D	Pasillo y escalera	Dormitorio o estar (recinto más expuesto)	No aplicable	Aislación mín.: 30	NF S31-057

Tabla 4.2.- Requisitos mínimos para construcciones de uso habitacional.
Fuente: NCh 352 of 60.

4.3 Ensayo de resistencia al fuego según NCh 935/1 y con apoyo de la norma española UNE 23-725-90.

La norma NCh 935/1 permite determinar la resistencia al fuego de elementos de construcción en general, tanto de uso vertical como horizontal en los edificios o vi viviendas, con excepción de puertas y ventanas.

Para el ensayo de resistencia al fuego se debe contar con aparatos e implementos de gran calibre como hornos especiales de alta temperatura y habitaciones resistentes al fuego.

Las condiciones de temperatura que deben disponerse en el ensayo deben ser las adecuadas y además se debe tener una tolerancia de $\pm 15\%$ en los primeros 10 minutos, $\pm 10\%$ hasta los 30 minutos y $\pm 5\%$.

Para el ensayo se debe tener en consideración la siguiente nomenclatura:

t = es el tiempo expresado en minutos contado desde el inicio del ensayo;
T = es la temperatura del horno en el instante t, medida en °C; y
T₀ = es la temperatura inicial del horno, medida en °C la que estará comprendida entre 0 y 40°C

$$T - T_0 = 345 \log (8t + 1).$$

Se considera que la temperatura máxima en cualquier punto de la cara que esta no expuesta al calor, no debe exceder a la temperatura inicial en más de 180°C o bien no sobrepase 220°C, cualquiera sea la temperatura inicial.

También se tiene que la temperatura máxima en cualquier punto, no debe exceder de 650°C en elementos de separación vertical u horizontal tales como muros, tabiques, entresijos, losas, etc. no deberá ocurrir la formación de grietas, fisuras u otras aberturas por donde pudieran pasar las llamas o gases.

Una vez sometidos al ensayo los elementos ya sea cualquier tipo de los que hemos mencionado estos deberán cumplir con una resistencia al fuego la cual se clasifican del siguiente modo:

No resistente : duración inferior a 15 minutos

Clase F 15 duración entre 15 y 29 minutos

Clase F 30 duración entre 30 y 59 minutos

Clase F 60 duración entre 60 y 89 minutos

Clase F 90 duración entre 90 y 119 minutos

Clase F 120 duración entre 120 y 149 minutos

Clase F 150 duración entre 150 y 179 minutos

Clase F 180 duración entre 180 y 239 minutos

Clase F 240 duración superior a 240 minutos

obs: Se necesita un horno capaz de someter al elemento en ensayo a las condiciones de temperatura que se mencionaron en párrafos anteriores.

También está la Norma española UNE 23-725-90. Dicha norma establece un método de ensayo de reacción al fuego que es aplicable a materiales de cualquier espesor. Por lo que el ensayo tiene como fin de contribuir una clasificación de cómo se desenvuelve el elemento frente al fuego.

Este ensayo consiste en colocar las probetas expuestas a una fuente que emita radiación de calor constante y así poder provocar eventualmente la inflamación de los gases desprendidos de nuestro elemento y la caída de gotas inflamadas o no.

Los equipos de medición que se deben tener en cuenta son un termómetro infrarrojo digital modelo DTS-010. Con un rango de medición de -50° a 550° Celsius y una precisión con un margen de error de + o - 5° Celsius.



Figura 4.3.-Termómetro infrarrojo digital.

Fuente: Elaboración propia 2017

Para proceder con el ensayo se deben colocar las probetas a una distancia de 8 a 10 cm del borde inferior de la boquilla del soplete. Luego de eso se pone en funcionamiento el soplete aumentando constantemente la temperatura hasta alcanzar en la boquilla del soplete una temperatura de $300^{\circ} \pm 50^{\circ}$ Celsius de margen de error.

Entonces al momento que se llega a la temperatura mencionada se debe colocar el cronometro en tiempo 0, y se debe tener en cuenta que cada vez que la muestra se inflama, se debe disminuir la potencia del soplete. Al apagarse la llama se vuelve a poner en la potencia de ensayo se repite el proceso tantas veces como ha sido necesario durante los 5 minutos del ensayo.

Otros puntos importantes que se deben tomar en cuenta son:

- 1) Si caen gotas inflamadas o no.
- 2) Los tiempos en los que se producen las diversas inflamaciones (duración y longitud de llama)
- 3) Las inflamaciones no se han considerado como efectivas si no persistían durante al menos 3 segundos.
- 4) La emisión y características de los humos. Además de la pérdida de masa por la combustión.

Capítulo V: Elaboración de moldes, elaboración de la propuesta de aislante y ensayos del aislante.

5.1 Elaboración de moldes.

Los primeros moldes que utilice para realizar el aislante fueron de una dimensión de 30*15cm para poder probar como resultaban las primeras muestras del elemento. Luego de estos procedimos a realizar moldes 100*50cm y moldes de 60*65 cm para poder ocuparlos en la cámara térmica del laboratorio de docencia de la carrera ingeniería en construcción.

Para la elaboración de los moldes se contaba con los siguientes materiales:

- 1) Planchas de terciado de madera de 15mm de espesor.
- 2) Listones de 2*3" para poder elaborar los bordes del molde.
- 3) Planchas de terciados de 8mm de espesor para poder realizar la placa compactadora del aislante.
- 4) Tornillos de 2 1/2" y 1 1/4".

A continuación en las figuras 5.1.1 y 5.1.2 se puede ver los moldes que se realizaron para poder elaborar el aislante, considerando las dimensiones mencionadas en párrafos anteriores.

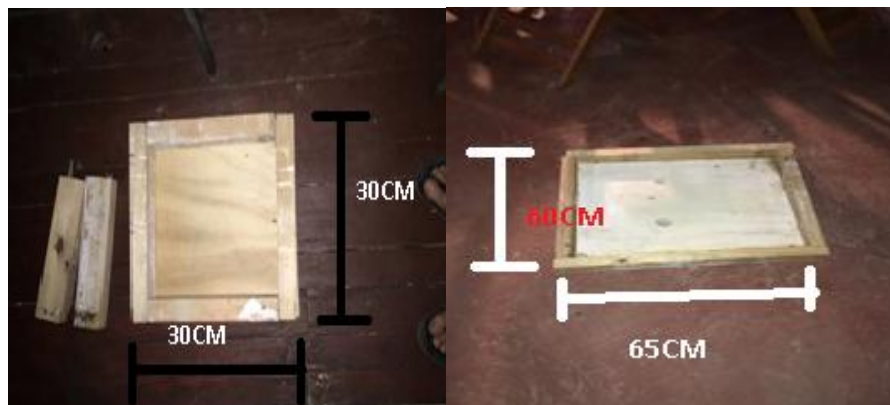


Figura 5.1.1:- Moldes de 30*30 y molde de 60*65cm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

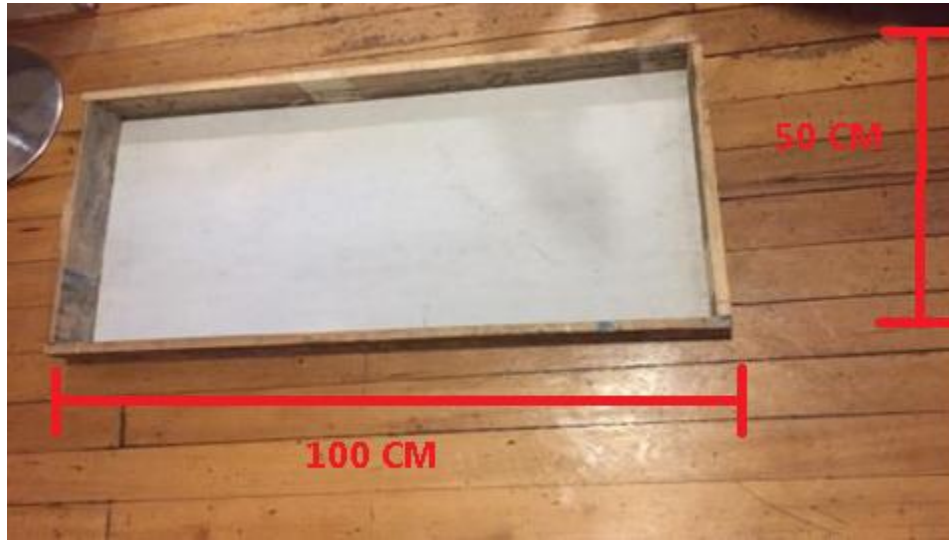


Figura5.1.2.- Molde de 100*50 cm.
Fuente: Elaboración propia 2016.

5.2 Confección del Aislante

5.2.1 Adhesivo de Almidón de maíz

El adhesivo de almidón de maíz es un producto de origen vegetal que es utilizado para el desarrollo industrial.

Con el adhesivo de almidón de maíz se confeccionan los cuellos de las camisas que utilizamos en la vida cotidiana, se emplea para pegar logos sobre cartones y entre otros productos de carácter industrial. En esta investigación el adhesivo de almidón de maíz lo utilizaremos como aglomerante del aislante que confeccionaremos en combinación con los filtros de cigarros que están hechos de acetato de celulosa.

El adhesivo de almidón de maíz lo obtenemos de una empresa industrial llamada ITALQUIM la cual nos entrega el producto en un tambor de 50 lts con un manual de uso certificado por el fabricante, también nos entrega el fabricante el tipo de cuidados que se debe tener en la mantención y uso del producto. Este adhesivo lo podemos ver en la figura con su envoltorio y manual de conservación como habíamos mencionado anteriormente.



Figura 5.2.1.- Adhesivo de almidón de maíz elaborado por la empresa ITALQUIM.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.2.2 Elaboración del Aislante mediante mezcla entre adhesivo y acetato de celulosa

Para la elaboración del aislante se utilizara acetato de celulosa y como se pudo mencionar en el capítulo 2 es un polímero plástico con propiedades apropiadas para un la elaboración de un aislante, entre ellas podemos destacar la particularidad tener una conductividad térmica aproximadamente de $\lambda = 0,07 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$.

El acetato de celulosa se puede encontrar en muchos materiales, de los cuales son ocupados en nuestra vida cotidiana como:

- 1) Para láminas delgadas de vidrio.
- 2) Para elaboración de mangos de herramientas.
- 3) Para elaboración de artículos personales por su gran dureza, flexibilidad y brillo.

También podemos decir que el acetato de celulosa es utilizado en materiales que posteriormente son desechados a la calle como los filtros de los cigarrillos que una vez ocupados son desechados y no solo es su desecho al medio ambiente sino que este material que posee el filtro tiene un tiempo de degradación entre los 25 y 30 años por lo que los filtros arrojados al medio ambiente generan un gran impacto ambiental negativo, sobre todo si estos filtros son arrojados en lugares forestales o en zonas donde transite agua dulce ya que su contaminación se propaga rápidamente contaminando hasta 50 lts de agua si un filtro es mal desechado.

Entonces podemos destacar el proceso constructivo y separarla en distintas etapas para poder dar a entender perfectamente la elaboración del aislante:

- 1) Para dar comienzo se debe tener el molde listo, luego de esto se debe marcar las medidas que se quieren obtener del aislante (tanto como 30mm o 50mm de espesor) por el interior de las paredes laterales del molde.
- 2) Se deben sellar todas las cavidades que pueda tener el molde por donde pueda escurrir el adhesivo de almidón.
- 3) Se debe aplicar una capa de adhesivo de almidón de 5mm para ambos espesores luego se mezclan los filtros con el adhesivo y se crea una pasta y se vacía sobre la capa de 5mm teniendo que tener en cuenta los 25 mm faltantes para el aislante de 30mm y los 45mm faltantes para el aislante de 50mm, otro factor importante a destacar es que se deben dejar 5 mm de más de adhesivo de almidón ya que luego se colocara una plancha de madera encima para compactarla con 5 discos de 10 kilos cada uno.

- 4) Se procede a colocar la plancha de madera de terciado de 8mm dentro de las cavidades del molde y luego se le coloca los discos encima para poder compactarla y que se pueden adherir los filtros con el adhesivo.
- 5) Se debe dejar 24 horas el molde sellado y luego se sacan los discos y se desmolda para darle un mejor secado ya que el adhesivo de almidón seca con el calor del sol o con ayuda de infrarrojo para acelerar su secado de noche.
- 6) Se debe dejar 24 horas más a la intemperie el molde para que pueda endurecer.
- 7) Lo que se obtiene es una mezcla homogénea entre filtros de acetato de celulosa y adhesivo de almidón de maíz se procede con los ensayos establecidos.



Figura 5.2.2.1.-Capa de 5mm de adhesivo y filtros mezclados con adhesivo.

Fuente: Elaboración propia 2017 .



Figura 5.2.2.2.- Probeta compactada con discos.

Fuente: Elaboración propia 2017.



Figura 5.2.2.3.- Aislante desmoldado después de 24 horas, listo para ensayar.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.2.3 Densidades y dosificaciones de cómo se elaboraron los aislantes

Área superficial del aislante	Peso	Aislante 50/50 g	Aislante 70/30 g	Aislapol g
(100*50)cm ²	30 mm	4830	4300	160
	50 mm	7890	6845	270
	Densidad del aislante con dosis 70/30 (kg/m ³)	Densidad del aislante con dosis 50/50 (kg/m ³)	Densidad poliestireno expandido (kg/m ³)	Volumen m ³
30mm	200	300	30	0.015
50mm	250	350	30	0,025
	Filtros (50/50) g	Filtros(70/30) g	Adhesivo(50/50) g	Adhesivo(70/30) g
30mm	1100	1500	3730	2800
50mm	1875	2500	6015	4345

Tabla 5.2.3.-Cuadro de dosificaciones y densidades de los aislantes propuestos.

Fuente: Elaboración Propia 2017.

La dosificación de los aislantes propuestos fue llevada a cabo por el volumen del molde total, en el cual se calcularon los respectivos porcentajes de cada tipo de mezcla y se pesaron para poder tener la cantidad en gramos que iba a contener dentro del molde tipo ya sea de 50 mm o de 30 mm, como se puede ver en la tabla 5.2.3.

De tal manera que para ambos tipos de aislante, es decir uno con dosis 70% filtros y 30% adhesivo de almidón y el otro con dosis 50% filtros y 50% almidón fueron separados de acuerdo al volumen del molde que se quiere llevar a cabo y de acuerdo a eso se separaron de manera individual para lograr tener un mayor control de los filtros, ya que las cantidades que se utilizan en los aislantes propuestos son entre los 3000 y 8000 filtros por aislante dependiendo del tipo de aislante y espesor que tenga este.

5.3 Ensayo para determinar las propiedades térmicas del aislante

Para poder determinar si el aislante propuesto de espuma de acetato de celulosa con adhesivo de almidón posee propiedades térmicas se efectuaron los ensayos para 2 tipos de probetas para poder tener 2 variables (espesor y dosis de adhesivo de almidón y acetato de celulosa) para comparar:

- 1) Tendrá una dosis de adhesivo de almidón de un 50 % del volumen total del aislante y el otro 50 % será de acetato de celulosa.
- 2) El otro tipo de aislante a analizar tendrá un 30% de adhesivo de almidón y un 70 % del volumen total con acetato de celulosa.
- 3) Otro factor importante serán los espesores que utilizaremos que en este caso son de 30 mm y 50 mm.
- 4) Los valores arrojados por las probetas se compararon con el aislante de aislapol tradicional considerando los espesores de 30mm y 50mm.
- 5) Se realizó un ensayo según lo normado durante 60 minutos y otro ensayo se extendió durante 90 minutos para poder medir la aislación térmica
- 6) de las probetas en régimen.

Se ha de tener en consideración que para cada uno de los casos, se entregarán resultados que muestren la conductividad propia de cada elemento, mediante la aplicación de calor en una cara del aislante y la medición de la cantidad de calor que logra traspasar el aislante y es medida en la cara opuesta al aislante que no recibe emisión de calor por ninguna fuente.

En la figura se puede ver como se realizan los ensayos y como se deja la cámara óptima para dar inicio al experimento.



Figura 5.3.1.- Aislante dentro de la cámara antes de ser ensayado.

Fuente: Elaboración propia 2017.



Figura 5.3.2.- Aislante dentro de la cámara de ensayo.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.3.1.1 Ensayo de aislante y análisis con dosis de 50/50 y con un espesor de 50mm durante 60 minutos.

AISLANTE PROPUESTO DE 50MM CON DOSIS DE AD (50Y50)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	$\Delta T = T_1 - T_2$
5	23,30	21,30	2,00
10	25,20	22,60	2,60
15	29,00	23,45	5,55
20	32,20	24,20	8,00
25	34,00	24,70	9,30
30	36,80	24,88	11,92
35	39,00	24,91	14,09
40	40,50	25,01	15,49
45	41,40	25,10	16,30
50	42,80	25,76	17,04
55	43,65	26,24	17,41
60	45,20	26,36	18,84
PROMEDIO	36,51	24,54	11,97

Tabla 5.3.1.1.- Resultados ensayo aislación térmica de aislante (50/50) y 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación en la figura veremos el gráfico de estos 12 valores resumidos ya que el ensayo se realizó en una hora y los cual lo resumimos de 5 en 5 minutos para poder ayudar con la interpretación del gráfico.

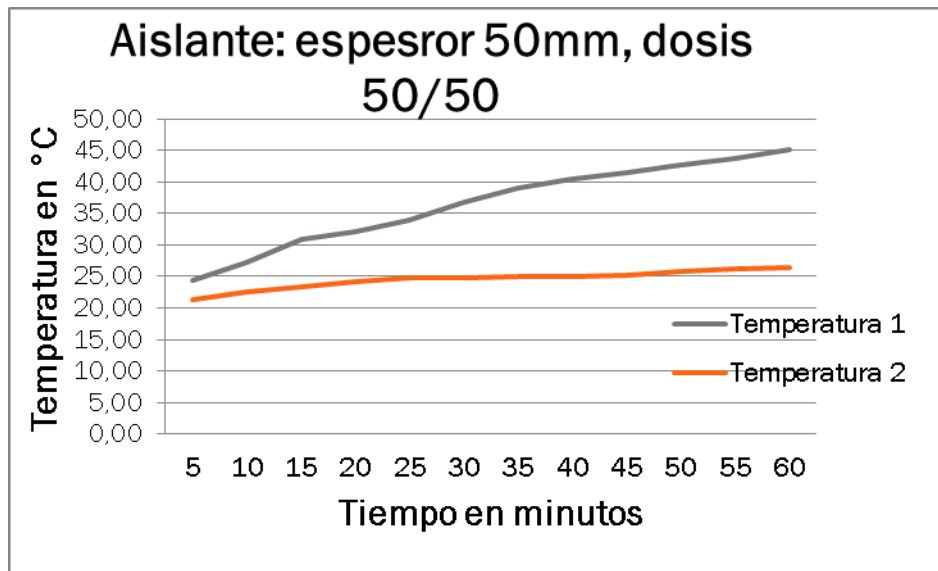


Figura 5.3.1.1.- Gráfico de ensayo aislación térmica de aislante (50/50) y 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En el grafico podemos ver el eje de coordenadas “Y” que representa la temperatura en grados Celsius y podemos ver el eje de coordenadas “X” el cual representa 12 valores de tiempo representados en la tabla de 5 a 60 minutos. La nomenclatura que tiene el ensayo es la siguiente:

T1 (interior): temperatura que recibe el aislante que está dentro de la cámara y está expuesta a una fuente de calor.

T2 (exterior): temperatura por la cara de atrás del aislante que no recibe emisión de calor.

“Y”: grafico en eje y con valores de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.

“X”: grafico en eje x que refleja el tiempo en minutos resumidos.

El grafico muestra que en un principio el espacio de la cámara donde se encuentra la fuente de calor tiene una temperatura de 24,40°C y al final de la prueba este alcanza 45,20 °C y que la cara que no está expuesta a la fuente de calor solo alcanza 26,36 grados en el mismo instante. Esto refleja que la propuesta posee propiedades de aislación térmica manteniendo una deferencia al final del ensayo de 18,84 grados Celsius entre el interior (T1) y el exterior (T2).

5.3.1.2 Ensayo de aislante y análisis con dosis de 50/50 y con un espesor de 50mm durante 90 minutos.

AISLANTE PROPUESTO DE 50MM CON DOSIS DE AD (50Y50)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	$\Delta T = T_1 - T_2$
5	22,02	20,12	1,90
10	23,15	20,18	2,97
15	24,97	20,21	4,76
20	26,13	20,36	5,77
25	27,15	20,41	6,74
30	28,17	20,57	7,60
35	28,97	20,64	8,33
40	29,32	20,81	8,51
45	31,51	20,98	10,53
50	33,47	21,09	12,38
55	35,19	21,25	13,94
60	37,85	21,33	16,52
65	38,22	21,39	16,83
70	39,23	21,42	17,81
75	40,91	21,59	19,32
80	42,06	21,65	20,41
85	42,26	21,82	20,44
90	42,29	21,84	20,45

Tabla 5.3.1.2 Ensayo aislación térmica del aislante de 50mm y dosis 50/50.

Fuente: Elaboración propia 2017.

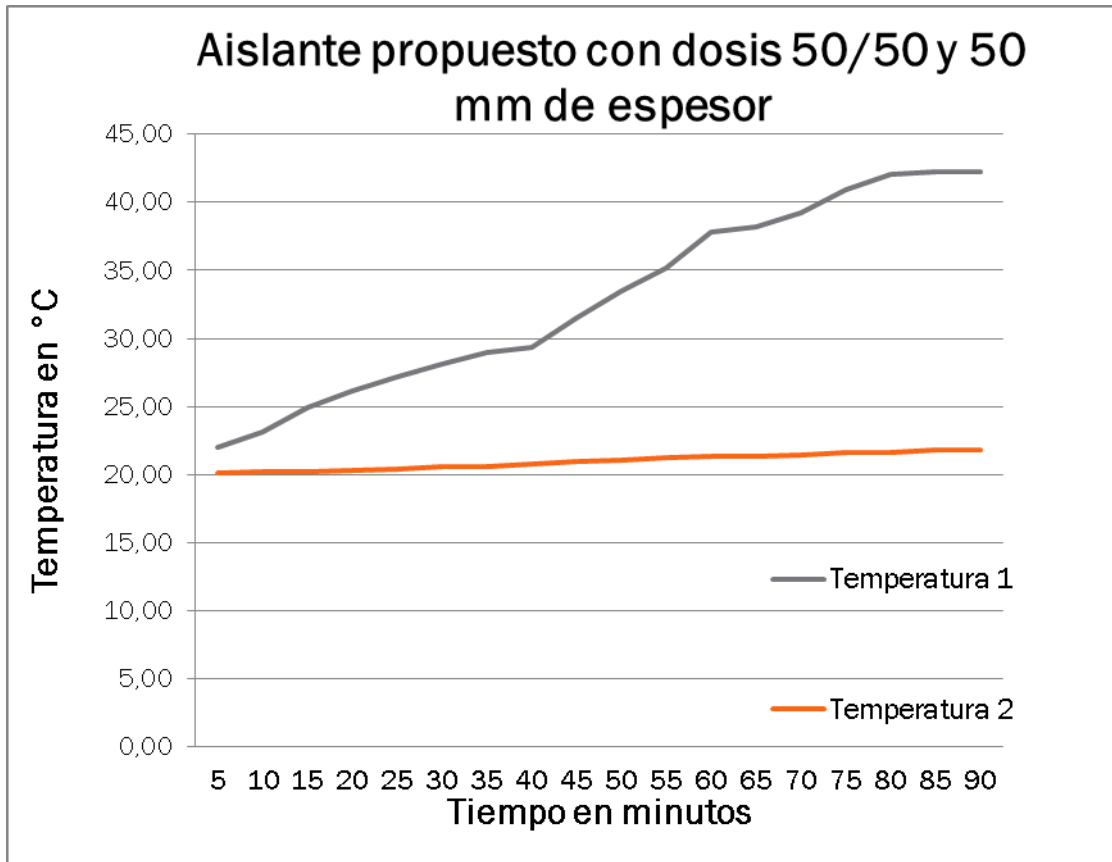


Figura 5.3.1.2 Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante con dosis 50/50 y espesor de 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación podemos ver el ensayo extendido a 90 minutos considerando probar una aislación que llegue al régimen entre la temperatura exterior de la cámara que se encuentra expuesta al ambiente vs la temperatura interior de la cámara que se encuentra expuesta a la emisión de calor.

Podemos apreciar que durante el ensayo del aislante con dosis 50/50 y espesor de 50 mm logra entrar en régimen a los 80 minutos teniendo un diferencial de temperatura de 20.41 °C, no obstante el ensayo termina a los 90 minutos y su diferencial de temperatura termina con 20.45 °C, y por lo que se puede apreciar en la curva de temperatura interior dentro de la cámara pasa de ser una curva ascendente a una curva constante debido a que el aumento de temperatura es prácticamente irrelevante en los últimos 3 puntos.

Se puede determinar que el ensayo del aislante con dosis 50% filtros y 50% adhesivo de almidón de maíz y con espesor de 50 mm tiene una capacidad de aislación térmica de 20.45 °C.

5.3.2.1 Ensayo térmico y análisis de poliestireno expandido de 50mm de espesor

Poliestireno Expandido DE 50 MM DE ESPESOR			
	Temperatura 1	Temperatura 2	Aislapol 50 mm
5	21,70	19,36	2,34
10	25,48	19,45	6,03
15	28,75	19,85	8,90
20	32,20	21,15	11,05
25	33,30	22,30	11,00
30	35,40	23,54	11,86
35	36,80	24,15	12,65
40	37,56	24,19	13,37
45	39,33	24,26	15,07
50	41,00	24,85	16,15
55	41,88	25,45	16,43
60	42,96	26,98	15,98
PROMEDIO	34,70	22,96	11,74

Tabla 5.3.2- Resultados ensayo aislación térmica del aislapol 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

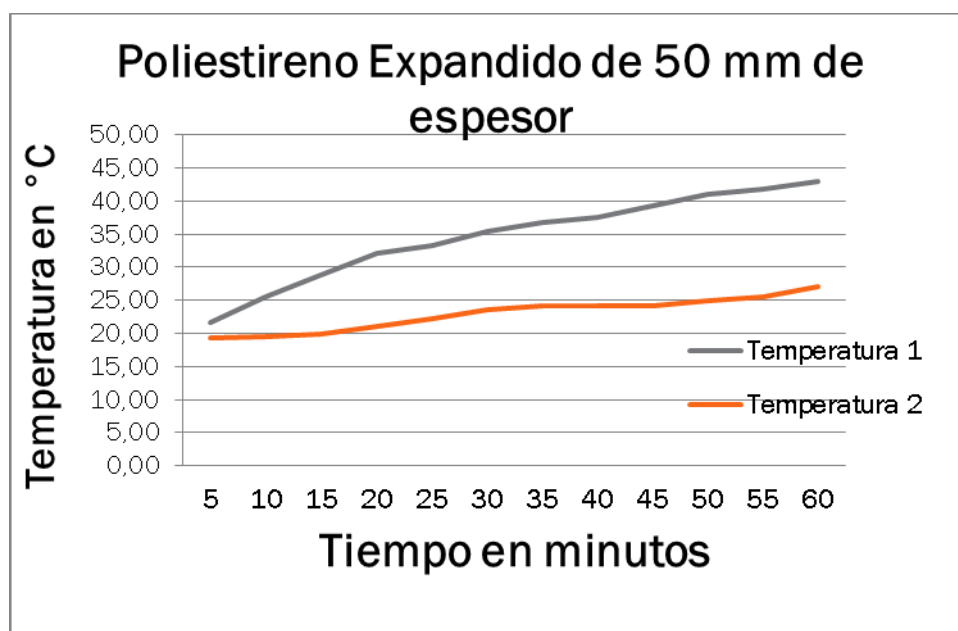


Figura 5.3.2 Gráfico de ensayo aislación térmica del aislapol 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En el grafico podemos ver el eje de coordenadas "Y" que representa la temperatura en grados Celsius y podemos ver el eje de coordenadas "X" el cual representa 12 valores de tiempo representados en la tabla de 5 a 60 minutos. La nomenclatura que tiene el ensayo es la siguiente:

T1 (interior): temperatura que recibe el aislante que está dentro de la cámara y está expuesta a una fuente de calor.

T2 (exterior): temperatura por la cara de atrás del aislante que no recibe emisión de calor.

"Y": grafico en eje y con valores de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.

"X": grafico en eje x que refleja el tiempo en segundos resumidos.

El grafico muestra que en un principio el espacio de la cámara donde se encuentra la fuente de calor tiene una temperatura de 21,70°C y al final de la prueba este alcanza 42,96 °C y que la cara que no está expuesta a la fuente de calor solo alcanza 26,98 grados en el mismo instante. Finalizando el ensayo del Poliestireno Expandido de 50mm con un diferencial de temperatura de 15,98°C.

5.3.2.2 Ensayo térmico y análisis de poliestireno expandido de 50mm de espesor durante 90 minutos.

POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 50 MM DE ESPESOR			
	Temperatura 1	Temperatura 2	$\Delta T = T_1 - T_2$
5	19,80	19,36	0,44
10	22,42	19,45	2,97
15	23,56	19,85	3,71
20	24,12	21,15	2,97
25	27,36	22,30	5,06
30	28,65	22,47	6,18
35	29,34	22,69	6,65
40	31,54	22,81	8,73
45	33,49	23,06	10,43
50	35,24	23,14	12,10
55	37,17	23,21	13,96
60	39,38	23,34	16,04
65	40,13	23,39	16,74
70	40,97	23,44	17,53
75	42,84	24,68	18,16
80	44,78	25,71	19,07
85	44,82	25,74	19,08
90	44,84	25,75	19,09

Tabla 5.3.2.2 tabla de ensayo aislación térmica del poliestireno expandido de 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

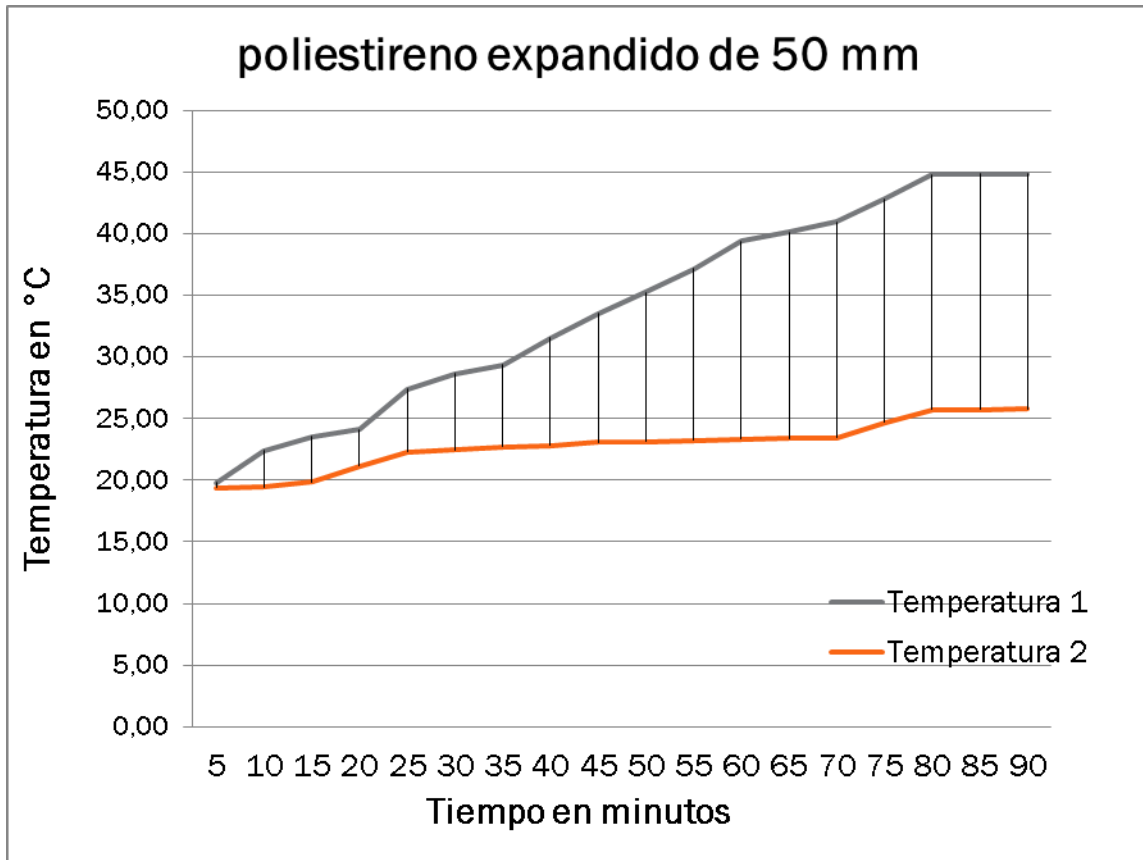


Figura 5.3.2.2- Gráfico de ensayo de aislamiento térmico del poliestireno expandido de 50mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación podemos ver el ensayo extendido a 90 minutos considerando probar una aislación que llegue al régimen entre la temperatura exterior de la cámara que se encuentra expuesta al ambiente vs la temperatura interior de la cámara que se encuentra expuesta a la emisión de calor.

Podemos apreciar que durante el ensayo del aislante de Poliestireno Expandido de 50mm de espesor logra entrar en régimen a los 80 minutos teniendo un diferencial de temperatura de 19,07 °C, no obstante el ensayo termina a los 90 minutos y su diferencial de temperatura termina con 19,09 °C, y por lo que se puede apreciar en la curva de temperatura interior dentro de la cámara, pasa de ser una curva ascendente a una curva constante debido a que el aumento de temperatura es prácticamente irrelevante en los últimos 3 puntos.

Se puede determinar que el ensayo del aislante de Poliestireno Expandido espesor de 50 mm tiene una capacidad de aislación térmica de 19,09 °C.

5.3.3.1 Ensayo de Aislante y análisis con dosis de 50/50 y con un espesor de 30mm

AISLANTE PROPUESTO DE 30MM CON DOSIS DE AD (50Y50)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	30mm(50/50)
5	22,32	19,45	2,87
10	23,88	20,02	3,86
15	25,13	20,83	4,30
20	28,36	21,98	6,38
25	32,61	22,81	9,80
30	35,08	23,45	11,63
35	37,21	25,56	11,65
40	38,92	26,11	12,81
45	39,56	26,50	13,06
50	40,28	26,84	13,44
55	41,14	27,00	14,14
60	42,80	27,25	15,55
PROMEDIO	33,94	23,98	9,96

Tabla 5.3.3.1: aislación térmica del aislante de dosis 50/50 y espesor de 30 mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

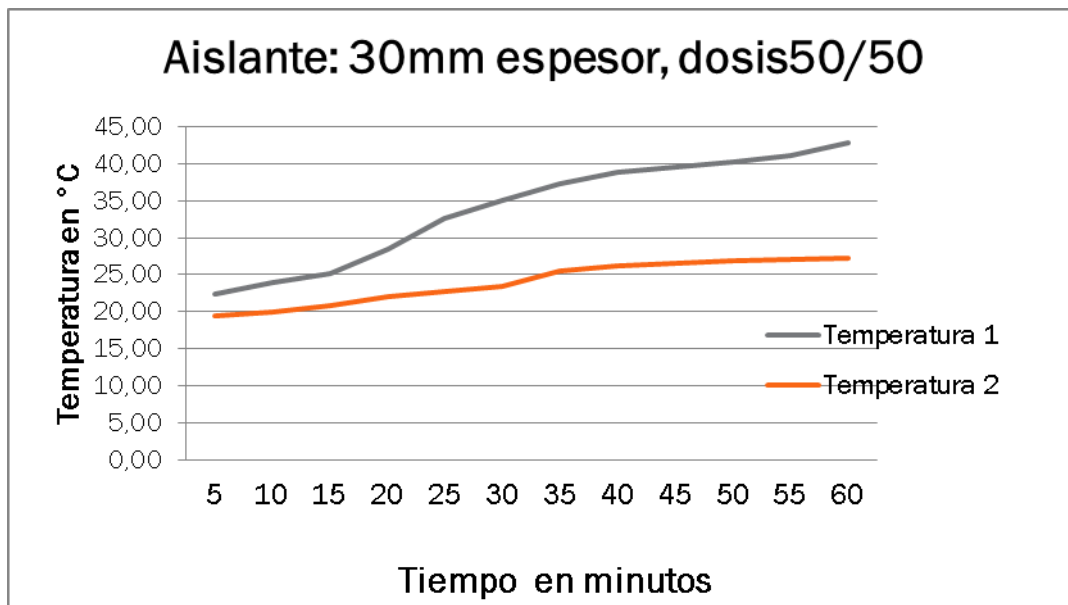


Figura 5.3.3.1- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante 50/50 y 30 mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En el grafico podemos ver el eje de coordenadas "Y" que representa la temperatura en grados Celsius y podemos ver el eje de coordenadas "X" el cual representa 12 valores de tiempo representados en la tabla de 5 a 60 minutos. La nomenclatura que tiene el ensayo es la siguiente:

T1 (interior): temperatura que recibe el aislante que está dentro de la cámara y está expuesta a una fuente de calor.

T2 (exterior): temperatura por la cara de atrás del aislante que no recibe emisión de calor.

"Y": grafico en eje y con valores de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.

"X": grafico en eje x que refleja el tiempo en segundos resumidos.

El grafico muestra que en un principio el espacio de la cámara donde se encuentra la fuente de calor tiene una temperatura de 22,32 °C y al final de la prueba este alcanza 42,80 °C y que la cara que no está expuesta a la fuente de calor alcanza 27,25 grados en el mismo instante. Esto refleja que la propuesta con dosis 50/50 y espesor de 30mm, posee propiedades de aislación térmica manteniendo una deferencia al final del ensayo de 15,55 °C entre el interior (T1) y el exterior (T2).

5.3.3.2 Ensayo de Aislante y análisis con dosis de 50/50 y con un espesor de 30mm con 90 minutos de duración.

AISLANTE PROPUESTO DE 30MM CON DOSIS DE AD (50Y50)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	30mm(50/50)
5	22,32	19,98	2,34
10	23,88	20,02	3,86
15	24,87	20,83	4,04
20	25,23	21,12	4,11
25	26,78	22,08	4,70
30	27,34	22,19	5,15
35	29,79	22,24	7,55
40	31,22	22,27	8,95
45	33,54	22,48	11,06
50	35,14	22,64	12,50
55	36,85	22,81	14,04
60	37,41	22,99	14,42
65	38,43	23,05	15,38
70	39,09	23,22	15,87
75	40,87	23,34	17,53
80	41,02	23,37	17,65
85	41,15	23,41	17,74
90	41,18	23,45	17,73

Tabla 5.3.3.2: Aislación térmica del aislante de dosis 50/50 y espesor de 30 mm

Fuente: Elaboración propia 2017.

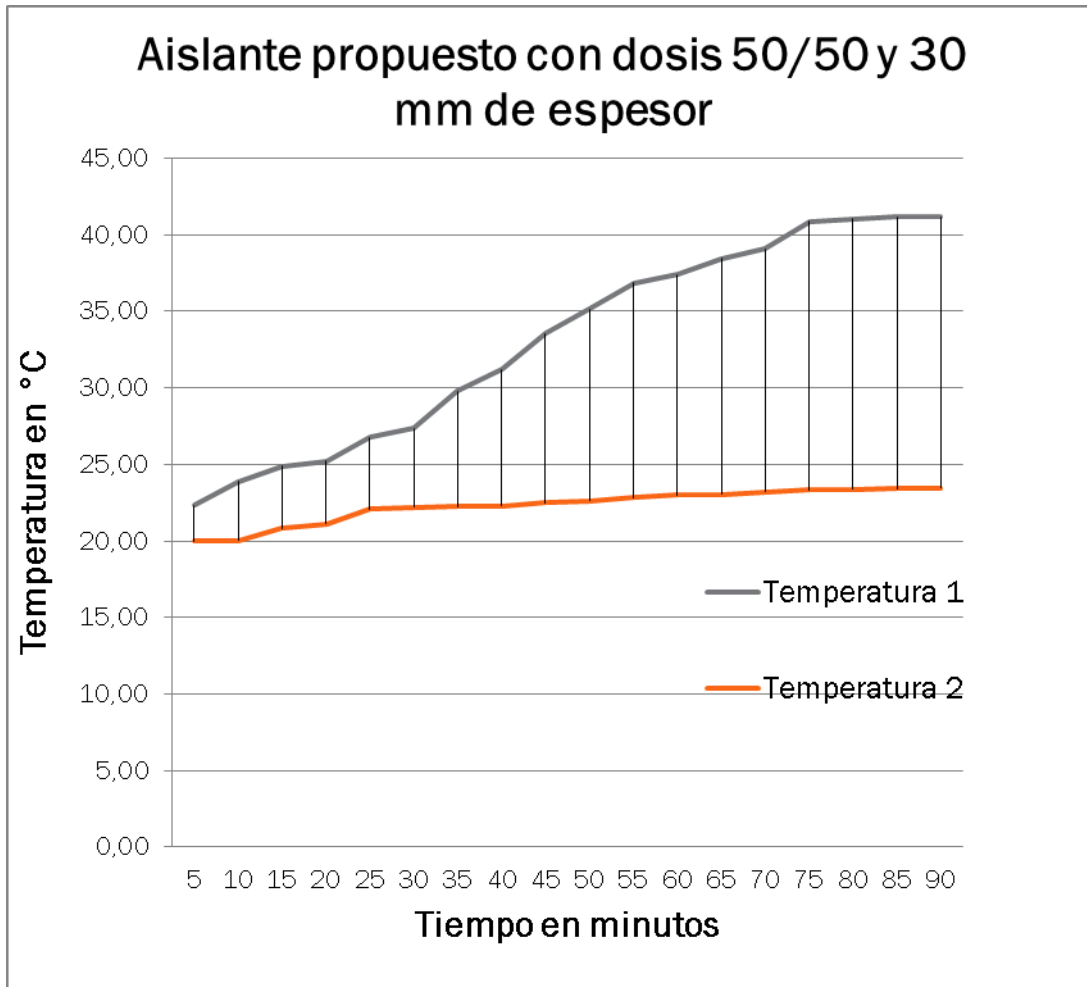


Figura 5.3.3.2- Gráfico de ensayo aislamiento térmico del aislante 50/50 y 30 mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación podemos ver el ensayo extendido a 90 minutos considerando probar una aislación que llegue al régimen entre la temperatura exterior de la cámara que se encuentra expuesta al ambiente vs la temperatura interior de la cámara que se encuentra expuesta a la emisión de calor.

Podemos apreciar que durante el ensayo del aislante con dosis 50/50 y espesor de 30 mm logra entrar en régimen a los 75 minutos teniendo un diferencial de temperatura de 17,53 °C, no obstante el ensayo termina a los 90 minutos y su diferencial de temperatura termina con 17,73 °C, y por lo que se puede apreciar en la curva de temperatura interior dentro de la cámara pasa de ser una curva ascendente a una curva constante debido a que el aumento de temperatura es prácticamente irrelevante en los últimos 4 puntos.

Se puede determinar que el ensayo del aislante con dosis 50% filtros y 50% adhesivo de almidón de maíz y con espesor de 30 mm tiene una capacidad de aislación térmica de 17.73 °C.

5.3.4.1 Ensayo de Aislante y análisis con dosis de 70/30 y con un espesor de 50mm

AISLANTE PROPUESTO DE 50MM CON DOSIS DE AD (70Y30)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	50mm(70/30)
5	20,30	19,45	0,85
10	24,79	20,30	4,49
15	28,07	20,42	7,65
20	30,12	20,62	9,50
25	31,45	21,89	9,56
30	34,88	22,03	12,85
35	36,78	22,32	14,46
40	37,69	22,43	15,26
45	39,05	22,62	16,43
50	41,50	23,04	18,46
55	43,89	23,42	20,47
60	46,25	24,37	21,88
PROMEDIO	34,56	21,91	12,66

Tabla 5.3.4.1- Resultados ensayo aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

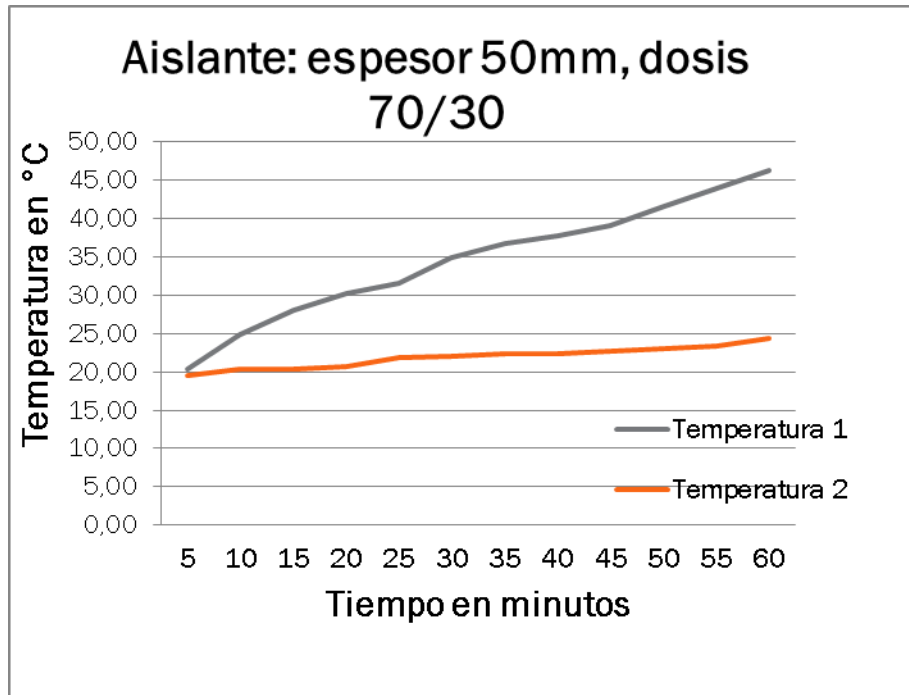


Figura 5.3.4.1- Gráfico de ensayo de aislamiento térmico del aislante (70/30) y 50mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En el gráfico podemos ver el eje de coordenadas “Y” que representa la temperatura en grados Celsius y podemos ver el eje de coordenadas “X” el cual representa 12 valores de tiempo representados en la tabla de 5 a 60 minutos. La nomenclatura que tiene el ensayo es la siguiente:

T1 (interior): temperatura que recibe el aislante que está dentro de la cámara y está expuesta a una fuente de calor.

T2 (exterior): temperatura por la cara de atrás del aislante que no recibe emisión de calor.

“Y”: gráfico en eje y con valores de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.

“X”: gráfico en eje x que refleja el tiempo en segundos resumidos.

El gráfico muestra que en un principio el espacio de la cámara donde se encuentra la fuente de calor tiene una temperatura de 20,30 °C y al final de la prueba este alcanza 46,25 °C y que la cara que no está expuesta a la fuente de calor alcanza 24,37°C en el mismo instante. Esto refleja que la propuesta de aislante con dosis 70/30 y espesor de 50mm, posee propiedades de aislamiento térmico manteniendo una diferencia al final del ensayo de 21,88 °C entre el interior (T1) y el exterior (T2).

5.3.4.2 Ensayo de Aislante y análisis con dosis de 70/30 y con un espesor de 50mm con 90 minutos de duración

AISLANTE PROPUESTO DE 50MM CON DOSIS DE AD (70Y30)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	50mm(70/30)
5	19,45	18,45	1,00
10	19,87	18,60	1,27
15	20,14	18,67	1,47
20	24,12	18,83	5,29
25	24,50	19,01	5,49
30	25,13	19,05	6,08
35	28,16	19,11	9,05
40	29,79	19,16	10,63
45	30,25	19,21	11,04
50	32,14	19,23	12,91
55	33,96	19,27	14,69
60	34,71	19,29	15,42
65	36,32	19,31	17,01
70	38,74	19,35	19,39
75	40,15	19,64	20,51
80	41,76	19,72	22,04
85	41,84	19,75	22,09
90	41,88	19,82	22,06

Tabla 5.3.4.2- Aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

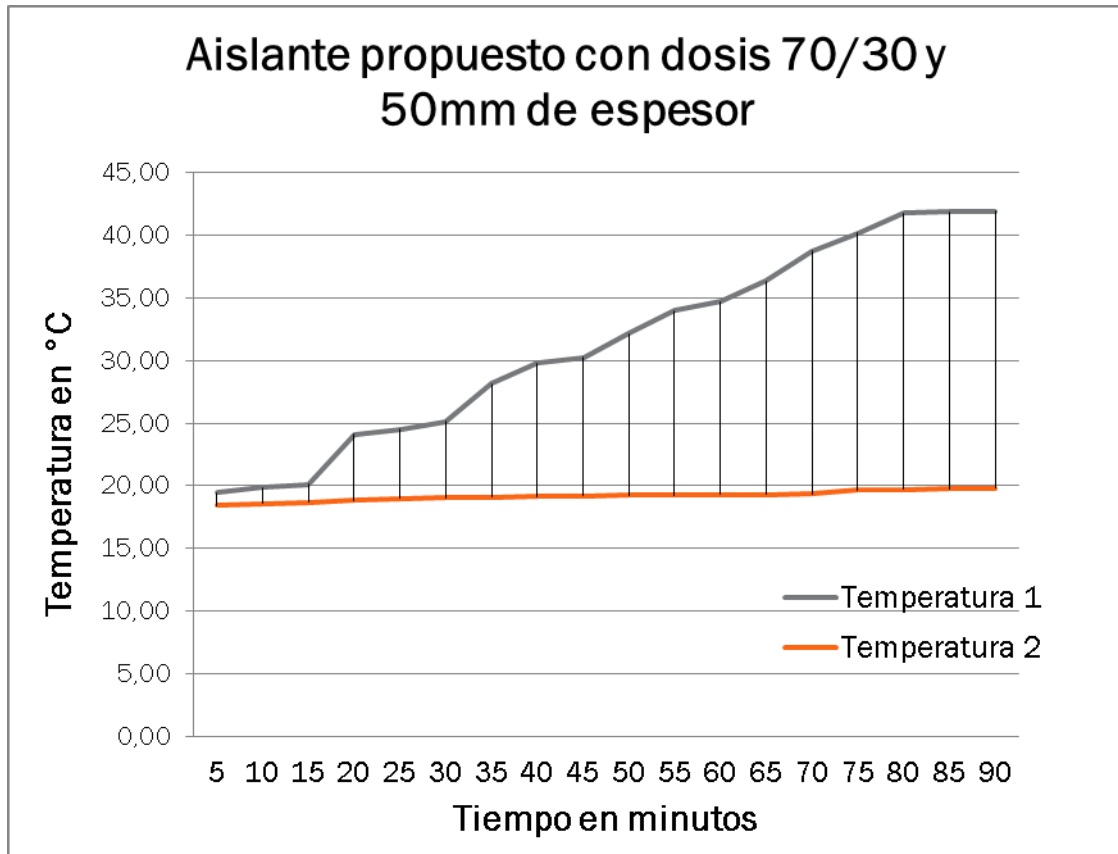


Figura 5.3.4.2- Gráfico de ensayo aislamiento térmico del aislante (70/30) y 50mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación podemos ver el ensayo extendido a 90 minutos considerando probar una aislación que llegue al régimen entre la temperatura exterior de la cámara que se encuentra expuesta al ambiente vs la temperatura interior de la cámara que se encuentra expuesta a la emisión de calor.

Podemos apreciar que durante el ensayo del aislante con dosis 70/30 y espesor de 50 mm logra entrar en régimen a los 85 minutos teniendo un diferencial de temperatura de 22.04 °C, no obstante el ensayo termina a los 90 minutos y su diferencial de temperatura termina con 22.06 °C, y por lo que se puede apreciar en la curva de temperatura interior dentro de la cámara pasa de ser una curva ascendente a una curva constante debido a que el aumento de temperatura es prácticamente irrelevante en los últimos 3 puntos de la figura 5.3.4.2.

Se puede determinar que el ensayo del aislante con dosis 70% filtros y 30% adhesivo de almidón de maíz y con espesor de 50 mm tiene una capacidad de aislación térmica de 22.06 °C.

5.3.5.1 Ensayo de Aislante y análisis con dosis de 70/30 y con un espesor de 30mm

AISLANTE PROPUESTO DE 30MM CON DOSIS DE AD (70 Y 30)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	30 mm(70/30)
5	18,75	17,30	1,45
10	21,42	17,80	3,62
15	25,01	17,95	7,06
20	27,56	18,03	9,53
25	29,43	18,17	11,26
30	30,96	18,26	12,70
35	32,45	18,45	14,00
40	33,59	18,88	14,71
45	34,72	19,13	15,59
50	36,76	19,32	17,44
55	37,63	20,01	17,62
60	38,55	20,56	17,99
PROMEDIO	30,57	18,66	11,91

Tabla 5.3.5.1- Resultados ensayo aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 30mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

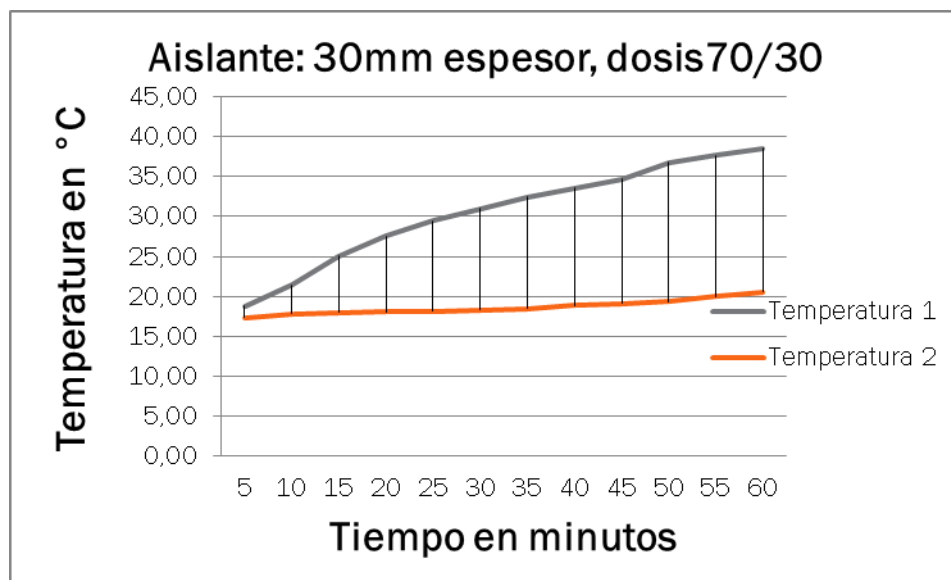


Figura 5.3.5.1.- Gráfico de ensayo aislación térmica del aislante (70/30) y 30mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En el grafico podemos ver el eje de coordenadas “Y” que representa la temperatura en grados Celsius y podemos ver el eje de coordenadas “X” el cual representa 12 valores de tiempo representados en la tabla de 5 a 60 minutos. La nomenclatura que tiene el ensayo es la siguiente:

T1 (interior): temperatura que recibe el aislante que está dentro de la cámara y está expuesta a una fuente de calor.

T2 (exterior): temperatura por la cara de atrás del aislante que no recibe emisión de calor.

“Y”: grafico en eje y con valores de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.

“X”: grafico en eje x que refleja el tiempo en segundos resumidos.

El grafico muestra que en un principio el espacio de la cámara donde se encuentra la fuente de calor tiene una temperatura de 18,75 °C y al final de la prueba este alcanza 38,55 °C y que la cara que no está expuesta a la fuente de calor alcanza 20,56°C en el mismo instante. Esto refleja que la propuesta con dosis 70/30 y espesor de 30mm, posee propiedades de aislación térmica manteniendo una deferencia al final del ensayo de 17,99 °C entre el interior (T1) y el exterior (T2).

5.3.5.2 Ensayo de Aislante y análisis con dosis de 70/30 y con un espesor de 30mm

AISLANTE PROPUESTO DE 30MM CON DOSIS DE AD (70 Y 30)			
	Temperatura 1	Temperatura 2	30 mm(70/30)
5	18,75	17,30	1,45
10	21,42	17,80	3,62
15	25,01	17,95	7,06
20	27,56	18,03	9,53
25	28,43	18,17	10,26
30	29,21	18,26	10,95
35	30,89	18,45	12,44
40	31,47	18,88	12,59
45	32,11	19,13	12,98
50	32,78	19,32	13,46
55	33,48	19,45	14,03
60	34,26	19,54	14,72
65	34,72	19,61	15,11
70	35,76	19,64	16,12
75	35,94	19,71	16,23
80	37,74	19,82	17,92
85	38,75	19,87	18,88
90	38,83	19,91	18,92

Tabla 5.3.5.2.- Resultados ensayo aislación térmica del aislante con dosis 70/30 y espesor 30mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

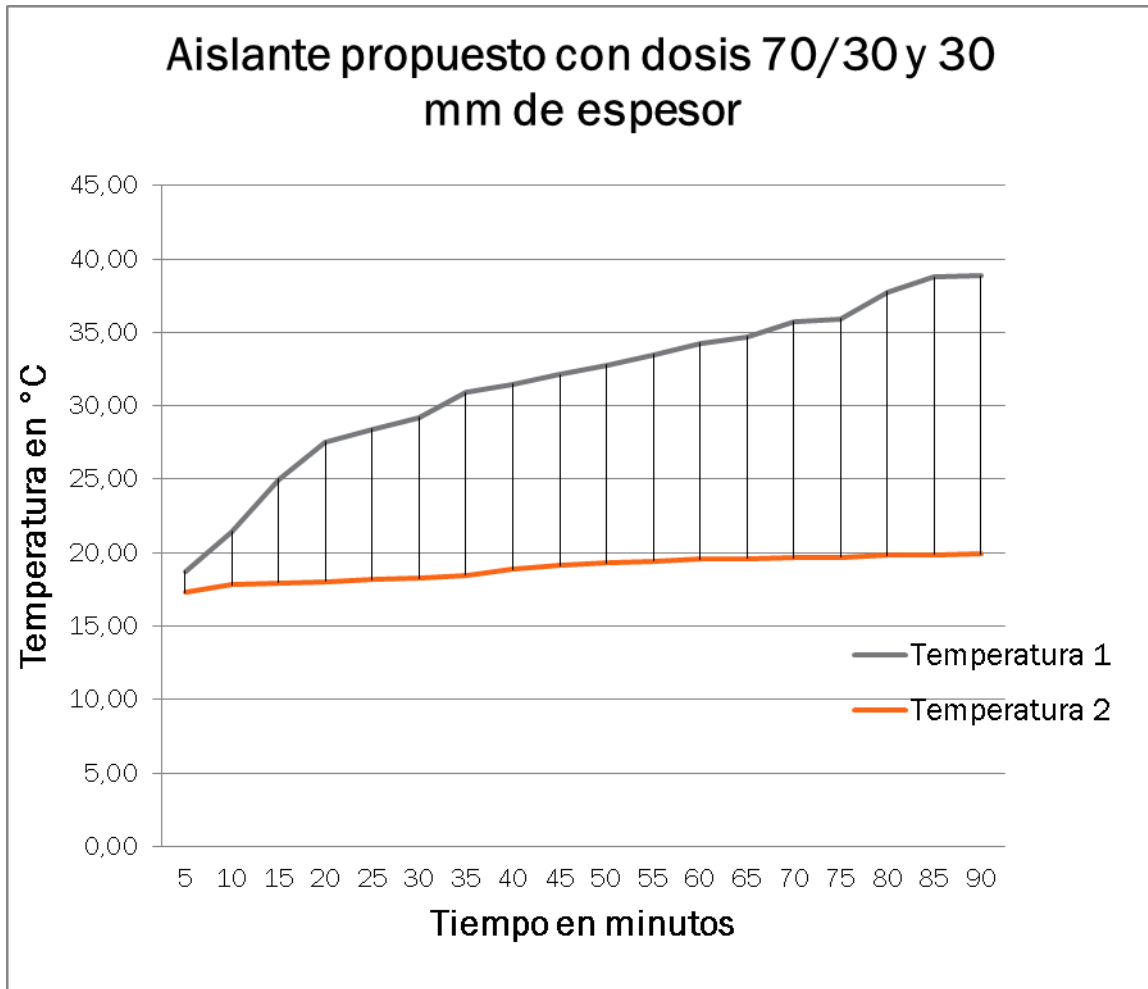


Figura 5.3.5.2- Gráfico de ensayo aislamiento térmico del aislante (70/30) y 30mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación podemos ver el ensayo extendido a 90 minutos considerando probar una aislación que llegue al régimen entre la temperatura exterior de la cámara que se encuentra expuesta al ambiente vs la temperatura interior de la cámara que se encuentra expuesta a la emisión de calor.

Podemos apreciar que durante el ensayo del aislante con dosis 70/30 y espesor de 30 mm logra entrar en régimen a los 85 minutos teniendo un diferencial de temperatura de 18.88 °C, no obstante el ensayo termina a los 90 minutos y su diferencial de temperatura termina con 18.92 °C, y por lo que se puede apreciar en la curva de temperatura interior dentro de la cámara pasa de ser una curva ascendente a una curva constante debido a que el aumento de temperatura es prácticamente irrelevante en los últimos 2 puntos de la figura 5.3.5.2.

Se puede determinar que el ensayo del aislante con dosis 70% filtros y 30% adhesivo de almidón de maíz y con espesor de 30 mm tiene una capacidad de aislación térmica de 18.92 °C.

5.3.6.1 Ensayo térmico y análisis de poliestireno expandido de 30mm de espesor

Poliestireno Expandido DE 30 MM DE ESPESOR			
	Temperatura 1	Temperatura 2	POLIESTIRENO EXPANDIDO 30 MM
5	19,97	18,67	1,30
10	21,04	19,23	1,81
15	23,56	19,94	3,62
20	29,21	21,28	7,93
25	30,15	21,39	8,76
30	34,39	21,78	12,61
35	35,00	22,15	12,85
40	36,30	23,05	13,25
45	37,12	23,73	13,39
50	38,75	24,72	14,03
55	39,98	25,63	14,35
60	41,24	26,79	14,45
PROMEDIO	32,23	22,36	9,86

Tabla 5.3.6.1- Resultados ensayo aislación térmica del Poliestireno expandido 50mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

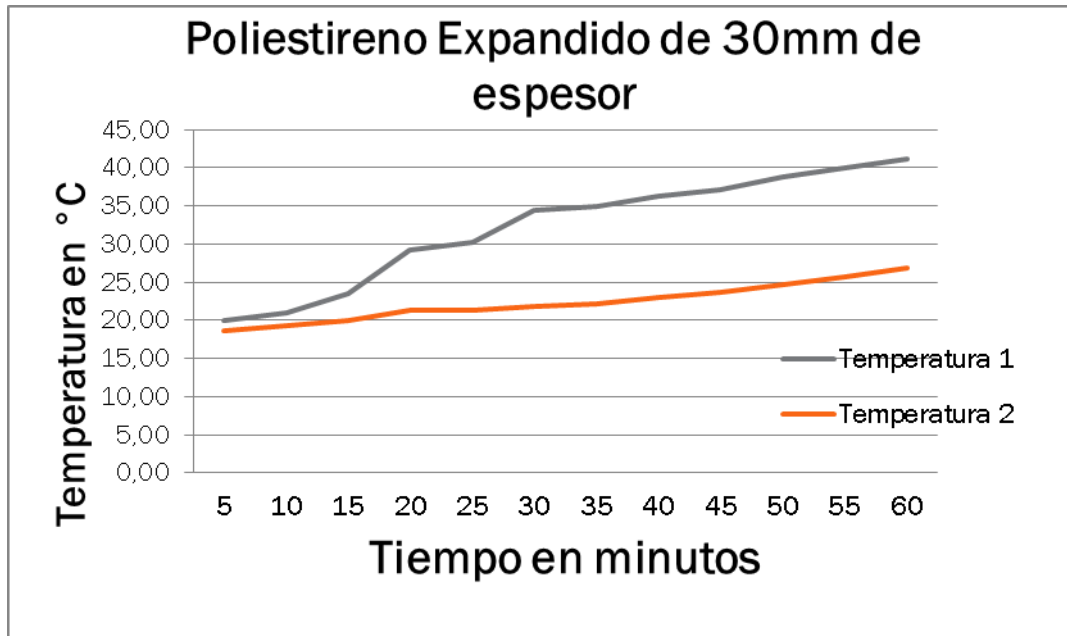


Figura 5.3.6.1- Gráfico de ensayo aislamiento térmica del Poliestireno expandido 30mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En el gráfico podemos ver el eje de coordenadas “Y” que representa la temperatura en grados Celsius y podemos ver el eje de coordenadas “X” el cual representa 12 valores de tiempo representados en la tabla de 5 a 60 minutos. La nomenclatura que tiene el ensayo es la siguiente:

T1 (interior): temperatura que recibe el aislante que está dentro de la cámara y está expuesta a una fuente de calor.

T2 (exterior): temperatura por la cara de atrás del aislante que no recibe emisión de calor.

“Y”: gráfico en eje y con valores de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.

“X”: gráfico en eje x que refleja el tiempo en segundos resumidos.

El gráfico muestra que en un principio el espacio de la cámara donde se encuentra la fuente de calor tiene una temperatura de 19,97°C y al final de la prueba este alcanza 41,24°C y que la cara que no está expuesta a la fuente de calor solo alcanza 26,79°C en el mismo instante. Finalizando el ensayo del Poliestireno Expandido de 30mm con un diferencial de temperatura de 14,45 °C.

5.3.6.2 Ensayo térmico y análisis de poliestireno expandido de 30mm de espesor durante 90 minutos

AISLAPOL DE 30 MM DE ESPESOR			
	Temperatura 1	Temperatura 2	aislapol 30mm
5	19,97	18,67	1,30
10	21,04	19,23	1,81
15	23,56	19,94	3,62
20	26,32	21,28	5,04
25	28,97	21,39	7,58
30	31,03	21,78	9,25
35	32,65	22,15	10,50
40	33,49	22,75	10,74
45	34,12	22,89	11,23
50	35,74	23,41	12,33
55	37,61	23,87	13,74
60	38,58	24,97	13,61
65	40,17	25,08	15,09
70	41,31	26,2	15,11
75	43,24	26,82	16,42
80	43,44	26,97	16,47
85	43,52	27,01	16,51
90	43,56	27,04	16,52

Tabla 5.3.6.2- Resultados ensayo aislación térmica del poliestireno expandido 30mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

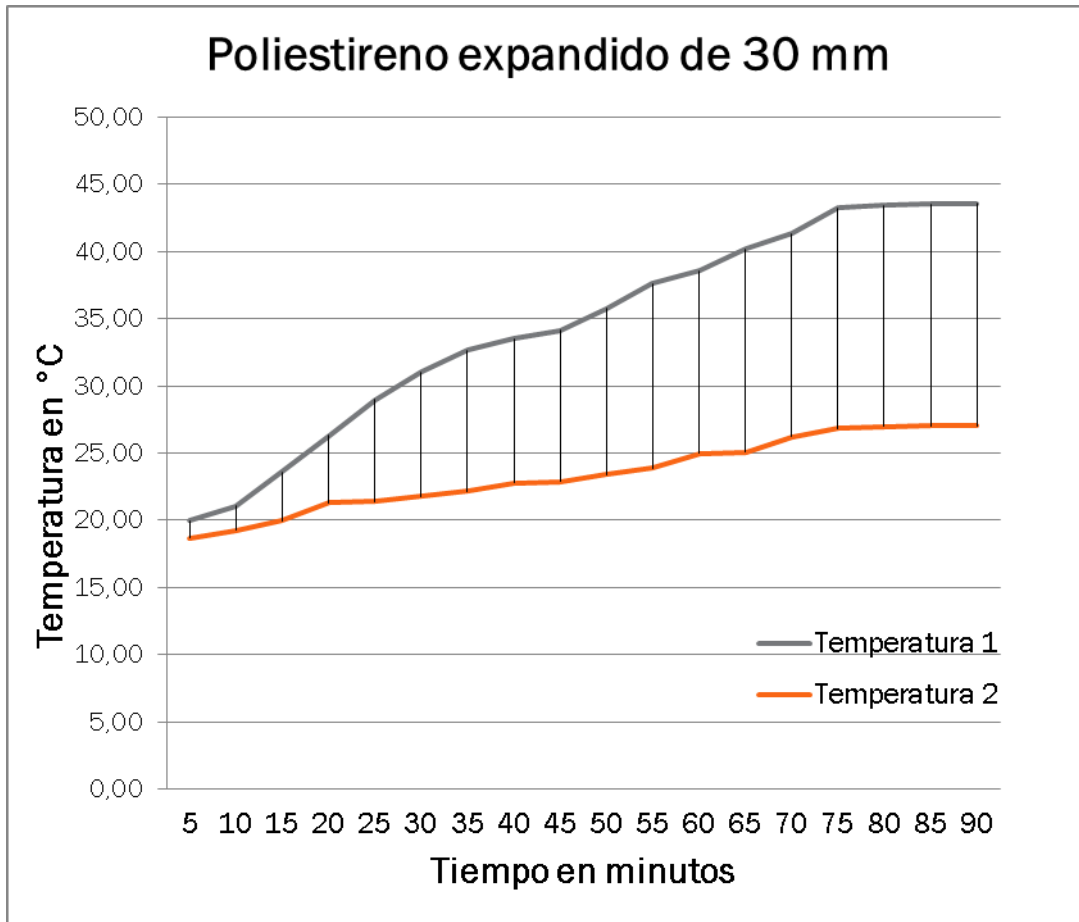


Figura 5.3.6.2- Gráfico de ensayo aislamiento térmico del Poliestireno expandido 30mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación podemos ver el ensayo extendido a 90 minutos considerando probar una aislación que llegue al régimen entre la temperatura exterior de la cámara que se encuentra expuesta al ambiente vs la temperatura interior de la cámara que se encuentra expuesta a la emisión de calor.

Podemos apreciar que durante el ensayo del aislante de Poliestireno Expandido de 30mm de espesor logra entrar en régimen a los 75 minutos teniendo un diferencial de temperatura de 16.42 °C, no obstante el ensayo termina a los 90 minutos y su diferencial de temperatura termina con 16.52 °C, y por lo que se puede apreciar en la curva de temperatura interior dentro de la cámara, pasa de ser una curva ascendente a una curva constante debido a que el aumento de temperatura es prácticamente irrelevante en los últimos 4 puntos.

Se puede determinar que el ensayo del aislante de Poliestireno Expandido espesor de 30 mm tiene una capacidad de aislación térmica de 16.52 °C.

5.4 Ensayo para determinar las propiedades acústicas del aislante

Para el ensayo se utilizó la misma cámara aisladora utilizada en el ensayo térmico para la realización de este experimento, donde se utilizó un woofer Logitech para la emisión del sonido, los cuales fueron instalados en un extremo de la cámara a 1,20m del panel. En el otro extremo de la cámara a 1,20 m se instaló el Xplorer GLX, con su respectivo sensor de sonido como se muestra en la figura 5.4.1.



Figura 5.4.1: XPLORER GLX con PASSPORT de sonido a 120 cm del aislante.

Fuente: Elaboración propia 2017

La NCh 2786 establece que la distancia ideal entre los parlantes y el aislante a ensayar debe ser de 1,2mts y establece los rangos de frecuencia que se deben utilizar, para poder realizar los ensayos acústicos.

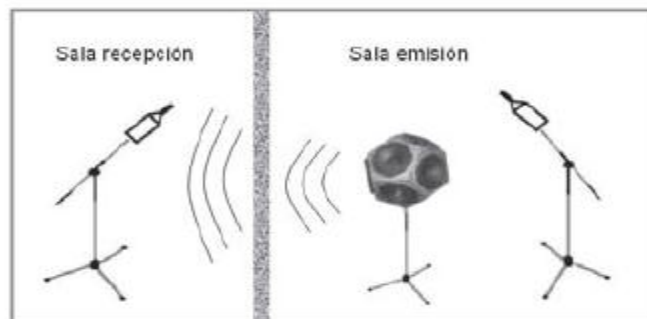


Figura 5.4.2.- Montaje para toma de traspaso de sonido.

Fuente: MINVU 2013.



Figura 5.4.3.- Montaje de aislante a 120 cm del emisor y receptor.

Fuente: Elaboración propia 2017.



Figura 5.4.4.- Emisor de sonido ubicado en altura dentro de la cámara aislada.

Fuente: Elaboración propia 2017.

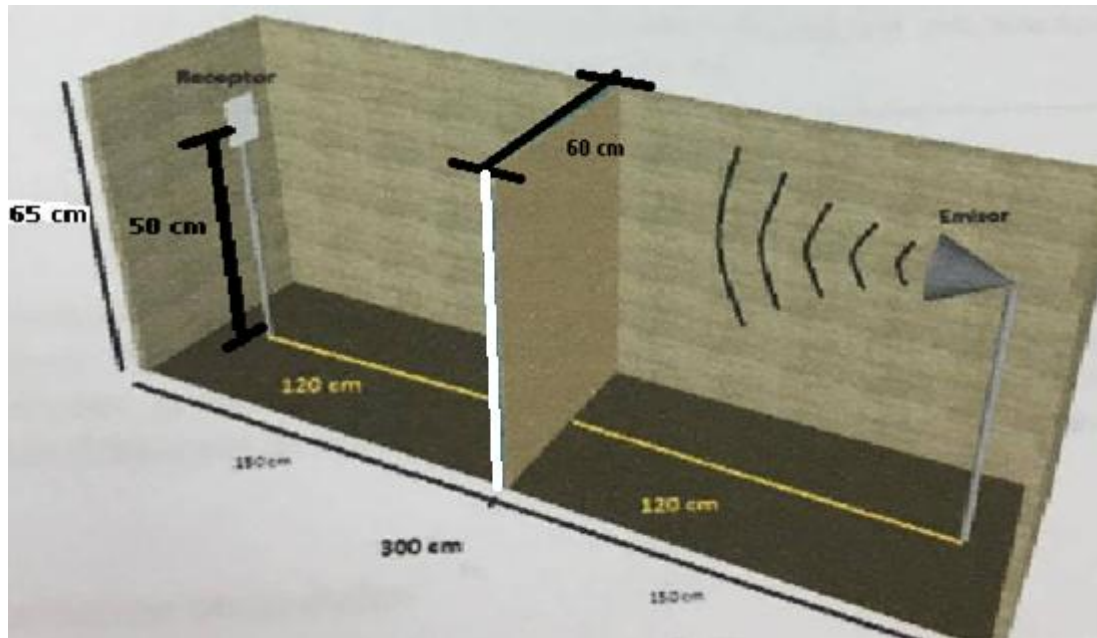


Figura 5.4.5.- Figura tipo de emisor de sonido ubicado en altura dentro de la cámara aislada y receptor del sonido.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Las frecuencias a emitir corresponden a bandas de octava, las cuales van desde los 100 Hz hasta los 5000 Hz. Estas fueron generadas mediante un software llamado "Audacity", instalado en el ordenador y se transmitieron por periodos de tiempo de 30 segundos, los datos de estas frecuencias fueron registradas ocupando el software "PASCO Caspone".

Bandas de octavas (Hertz)					
100	125	160	200	250	315
400	500	630	800	1000	1250
1600	2000	2500	3150	4000	5000

Tabla 5.4.1- Frecuencias de octavas.

Fuente: NCh 2786 of 2002.

Para el ensayo se debe medir la intensidad sonora dentro de la cámara sin el aislante en su interior, luego se instala los 2 tipos de aislantes propuesto con sus respectivas probetas mencionadas anteriormente en su interior y luego el aislante que se quiere comparar que en este caso es el aislapol. Con los datos obtenidos, se establecerán parámetros comparativos de aislación acústica, para determinar las propiedades acústicas de los aislantes. Los datos registrados en el ensayo acústico se pueden observar a continuación en la siguiente tabla.

**Cuadro de aislantes con sus respectivos db obtenidos por el ensayo
Tabla 5.4.2**

	sin aislante en la cámara	aislante de 30mm(50y5 0)	aislante 50mm(50y5 0)	aislante 30mm(70/30)	aislante 50mm(70/30)	aislapol 30 mm	aislapol 50 mm
100	96,3	79,8	76,2	88,8	82,3	84,8	82,8
125	99,8	80,3	78,2	85,2	80,7	88,7	86,7
160	91,8	82,8	75,1	84,2	81,3	81,4	72,5
200	93,1	83,2	80,5	85,7	82,2	75,3	73,2
250	91,9	88,2	87,1	86,2	83,1	88,2	86,3
315	100,3	88,6	75,2	88,6	84,8	84,8	79,5
400	99,2	88,8	72,1	88,8	87,2	85,2	78,1
500	103,5	90,5	87	90,5	83,9	84,9	73,1
630	94,2	88,3	84,9	89,3	88,9	85,7	84,3
800	97	89,3	81,6	80,9	77,5	83	82,5
1000	86,1	80,2	77	78,9	75,4	73,1	72,2
1250	87	74,1	71,5	72,3	71,2	75,7	71,5
1600	98,8	82,6	79,5	79,5	77,4	80,6	77,1
2000	99,7	84,2	81,3	82,2	76,5	81,8	79,4
2500	97,3	92,3	86,3	87,7	79,3	81,7	80,6
3150	83,2	79,2	77,1	73,2	70,3	73,7	71,2
4000	95,3	81,8	77,8	79,5	71,2	77,8	73,9
5000	88,2	71,2	70	71,2	70	70	70

Tabla 5.4.2: Tabla de datos recopilados por los primeros ensayos acústicos.
Fuente: Elaboración propia 2017.

Diferencial acústico entre Db sin aislante con respecto a los de comparación					
aislante de 30mm(50y50)	aislante 50mm(50y50)	aislante 30mm(70/30)	aislante 50mm(70/30)	aislapol 30 mm	aislapol 50 mm
16,5	20,1	7,5	14	11,5	13,5
19,5	21,6	14,6	19,1	11,1	13,1
9	16,7	7,6	10,5	10,4	19,3
9,9	12,6	7,4	10,9	17,8	19,9
3,7	4,8	5,7	8,8	3,7	5,6
11,7	25,1	11,7	15,5	15,5	20,8
10,4	27,1	10,4	12	14	21,1
13	16,5	13	19,6	18,6	30,4
5,9	9,3	4,9	5,3	8,5	9,9
7,7	15,4	16,1	19,5	14	14,5
5,9	9,1	7,2	10,7	13	13,9
12,9	15,5	14,7	15,8	11,3	15,5
16,2	19,3	19,3	21,4	18,2	21,7
15,5	18,4	17,5	23,2	17,9	20,3
5	11	9,6	18	15,6	16,7
4	6,1	10	12,9	9,5	12
13,5	17,5	15,8	24,1	17,5	21,4
17	18,2	17	18,2	18,2	18,2

Tabla 5.4.3: Tabla de datos recopilados por los primeros ensayos acústicos.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Como se puede apreciar en los datos de la tabla los aislantes propuestos, reducen la fuerza de la energía sonora emitida en las distintas frecuencias, es decir se aprecia una reducción acústica en los aislantes de 30mm y de 50mm de espesor en comparación al ensayo realizado cuando no se encuentra ningún aislante dentro de la cámara aislada.

5.4.1 gráfico y análisis de aislantes con dosis 50/50 vs aislapol de 30mm y 50mm

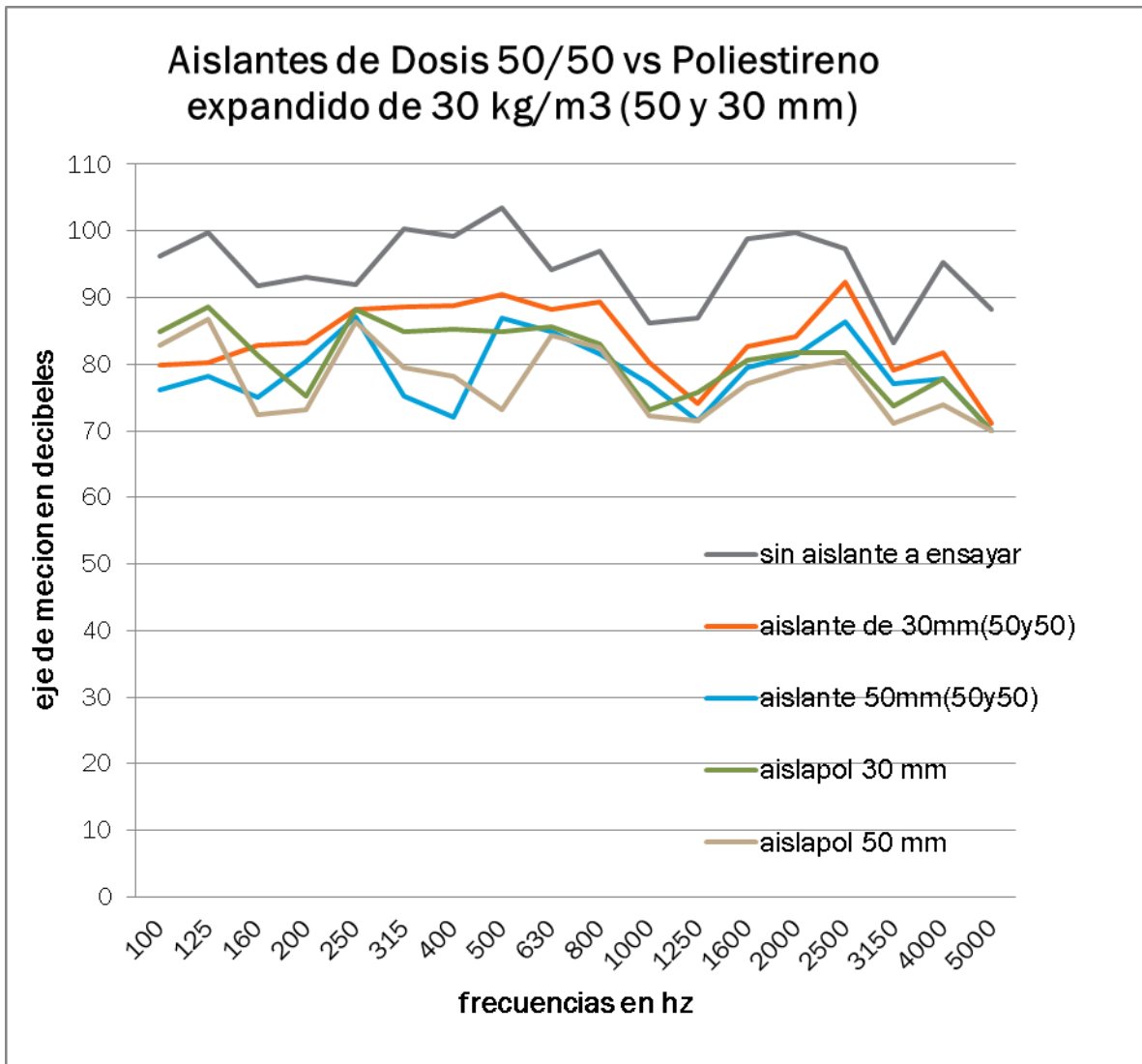


Figura 5.4.1.1- Grafico entre aislantes de 50mm y 30 mm con dosis 50/50 vs aislapol de 50 y 30 mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En este ensayo se involucró los aislantes con dosis de 50/50 y se compararon con otro aislante del mercado que fue el poliestireno expandido con 30 kg/m³ de densidad en ambos espesores de 50 mm y 30mm.

En la figura 5.4.1 se puede observar que en los espesores de 30mm que en las frecuencias muy graves, es decir, en los 100 y 125, el aislante propuesto tiene mayor

reducción acústica con respecto al poliestireno expandido, luego a los 160 Hz se logra observar que el comportamiento acústico es similar. A continuación se observa que a lo largo de todas las frecuencias entre los 160Hz hasta los 1250 Hz el aislante propuesto de 30 mm y dosis 50/50 tiene menor reducción acústica que el poliestireno expandido de 30 mm de espesor, hay puntos de gran relevancia como en las frecuencia 200 Hz que el diferencial acústico es considerable a diferencia de los demás puntos teniendo una primera perspectiva que el aislante en dicha frecuencia no tiene buenas cualidades de aislación acústica. En el resto de las frecuencias entre los 1250 y los 5000 Hz estos aislantes tienen un comportamiento bastante similar, no obstante se puede observar que en los puntos de frecuencias de 2500 Hz los 2 aislantes tienen la misma capacidad de aislación acústica y la cual es bastante inferior respecto al resto de frecuencias que fueron medidas, otro punto que es relevante destacar es en la frecuencia 3150 y 5000 Hz donde se puede apreciar que los dos aislantes tienen la misma capacidad de reducción acústica y es bastante superior al resto de las frecuencias. Podemos determinar con respecto a esto que en los 2500 Hz los aislantes analizados no tienen una buena capacidad de aislación acústica en cambio en frecuencias muy agudas como en los 3150 y 5000 Hz el aislante propuesto de 30mm de espesor y el poliestireno expandido de 30 mm de espesor poseen una capacidad de reducción acústica mayor con respecto al comportamiento que se puede observar en el resto de las frecuencias.

Volviendo al aislante de dosis 50/50 y espesor de 50mm tiene mayor reducción acústica en las frecuencias graves, es decir, entre los 100 Hz y los 125 Hz, luego el aislante a los 160 Hz mantiene similares propiedades de aislación acústica al igual como se pudo observar en los aislantes de 30 mm de espesor. A continuación entre las frecuencias de 160 Hz y 315 Hz el aislante propuesto disminuye sus propiedades de aislación con respecto poliestireno expandido, pero en los tramos de frecuencias de 500 y 830 vuelve a tener menor aislación acústica que el poliestireno expandido de 50 mm de espesor y en el resto del ensayo, en las frecuencias altas mantiene un diferencial acústico muy similar y prácticamente superior hasta que al final del ensayo se logra obtener la igualdad, pero hay dichas frecuencias como en los 2500 Hz que el aislante tiene la misma capacidad de reducción acústica que el poliestireno expandido de 50 mm y la cual es bastante inferior con respecto al resto de las frecuencias por otra parte se tiene los puntos donde las frecuencias son 3150 y 5000 Hz donde la capacidad de reducción acústica es bastante importante con respecto al resto de las frecuencias.

5.4.2 gráfico y análisis de aislantes con dosis 70/30 vs aislapol de 30mm y 50mm

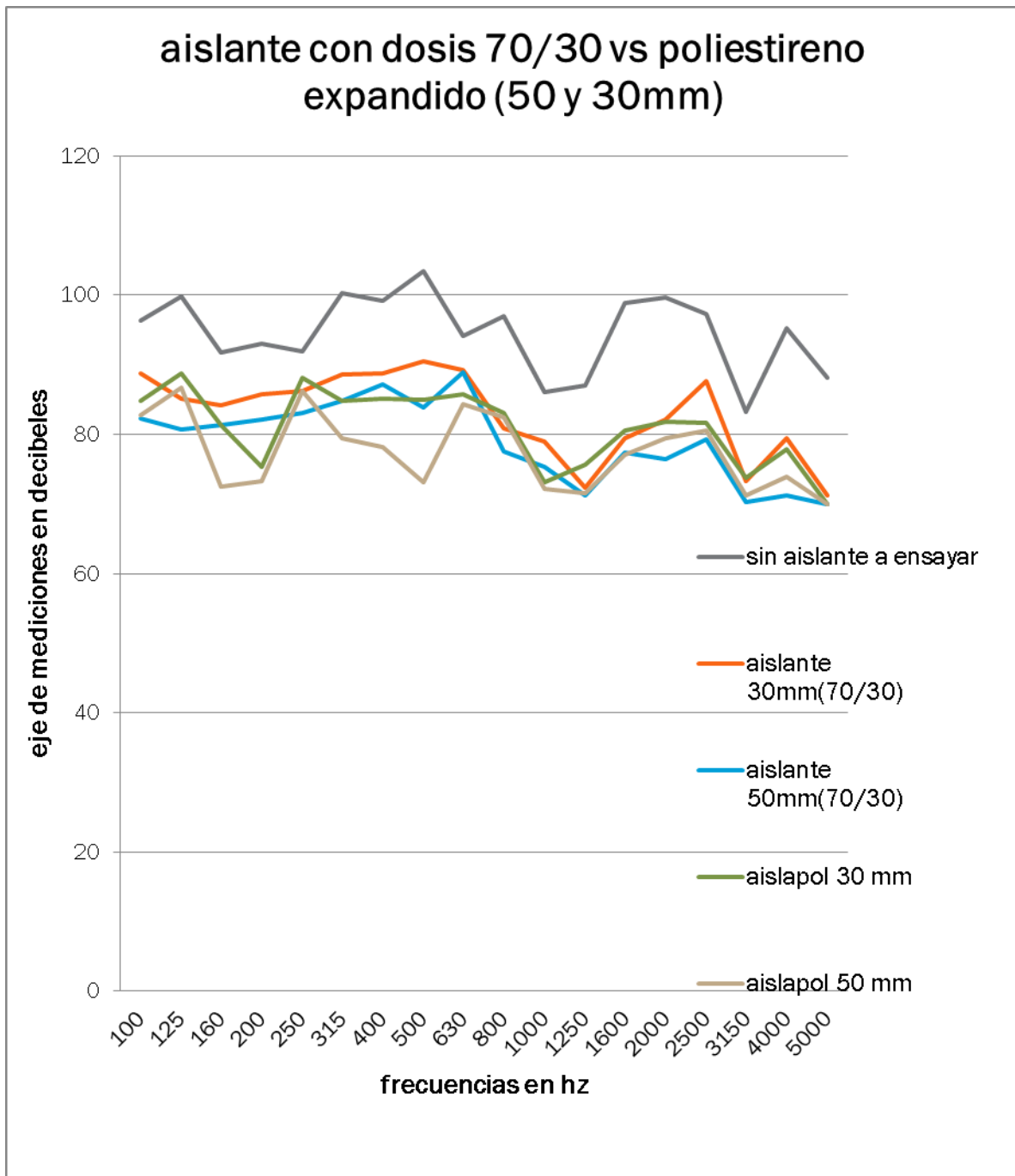


Figura 5.4.2.1- Grafico entre aislantes de 50mm y 30 mm con dosis 70/30 vs aislapol de 50 y 30 mm.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En este ensayo se involucró los aislantes con dosis de 70/30 y se compararon con otro aislante del mercado que fue el poliestireno expandido de 30 kg/m³ en ambos espesores de 50 mm y 30mm. En la figura 5.4.2.1 se puede observar que en los espesores de 30mm que en las frecuencias bajas es decir entre los 100 Hz, 125Hz y 160 Hz el aislante propuesto posee deficientes propiedades de aislación acústica en la frecuencia de 100 Hz con respecto al aislante aislapol de 30 mm de espesor, luego en las otras 2 frecuencias se puede apreciar una reducción acústica con respecto al poliestireno expandido de 30 mm de espesor. Posteriormente en las frecuencias 200 Hz hasta la frecuencia 800 Hz el aislante propuesto nuevamente tiene menores prestaciones de aislación acústica que el poliestireno expandido de 30 mm de espesor. A medida que avanzan las frecuencias se puede observar que tiene un comportamiento bastante homogéneo salvo en las frecuencias 1250 Hz que el poliestireno tiene mayor capacidad de reducción acústica y en la frecuencia de 1600 Hz el aislante propuesto tiene mayor capacidad de aislación acústica.

Para los espesores de 50 mm podemos interpretar que entre las frecuencias bajas como en los 100 Hz y 125 Hz el aislante propuesto tiene mayor aislación acústica que el poliestireno expandido teniendo en consideración que en estas 2 frecuencias el poliestireno expandido con espesor de 50 mm es muy inferior llegando a tener menores prestaciones de aislación acústica que el aislante propuesto con espesor de 30 mm y dosis 70/30 en la frecuencia de 125 Hz. Podemos observar en la figura 5.4.2 que entre las frecuencias 200 Hz y 1600 Hz el poliestireno expandido posea mayor capacidad de aislación acústica salvo en las frecuencias 315 Hz y 1000 Hz que el aislante propuesto se comporta mejor que el poliestireno expandido.

En el resto de frecuencias se puede observar que el aislante propuesto con dosis 70/30 y espesor de 50 mm tiene mejor aislación acústica sobre todo en las frecuencias 2500 Hz y 4000 Hz.

5.4.3 Gráfico y análisis de aislantes con espesor de 30 mm

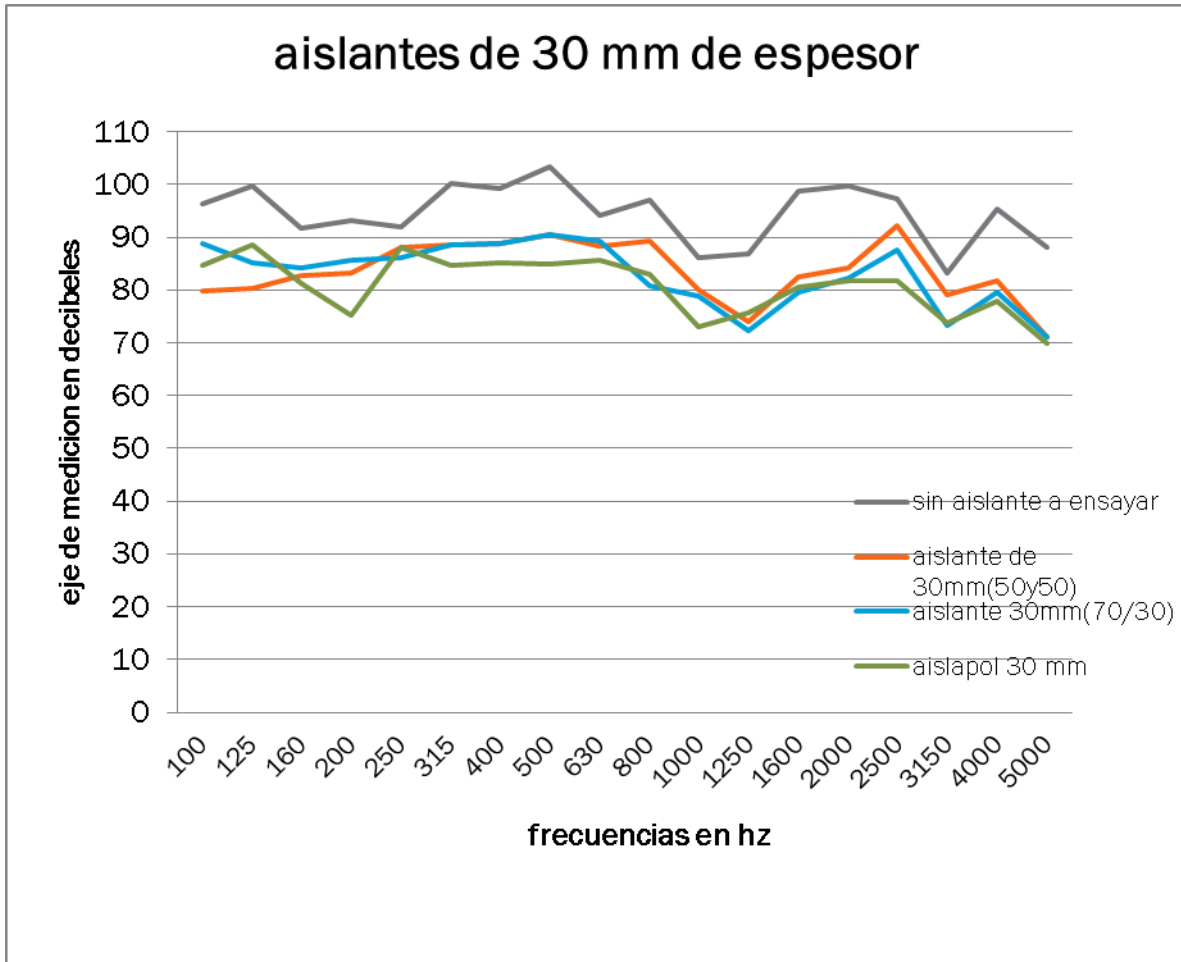


Figura 5.4.3.1- Gráfico entre aislantes de 30mm vs sin aislante

Fuente: Elaboración propia 2017.

De la figura 5.4.3.1 podemos ver las curvas de comportamiento de los aislantes con dosis 70/30 (espesor 30mm), dosis 50/50 (espesor 30 mm) y el aislante de comparación que es el aislapol de 30 mm.

Podemos ver que en la figura 5.4.3.1 el aislante con dosis 50/50 se comporta apropiadamente en las frecuencias graves que son entre los 100 Hz y 160 Hz luego mantiene un comportamiento acústico muy inferior con respecto al poliestireno expandido en los 160Hz, 200 Hz y los 1600 Hz. Entre los 1600 y los 5000 se puede apreciar en la figura 5.4.3 que el aislante mantiene un comportamiento bastante similar los otros aislantes de comparación.

Volviendo a la figura 5.4.3.1 podemos ver que el aislante con dosis 70/30 tiene un comportamiento acústico inferior que los otros aislantes de comparación que aparecen en el gráfico, solo entre las frecuencias 630 Hz y 1600 Hz aumenta su capacidad de aislación pero luego mantiene su deficiencia acústica en comparación a los otros aislantes del gráfico, salvo entre la frecuencia 1600 y 2000 aumenta su comportamiento acústico con respecto al aislapol y al aislante con dosis 50/50.

Cabe destacar 4 puntos de la figura 5.4.3.1:

- 2500 Hz donde se puede apreciar que los 3 aislantes poseen deficientes prestaciones de aislación acústicas obteniendo un diferencial acústico aproximadamente de 5 Db.
- 3150 Hz y 5000 Hz se puede observar que los tres aislantes poseen buenas prestaciones de aislación acústica.
- 4000 Hz se puede ver que al igual que en las otras 3 frecuencias los 3 aislantes poseen similar diferencial acústico, pero aun que tiene menores prestaciones acústicas que los 3 aislantes en las frecuencias 3150 y 5000 Hz, igual poseen buenas prestaciones acústicas.

5.4.4 Gráfico y análisis de aislantes con espesor de 50 mm.

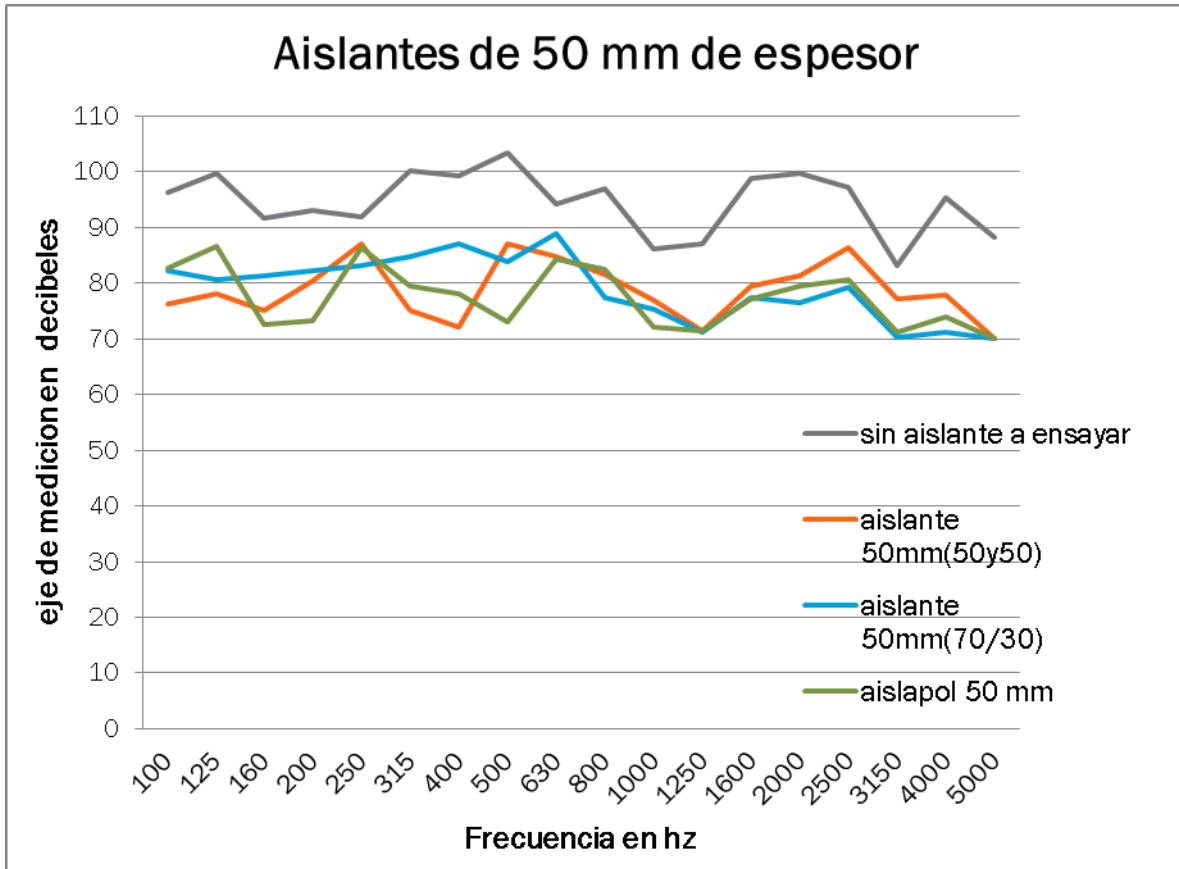


Figura 5.4.41.- Gráfico entre aislantes de 50mm con ambas dosis vs sin aislante.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Con respecto a los aislantes de 50 mm de espesor que se muestran en la figura 5.4.4.1, se puede apreciar que el aislante propuesto con dosis 50/50 tiene un comportamiento acústico favorable en las frecuencias bajas, es decir 100 Hz y los 400 Hz, salvo en ciertos puntos donde el poliestireno expandido tiene mejor aislación acústica como en las frecuencias 200 Hz y 500 Hz. Luego en el resto de frecuencias, que se consideran como frecuencias altas debido a que son más agudas, se puede observar que el aislante propuesto tiene un similar comportamiento con respecto a los otros aislantes, salvo en las frecuencias más agudas, es decir, entre los 2500 y 5000 el aislante propuesto tiene mejor aislación acústica con respecto a los otros 2 que se presentan en la figura 5.4.4.1 se puede apreciar que en las frecuencias 2000 Hz y 3150 Hz los aislantes tienen el mismo comportamiento acústico para esas frecuencias. También se observa que dos de los tres aislantes de la figura 5.4.4 tiene el mismo comportamiento acústico para las frecuencias 2.500 Hz y 4.000 Hz.

5.4.5 Gráfico y análisis todos los aislantes

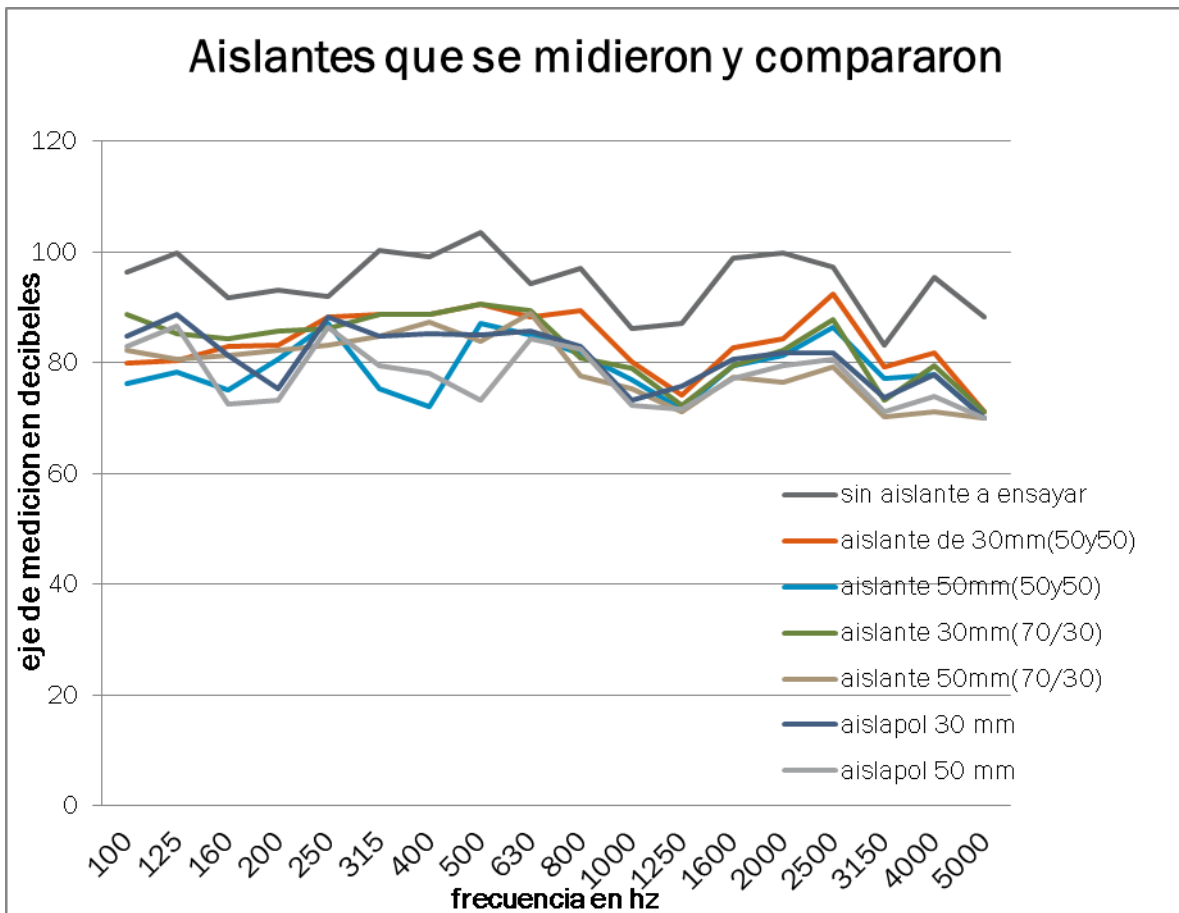


Figura 5.4.5.1- Grafico entre todos los aislantes menos los de comparación.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En esta figura 5.4.5.1 vemos todos los aislantes que se compararon salvo los aislantes del mercado que vendrían siendo el poliestireno expandido de 30 kg/m³ de 50 mm y 30 mm.

Se puede mencionar con respecto a todas las figuras mostradas con anterioridad que el aislante con dosis 50/50 y con un espesor de 50 mm tendría un mejor comportamiento frente a la aislación acústica con respecto a todos los demás aislantes analizados y ensayados en las frecuencias 100 a 200 Hz, 315 a 630 Hz, 2000 y 2500 teniendo muy buenas prestaciones en frecuencias bajas y similares prestaciones en frecuencias altas con respecto a los otros aislantes que se compararon en la figura 5.4.5.1.

Otro análisis importante a destacar es el comportamiento estacionario en cada una de las frecuencias ya sea en las frecuencias bajas, medias y altas, estos distintos tipos de

aislantes tuvieron diferentes recorridos con respecto a la aislación (en decibeles) durante el ensayo de aislación acústica.

Como se puede observar en frecuencias bajas el aislante con mejor aislación acústica es el con dosis 50/50 y de 50 mm de espesor debido a que este posee mayor densidad que el otro tipo de aislante con dosis 70/30, sucede lo mismo en el otro tipo de espesor de 30 mm. Esto se debe a que dentro del aislante con dosis 50/50 hay menor cantidad de aire debido a la menor cantidad de filtros incorporados dentro del aislante, esto provoca que al impactar la onda sonora contra el aislante en ensayo tenga una mayor refracción a la onda y esta pueda disiparse.

Debido a las frecuencias medias se puede observar que los dos tipos de aislantes comienzan a tener un diferencial acústico homogéneo por lo que se puede deducir que a mayor frecuencia el aislante con dosis 70/30 comienza a mejorar sus prestaciones debido a que a mayor frecuencia la longitud de onda comienza a disminuir por ende la onda sonora comienza a reducir su intensidad de impacto y los aislantes que contienen en su interior materiales de baja densidad y son recomendables para mejorar la aislación acústica en sectores con sonidos más agudos por ende con frecuencias más altas el aislante que presenta mejores prestaciones es el con dosis 70/30 lo cual afecta directamente con la disipación que tendrá el aislante debido que al contener 70 % de filtros de acetato de celulosa ocasiona que el aislante contenga una gran cantidad de material poroso en su interior lo cual mejora las prestaciones acústicas en frecuencias altas con sonidos más agudos.

Por lo que es recomendable para mejorar las prestaciones acústicas que el aislante sea elaborado por capas superficiales densas y en su interior contenga una capa de baja densidad y con alta porosidad.

5.4.6 Análisis de los aislantes ensayados con respecto a los tipos de sonidos emitidos en las distintas frecuencias.

FRECUENCIAS	TIPO DE SONIDO
100-200	Refrigerador, Microondas, Bajos de instrumento.
250-500	Llave de agua, Perro ladrando, Cortadora de pasto, Moto sierra, Refrigerador congelando, Cango.
500-1000	Librería, Conversación Masculina, Enceradora, Banda musical, Niño llorando, Piano o teclado, Disparo Escopeta.
1000-1600	Conversación Femenina, Reproductor de música portátil, Disparo de Pistola, micros y camiones en movimiento.
1600-2000	Reloj despertador, Pulidora, Teléfono Sonando, Avión en espacio aéreo, autos en movimiento
2000-2500	Pájaros Cantando, Niños jugando, Ruido de viento
2500-5000	Helicóptero en espacio aéreo, Grillos, Motocicleta tipo alta velocidad, autos a alta velocidad.

Tabla 5.4.6: Cuadro de sonidos emitidos para las distintas frecuencias.
Fuente: Elaboración propia Basada en Tabla de Sara Neumann 2017.

Podemos ver aquí en la tabla 5.4.6 que los distintos sonidos que se pueden encontrar en el mundo cotidiano para poder comparar y analizar los distintos sonidos, con los aislantes que fueron ensayados en esta investigación. A primera vista para frecuencias bajas como entre los 100 y 200 Hz podemos ocupar nuestros aislantes en ambos espesores y en ambos tipos.

Para la segunda, tercera, cuarta y quinta fila de clasificación de sonidos ((250 -500) Hz, (500-1000) Hz, (1000-1600) Hz, (1600-2000) Hz)) no sería recomendable ocupar los aislantes propuestos ya que para esos tipos de frecuencias casi todos los aislantes propuestos obtuvieron deficientes prestaciones acústicas con respecto al poliestireno expandido ocupado en los ensayos. En el resto de filas, es decir, entre los 2000-2500 Hz y los 2500-5000 Hz podemos utilizar los aislantes propuestos salvo en los sonidos que se emitan con frecuencia de 3150 Hz, ya que en dicha frecuencia como se pudo ver en los análisis de los gráficos todos los aislantes estudiados obtuvieron deficientes prestaciones de aislación acústica salvo el aislante con dosis 50/50 y espesor de 50 mm de espesor que obtuvo una buena aislación acúsica en frecuencias bajas y el aislante con dosis 70/30 con espesor de 50 mm en frecuencias altas.

5.5 Desarrollo de ensayo ignifugo según Norma Española UNE 23-725-90

Para poder determinar las cualidades ignifugas del aislante y además si estas son superiores al aislante de uso común se realizaron ensayos a los 6 tipos de aislantes, bajo las mismas condiciones para obtener datos que fueron comparados además de su clasificación.

Se utilizó como referencia la Norma Española UNE 23-725-90. Para su clasificación se realizó con la clasificación Europea de reacción al fuego de los materiales según RD 312/2005 y la Norma UNE-EN 13501. EUROCLASES.

Las clases son A1, A2, B, C, D, E, F que se definen de esta forma:

A1: No Combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego

A2: No Combustible. Sin contribución en grado menor al fuego

B: Combustible. Contribución muy limitada al fuego

C: Combustible. Contribución limitada al fuego

D: Combustible. Contribución media al fuego

E: Combustible. Contribución alta al fuego

F: Sin clasificar

Cuando se da comienzo al ensayo, una vez que la llama proveniente del soplete alcance una temperatura de 300°C donde se procede a colocar las probetas a una distancia de 8 a 10 cm de la boquilla del soplete. Luego de ello se da paso a colocar el cronometro por 5 minutos que dura el ensayo según la norma española como se muestra en la figura 5.5.1 y 5.5.2.

También existe una nomenclatura o clasificación de carácter obligatorio en la mayoría de las clases a pesar de que alguna de ellas pueda quedar excluida de la clasificación adicional. Los conceptos a considerar son: emisión de los humos, "s" (smoke) con denominación "s1", "s2", "s3", para baja, media o alta emisión de humos (incorpora los conceptos de velocidad de propagación y producción total de humos), caída de gotas o partículas inflamadas, "d" (drop) con denominación "d0", "d1", "d2", para nula, media o alta caída de gotas o partículas inflamadas.

5.5.1 desarrollo de ensayo ignifugo según Norma Española UNE 23-725-90 y posterior análisis de resultados



Figura 5.5.1.- Ensayo ignifugo en aislante tipo 50/50 (de dosis).

Fuente: Elaboración propia 2017.



Figura 5.5.2.- Ensayo ignifugo en aislante tipo 70/30 (de dosis).

Fuente: Elaboración propia 2017.

Cuando se realizaron los ensayos a los aislante propuestos no existió aparición de llama luego de terminar el ensayo a los 5 min, pero al tratarse de un material no combustible con respecto al adhesivo de almidón de maíz pero si los filtros de acetato de celulosa se clásica con la letra “B” en ambos tipos de aislante (50/50 y 70/30), también se clasificará con un valor “S1” en ambos casos debido a la baja producción de humo y propagación del fuego ya que el adhesivo de almidón de maíz al estar elaborado a base de agua actúa como corta fuego en el aislante. Con respecto a la caída de gotas el aislante con dosis “70/30” se clasifica con la letra “d0” al no presenciar caída de gotas durante el ensayo pero en cambio en el aislante del otro tipo con dosis “50/50” se logra presenciar una baja caída de gotas, no inflamadas, pero gotas del adhesivo de almidón de maíz, esto se debe a que el producto es elaborado de agua en un 60% de su composición y al tener nuestro aislante de tipo 50/50(dosis) mayor cantidad de adhesivo de almidón de maíz al terminar el ensayo emitió una baja cantidad de gotas del producto por lo que se clasifica con la letra “d1”.

Teniendo en cuenta al aislante de aislapol se clasifico con la siguiente nomenclatura “F, S1, d2. Lo clasificamos con la letra “F” debido a que el aislante no alcanza a durar los 5 minutos del ensayo debido a que se derrite antes del tiempo de duración, se coloca la letra S1 debido a la baja producción de humo y por último la letra “d2” ya que al derretirse el material produce alta caída de gotas.



Figura 5.5.3.-Ensayo ignifugo en aislante tipo aislapol.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Entonces volviendo a nuestros aislantes la clasificación de estos es la siguiente: aislante de tipo 50/50 se denomina con la letra “B, S1, d1”, y el otro tipo de aislante del tipo 70/30 tiene una clasificación “B, S1, d0”, por lo que los aislantes propuestos tendrían la capacidad de ser utilizado en aislamiento térmico o para acondicionamiento acústico, para edificaciones protegidas contra el fuego.

CLASIFICACIÓN	Aislante dosis 70/30	Aislante dosis 50/50	poliestireno Expandido
A, B, C, D, E, F	B	B	F
S1 S2 S3	S1	S1	S1
d0 d1 d2	d0	d1	d2

Tabla 5.5.1.-clasificación de los aislantes ensayados.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.6 Cuadro de costos de la elaboración del aislante

En este cuadro de costos se ve reflejado el cómo se llevó a cabo la compra de materiales para realizar los aislante propuestos considerando un proceso artesanal en la elaboración de estos. Esto se hizo con el fin de llevar un control de los costos en la investigación y para así poder transformar a futuro la elaboración del producto a un proceso industrializado en la elaboración de los aislantes.

En las siguientes tablas 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3 y 5.6.4 se resumieron los materiales que se ocuparon en los aislantes de acuerdo a la dosificación que se utilizó en los aislantes que se elaboraron. En la tabla 5.6.5 se muestra los materiales necesarios para poder elaborar los moldes donde se diseñaron los aislantes propuestos.

Materiales para poder elaborar el aislante propuesto con dosis (50/50) (50 mm)				
Nombre	Unidad	Cantidad	p.u	Total
Molde tipo	Gl	1	722,5	722,5
Filtros	Gl	1	0	0
Adhesivo	Gl	1	1750	1750
		\$/aislante	total 100*50cm	2472,5

Tabla 5.6.1.- Cuadro de costos del aislante de tipo 50/50

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Materiales para poder elaborar el aislante propuesto con dosis 70/30 (50 mm)				
Nombre	Unidad	Cantidad	p.u	Total
molde tipo	Gl	1	722,5	722,5
Filtros	Gl	1	0	0
Adhesivo	Gl	1	1400	1400
		\$/aislante	total 100*50cm	2122,5

Tabla 5.6.2.- Cuadro de costos del aislante tipo 70/30

Fuente: Elaboración Propio 2017.

Materiales para poder elaborar el aislante propuesto con dosis 50/50 (30 mm)				
Nombre	Unidad	cantidad	p.u	total
Molde tipo	Gl	1	722,5	722,5
Filtros	Gl	1	0	0
Adhesivo	Gl	1	0,8	1050
		\$/aislante	total 100*50cm	1772,5

Tabla 5.6.3.- Cuadro de costos del aislante tipo 50/50 con espesor de 30 mm

Fuente: Elaboración Propio 2017

Materiales para poder elaborar el aislante propuesto con dosis 70/30 (30 mm)				
Nombre	Unidad	Cantidad	p.u	Total
Molde tipo	Gl	1	722,5	722,5
Filtros	Gl	1	0	0
Adhesivo	Gl	1	840	840
		\$/aislante	total 100*50cm	1562,5

Tabla 5.6.4.- Cuadro de costos del aislante tipo 70/30 y espesor 30 mm

Fuente: Elaboración Propio 2017.

Estas tablas representan los costos que tienen los aislante con dosis 50/50 y 70/30 teniendo en cuenta que el con dosis 50/50 es el costo más elevado ya que en este aislante se ocupa mayor cantidad de adhesivo de almidón de maíz

Molde tipo				
Nombre	Unidad	Cantidad	p.u	Total
Listones 2*3"	gl	1	1200	1000
Tornillos 1 1/4 "	gl	1	390	390
Tornillos 2 1/2"	gl	1	300	300
Placa de terciado	gl	1	900	1200
Total para ambos espesores y dosis				2890

Tabla 5.6.5.- Cuadro de costos para los materiales del molde tipo.

Fuente: Elaboración Propio 2017.

Otros costos asociados de materiales que se ocupan como aislantes en el mundo laboral de la construcción, como la lana mineral que cuesta 3700 \$/m² y el aislapol de varía entre 1900 y 2100 el m². Estos productos tienen las cualidades de ser ocupados en muros de tabiquería y en cielos en el entorno laboral de la construcción.

5.7 Análisis de Desempeño

En este análisis se consideraron los tres ensayos que se realizaron para poder generar un vínculo entre ellos y las probetas que se ensayaron, de tal manera este análisis de desempeño servirá para darle un enfoque más global a la investigación y a la fase del desarrollo de la experiencia.

Se consideraron diferentes parámetros, los cuales fueron vinculados con lo normativo de cada ensayo, para establecer rangos que puedan discernir qué tipo de probeta tiene una calificación de acuerdo a lo que se estableció según las normas. Para este análisis se consideraron las siguientes calificaciones del 1 hasta el 5, a continuación se explica qué significado tiene cada una de las calificaciones:

CALIFICACIÓN	RENDIMIENTO Y COMPARACIÓN CON LA NORMA
C 1	cuanto el aislante tiene un pésimo comportamiento y no cumple con lo normado.
C 2	cuanto el aislante tiene un pésimo comportamiento y no cumple con lo normado.
C 3	cuanto el aislante tiene un pésimo comportamiento y no cumple con lo normado.
C 4	cuanto el aislante tiene un pésimo comportamiento y no cumple con lo normado.
C 5	cuanto el aislante tiene un pésimo comportamiento y no cumple con lo normado.

Tabla 5.7- Cuadro de calificaciones

Fuente: Elaboración Propia 2017.

calificación de notas en base a parámetros normativos y conclusiones del investigador	muy mal(1)	mal(2)	regular(3)	bueno (4)	muy bueno (5)
---	------------	--------	------------	-----------	---------------

Tabla 5.7.b- Cuadro de calificaciones

Fuente: Elaboración Propia 2017.

Con respecto a los análisis gráficos que se mostrarán a continuación, en las figuras es posible observar la calificación que tienen los aislantes ideales. Dicha clasificación permitirá utilizar una propuesta de aislante para poder compararlo con el prototipo ideal, este prototipo ideal considero un transmitancia termica superior a la zona 7 que es la zona extrema de nuestro país. Estas calificaciones pueden ser de dos tipos, ya que ninguno

aislante posee las perfectas cualidades de aislación térmica y aislación acústica de manera eficiente y tener una excelente calificación.

A continuación se pueden ver un cuadro en la figura 5.7.C donde se muestran todas las zonas térmicas de nuestro país y sus respectivas transmitancia térmica para cada zona, en esta figura 5.7.C muestra muros, techumbres y pisos ventilados pero en la investigación nos interesa primordialmente los muros.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² 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 5.7.C- cuadro de zonas térmicas de nuestro país.

Fuente: Artículo 4.1.10 reglamentación térmica.

TRANSMISIÓN TÉRMICA	
U= (W/(M ² *K))	U ,TOTAL
aislante de 70/30 e=50 mm	1,57
aislante de 70/30 e=30 mm	2,61
aislante de 50/50 e=50mm	1,45
aislante de 50/50 e=30mm	2,42

Tabla 5.7.C. – Cuadro de aislantes ideales.

Fuente: Elaboración Propia 2017.

En la tabla 5.7.C se ve el resultado de la transmisión térmica de los 4 tipos de aislantes . Esto es debido a que el parámetro de la transmisión térmica en las 7 zonas del país fue considerado en las calificaciones de comparación entre los aislantes ideales y los aislantes propuestos .

	Aislante ideal 1	Aislante ideal 2
Aislación térmica	5	3
Aislación acústica	3	5
ensayo ignifugo	5	5
TOTAL	13	13
AREA TOTAL	7,16	7,16
%	100	100

Tabla 5.7.1 – Cuadro de aislantes ideales.

Fuente: Elaboración Propia 2017.

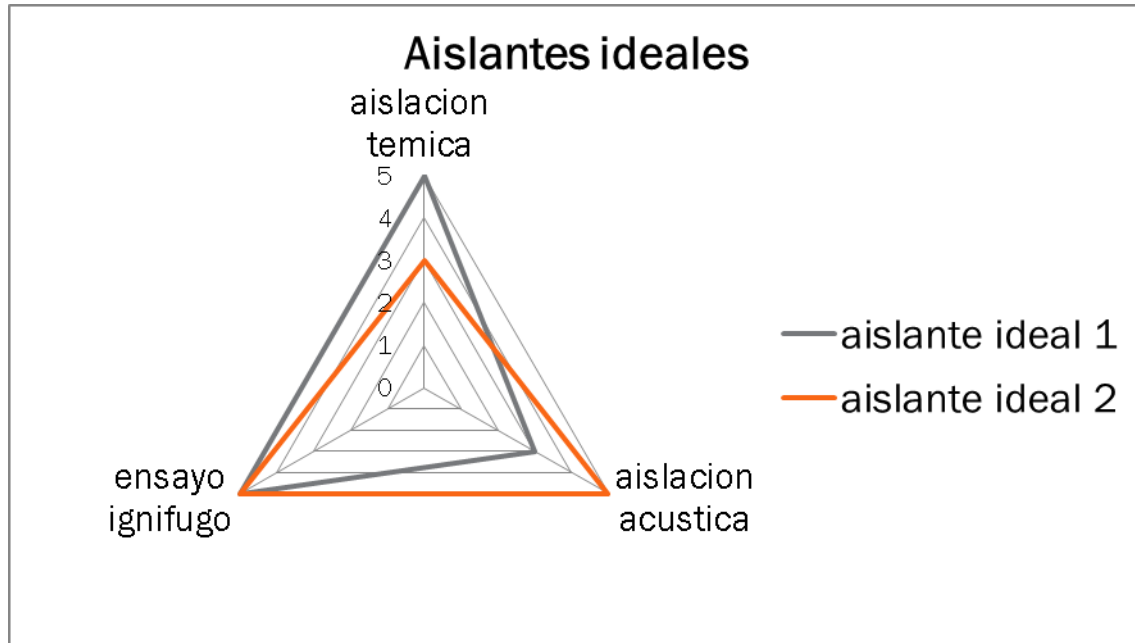


Figura 5.7.0-Gráfica radial de prototipos de aislantes ideales.

Fuente: Elaboración propia 2017.

De acuerdo al area ideal que generan estos dos prototipos de curvas que se muestran en la figura 5.7. El aislante ideal 1 presenta perfectas condiciones aislación térmica y de resistencia al fuego, pero regulares propiedades de aislación acústica. Por otro lado, el prototipo de aislante ideal 2 presenta perfectas condiciones de aislación acústica y de resistencia al fuego, pero regulares propiedades de aislación térmica. Se toman estos parametros de control debido a que un aislante no posee las propiedades de obtener excelentes prestaciones térmicas y a la vez acústica debido a que si un aislante es de

baja de densidad presentara mayores prestaciones con respecto a la aislación térmica al tener mayor cantidad de aire dentro de su estructura y al ser el aislante de alta densidad presentara mayores prestaciones de aislación acústica al ser de mayor masa. Con respecto a la resistencia al fuego, las dos propuestas ideales poseen una perfecta calificación en el ensayo, ya que una propuesta de aislante debería poder resistir una gran cantidad de tiempo expuesto al fuego por sobre los parámetros ideales que establece la norma española.

Para el parámetro de aislación térmica se considero una aislante ideal cuando dicho aislante cumple con los parámetros que establece la transmisión térmica en muros en las 7 zonas que establece el MINVU a lo largo de todas las zonas del país, se toma este parámetro ya que si supera este parámetro se puede deducir que el aislante en zonas mas bajas el aislante puede reducir su espesor y así aumentar los metros cuadrados del interior de la vivienda.

En la aislación acústica se considero el parámetro que establece la NCH 352 of 60 que varia entre los 15 db como minimo y 40 db como maxima aislación en muros. Pero los aislantes que se estudiaron presentaron diferentes prestaciones acústicas a medida que se fueron presentando distintas frecuencias por lo que se debe tener en cuenta los tipos de sonidos y sus respectivos tonos dependiendo si estos son agudos o graves ya que en frecuencias graves el aislante con dosis 50/50 presenta mejores prestaciones y en frecuencias mas agudas el aislante con dosis 70/30 presento mejores prestaciones frente a la aislación acústica. Con respecto a lo mencionado anteriormente se establece una media en el ensayo para poder otorgarle una calificación a cada uno de los aislantes presentados ya que cada frecuencia presenta escenarios distintos en el mundo cotidiano.

En el ensayo de resistencia al fuego realizado según la norma española UNE 23-725-90 se consideró un parámetro ideal cuando el aislante resiste el doble de duración que establece el ensayo frente a temperaturas entre los 220 y 300 grados Celsius.

	Aislante tipo 50/50 (30mm)	Aislante tipo 50/50 (50mm)	Aislante tipo 70/30 (30mm)	Aislante tipo 70/30 (50mm)
Aislación térmica	3	4	3	5
Aislación acústica	2	3	2	3
Ensayo ignifugo	3	4	4	4
TOTAL	9	11	9	12
AREA TOTAL	2,83	5,57	2,91	6
% DEL AREA IDEAL	39,53	77,79	40,64	83,80

Tabla 5.7.2 – Cuadro de aislantes estudiados en la investigación.

Fuente: Elaboración Propia 2017.

En la tabla 5.7.2 se puede observar las calificaciones que se le otorgaron a cada probeta de aislante tipo, de tal manera que cada aislante contendrá un área que corresponderá a un porcentaje del área ideal. Dicho porcentaje permitirá concluir el análisis de desempeño, de acuerdo a las variables que se estudiaron en esta investigación. Se entiende que cada ensayo que se realizó a cada probeta obtendrá una calificación. Posteriormente se sumará la calificación y se obtendrá el área del triángulo que se genera en la gráfica radial para cada uno de los tipos de aislantes que se ensayaron, esta área representa el desempeño que obtiene el aislante con respecto a los ensayos realizados.



Figura 5.7.1.-Gráfica radial de aislantes con dosis 50/50

Fuente: Elaboración propia 2017.

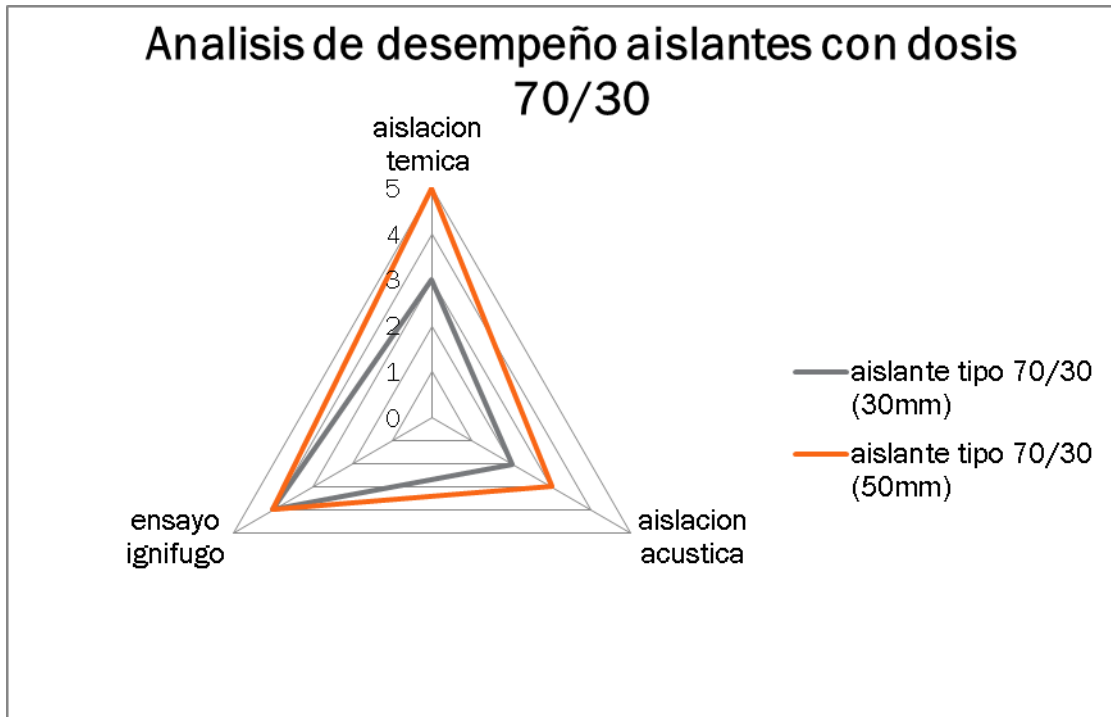


Figura 5.7.2.-Gráfica radial de aislantes con dosis 70/30

Fuente: Elaboración propia 2017.

En las figuras 5.7.1 y 5.7.2 se representan los tipos de aislantes analizados y estudiados en esta investigación, con el fin de comparar las áreas específicas que representa cada aislante de acuerdo a las calificaciones que se le otorgaron con las áreas ideales que fueron mostradas en la figura 5.7. La comparación que se realizó en este análisis fue de acuerdo al porcentaje que representa el área bajo la curva del área ideal que representa el 100% del área en la cual puede ser 5 aislación acústica 3 aislación térmica y 5 en resistencia al fuego o 5 aislación térmica, 3 aislación acústica y 5 resistencia al fuego, por lo que el aislante con dosis 50/50 y espesor de 30 mm representa un 39.53 % del área ideal, el aislante con dosis 50/50 y espesor de 50 mm representa un 77.80 % del área ideal, el aislante con dosis 70/30 y espesor 30 mm representa un 40.64 % de área ideal mientras que el aislante con dosis 70/30 y espesor de 50 mm representa 83.80 % del área ideal planteada en la figura 5.7.

Por los que podemos deducir que cada aislante representa un porcentaje del área ideal que debería tener una propuesta de aislante y se puede observar el nivel de desempeño que tiene cada aislante al exponerse a las tres variables que fueron ensayadas (AISLACIÓN TÉRMICA, AISLACIÓN ACÚSTICA, RESISTENCIA AL FUEGO).

DENSIDAD DE 30(KG/M3)	poliestireno expandido de 30 mm	poliestireno expandido 50mm
aislación térmica	3	4,5
aislación acústica	2	2,5
ensayo ignifugo	1	1
TOTAL	6	8
ÁREA TOTAL	1,48	1,78
% DEL ÁREA IDEAL	20,67	24,86

Tabla 5.7.3 – Cuadro de aislantes de comparación en la investigación.

Fuente: Elaboración Propia 2017.

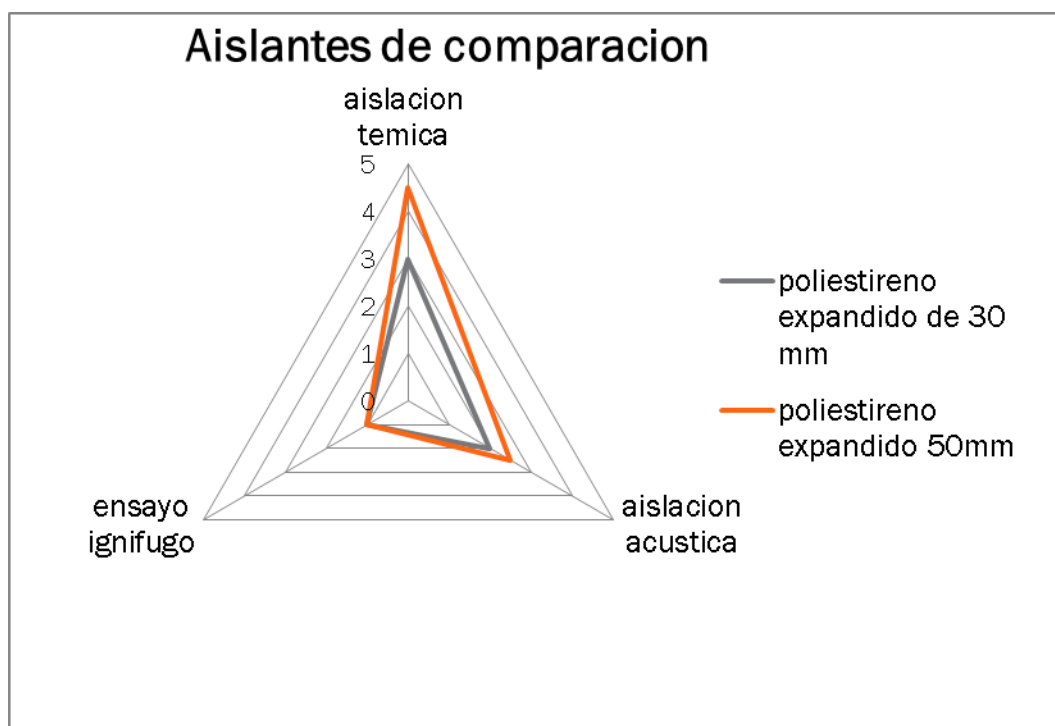


Figura 5.7.3.-Grafica radial de aislantes de poliestireno expandido

Fuente: Elaboración propia 2017.

El Poliestireno expandido si bien presenta condiciones óptimas de aislación térmica debido a su baja densidad , alta porosidad y también su gran particularidad de generar vacíos de aire entre la pared interior del tabique y la exterior del tabique, pero con respecto a la aislación acústica el poliestireno expandido presenta deficientes

prestaciones acústicas debido a su poca estructura másica y también la confección de este aislante es específica no es en capas lo cual mejora las propiedades acústicas por que la disipación toma un rol importante cuando el aislante toma una estructura en capas ya la onda sonora tiene una mayor superficie de impacto y se disipa cada vez que choca con las capas de la estructura del aislante disminuyendo la energía sonora que atraviesa por la masa del aislante.

Debido a la resistencia al fuego en el Poliestireno Expandido presento deficientes prestaciones en comparación con el aislante propuesto debido a su baja densidad y los materiales de los que está compuesto el poliestireno expandido. Se debe tener en cuenta su baja duración cuando se somete al fuego pero sin embargo la norma IDIEM lo acepta ya que el poliestireno expandido no es inflamable pero la desventaja de este que se derrite rápidamente debido a esto obtiene una mala calificación en comparación al aislante de acetato de celulosa con adhesivo de almidón de maíz.

Capítulo VI: Conclusiones y propuesta de futuras investigaciones.

6.0 Introducción a Conclusiones

Los aislantes propuestos que se ensayaron en esta investigación presentaron diferentes prestaciones frente a los ensayos realizados. Estos fueron: ensayo de aislación térmica que se rigió según la NCH 851 OF 1983, ensayo de aislación acústica según NCH 2785 of 2003 y NCH 2786 of 2003 y ensayo de resistencia al fuego o ignifugo que llevo a cabo según la norma española UNE 23-725-90 y su correspondiente clasificación que es la Norma UNE-EN 13501, EUROCLASES.

También se llevó a cabo una segunda medición con otros parámetros de duración del ensayo térmico, con objeto de medir su aislación térmica en régimen. En dicha medición quedó demostrado que los aislantes medidos otorgan buenas prestaciones de aislación térmica frente a los aislantes que se propusieron como comparación (POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 30 KG/M3).

Con respecto a la aislación acústica se pudo apreciar que los aislantes propuestos obtuvieron un comportamiento bastante similar al poliestireno expandido, sabiendo que el poliestireno tiene buenas condiciones de aislación térmica pero malas condiciones de aislación acústica. Se puede concluir que el aislante propuesto presento deficientes prestaciones frente a la aislación acústica.

Para la resistencia al fuego de los aislantes se consideró la norma europea como fue señalado anteriormente y se ensayaron los aislantes propuestos con sus respectivas variables. Se logró apreciar que el espesor no tenía mucha relevancia en consideración de como interfería la dosis del aislante propuesto, por lo que los análisis fueron realizados con respecto a las dosis de adhesivo y filtros de acetato de celulosa que se utilizaron. Podemos concluir inicialmente que los aislantes propuesto obtuvieron muy buenas prestaciones frente a la resistencia al fuego, ya que duraron el doble de tiempo que exige el ensayo antes de inflamarse. En cambio, el poliestireno expandido duro solo 30 segundos en deshacerse lo que significa una duración de 1/10 del tiempo del ensayo, lo que es muy deficiente con respecto a los parámetros de la norma Europea.

6.1 Conclusiones de objetivos

El estudio de los aislantes propuestos que se estudiaron considerando tres ensayos y 2 variables las cuales dieron a conocer que los aislantes cuentan con deficientes cualidades de rendimiento acústico y buenas cualidades de aislación térmica y de resistencia al fuego. Esto es debido al diseño con el que se confeccionaron los aislantes y los materiales utilizados en la propuesta.

6.1.1 Conclusiones de dosis de adhesivo de almidón de maíz vs acetato de celulosa en los tipos de aislantes

De acuerdo a los tipos de aislantes que se diseñaron, se establecieron dos dosificaciones los cuales fueron 50% adhesivo de almidón de maíz y 50% acetato de celulosa. El otro tipo de aislante fue dosificado con 70% acetato de celulosa y 30% adhesivo de almidón de maíz. Estos aislantes fueron estudiados según los ensayos mencionados anteriormente, y presentaron diferentes cualidades con respecto a cada ensayo estudiados en los dos tipos de aislante.

Con respecto al ensayo térmico, es posible mencionar y destacar que los aislantes propuestos obtuvieron similares prestaciones frente a la aislación térmica, presentando buenas condiciones frente a este ensayo. Al compararse con el poliestireno expandido DE 30 mm y 50 mm de espesor, cuyas cualidades son presentar buenas prestaciones de aislación térmica, los aislantes propuestos presentaron mayores capacidades de aislación térmica. De acuerdo a las dosificaciones, el aislante que contenía 70% filtros de acetato y 30% adhesivo presentó mayores capacidades de aislación térmica que el otro tipo de aislante de 50% filtros de acetato y 50% adhesivo. Esto se debe a que el aislante con dosis 70/30 posee mayor cantidad de filtros de acetato de celulosa, los cuales poseen menor conductividad térmica que el adhesivo de almidón de maíz.

Otro ensayo realizado fue el de aislación acústica, y se puede mencionar con respecto a los tipos de aislantes que aquel con dosis 50 % filtros y 50% adhesivo presentó mayores prestaciones acústicas que el con dosis 70% filtros y 30% adhesivo, debido a su mayor masa. Sin embargo, tuvieron similares prestaciones acústicas que el poliestireno expandido en ambos espesores (50mm y 30mm), por lo que se puede concluir que los aislantes propuestos poseen deficientes prestaciones acústicas.

También podemos diferenciar las prestaciones de los aislantes propuestos con respecto al ensayo ignifugo, de tal manera que ambos aislantes tuvieron excelentes prestaciones frente a la resistencia al fuego, por lo que el aislante con dosis 50 % filtros y 50 % adhesivo presentó mayor caída de gotas con alta temperatura, a diferencia del otro tipo de aislante con dosis 70 % filtros y 30 % adhesivo, que no presentó caída de gotas, por lo que el aislante con dosis 70/30 tiene mayores prestaciones frente a la resistencia al fuego.

6.1.2 Conclusiones por espesor de los aislantes propuestos.

De acuerdo a los aislantes propuestos se estudiaron dos espesores los cuales fueron 50 mm y 30 mm, de tal manera estas dos variables dentro de un tipo de aislante se transformaron en un punto más a analizar en la investigación. Con respecto a los aislantes de 50 mm de espesor obtuvieron mejores prestaciones tanto en el ensayo acústico como en el ensayo térmico que los aislantes de 30 mm de espesor, esto fue lo que se esperaba como resultado de los ensayos.

Pero en el ensayo ignífugo no se tomó en cuenta el espesor de los aislantes ya que al finalizar los ensayos de todas las probetas se pudo observar que el aislante de 30 mm con el aislante de 50 mm tenían el mismo comportamiento y los 2 cumplieron con la norma europea.

6.1.3 Conclusión con respecto al cuadro de costos.

Con respecto al cuadro costos se pudo identificar el precio que costo cada aislante elaborado. Se logró apreciar que el adhesivo de almidón de maíz influye directamente en el costo de los aislantes propuestos, el aislante con dosis 50 % filtros de acetato y 50 % adhesivo de almidón de maíz ocupa un 20 % más de adhesivo que el aislante con dosis 70% filtros de acetato y 30% de adhesivo de almidón de maíz por lo que el aislante con dosis 70/30 es más barato elaborarlo que el aislante con dosis 50/50.

Se puede concluir que los aislantes propuestos tienen un costo más elevado con respecto al poliestireno expandido de 30 kg/m³, es decir, el aislante elaborado con el precio más alto es 3 veces más caro que una unidad de poliestireno expandido de 30 kg/m³ y el aislante con menor precio es 2 veces más caro que el poliestireno expandido, sabiendo que el poliestireno expandido tiene un costo de 800 \$/unidad (variable de acuerdo al lugar donde se compre). Por lo que el aislante propuesto presenta buenas prestaciones de aislación térmica y resistencia al fuego pero su costo es más elevado que el del poliestireno expandido, pero igual no es desfavorable utilizarlo a pesar de que el aislante propuesto presenta un precio de elaboración más desfavorable, este aumenta sus propiedades de trabajo.

6.2 Conclusiones por densidades de los aislantes propuestos.

De acuerdo al cuadro de densidades realizado, se pudo observar y concluir que los aislantes con dosis 70 % filtros y 30 % adhesivo obtuvieron inferiores densidades con respecto a los aislantes con dosis 50 % filtros y 50 % adhesivo, debido a que los filtros de acetato de celulosa tienen inferior densidad que el adhesivo de almidón de maíz. Por lo mismo obtuvieron los resultados que se mencionaron en los análisis, ya que un aislante al tener menor densidad posee mejores prestaciones térmicas y al tener mayor densidad, éste va tener mayores prestaciones acústicas. Por lo mismo el aislante con dosis 50 % filtros y 50 % adhesivo presento mejores prestaciones acústicas y por lo tanto el aislante con dosis 70 % filtros y 30 % adhesivo mantuvo mejores prestaciones térmicas.

Pero con respecto al patrón de comparación que se utilizó en esta investigación que fue el poliestireno expandido con una densidad de 30 kg/m³ en ambos espesores de 30 mm y 50 mm, lo cual es bastante inferior a la de los aislantes propuestos, pero aun así éstos mantuvieron un similar comportamiento frente a la aislación acústica y mejores prestaciones frente a la aislación térmica. Esto se debe a los materiales con los que se elaboraron y a la capacidad de energía que se transfiere de un punto a otro dentro del aislante. O sea en el punto donde se emite energía calórica y en el otro punto donde se recibe la energía calórica, de acuerdo a la aislación acústica mantuvieron similares prestaciones, variando en mínimas diferencias. Pero el aislante con mayor espesor y dosis 50% filtros y 50% adhesivo demostró ser el aislante que otorgo mayores prestaciones de aislación acústica con respecto a los otros aislantes que se ensayaron.

6.3 Conclusiones de acuerdo a la elaboración del aislante

El comportamiento que tuvieron los aislantes elaborados fue variable frente a los distintos ensayos que se realizaron tomando en cuenta las variables estudiadas que en este caso fue el espesor y las dosificaciones que se propusieron por lo que corresponde mencionar es que de acuerdo a las propiedades que tuvieron los materiales se pueden aumentar las los tipos de aislantes propuestos que se utilizaron, ya que al aumentar o disminuir el espesor y la dosificación estas inciden de manera directa en el comportamiento frente a la aislación acústica y aislación térmica debido a que si aumentamos la cantidad de filtros dentro del conjunto a un 80% filtros y 20% adhesivo este tipo de aislante aumentaría sus capacidades de aislación térmica debido a que aumentaría la cantidad de aire dentro del aislante, y a su vez disminuiría la densidad del aislante con dosis 80% filtros y 20% adhesivo, esto generaría menores cualidades frente a la aislación acústica en la mayoría de las frecuencias. Por lo contrario si variamos la dosificación a un 60% de adhesivo y un 40% de filtros el aislante tendría mayor densidad y mejores prestaciones frente a la aislación acústica pero deficientes propiedades en la elaboración del aislante debido al largo tiempo de duración del secado y manipulación del adhesivo de almidón de maíz.

6.4 Conclusiones de acuerdo al análisis de desempeño.

De acuerdo a este análisis se pudo apreciar en un contexto más global de como los aislantes propuestos se comportaban frente a los ensayos que se realizaron. De tal manera que se pudieron vincular los cuatro tipos de aislantes con los tres ensayos que se realizaron. De este modo se logró entregar una calificación a cada aislante propuesto, calcular el área bajo la curva y compararla con el área ideal que se estimó de acuerdo a los parámetros entregados en el análisis de desempeño.

Con respecto a los aislantes con dosis 50 % filtros y 50 % adhesivo, éstos obtuvieron un desempeño inferior en el ensayo de aislación térmica pero en el ensayo acústico obtuvo un desempeño superior al aislante con dosis 70% filtros y 30 % adhesivo de almidón. Sin embargo los aislantes propuestos obtuvieron malas prestaciones de aislación acústica teniendo un similar comportamiento a poliestireno expandido y en varias frecuencias obtuvieron una aislación deficiente e inferior al mínimo de la norma y en otras frecuencias

se encontraban en norma pero muy cerca del mínimo, de tal manera los aislantes tienen un desempeño deficiente frente a la aislación acústica. En base a la resistencia al fuego los aislantes propuestos presentaron un desempeño óptimo salvo en los aislantes con dosis 50/50 que presentaron un desempeño levemente inferior al aislante con dosis 70/30, pero aun así su desempeño como aislante fue muy bien calificado debido a que cumplió la norma y superaba su tiempo de duración del ensayo doblegándolo en ambos casos.

También se puede opinar con respecto a los aislantes ideales que se elaboraron considerando las prestaciones eficientes que estos deben tener con respecto a los tres ensayos y sus respectivos parámetros normativos, si bien los parámetros que se ocuparon fueron exigentes en función de las normas estudiadas en la investigación, con respecto a la aislación acústica los parámetros que se tomaron en cuenta fueron los que establece la norma pero otro factor importante es tomar escenarios acústicos cotidianos distintos como calles con tránsito peatonal y automovilístico como también zonas semi-urbanas con baja contaminación acústica y así se puede deducir otro tipo de aislante ideal para poder compararlos con el desempeño que tendrían los aislantes propuestos con respecto a los aislantes ideales según los tipos de escenarios que se establecen.

Podemos decir que los puntos más ruidosos en viña del mar varían entre los 60 db como mínimo y 80 db como máximo lo cual supera lo permitido, estos puntos son las calles Álvarez, Viana, Arlegui, 15 norte, Quillota, 5 oriente, 1 norte, San Antonio. Estudios anteriores arrojaron que la calle con más ruido es Arlegui la cual contiene rangos extremadamente altos de contaminación acústica y mezcla distintas frecuencias durante arrojando así un aislante ideal con mayores restricciones frente a la aislación acústica reduciendo la calificación otorgada a los aislantes en un 20% en los de tipo 50% filtros y 50% adhesivo de almidón de maíz y el otro tipo de aislante de 70% filtros y 30% de adhesivo de almidón de maíz reduciría su calificación en un 10% ya que este aislante

posee mejores prestaciones para los tipos de sonidos que presentan las zonas urbanas con sus respectivas frecuencias, no obstante esto no quiere decir que los aislantes propuestos sean excelentes aislantes acústicos , todo lo contrario son de cualidades precarias frente al fenómeno acústico debido al tipo de elaboración y los materiales de los que está compuesto el aislante, pero esto no quiere decir que no se puedan ocupar en ningún escenario los aislantes propuestos todo lo contrario si se pueden ocupar en lugares donde la contaminación acústica es precaria como en las zonas semi-urbanas y rurales teniendo en cuenta que los aislantes propuestos cumplen con los parámetros mínimos establecidos por la norma NCh 352, sabiendo que en estas zonas las temperaturas son bajas durante la noche y elevadas durante el día por lo que la aislación térmica cumple un rol fundamental al momento de elegir un aislante por lo que el aislante propuesto surge como una propuesta ideal.

En énfasis a los estudios térmicos realizados a los aislantes propuestos se puede concluir con respecto al análisis de desempeño que estos aislantes obtuvieron buenas calificaciones aún mejor que su aislante de comparación que fue el poliestireno expandido que tiene buenas prestaciones térmicas, estos aislantes superaron las 7 zonas térmicas del país por lo que se puede concluir que los aislantes propuestos pueden disminuir su espesor en zonas inferiores ya que superando una de las zonas estos se comportarían de manera eficiente dentro de una vivienda logrando así un aumento de metros cuadrados dentro de la vivienda al reducir los espesores de los aislantes propuestos.

6.5 Conclusión con respeto a la hipótesis.

Se puede ratificar en la hipótesis planteada inicialmente que el aislante propuesto mantuvo eficientes prestaciones frente a la aislación térmica y a la resistencia al fuego pero en la aislación acústica presento deficientes prestaciones. Durante la investigación me pude dar cuenta de distintas características que deben tener los aislante para poder cumplir con lo estimado ya sea frente a la aislación térmica o acústica, estos se relaciona directamente con los materiales que está hecho el aislante y la distribución de los materiales para que estos tengan buenas prestaciones acústicas o térmicas.

Se puede estimar frente a la hipótesis planteada que el aislante propuesto no puede ser utilizado en lugares con contaminación acústica elevada como zonas urbanas con alto tráfico vehicular como peatonal, si no que el aislante quedaría bien ubicado en zonas rurales donde los cambios de temperatura son bruscos y la contaminación acústica es mínima.

6.6 Propuesta de futuras investigaciones

De acuerdo a lo analizado y concluido podemos destacar puntos que tienen gran relevancia dentro de la investigación los cuales generaron preguntas e incertidumbres. Podemos destacar las siguientes propuestas de investigación:

- Estudio del aislante propuesto utilizando un adhesivo que tenga un menor costo y a su vez tenga un menor peso para que tenga un similar peso que el poliestireno expandido.
- Incorporar papel de diario a la mezcla para poder disminuir la cantidad de filtros de acetato de celulosa que se utilizan y así poder estudiar el comportamiento que tendría esta nueva propuesta de aislante.
- Otra propuesta interesante sería elaborar un panel utilizando otros materiales aparte del aislante propuesto, colocando nuestra propuesta de aislante en el centro del panel y sellándolo con una plancha de yeso cartón para analizar las propuestas mecánicas que tendría este nuevo panel.
- Una propuesta eficiente sería realizar el aislante pero que en este caso no sea de tipo específico sino que sea por capas para así poder aumentar las prestaciones frente a la aislación acústica.

Bibliografía

ÁLVAREZ ACEVEDO, VÍCTOR. *PROCESO DE REALIZACIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN EN COLADA CALIENTE*. 2009. Tesis Doctoral.

ANPE, Asociación Nacional Poliestireno Expandido, Publicaciones Prensa Año 2011, www.anpe.es

Arias Urrea, et al, 2010 .Plan de negocios para una empresa encargada de la recolección y exportación de colillas de cigarrillo como materia prima.

Astudillo, A. (2013). *Gasto en energía de hogares sube hasta 55% en invierno*.

BALLESTER, Ferrán. Vigilancia de riesgos ambientales en Salud Pública: El caso de la contaminación atmosférica. *Gaceta Sanitaria*, 2005, vol. 19, no 3, p. 253-257.

BERMEJO, Roberto, et al. Menos es más: del desarrollo sostenible al decrecimiento sostenible. *Cuadernos de trabajo HEGOA*, 2010, no 52.

Bertoni Paola, Bramati Matteo (2011), viviendas sociales integrales en chiles de bajo costo.

Bustamante, Waldo et al (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Programa país eficiencia Energética. Santiago, Chile.

CARDONA, Omar Darío. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *En: A. Maskrey (ed.) Los desastres no son naturales*, 1993, p. 51-74.

CARRASCO, Mario E. Fuente. La economía ecológica:¿ un paradigma para abordar la sustentabilidad? *Argumentos*, 2008, vol. 21, no 56, p. 75-99.

Chanchí Golondrino, José C, Bonilla Campos, Diego F, Gaviria Rojas, John A, & Giraldo López, John J. (2008). Ensayos a compresión y tensión diagonal sobre muretes hechos a base de papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca. *Revista ingeniería de construcción*,23(3), 145-154.

CONDE-ÁLVAREZ, Cecilia; SALDAÑA-ZORRILLA, Sergio. Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y desarrollo*, 2007, vol. 23, no 2, p. 23-30.

DE SCHILLER, Silvia, et al. Edificación sustentable: consideraciones para la calificación del hábitat construido en el contexto regional latinoamericano. *AVERMA*, 2003, vol. 7, p. 05.13-05.18.

Hernán Huaquin – Aplicación de la reflexión de sonido y confort acústico - Ingeniería de Telecomunicación - Universidad de Valladolid. España 2008.

Emol. (2016). Consumo de energía aumenta 18% en la época invernal aunque hay formas de amortiguarlo.

FILIPPÍN, C.; FLORES LARSEN, S. Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en condiciones reales de uso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2005, vol. 9, p. 05.67-05.72.

GARCIA GOMEZ, Carmen; BOJÓRQUEZ MORALES, Gonzalo; RUIZ TORRES, Pavel. Perceived thermal sensation in low cost and self-produced dwellings, in warm periods, in a warm humid climate. *Ambiente Construido*, 2011, vol. 11, no 4, p. 099-111.

GARZA, Esthela Gutiérrez. De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario. *Trayectorias: revista de ciencias sociales de la Universidad Nacional de Nuevo León*, 2007, no 25, p. 45-60.

GONZÁLEZ, Alejandro D. Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, in Asades*, 2012, vol. 16, p. 47.

GONZÁLEZ, Alejandro D. Aumento de eficiencia térmica en la ciudad de Bariloche: propuesta de plan de mejoras con dirección de subsidios a la inversión, y no al consumo. *AVERMA*, 2008, vol. 12, p. 7.57-7.64.

GUEVARA LIZANO, Alexa. *Sistema para el adecuado desecho de colillas de cigarro*. 2010. Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial.

HARAMOTO, Edwin. Vivienda Social: Un desafío para la sustentabilidad del desarrollo. *Revista INVI*, 1995, vol. 10, no 24.

INCROPERA, Frank P.; DEWITT, David P. *Fundamentos de transferencia de calor*. Pearson Educación, 1999.

KREITH, Frank. *Principios de transferencia de calor*. Cengage Learning Editores, 2012.

LEFF, Enrique, et al. Más allá del desarrollo sostenible: la construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: una visión desde América Latina. *Leff, E. Ezcurra, E. Pisanty, I. Romero P.(Com.)*, *La transición hacia el desarrollo sustentable: perspectivas de América Latina y el Caribe*, 2002, p. 477-576

Eduardo Hernando Barrio y Mario Pérez Rivas – Aplicación de la reflexión de sonido - Ingeniería de Telecomunicación - Universidad de Valladolid. España 2008.

MARCO, MONZONIS. *Estudio para la minimización del residuo de colillas de tabaco y su posible reutilización*. 2011. Tesis Doctoral.

Marco, romero & J. A. G. (2011). Estudio para la minimización del residuo de colillas de tabaco y su posible reutilización. Gandía: Universidad Politécnica de Valencia & Escuela Politécnica Superior de Gandía.

Martínez, Patricia; Sarmiento, Pedro; Urquieta, Wadir. 2005. "Evaluación de la humedad por condensación al interior de viviendas sociales". Revista INVI, núm. noviembre, pp. 154-165.

Mercier, D., Dutil, Y., Rouse, D., Pronovost, F., Boudreau, D., Hudon, N., & Castonguay, M (2011). Los aislamientos térmicos naturales: construcción ecológica y eficiencia energética.

Muñoz, Alejandro, Farid Chejne, Jorge Espinel S, Carlos Lodono G. (2005). Evaluación de la celulosa de papel y de las cenizas de carbón, como materiales aislantes alternativos.

ORDÓÑEZ, Gonzalo A. Salud ambiental: conceptos y actividades. *Rev Panam Salud Publica*, 2000, vol. 7, no 3, p. 137-47.

Paneque, M., Román-Figueroa, C., Vázquez-Panizza, R., Arriaza, J. M., Morales, D., & Zulantay, M. (2011). Bioenergía en Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Ramírez 2012 "Conceptos de aislación térmica" Universidad Francisco de Paula Santander.

Rodríguez, Gabriel (2002). Temperatura de confort, Revista BIT, Numero27, pp 25-26, Septiembre 2002, Santiago, Chile.

ROSENFELD, Elías; DISCOLI, Carlos; BARBERO, Dante. El consumo de energía en el área metropolitana de Buenos Aires en la década del 90: una trayectoria de desarrollo insustentable. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2003, vol. 7, no 1, p. 07.01-07.06.

SCRIBANO, Adrián; DE SENA, Angélica. Construcción de conocimiento en Latinoamérica: Algunas reflexiones desde la auto-etnografía como estrategia de investigación. *Cinta de moebio*, 2009, no 34, p. 1-15.

Sills, Pablo (2007). Aislación térmica, Revista CA nº 131, agosto – septiembre 2009, Santiago, Chile.

Vargas, Luis (2007). Uso de fibras de papel periódico, cal hidratada yulumbre, en la elaboración de un material compuesto.

VELASCO, Reinaldo J., et al. Producción de dextrinas a partir de almidón nativo de yuca por ruta seca en una agroindustria rural. *Información tecnológica*, 2008, vol. 19, no 2, p. 15-22.