



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

**Evaluación de las propiedades termo acústicas y
mecánicas de un panel de construcción en base a
papel de diario y yeso con corcho
por**

Felipe Andrés Manríquez Bermúdez

**Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la
Construcción y al título de Ingeniero Constructor**

Prof. Guía: Alberto Moya

Prof. Co-referente: Uriel Padilla

Octubre, 2014

Agradecimientos

Terminando este proceso de estudio me gustaría agradecer a las siguientes personas:

A mis padres, no saben lo importante que son en mi vida, gracias por su cariño y por la confianza que siempre me brindan, no existen palabras para expresar todo el amor que les tengo.

A mi hermana, por el apoyo incondicional que siempre me das, gracias por estar siempre conmigo aunque te encuentres lejos de casa.

A mi tía Irma Manríquez, por tu constante preocupación de que todos tus sobrinos estemos bien, eres una mujer muy fuerte, gracias por todo tu amor y cariño a nuestra familia.

A mis Abuelos, por su apoyo y preocupación, gracias por todo el cariño, los tendré siempre en mi corazón.

A mis grandes amigos Ignacio Acevedo, Freddy Marchant, José Ignacio Vargas, Luis Cifuentes, Diego Peñaloza y Alejandro Godoy, gracias por todos estos años de amistad, ustedes siempre serán parte de mi familia.

A mis amigas, Katherine, Daniela, Valeria y Karen gracias por toda su ayuda y enorme cariño.

A mis compañeros John Gálvez, Joaquín Rodríguez, Javier Araneda, Pablo Florido, Ernesto González por todas esas largas noches de estudio, estoy agradecido de haberlos conocido y haber compartido con ustedes este largo camino.

A Pablo Villalobos, Braulio Cabrera y Ignacio Lara por toda la buena disposición y el trabajo en equipo en los laboratorios.

Mi profesor guía Sr. Alberto Moya Arredondo, por la buena disposición, por la ayuda y la orientación que me brindo en esta investigación.

A Emperatriz Villanueva y Fabiola Guzmán, por esa gran paciencia y por todo el cariño que siempre brindan, estoy muy feliz de haber compartido con ustedes este largo camino.

A Diego Salvo por su disposición y consejos, me alegro que ya seas un gran ingeniero.

*"Hay hombres que luchan un día y son buenos.
Hay otros que luchan un año y son mejores. Hay quienes luchan muchos años, y son
muy buenos. Pero hay los que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles"*

Bertolt Brecht.

*Dedicado a mis padres, ya que ellos me enseñaron que con esfuerzo todo se puede
lograr.*

Índice

Resumen.....	11
Capítulo I: Presentación del Tema.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Objetivos	15
1.3 Objetivo general	15
1.4 Objetivo específico	15
1.5 Hipótesis.....	16
1.6 Alcances.....	17
1.7 Metodología de trabajo.....	18
Capítulo II: Fundamentos Generales.....	19
2.1 Aislación térmica	20
2.1.2 Ventajas del ahorro energético.....	20
2.2 Transferencia de calor.....	21
2.2.1 Conducción	22
2.2.2 Convección.....	22
2.2.3 Radiación	23
2.3 Flujo de calor y densidad de flujo	23
2.4 Conductividad térmica.....	25
2.4.1 Resistencia térmica	26
2.4.2 Transmitancia térmica	26
2.5 Confort térmico.....	27
2.6 Aislación acústica.....	28
2.6.1 Sonido	28
2.6.2 Propiedades de onda sonoras	28
2.6.3 Características del sonido	29
2.7 El ruido	30
2.7.1 Características del ruido.....	30
2.7.2 Tipos de ruido.....	30
2.7.3 Ruido exterior	30
2.7.4 Ruido interior	31
2.8 Medición del campo sonoro.....	31

2.9 Confort acústico	32
2.10 Materiales.....	35
2.10.1 Papel diario	35
2.10.2 Corcho como material de construcción	36
2.10.3 Yeso	39
2.11 Clasificación de paneles prefabricados	40
2.11.1 Tipo	40
2.11.2 Clase	40
2.11.3 Grado	40
2.11.3.1 Resistencia a la compresión, RC	41
2.11.3.2 Resistencia a las cargas transversales(flexión),RT	41

Capítulo III: Desarrollo Experimental.....43

3.1 Etapas del estudio.....	44
3.1.1 Etapas de recopilación de materiales.....	44
3.1.2 Confección del panel.....	45
3.2 Ensayos y estudios.....	50
3.2.1 Ensayo para la determinación de las propiedades de aislación térmica.....	51
3.2.2 Ensayos de flexión.....	53
3.2.3 Ensayo de compresión.....	54
3.2.4 Medición del nivel sonoro.....	55
3.2.5 Estudio de densidades.....	57

Capítulo IV: Presentación de Análisis y Resultados.....58

4.1 Introducción.....	59
4.2 Ensayo de aislación térmica.....	60
4.2.1 Ensayo de aislación térmica en paneles a base de papel diario y yeso.....	61
4.2.2 Ensayo de aislación térmica en paneles a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.....	63
4.2.3 Ensayo de aislación térmica en paneles a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.....	65
4.2.4 Resumen de resultados obtenidos en ensayos de aislación térmica	67
4.3. Ensayo de aislación acústica en paneles a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.....	69
4.3.1 Ensayo de aislación acústica en paneles propuestos en base a papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso	72
4.3.2 Ensayo de aislación acústica en paneles en base a papel diario y yeso	74
4.3.3 Resumen de resultados obtenidos en ensayos de aislación acústica	76

4.4 Ensayo de flexión en paneles a base de papel diario y yeso con corcho al 20% en peso seco del yeso.....	78
4.5 Ensayo de flexión en paneles a base de papel diario y yeso con corcho al 15% en peso seco del yeso.....	82
4.6 Ensayo de compresión en panel a base de papel diario y yeso con corcho al 20% en peso seco del yeso.....	83
4.7 Ensayo de compresión en panel a base de papel diario y yeso con corcho al 15% en peso seco del yeso	85
4.8 Densidad aparente.....	87
4.9 Tabla y grafico de desempeño global	88

Capítulo V: Conclusiones y Propuestas de Futuros Estudios.....	90
5.1 Conclusiones	91
5.2 Futuras investigaciones.....	93
5.3 Bibliografía.....	94

Lista de figuras

Figura 2.1 Esquema de mecanismos de calor.....	21
Figura 2.2 Esquema simplificado de la envolvente.....	21
Figura 2.3 Conducción.....	22
Figura 2.4 Convección	22
Figura 2.5 Radiación.....	23
Figura 2.6 Pregunta numero 1.....	33
Figura 2.7 Pregunta numero 2.....	33
Figura 2.8 Pregunta numero 3.....	34
Figura 3.1 Detalle papel diario.....	45
Figura 3.2 Detalle planta panel	46
Figura 3.3 Detalle corte sección a-a.....	46
Figura 3.4 Detalle corte sección b-b.....	47
Figura 3.5 Distribución papel de diario.....	48
Figura 3.6 Instalación capa intermedia de papel diario.....	48
Figura 3.7 Segunda capa de rollos de papel diario en forma perpendicular.....	49
Figura 3.8 Capas de yeso.....	50
Figura 3.9 Cámara térmica.....	51
Figura 3.10 Panel instalado	52
Figura 3.11 Xplorer GLX.....	53
Figura 3.12 Sensor para medir el nivel sonoro.....	55
Figura 4.1 Gráfico Tiempo vs temperatura panel papel de diario reciclado y yeso.....	62
Figura 4.2 Gráfico Tiempo vs temperatura panel papel de diario reciclado y yeso con corcho granulado al 20%.....	64
Figura 4.3 Gráfico Tiempo vs temperatura panel papel de diario reciclado y yeso con corcho granulado al 15%.....	66
Figura 4.4 Gráfico Tiempo vs temperatura resumen aislación térmica.....	68
Figura 4.5 Esquema ensayo aislación acústica.....	70
Figura 4.6 Índice de aislación acústica ensayo acústico numero 1.....	71
Figura 4.7 Índice de aislación acústica ensayo acústico numero 2.....	73
Figura 4.8 Índice de aislación acústica ensayo acústico numero 3.....	75
Figura 4.9 Resumen ensayo acústico índice de absorción	77
Figura 4.10 Resultados ensayo flexión	78
Figura 4.11 Propuesta para mejorar de propiedades ante flexión	79
Figura 4.12 Ensayo de flexión I	80

Figura 4.13 Ensayo de flexión II.....	80
Figura 4.14 Ensayo de flexión III	80
Figura 4.15 Ensayo de flexión IV.....	80
Figura 4.16 Ensayo de flexión V	81
Figura 4.17 Ensayo de flexión VI.....	82
Figura 4.18 Ensayo de compresión I.....	83
Figura 4.19 Ensayo de compresión II.....	84
Figura 4.20 Ensayo de compresión III.....	85
Figura 4.21 Ensayo de compresión IV	86
Figura 4.22 Grafico de desempeño global	89

Lista de ecuaciones

Ecuación 2.1 Flujo de calor.....	24
Ecuación 2.2 Densidad de flujo.....	24
Ecuación 2.3 Conductividad térmica	25
Ecuación 2.4 Resistencia térmica	26
Ecuación 2.5 Transmitancia térmica.....	26
Ecuación 2.6 Densidad.....	57

Lista de tablas

Tabla 2.1 Velocidades de propagación del sonido en diferentes medios.....	28
Tabla 2.2 Clasificación de curvas.....	31
Tabla 2.3 Grado RC	41
Tabla 2.4 Subgrado RC	41
Tabla 2.5 Grado RT.....	41
Tabla 2.6 Subgrado RT.....	42
Tabla 3.1 Características de los sensores	56
Tabla 4.1 ensayo de aislación térmica paneles con papel diario y yeso.....	61
Tabla 4.2 Ensayo de aislación térmica en base a paneles de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.....	63
Tabla 4.3 Ensayo de aislación térmica en base a paneles de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.....	65
Tabla 4.4 Resumen aislación térmica	67
Tabla 4.5 Rango de frecuencias de las mediciones en Hertz.....	69
Tabla 4.6 Ensayo acústico numero 1.....	70
Tabla 4.7 Ensayo acústico numero 2	72
Tabla 4.8 Ensayo acústico numero 3.....	74
Tabla 4.9 Resumen de resultados de ensayos en aislación acústica	76
Tabla 4.10 Ensayo de flexión	81
Tabla 4.11 Ensayo de flexión II.....	82
Tabla 4.12 Compresión normal corcho 20%.....	84
Tabla 4.13 Compresión normal corcho 15%.....	85
Tabla 4.14 Densidad aparente	87
Tabla 4.15 Desempeño global.....	88

Resumen

Nos situamos en una sociedad en la que cada día se incrementa el uso de energías no renovables, se aumentan los niveles de contaminación y se produce un abuso sobre los recursos que poseemos. El reciclaje, el aprovechamiento de los recursos y el ahorro energético son factores que ayudan a disminuir el impacto ambiental.

En la presente investigación se explora el comportamiento del papel diario y yeso mezclado con corcho granulado como base para la investigación de paneles termo acústicos que permiten un ahorro energético aportando a la sustentabilidad ambiental. Se evaluará el desempeño de estos elementos frente a ensayos de compresión y flexión, para contrastarlo con la norma vigente.

La presente investigación determina que el elemento estudiado es un aislante térmico efectivo, que posee propiedades de resistencia a la compresión y flexión para clasificarse dentro de la norma vigente.

Palabras claves: Reciclaje, Paneles Termo acústicos, Ensayos de compresión y Flexión.

CAPÍTULO I.

PRESENTACIÓN DEL TEMA

1.1 Planteamiento del problema

La constatación de la profunda crisis ambiental global ocasionada por el sistema productivo industrial ha impulsado la reacción social para restringir progresivamente la capacidad emisora de residuos contaminantes que ponen en peligro los sistemas naturales que sustentan la vida (Casals-tres 2001). Vivimos en una sociedad en la que cada día se incrementa el uso de energías no renovables, se aumentan los niveles de contaminación y se produce un abuso sobre los recursos que poseemos. La edificación no ha quedado al margen de la evolución de nuestro sistema productivo promovido por el sistema técnico de la revolución industrial Cuchi.A.(2010). Ello la ha conducido hacia la sistemática dependencia de los recursos energéticos no renovables, hacia un uso sistemático de la litosfera como fuente de recursos y en consecuencia, a convertirse en un productor considerable de residuos vertidos sobre el medio. Esta situación de crisis, se vive en un nivel tanto global como local, lo que se demuestra si se toma en cuenta que el 27 % del consumo de energía secundaria en Chile corresponde al servicio comercial, residencial y público (Salvo 2013).

La dependencia energética históricamente ya excesiva, se ha ido incrementando incluso en la última década, sin bajar nunca de un porcentaje del 80%(Martínez 2005).

La industria debe dirigir sus esfuerzos a minimizar la generación de residuos pero ante la imposibilidad técnica de no producirlos, es imprescindible una correcta gestión de los mismos mediante su reutilización, reciclado y valorización. El impacto causado por los edificios, sean de viviendas o de servicios, proviene de su construcción, de su uso y de su gestión como residuo tras la demolición. La generación de residuos de construcción y de demolición, de los que solo se puede reciclar o reutilizar una fracción pequeña, 28%(Guía y el código de valoración de edificaciones sostenibles para la vivienda).

La capacidad de nuestras sociedades de alcanzar y mantener en el tiempo unas condiciones habitacionales coherentes con el derecho a un hábitat digno, esta inevitablemente vinculada a la integración del reto de la sostenibilidad a los mecanismos de generación de nuestras viviendas, barrios y ciudades. La reconversión del sector de la edificación deberá abordarse, en este sentido, no solamente mediante el desarrollo de estrategias de aumento de eficiencia aplicadas a las viviendas, sino a través de cambios estructurales, generándose la imprescindible necesidad de incorporar a la vivienda las estrategias pasivas y las nuevas técnicas activas orientadas al ahorro, la eficiencia y la mejora del confort doméstico(Ruiz Larrea 2008). Por lo mismo se deben encontrar diversas soluciones que vayan reduciendo el impacto que resulta de los consumos excesivos de energía, incrementando la sustentabilidad y construyendo un edificar que provea un hábitat con los requerimientos de los

usuarios y que con ello nuestro medio ambiente pueda soportar sin comprometer a las generaciones futuras. Si se analizan los procesos productivos de los elementos compuestos y materiales de construcción, podemos encontrar puntos críticos y atacarlos buscando mejoras y disminuyendo el gasto de energías no renovables. Por lo mismo nace la inquietud de generar nuevas opciones de proporcionar un confort doméstico enlazado con la eficiencia energética donde se plantea el análisis de una propuesta de un elemento de construcción nuevo, que contempla como una ayuda a la problemática actual reutilizando elementos por medio del reciclaje y además de generar ahorro de energía en busca del confort termo acústico de los habitantes.

Al mismo tiempo las técnicas que sean generadas cumpliendo los criterios anteriores, deben brindar seguridad y cumplir con criterios de resistencia, normas o reglamentos.

Se propone un elemento de construcción constituido por papel de diario reutilizado y yeso con corcho, el cual será estudiado para ver la factibilidad y la eficiencia al momento de ser utilizado como elemento de aislación termo acústica que ayudaría con la disminución de la energía utilizada para suplir este concepto de confort doméstico y generando un aporte a la sustentabilidad buscada.

La propuesta generada corresponde al estudio de las propiedades termo acústicas y mecánicas de un nuevo elemento constructivo que considera e incorpora los aspectos del estudio "evaluación de las propiedades térmicas y mecánicas de elemento de construcción en base a papel de diario y yeso, que además agrega el yeso con corcho como componente adicional y la modificación de la configuración del panel.

En el estudio del 2013 correspondiente a "evaluación de las propiedades térmicas y mecánicas de elemento de construcción en base a papel de diario y yeso"(Salvo 2013) se obtuvo como resultados fallas en las propiedades mecánicas, por lo mismo se establece una propuesta de cambiar el diseño del panel, colocando de diferente forma los roys de papel diario reciclado para que estos puedan resistir de mejor forma a las solicitaciones, en flexión, compresión axial y compresión normal, aparte de ser un elemento muy pesado por el peso del yeso, se plantea la idea de agregar el material del yeso con corcho granulado para bajar el peso de este y además otorgarle una mejora en las propiedades de aislación térmica y aislación acústica.

1.2 Objetivo general

Evaluar las propiedades termo acústicas y mecánicas de una propuesta de elemento de construcción en base a papel diario reciclado y yeso con corcho para desarrollar la factibilidad y la eficiencia al momento de ser utilizado como elemento de aislación termo acústica.

1.3 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de aislación térmica del elemento propuesto, compararlas con las propiedades de aislación térmica del elemento estudiado por Salvo, 2013 y la norma vigente.
- Determinar las propiedades mecánicas del elemento propuesto para compararlas con la norma vigente
- Establecer las propiedades acústicas del elemento propuesto para compararlas con la norma vigente.

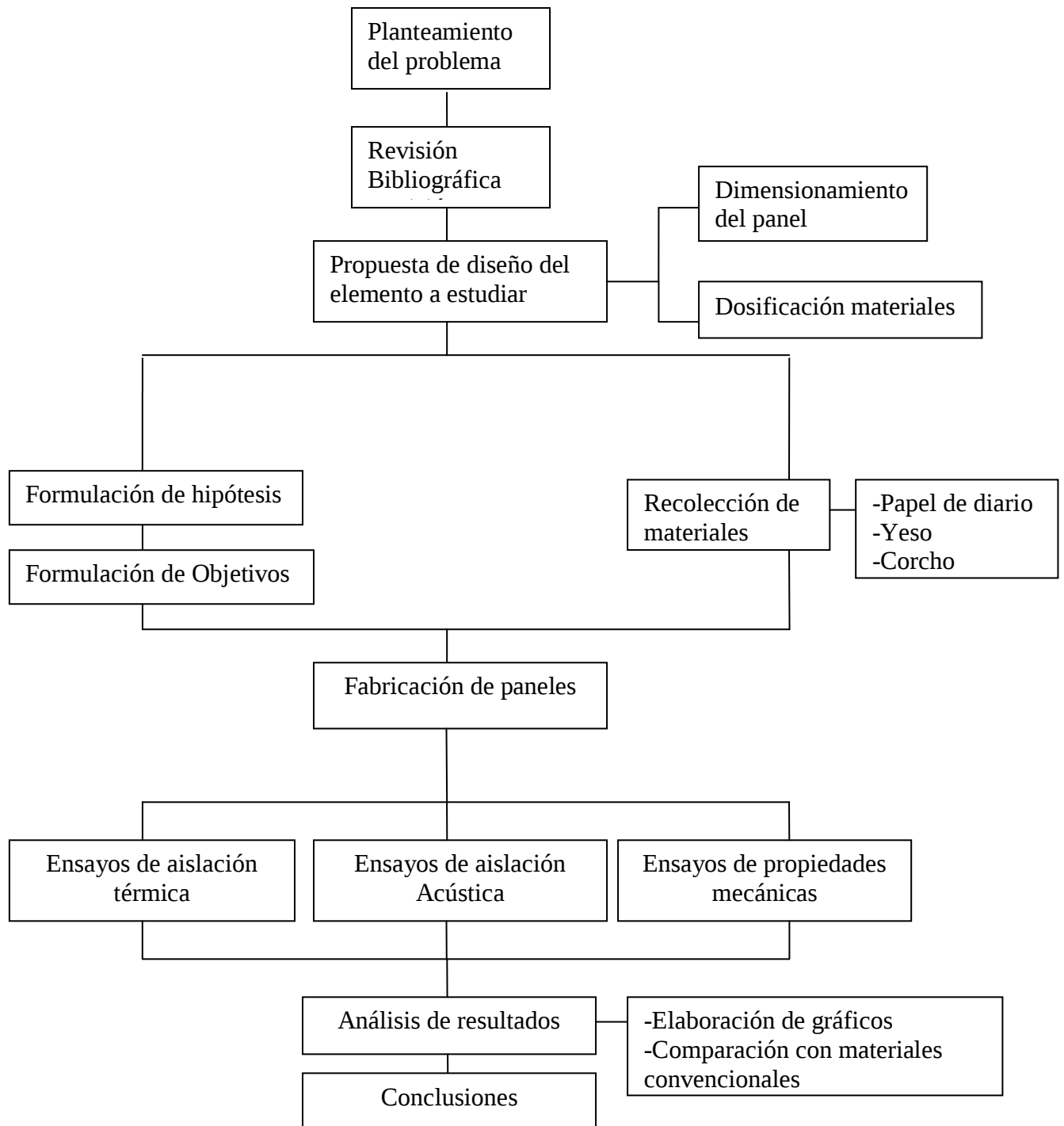
1.4 Hipótesis

El elemento propuesto alcanza propiedades termo acústicas, mecánicas superiores y más eficientes que las alcanzadas por el elemento constructivo propuesto por Salvo 2013

1.5 Alcances

- Las dimensiones del panel propuesto conformado por papel de diario y yeso corresponden a 50x100x4cm, para establecer comparaciones con estudios anteriores.
- El estudio se realizó en los laboratorios de docencia de la Universidad de Valparaíso, ubicados en Playa Ancha, Valparaíso, V Región.
- El estudio de las propiedades de aislación térmica son evaluados por la NCh 851 of 1983 Aislación térmica. Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica
- La terminología al momento de analizar las propiedades de aislación térmica se emplea según lo establecido en la norma Chilena NCh 849 of 1987 Aislación térmica- Transmisión térmica- Terminología, magnitudes, unidades y símbolos.

1.6 Metodología de trabajo



CAPITULO II.
FUNDAMENTOS GENERALES

2.1 Aislación Térmica

2.1.2 Ventajas del ahorro energético

Existe un aumento de la temperatura global por causa del consumo energético de todos los habitantes del planeta debido a la utilización de forma masiva de la energía a partir de la revolución industria.

Al momento de utilizar el consumo de una forma responsable vamos a contribuir con la disminución en los gastos de calefacción y/o refrigeración y al mismo tiempo aumentando una conciencia ecológica.

Los gastos de calefacción y/o refrigeración pueden disminuirse apreciablemente si se dificultan las fugas de calor a través de muros y techos, siempre que aislé adecuadamente su envolvente, lo que se consigue por medio de aislantes térmicos que actúan pasivamente, como ocurre en los sistemas de aislación exterior.

Estas aislaciones son adecuadas diseñadas , estas cumplen con varias funciones

- Frenan las fugas de calor ayudando a ahorrar energía y mantener la temperatura de confort dentro de la vivienda.
- Permiten conseguir temperaturas superficiales radiantes de los muros envolventes necesarias para el mejor confort.
- Evitan por la misma razón anterior que se produzca condensación en los muros perimetrales previniendo sus efectos nocivos para el edificio y para la higiene ambiental.
- Disminuyen las manchas que se producen en las terminaciones interiores a causa de "Puentes Térmicos".
- Eliminan los puentes térmicos formados por estructuras más o menos conductoras (Caso de perfiles metálicas, vigas, pilares y otros) en muros envolventes y en techos.
- Ayudan a mantener un mejor equilibrio higrotérmico con el ambiente, mejorando los niveles de salud, al disminuir la ocurrencia de enfermedades.
- A nivel país, disminuyen los gastos en salud.
- A nivel país disminuyen los gastos energéticos en viviendas, especialmente el petróleo.

2.2 Transferencia de calor

Es el paso de de energía Térmica en tránsito desde un sistema con alta temperatura a otro sistema con más baja temperatura.

El significado de los conceptos de calor y temperatura:

- **Calor**

El calor se define como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia.

- **Temperatura**

La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas individuales de una sustancia. Cuando se agrega calor a una sustancia, sus átomos o moléculas se mueven más rápido y su temperatura se eleva o viceversa.

El calor siempre fluye desde una región de con temperatura alta hacia otra región con temperatura más baja. La transferencia o dispersión del calor puede ocurrir a través de tres mecanismos posibles, conducción, convección y radiación.



Figura 2.1: Esquema de mecanismos de calor
Fuente: Física general edición 32 Ed Tebar

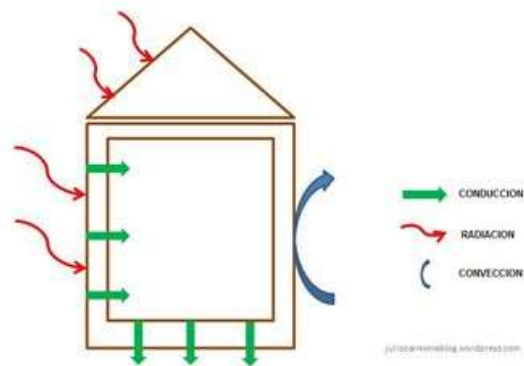


Figura 2.2: Esquema simplificado de la envolvente
Fuente Física general edición 32 Ed Tebar

2.2.1 Conducción

La conducción es un mecanismo de transferencia de calor entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto por medio de ondas.



Figura 2.3: Conducción

Fuente: Física general edición 32 Ed Tebar

2.2.2 Convección

La convección se caracteriza porque se produce por intermedios de un fluido(liquido o gas) que transporta la energía térmica entre distintas zonas que poseen diferentes temperaturas. Esto ocurre ya que la, los fluidos al calentarse aumentan de volumen y en consecuencia disminuyen su densidad y de esta forma asciende desplazando al fluido que se encuentra en la parte superior a menos temperatura.

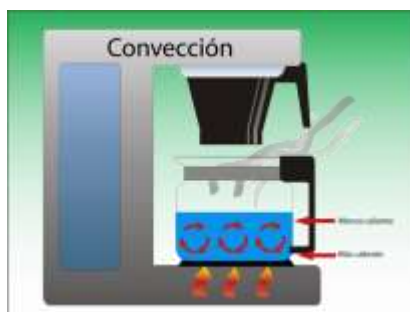


Figura 2.4: Convección

Fuente: Física general edición 32 Ed Tebar

2.2.3 Radiación

La radiación corresponde al intercambio de calor en forma de ondas electromagnéticas o partículas sub atómicas a través de un material o incluso en ausencia del mismo, como por ejemplo, el calor que recibimos del sol durante el día, o cuando acercamos la mano a una bombilla y esta nos transfiere calor.



Figura 2.5 Radiación

Fuente: Física general edición 32 Ed Tebar

2.3 Flujo de calor y densidad de flujo

Al momento de aislar un edificio, lo que se hace es impedir que el calor se transmita por conducción desde el exterior al interior (verano) y desde el interior al exterior en situaciones donde la temperatura ambiental es baja (invierno), manteniendo así un ambiente con temperatura confort; si no se consigue hay que gastar en energía. para lograrlo en la envolvente se deben utilizar materiales aislantes que son los que tienen una baja conductividad térmica y significativo espesor.

Para disminuir las pérdidas de calor a través de la envolvente, necesitamos ocupar materiales o soluciones constructivas que disminuyan la transferencia de calor debemos tener en cuenta que:

- Los materiales de baja conductividad térmica disminuyen las perdidas por conducción
- La producción de flujos convectivos (deficientes sellos de puertas y ventanas, celosías de ventilación permanente, aberturas en cielos, chimeneas no controladas) aumentan las perdidas por convección.

- Los materiales de baja emisividad, son capaces de reflejar las ondas y permiten disminuir las pérdidas por radiación.

-

Los materiales que permiten disminuir las pérdidas de calor producto del intercambio energético, principalmente a través de fenómenos de conducción, son denominados aislantes térmicos. Esto se debe a su alta resistencia al paso del calor.

Para comprender de mejor manera los mecanismos de transferencia del calor, se debe comprender el concepto de flujo de calor y densidad de flujo.

El flujo de calor es la cantidad de calor cambiado por unidad de tiempo, está representado en la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} [W] \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde encontramos:

ϕ : Flujo de calor

ΔQ : Cantidad de calor transmitida [W]

Δt : Variación de tiempo [S]

La densidad de flujo es el flujo de calor que pasa a través de una superficie. Lo que queda expresado de la siguiente manera:

$$\varphi = \frac{\phi}{S} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

φ : Densidad de flujo

ϕ : Flujo de calor [W]

S : Unidad de superficie [m^2]

2.4 Conductividad térmica

Es la capacidad de los materiales para dejar pasar el calor. En otras palabras, la conductividad térmica es la capacidad de los elementos de transferir el movimiento cinético de sus moléculas a sus propias moléculas adyacentes o a otros elementos cercanos. Cuando se calienta la materia varía el comportamiento de su estado molecular, incrementando su movimiento. Es decir las moléculas salen de su estado de inercia o reposo y adquieren un movimiento cinético provocado por el aumento de temperatura.

La norma NCh 853 Of .91 entrega una tabla con valores de conductividad térmica para materiales en estado seco, a una temperatura media de 20 °C. Dichos valores con su respectiva conductividad térmica. Con esto se podrá analizar si se trata de un posible aislante térmico, recordando que un material debe poseer una baja conductividad para poder lograrlo.

Estos valores se determinan experimentalmente según el método de la norma NCh 850 Of 83 "Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda" Ke se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Ke = \frac{\phi}{A(t2 - t1)} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

Ke : Coeficiente de transmisión térmica.

ϕ : Potencia entregada.

A : Área del elemento estudiado.

$t2$: Temperatura de la zona afectada por la fuente calórica.

$t1$: Temperatura de la zona que no está afectada por la fuente calórica.

2.4.1 Resistencia térmica

La resistencia térmica se define como la propiedad de un elemento material de oponerse al paso del calor , vale decir representa su " poder aislante". Esta resistencia térmica depende de la conductividad térmica del material y su espeso, lo que se ve expresado en la siguiente fórmula:

$$R = \frac{e}{\lambda} \left[\frac{m^2 x K}{W} \right] \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

e : Espesor del material [m]

λ : Conductividad térmica del material [W/mk]

Como conclusión al utilizar materiales con menores conductividades, es decir, mejores aislantes térmicos se necesitara un menor espesor, lo que implica que las soluciones constructivas dejan una mayor superficie libre para el uso de la vivienda.

2.4.2 Transmitancia térmica

Corresponde al calor por unidad de tiempo y área, que se transfiere a través de un sistema constructivo, al existir una diferencia de temperatura de 1 °C (1 K) entre los ambientes que este separa . Incluye la resistencia térmica superficial en ambas caras del sistema. Es el reciproco de la resistencia térmica total. Mientras más pequeño es el valor de U, menor es el traspaso de energía y por tanto mejor aislación del elemento constructivo.

$$U = \frac{1}{R_T} \left[\frac{W}{m^2 x K} \right] \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

R_T : Resistencia térmica total

2.5 Confort térmico

El confort térmico es una sensación neutra de la persona a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 el confort térmico "es una condición mental en la que se expresa satisfacción con el ambiente térmico". El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa y otros específicos internos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo. El confort térmico se basa en la existencia de un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas térmicas del cuerpo, donde la vivienda cumple la función de entregar las condiciones de confort adecuadas para el desarrollo de la actividad correspondiente. Se sabe que para lograr esto la temperatura de confort que se debe mantener al interior de la vivienda está entre el rango de 17-24°C dependiendo de la humedad relativa del aire y de la velocidad del aire del recinto (Rodríguez, 2006)

Los factores que se deben considerar para que la vivienda entregue condiciones de confort térmico adecuadas son los que menciona FUNDACION CHILE et al (2004), y que forman parte del factor térmico del bienestar habitacional:

- El clima del lugar de emplazamiento
- La orientación de la vivienda y el control de asoleamiento y radiación
- La materialidad de la envolvente de la vivienda
- La presencia de humedad al interior
- El tipo de calefacción que se utiliza al interior
- La ventilación

Independiente de los factores mencionados existen otros que influyen en el confort térmico como por ejemplo la cantidad, calidad o materialidad de la vestimenta utilizada, la influencia del color de la habitación, la edad o estado psicológico de la persona en un determinado momento, pero si todos esos factores en conjunto no logran un nivel adecuado de confort térmico, es necesario recurrir a soluciones para este problema. Una de las soluciones y que se tiende a recurrir es acceder a altos consumos de energías por conceptos de equipos que brinden calefacción o refrigeración, lo que aumenta el impacto ambiental (Salvo 2013). Esto produciría una disminución en la sustentabilidad quedando otra alternativa la cual es acondicionamiento de lo ya construido con soluciones que aporten aislación térmica como lo que se pretende lograra con elementos propuestos conformados con papel de diario y yeso con corcho los cuales tienen propiedades de aislación térmica, y así ayudando a las personas y provocando un menor impacto en el medio ambiente

2.6 Aislación acústica

2.6.1 Sonido

El sonido es una vibración que se propaga en un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso). Para que se produzca sonido necesitamos la existencia de un cuerpo vibrante y de un medio elástico que se encarga de transmitir las vibraciones.

El sonido tiene mejor comportamiento de propagación en medios más densos. La velocidad de propagación de una onda sonora depende del medio a través del cual se propaga, considerando dos factores: La temperatura del medio y la densidad del medio, debido a que en un medio elástico, las partículas están más juntas permitiendo que la transmisión de la energía de las ondas tenga menos pérdida.

La tabla a continuación muestra las velocidades de propagación del sonido en distintos medios. Estas fueron medidas en condiciones normales de presión 1 atmósfera y temperatura 25 °C

Tabla 2.1.- Velocidades de propagación del sonido en diferentes medios

Medio de propagación	Velocidad del sonido (m/s)
Aire	346
Hormigón	4000
Madera	3700

Fuente: Recuero .M.(2010)

2.6.2 Propiedades de ondas sonoras

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

b) Longitud de onda (λ): Es la distancia del medio que recorre una molécula para realizar un ciclo o vibración completa. También se define como el segmento de eje que corresponde a una vibración completa.

c) Elongación (s): Es la distancia entre cualquier punto de una onda y su posición de equilibrio.

d) Periodo (T): Es el tiempo que tarda en realizarse un ciclo de la onda. El periodo es el inverso de la frecuencia y viceversa.

e) Frecuencia (F): Es el numero de ciclos realizados por unidad de tiempo . Se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundos (c/s)

2.6.3 Características del sonido

La aislación acústica es el recurso empleado para impedir la propagación del mismo mediante materiales o recursos constructivos que determinan un obstáculo reflecto de mayor o menor efecto. Esta tiene que brindar un mayor confort para los habitantes para lograr este objetivo, se debe tener en cuenta las características del sonido las cuales son:

a) Intensidad: Esta cualidad determina si un sonido es fuerte o débil .La intensidad de un sonido depende de: La amplitud, ya que a medida que esta aumenta, la intensidad también aumenta; de la distancia existente entre la fuente sonora y el oyente, a mayor distancia, menor intensidad, y finalmente, la intensidad es mayor si la superficie que vibra también lo es.

b) Tono: Esta cualidad del sonido depende de la frecuencia con la que vibra el cuerpo emisor del sonido. A mayor frecuencia, el sonido es más alto o agudo, a menor frecuencia el sonido es más bajo o grave.

c) Timbre: Cualidad que otorgan los armónicos al sonido son los que acompañan a la frecuencia fundamental. Permitiendo distinguir los sonidos, entre la misma nota (Tono) con igual intensidad producida por distintos instrumentos musicales.

2.7 El ruido

Es la sensación auditiva inarticulada generalmente desagradable. En el medio ambiente, se define como todo lo molesto para el oído. El ruido afecta de forma constante en la mayoría de las ciudades afectando la calidad de vida, este se ha convertido en un grave problema.

2.7.1 Características del ruido (OCAMPO, 2010).

- Su producción es muy barata y su emisión requiere muy poca energía.
- Su medición y cuantificación es compleja.
- No genera residuos, no produce un efecto acumulativo en el medio, aunque si puede producirlo en el hombre.
- Su radio de acción es inferior al de otros contaminantes.

2.7.2 Tipos de ruido

Estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Ruido Continuo: Se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de proceso. Para determinar el nivel de ruido es suficiente medir durante unos pocos minutos con un equipo manual.

b) Ruido intermitente: Cuando la maquinaria opera en ciclos, o cuando pasan vehículos aislados aviones , el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente.

c) Ruido Impulsivo: Es el caso del ruido de impactos o explosiones, por ejemplo el de una pistola.

Es breve y abrupto, y su efecto causa mayor molestia.

2.7.3 Ruido exterior

Está relacionado con la densidad de la población que en la mayoría de los casos no es uniforme con el espacio. uno puede encontrar ciertas zonas con un mayor nivel de ruido que otras, estos depende del tipo y la intensidad de las actividades que se desarrolla en la zona.

Las fuentes de ruido exterior de las viviendas se clasifican en dos, las fijas y las móviles. Las fijas son emisoras de ruido y se ubican permanentemente en un lugar, las móviles son las que se desplazan.

Las medidas de control para estos ruidos pueden aplicarse a las viviendas, mediante técnicas de aislamiento acústico como se propone en esta investigación.

2.7.4 Ruido interior

Las fuentes de ruido al interior de las viviendas provienen principalmente de sus ocupantes, además existen los ruidos producidos por los servicios e instalaciones que estos posean como ascensores, vertido de basura, artefactos sanitarios (Pailaqueo 2010).

2.8 Medición del campo sonoro

El instrumento que se utiliza es el sonómetro, permitiendo conocer el nivel de presión acústica instantáneo (dB) o durante un periodo de tiempo. Debido a la sensibilidad del oído se utiliza un sistema de medición conveniente, las curvas de ponderación, llamada A,B,C. A los niveles de presión sonora por frecuencias mediante factores de compensación que se asimilan a los que hace el oído humano.

Tabla 2.2- Clasificación de curvas

curva de ponderación	Rangos de sonidos permitidos	Rango de (dB)
Curva A	Sonidos débiles	<55
Curva B	Sonidos Moderados	55-85
Curva C	Sonidos intensos	>85

Fuente: Recuero. M.(2010)

2.9 Confort acústico

El confort acústico de una vivienda es un aspecto esencial de la calidad de vida de sus usuarios. El ruido es percibido como una de las molestias más importantes, ya que perjudica aspectos de la salud como el sueño, el estrés, la falta de concentración etc.

La Contaminación acústica es uno de los problemas propios de las zonas urbanas, como es sabido las ciudades tienen un alto nivel de ruido, producido principalmente por el desplazamiento y embotellamiento de vehículos, trabajos urbanos, actividades comerciales ruidosas, actividades deportivas, de recreación e industriales. El ruido es un conjunto de sonidos inarticulados de diversa intensidad, desagradable y molesto al oído, y el sonido es un fenómeno mecánico provocado por vibraciones de objetos que hacen que las moléculas del aire oscilen con cierta amplitud o intensidad y a cierta frecuencia (Número de oscilaciones por segundo). El oído es sensible a la gama de frecuencias comprendida entre 20 y 20.000 ciclos por segundo (llamados Hertz) (Rodríguez 2007).

Los Ruidos que afectan a las viviendas son de tres tipos : Transmisión del ruido externo hacia el interior por vía aérea a través de los elementos que conforman la envolvente de la vivienda: Transmisión del ruido propio por vía aérea interior; y transmisión de ruido propio del edificio por vía estructural. De estas tres formas de transmisión la primera es la más importante.

El ruido produce un gran impacto en la salud física y psíquica de las personas; en sus relaciones familiares y sociales; en el valor patrimonial de la vivienda afectada y en los derechos fundamentales a la intimidad.

El ruido exterior o ruido urbano es el que produce la comunidad debido a las actividades propias de la ciudad, y está relacionada directamente con la población, además no es uniforme en el espacio y tiempo. Rodríguez (2002) que calles con locomoción colectiva en la región metropolitana pueden alcanzar intensidades de ruido que varían entre 80 y 90 dB(A); Calles sin locomoción colectiva pero con circulación de autos tienen niveles de 70-80 dB(A); y calles residenciales con bajo movimiento vehicular presentan 50 a 60 dB(A). En la noche los valores son inferiores a 60 dB(A).

En el año 2007 una encuesta de bienestar habitacional aplicada en viviendas sociales, se realizaron tres preguntas referentes al sector acústicos. Los resultados de la percepción que tienen los habitantes sobre el tema se presentan en los siguientes gráficos (N° 2.6, N° 2,7 y N° 2,8):

Primera pregunta



Figura 2.6 Pregunta numero 1

La aislación acústica entre los diferentes sectores de la vivienda , son consideradas como malas y muy malas por el 65%, como regular por el 22% y el 13 % restante la considera buen, nadie califico como muy buena la aislación acústica entre los sectores al interior de las viviendas según las encuestas realizadas en este estudio de Gonzales 2007.

Segunda Pregunta



Figura 2.7 Pregunta numero 2

La aislación acústica de los muros interiores de las viviendas sociales, son consideradas como mala y muy malas 69%, como regular 18% y buena y muy buena entre un 13%.

Tercera Pregunta

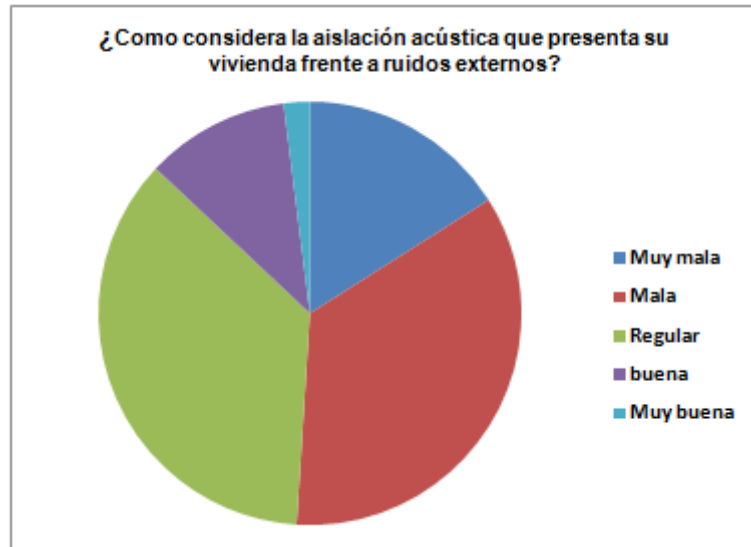


Figura 2.8 Pregunta numero 3

siete de cada 10 encuestados consideraron como mala y muy mala la aislación acústica del muro divisorio y un 18 % la considera regular. En tanto la aislación acústica de la vivienda frente ruidos externos es considerada como mala y muy mala por la mitad de los encuestados y un 36%la considera regular.

Con estos estudios realizados por González (2007) nos damos cuenta que el confort acústico es una parte esencial dentro de una vivienda, por lo cual el desarrollo de esta investigación se evaluaron ensayos de las propiedades acústicas para ver si el elemento que se tiende a proponer cumple con los requerimientos para su uso.

2.10 Materiales

2.10.1 Papel diario

El uso de este elemento produce una considerable disminución de los recursos naturales. La principal ventaja es el ahorro en material de aislamiento que ya no se necesitaría incorporar en el edificio, este componente tiene la capacidad de actuar como aislante térmico, y es necesario mencionar que este cumple con características que lo hacen ideal para ayudar con la disminución del impacto ambiental, puesto que es un material reciclable, mas económico, más eficiente ambientalmente.

El uso de papel reciclado en la industria papelera causa un alivio importante a los recursos naturales:

- El uso de una tonelada de papel reciclado evita cortar 17 arboles (valor promedio)
- Se reduce considerablemente la carga de contaminantes a las aguas superficiales
- Para procesar una tonelada de papel reciclado, se necesita solamente el 10 % de la cantidad del agua necesaria para la producción de papel desde la materia prima
- Al contrario a la producción de papel con base de celulosa, no se generan emisiones atmosféricas durante el procesamiento de papel reciclado.
- Al contrario a la producción de papel con base de celulosa, no se generan emisiones atmosféricas, durante el procesamiento de papel reciclado.

2.10.2 Corcho como material de construcción

El corcho se ha empleado en la construcción desde la más remota antigüedad, al apreciar de modo empírico, su capacidad de aislamiento, su ligereza y resistencia a los agentes exteriores. El corcho es un tejido vegetal formado por células, en forma de un poliedro regular de 14 caras, agrupadas de tal forma que no dejan espacio intercelular alguno. Estas células muertas se encuentran en número de 30 a 40 millones por cm^3 . No existe un material natural o artificial que aúne a la vez las siguientes características.

a) Ligereza

Se debe a que el 88 % de su volumen es aire (predominantemente nitrógeno).

b) Elasticidad

Una probeta de corcho de una pulgada cubica fue sometida a la extraordinaria carga de 6.350 kgs. sin romperse e inmediatamente de ser liberada de la presión recupero el 90 % de su altura general, sin apreciarse aumento de sus medidas de largo y ancho. Esta resistencia se debe a la resistencia de sus paredes celulares, a su impermeabilidad a líquidos y gases y a los plasmodesmos, que permiten aliviar una extraordinaria presión, sin estallar las células. Esta gran elasticidad y resistencia a la presión juega un importante papel en su uso como pavimento y como aislante, en pisos sometidos a carga, aparte, lógicamente de otros usos.

c) Compresibilidad

es la facultad de ceder a la presión y que no debe confundirse con la elasticidad antes mencionada. En el caso del corcho existe una característica fundamental y distintiva y es su capacidad de ser comprimido sin dilatación lateral (Modulo de Poison 0). Esta característica única, fundamenta un gran número de aplicaciones industriales, y en la construcción tiene marcado interés en las juntas de dilatación.

d) Impermeabilidad

Debido a su estructura química abundante presencia de suberina y ceroides y a su estructura física de células cerradas, que a su vez cierran el espacio sin discontinuidad o huecos que facilitarían la capilaridad. Esta propiedad es de la mayor importancia en gran parte de las utilidades del corcho,

conjugándose con otras de sus características en el campo de la construcción que nos atañe ahora, permite conservar inalterables, las propiedades aislantes del aglomerado expandido duro.

e) Aislante térmico

Esta propiedad física del corcho es el fundamento de uno de los empleos más masivos, históricamente, del corcho y de importancia fundamental en el campo de la construcción. En efecto y como es sabido, el mejor aislante es el vacío, seguido del aire seco inmóvil. El corcho, por su enorme número de células rellenas de un gas muy parecido al aire, encerrado sin posibilidad de moverse o renovarse, junto con su bajo poder de absorción de humedad, cumple con precisión los requerimientos para ser un aislante de inmejorable calidad.

f) Absorbente acústico y vibrátil

Aunque a algunos pueda sorprender, el corcho no es buen material aislante de ruidos, si bien es el mejor aislante acústico de entre los existentes térmicos.

En efecto, el aislamiento acústico viene determinado, ineludiblemente por la "Ley de masa", lo que significa que el sonido transmitido será tanto menor cuanto mayor sea la masa m^2 del material intermedio. En este sentido, evidentemente el mejor aislante sería una placa de plomo. Por contra en la absorción acústica el corcho puede jugar un papel fundamental en el confort acústico de los edificios. Asimismo el corcho tiene una aplicación muy eficaz para combatir los ruidos estructurales, así como reducir la propia producción de ruidos.

g) Retardador del fuego

Si bien evidentemente, el corcho no puede considerarse como incombustible, si puede considerarse con muy buenas características en relación al comportamiento con el fuego. Los productos corcheros como regla general, se encuentran dentro de la clasificación, M-2 COMBUSTIBLE- DIFÍCILMENTE INFLAMABLE. Sin embargo, tratamientos tanto superficiales como en masa, que permiten alcanzar la clasificación M-1 máxima alcanzable para un material inflamable. Como elemento comparativo diremos que los materiales de madera son como regla general M-3 y debidamente tratados pueden alcanzar la clasificación M-2.

h) Durabilidad

El corcho se encuentra naturalmente, expuesto durante cientos de años a todas las influencias climáticas que sufre el alcornoque, al que protege, sin sufrir daño alguno. Ausencia de toxicidad y otros peligros para la salud

El corcho es un material absolutamente natural, carente de cualquier tipo de producto tóxico tratándose de un tejido muerto, es un material absolutamente inerte.

i) Aislamiento de paredes exteriores e interiores

La polivalencia del corcho-Aislante térmico- Corrector acústico- Resistente al desgaste- Belleza ornamental. Ofrece un amplísimo campo dentro del aislamiento térmico y acústico de paredes, tanto de exteriores como interiores.

En efecto sus condiciones de resistencia mecánica y durabilidad permiten soluciones constructivas como ninguno otro material aislante.

En el caso de los productos corcheros no estamos obligados necesariamente, a colocarlos dentro de la cámara de aire, sino que por el contrario pueden ser colocados, con las adecuadas disposiciones constructivas, tanto al exterior como al interior de muros y paredes.

En la colocación interior, presenta un gran interés tanto desde el punto de vista de características técnicas, constructivo y económico.

Así por ejemplo desde el punto de vista técnico la posibilidad de su colocación en la cara interior, visible, de un local, permite aprovechar su magnífica capacidad como corredor acústico

Si bien la resistencia térmica del elemento es la misma, sea cual sea la situación del aislante dentro del conjunto, es evidente que si el aislante se encuentra en el lado interior del área calefactada, su contribución al aislamiento se ejerce desde el primer momento.

Mediante la utilización del corcho visto, en la cara interior, consigue mejorar su substancialmente ambas características.

Desde el punto de vista de la constructivo tiene la enorme ventaja de poder solucionar múltiples problemas acústicos y térmicos.

2.10.3 Yeso

El yeso se define como un aglomerante que se obtiene de la deshidratación de la piedra yesera o aljez, el cual al ser finamente molido posee la habilidad de endurecer y provocar unión y cohesión con otras partículas al momento de tener contacto con el agua. Este material es muy abundante y fácil de obtener. Este material tiene ventajas y desventajas las cuales se muestran a continuación:

Ventajas

- Necesita un bajo consumo de energía en su proceso de fabricación durante el cocido.
- La contracción del yeso al momento de endurecer es despreciable
- Tiene buena adhesión a las fibras y otros materiales
- Buena resistencia al fuego
- Buena reflexión del sonido
- Buen acabado de superficie y resistente a los insectos y roedores
- Al ser implementado en una superficie interior de una vivienda que no cuenta con algún sistema de aislación térmica puede aumentar hasta en un 35% la capacidad de aislación térmica , ayudando al ahorro energético.

Desventajas

- No posee propiedades de permeabilidad, es por esta razón no puede ser utilizado en exteriores a menos que se le incorporen componentes adicionales que el permitan mejorar esta debilidad
- al no poseer permeabilidad el agua lo descompone y las filtraciones generan manchas amarillentas que arruinan las terminaciones
- lentitud en el proceso de fraguado, lo que involucra largos tiempos de espera luego de ser aplicado en las superficies.

Estas propiedades en conjunto con el corcho hacen que sea un elemento ideal para mejorar considerablemente las propiedades del elemento de estudio. Teóricamente este elemento puede llegar a mejorar la capacidad de aislación térmica y acústica. Hernández Olivares F. et al establece que la compatibilidad entre el yeso y el corcho y su mezcla en diferentes fracciones, hace posible desarrollar nuevos materiales de construcción, complementándolo con de esta manera el panel que se propone con papel diario reciclado, que no solo busca disminuir el impacto ambiental sino también disminuir las grandes cantidades de gasto energético

2.11 Clasificación de paneles prefabricados

La clasificación de los paneles propuestos en este estudio se tomara de referencia la Norma Chilena NCh806 of 1971: Arquitectura y construcción- Paneles prefabricados - Clasificación y Requisitos que clasifica a cada tipo de panel con los detalles a continuación:

- Tipo
- Clase
- Grado

2.11.1 Tipo

Según los tipos de paneles prefabricados entregados por la norma NCh 806 of 1971 el panel es de tipo I : Entramado con revestimiento y huecos, ya que el largo es supera a las otras dimensiones y posee revestimiento de yeso por ambas caras.

2.11.2 Clase

La clasificación de la clase del panel según la Norma Chilena 806 of 1971 se determina analizando y determinando el material predominante en la estructura del panel:

Clase A: Hormigón

Clase B: Cerámica

Clase C: Acero

Clase D: Aluminio

Clase E: Plástico

Clase G: Laminas de yeso

Clase H: Mixto

Se determina y analiza, el resultado es la clase H: Mixto ya que los materiales predominantes son el Yeso con corcho y Papel diario.

2.11.3 Grado

Según las normas NCh 806 of 1971, los paneles se clasifican según las características mecánicas exigidas, por lo que el grado se efectuó al termino del estudio, una vez obtenido los resultados.

-NCh 801 of 2003: Elementos de construcción- Paneles- Ensayos de compresión

-NCh 803 of 2003: Elementos de construcción- Paneles- Ensayos de flexión

2.11.3.1 Resistencia a la compresión RC

La norma Chilena NCh 801 of 2003 entrega las siguientes tablas para determinar el grado y además el subgrado de cada panel, según sus cargas de roturas y sus deformaciones.

Tabla 2.3 Grado RC

Grado RC	Carga de rotura kg/ml
1	1.000 a 3.000
2	3.000 a 8.000
3	8.000 o más

Fuente: NCh 801 of 2003: Elementos de construcción-Paneles- Ensayo compresión

Tabla 2.4 Subgrado RC

Subgrado RC	Deformación admisible Mm
a	14 a 21
b	7 a 14
c	7 o menos

Fuente: NCh 801 of 2003: Elementos de construcción-Paneles- Ensayo compresión

2.11.3.2 Resistencia a las cargas transversales (flexión), RT

La norma Chilena NCh 803 of 2003 entrega las siguientes tablas para determinar el grado y además el subgrado de cada panel, según su resistencia a la flexión:

Tabla 2.5 Grado RT

Grado RT	Carga de rotura kg/ml
1	500 a 1.000
2	1.000 a 1.500
3	1.500 o más

Fuente: NCh 803 of 2003: Elementos de construcción-Paneles- Ensayo flexión

Tabla 2.6 Subgrado RT

Subgrado RT	Deformación admisible Mm
A	50 a 100
B	25 a 50
C	25 o menos

Fuente: NCh 803 of 2003: Elementos de construcción-Paneles- Ensayo flexión

CAPITULO III.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 Etapas del estudio

El estudio presente se compone de las siguientes etapas, la cuales van a resumir el trabajo realizado para obtener los resultados que validen o refuten la factibilidad de elaborar el elemento propuesto formado por papel de diario reciclado y yeso con corcho.

- Etapa de recopilación de materiales
- Etapa de confección de panel
- Etapa de ensayos de laboratorio
- Análisis de resultados
- Conclusiones

3.1.1 Etapas de recopilación de materiales

Es una etapa previa, en la que se identifican los materiales que se van a necesitar para confeccionar el panel, y se recolectaron con anticipación para contar con ellos al momento de comenzar con la etapa de trabajo en laboratorio.

La recolección de los materiales se centro en el corcho ya que es el material el cual es mas difícil de conseguir seguido del papel diario al ser el material mas abundante y de mayor facilidad al momento de recolectarlo y al momento de recolectarlo este fue guardado cuidando su integridad, para que sus propiedades no se vieran afectadas por efectos externos como humedad o exposición al sol. Esta etapa se realizo paralelamente con la recopilación de información, la cual es una etapa teórica que entrega los fundamentos del estudio, para así tener certeza de los alcances dentro de los que se trabajara.

3.1.2 Confección del panel

El procedimiento para la fabricación de cada panel se detalla a continuación a través de esquemas y breves explicaciones.

El primer paso es clasificar el papel de diario usando como criterios de clasificación su tamaño, agrupándolo en tamaños similares, luego se procede a apilar.

Luego se procede a enrollar el papel de diario sobre una barra de hierro liso de 6mm, de manera dejando una tolerancia de 1 mm para poder extraer el hierro sin dificultades, se logra un diámetro interior del rollo de papel correspondiente a 8 mm, utilizando una cantidad de laminas hasta poder alcanzar un espesor de 17 mm.

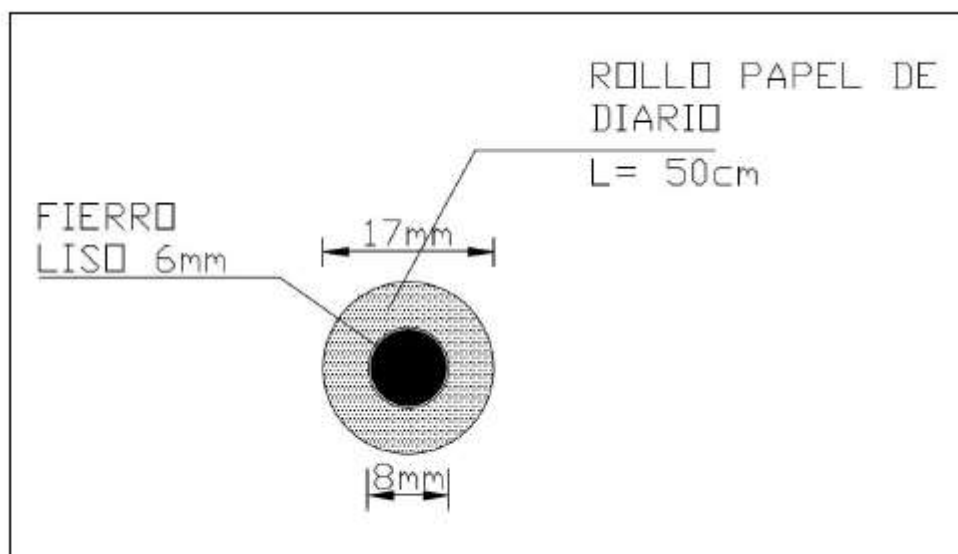


Figura 3.1 Detalle papel de diario

Fuente: Salvo, 2013

Luego de retirar la barra de hierro formando un rollo de papel de diario, este procedimiento se debe repetir hasta obtener 58 rollos de papel diario, con los cuales se completaría una capa del panel.

El panel completo se forma uniendo 2 capas de rollos de papel diario, una capa intermedia de papel diario con espesor 2mm, y el revestimiento que corresponde a yeso con corcho, según lo detallado en la siguiente figura. Se agrupan los rollos en forma continua uno al lado del otro hasta

completar un metro , formando una capa que tiene como dimensiones 50x100cm, según la siguiente figura.

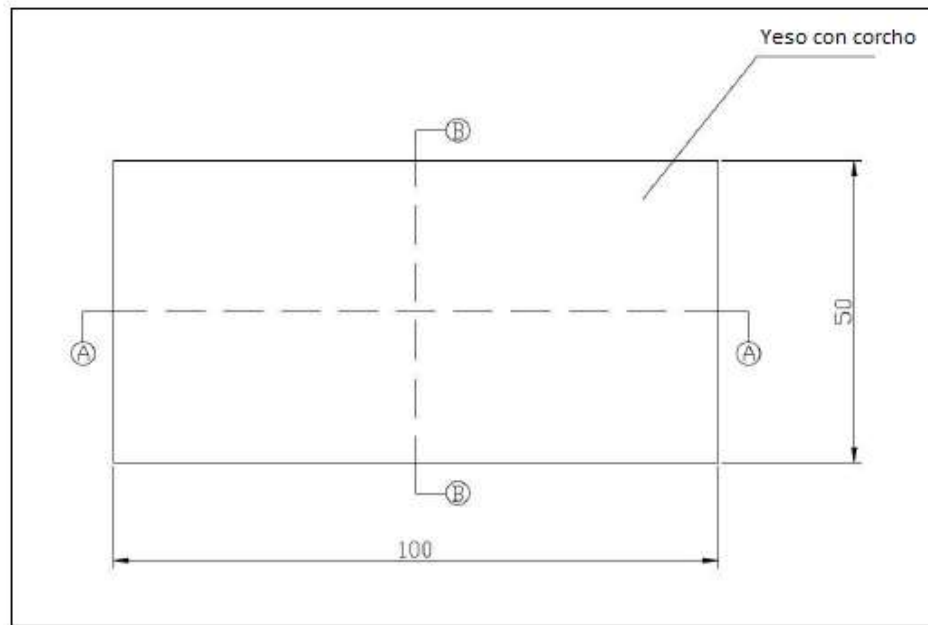


Figura 3.2 Detalle planta panel

Fuente: Salvo,2013

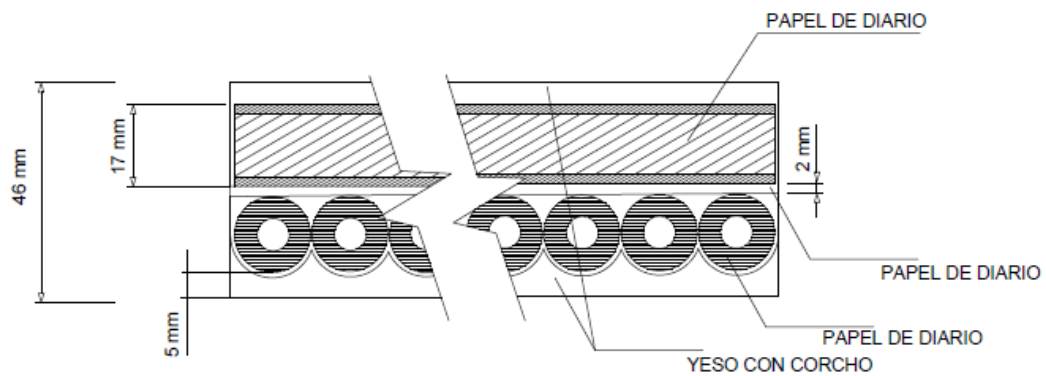


Figura 3.3 Corte Sección a-a

Fuente: Elaboración propia,2014

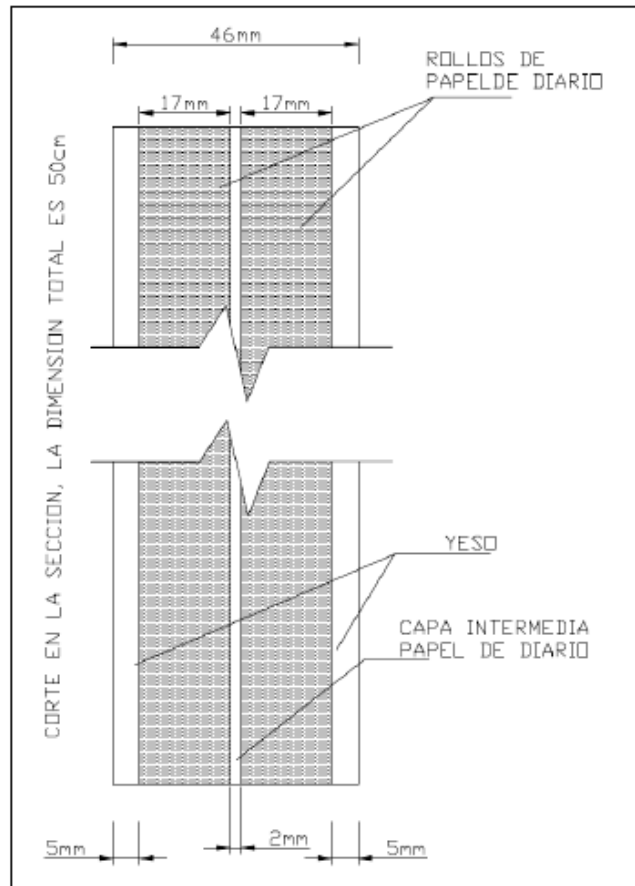


Figura 3.4 Corte Sección B-B

Fuente: Salvo, 2013

Para lograr lo anteriormente planteado en las figuras, se confeccionara un molde formado por una base de terciado estructural de 15 mm, sobre el cual se apilan los rollos de papel diario reciclado. Sobre esta base se afianzaron 4 maderas de 1/4 " adicionales separadas a una distancia interior de 100 cm, de tal forma que los rollos al momento de agruparlos uno al lado del otro estos abarcaran por completo la distancia interior de 100 cm. Los siguientes puntos muestran las fases del proceso de producción.

- Confección del molde
- Distribución del papel diario
- Instalación capa intermedia papel diario
- Segunda capa de rollos de papel diario en forma perpendicular
- Capas de yeso con corcho granulado



Figura 3.5 Distribución papel de diario

Fuente: Elaboración propia,2014

Una vez de que ya se agruparon los rollos que ocupan todo el espacio entregado por el molde, se procede a agregar una mano de cola fría diluida en agua. La cola fría se diluye en una proporción correspondiente al 0,5 lts de agua por cada 1 litro de cola fría, para de esta manera poder reducir la viscosidad y evitar que se rompa el papel al esparcir este pegamento. Sobre esta mano de cola fría se irán agregando las hojas de papel diario estiradas que son necesarias para conseguir el espesor buscado de 2mm, de la siguiente manera.



Figura 3.6 Instalación capa intermedia de papel diario

Fuente: Elaboración propia,2014

Mientras se agregan las capas de papel diario estirado, se genera un traslapo, evitando de esta forma que las uniones queden en el mismo sector del panel y una posible manera de disminución de resistencia mecánica.

Luego de formar la primera capa inferior de rollos de papel diario, mas la capa intermedia de papel diario estirado, se procede a dar la ultima mano de cola fría diluida, sobre la cual se agrupa la ultima capa de rollos de papel diario, la cual ira de forma perpendicular a la capa anteriormente efectuada, esta capa corresponderá a la capa superior.



Figura 3.7 Segunda capa de rollos de papel diario en forma perpendicular

Fuente: Elaboración propia, 2014

Luego se procederá a esperar un día completo a que el pegamento seque correctamente y se obtiene un panel preliminar que solo le hará falta el revestimiento de yeso con corcho.

Después de que la configuración de papel diario esta lista, se avanza con la etapa de revestimiento del yeso con corcho granulado, en la cual se aplican las dos caras superficiales que actuaran como revestimiento exterior.



Figura 3.8 Capas de yeso

Fuente: Elaboración propia, 2014

Estas capas se aplican de la forma más pareja y uniforme posible, tratando de entregar un espesor que no varíe.

3.2 Ensayos y estudios

Los ensayos y estudios propuestos que se llevan a cabo para poder completar el análisis buscado del elemento propuesto en base a papel de diario y yeso con corcho son :

- Ensayo para la determinación de propiedades de aislación térmica
- Ensayo de flexión
- Ensayo de compresión
- Ensayo para la determinación de propiedades de aislación acústica
- Estudio de densidades

3.2.1 Ensayo para la determinación de las propiedades de aislación térmica

Para realizar este ensayo se regirá por dos normas chilenas vigentes, las cuales son:

- NCh 851 of 1983 Aislación Térmica - Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica. Esta se procederá a utilizar para seguir los según esta, al momento de realizar los ensayos que determinan la Conductividad Térmica y la capacidad de Aislación Térmica de un determinado material o elemento constructivo
- NCh 849 of 1987 Aislación Térmica - Transmisión Térmica- Terminología, Magnitudes, Unidades y Símbolos: Esta norma determina la terminología que se necesita utilizar en el estudio de Propiedades Térmicas, al igual que las Unidades correspondientes y los símbolos que deben usarse al momento de analizar los resultados.

Para realizar este ensayo, se construye una cámara a escala, la cual se encuentra aislada en cada una de sus caras. Esta cámara esta construida con estructura de madera y revestimiento de terciado estructural de 15 mm, con aislación entregada con la colocación de poliestireno expandido y lana de vidrio entre placas. El techo de esta cámara funciona como tapa removible, la que al taparse para efectuar los ensayos y al agregarse en las aristas del cierre landa de vidrio adicional.



Figura 3.9 Cámara térmica

Fuente: Elaboración propia, 2014

Dentro de esta cámara, al momento de comenzar a efectuarse el ensayo, se instala el panel o elemento de forma vertical del cual se busca obtener su capacidad de conductividad térmica el cual

debe tener la misma distancia interior libre entregada por la cámara, creando dos espacios divididos dentro de la misma cámara, los cuales no tienen puentes de transferencia debido a la unión hermética generada.



Figura 3.10 Panel instalado

Fuente: Elaboración propia, 2014

Luego se instala dentro de uno de los espacios generados al interior de la cámara una fuente de calor, luego se montan dos sensores del equipo de medición utilizado, uno en cada cara del panel estudiado, de forma más específica, un sensor se ubica en el espacio que contiene las fuentes emisoras de calor y el otro sensor, se ubica en el espacio que no contiene emisión de calor.

Este ensayo, la fuente calórica seleccionada corresponde a 3 ampolletas instaladas de manera uniforme dentro de la sección de la cámara con el objetivo de entregar calor a la cara del panel, la cual cada una de ellas tendrá una potencia de 100 W.

El objetivo del ensayo del ensayo es encender la fuente de calor, para, de esta forma medir cuanta temperatura tiene el panel en su cara que enfrenta la emisión de calor, y observar mediante el segundo sensor cuanto calor atraviesa al panel y llega hasta el extremo que no tiene fuente emisora de calor.

El proceso se realizara con un panel en escala 1:1, con medidas 50x100cm. Y además a un panel el cual fue confeccionado por Salvo, 2013 el cual estaba compuesto de papel diario y yeso en su revestimiento.

El elemento con el cual se procederá a medir corresponderá al XPLOER GLX, el cual se encuentra en los laboratorios de docencia. Este instrumento nos permite adquirir datos, gráficos y análisis. Xplorer GLX admite hasta cuatro sensores Passport simultáneamente, además dos sensores de temperatura, sonido y voltaje.



Figura 3.11 Xplorer GLX

3.2.2 Ensayo de flexión

Este ensayo permite determinar el comportamiento y resistencia a la flexión de paneles que constituyen una parte o segmento de un muro de construcción.

El ensayo será realizado según especificaciones de la Norma Chilena oficial NCh 803 of 2003 Elementos de construcción -Paneles- Ensayo de flexión.

El panel será ensayado de forma horizontal, apoyándose de en dos extremos separados a 75 mm del borde del panel. Este apoyo corresponde a un apoyo simple.

Para la realización del ensayo se utilizó un panel de 100x50 con un espesor de 4 cm el cual se instaló en el equipo de ensayo que se encuentra en los laboratorios.

El proceso de ensayo se realiza aplicando una carga inicial y una vez tomado los datos correspondientes, se va aumentando la carga en un 10 % hasta producirse la falla. Según lo indicado en la NCh 803 of 2003, se deberán tomar los ensayos en una cantidad de 3 paneles ya que se trata de un panel de medidas simétricas.

Los datos que deben ser registrados a medida que se va aumentando la carga serán los siguientes:

- Carga aplicada
- Deformación: Este dato se mide con un deformometro, equipo disponible en la docencia de la Universidad De Valparaíso.
- Deformación Residual: Se mide con el deformometro, y corresponde a la deformación no elástica.

3.2.3 Ensayo de compresión

Este ensayo se realizara siguiendo como guía la NCh 801 of 2003: Elementos de construcción- Paneles- Ensayos de compresión.

Se considerara una probeta de 37x48 cm con un espesor igual a 46 mm. La cual se ubicara de forma vertical donde se tomaran los ensayos.

En este proceso se debe aplicar una carga, la cual se mantiene 5 minutos, midiendo en este lapso su deformación correspondiente. Luego se libera la carga para proceder a medir su carga residual. A continuación se aplica una nueva carga que posee un incremento de un 10 % respecto a la carga inicial. Este proceso se realiza continuamente, posteriormente se realiza un incremento en la carga hasta llegar a la rotura del panel, adquiriendo de esta manera la información respecto a la carga máxima que puede resistir el elemento estudiado

3.2.4 Medición del nivel sonoro

El sonómetro es un instrumento que permite determinar los niveles de Presión Sonora. Permittiéndonos medir la cantidad de ruido que existe en una lugar a través de la frecuencia y el tiempo.

En esta de medición se utilizo el Sonómetro Integrador Xplorer GLX, También posee un integrado altavoz para generar sonidos y un puerto de salida de señal estéreo para auriculares o altavoces amplificados.

Para las mediciones se ocupara una escala de ponderación A y C, Permittiendo adecuar el nivel de presión sonora que deseamos medir. Todas las escalas serán en una ponderación A, ya que ofrece una correlación adecuada con distintas respuestas para el oído humano.

El sonómetro es ajustable a dos modos de respuesta o ponderación temporales de indicador que son la rápida (Fast) o la lenta (Slow) para las variaciones de nivel de presión sonora ya que en ocasiones estas pueden resultar muy rápidas y el sonómetro no lograra captarlas.

a) Sensor de nivel de sonido

El sensor de nivel de sonido está diseñado para medir los niveles de presión sonora de fuentes de sonido dentro de 10 pies.



Figura 3.12 Sensor para medir el nivel sonoro

b) Especificaciones Técnicas del Sensor de Nivel de Sonido

Para la obtención de datos en el sonómetro integrador Xplorer GLX se debe seleccionar una unidad de frecuencia para la muestra que pueden ser: muestra/segundo, minutos y horas; Se debe elegir la frecuencia de muestreo que van de 1,2,..,20.

Para el registro de Presión Sonora se selecciono una muestra por segundo, por ejemplo, la muestra se toma en 10 minutos continuos se registran 600 datos integrado los valores, donde se podrá apreciar la entrega de valores máximos, mínimos, medias y desviación estándar.

Tabla 3.1 PS-2109 Características de los sensores

Modelo	Tipo de sensor	Rango de precisión	Precisión	Resolución
PS-2109	Sensor nivel de sonido	30 a 70 (dB (A) / dB (C))	+/-2(dB(A) / dB(C))	0,1 dB
		50 a 90 (dB (A) / dB (C))		
		70 a 110 (dB (A) / dB (C))		

Fuente: Recuero.M. (2010)

Modelo	Tipo de sensor	Rango de precisión	Precisión	Resolución
PS-2109	Intensidad de Sonido ($\mu\text{W}/\text{M}^2$)	1×10^{-3} a $10 \mu\text{W}/\text{M}^2$	+/-2(dB(A)/ dB(C))	0,1 dB
		1×10^{-1} a $10 \mu\text{W}/\text{M}^2$		
		10 a $10.000 \mu\text{W}/\text{M}^2$		

Fuente: Fuente: Recuero.M. (2010)

3.2.5 Estudio de Densidades

Se realizara un estudio de la Densidad Aparente del panel, esta densidad será el resultado del promedio entre la muestra de 5 paneles contruidos y medidos en laboratorio.

Esta densidad aparente será el resultado de la división entre el peso (kilogramos) de cada panel y el volumen total en m³ (Largo x ancho x espesor). Sin descontar los vacios el volumen de vacios que hay en el interior de cada panel resultado de la configuración de los rollos de papel diario.

Este proceso se realizara con la selección de 5 paneles, registrando para cada uno de ellos su peso y volumen, obteniendo la densidad de cada uno de ellos y después promediando los valores obteniendo así un resultado final. El cálculo se efectuara con la siguiente fórmula:

$$p = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde :

P: Densidad Aparente expresado en [Kg/m³]

m: Corresponde al peso de la muestra expresada en [kg]

V: Volumen de la muestra en [m³]

CAPITULO IV.

PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Introducción

En este capítulo se dará a conocer los análisis obtenidos de las pruebas realizadas en los diferentes ensayos, con la función de evaluar el aislamiento térmico y acústicos, además de sus propiedades mecánicas, los cuales se realizarán en el laboratorio de la Universidad de Valparaíso en Playa Ancha.

Con los resultados obtenidos se podrá analizar y concluir si la propuesta anteriormente descrita cumple con los requisitos.

Los ensayos y estudios efectuados son los siguientes:

- Ensayos de aislación térmica
- Ensayos de aislación acústica
- Ensayo de compresión
- Ensayo de densidades aparentes

Se especifica la norma y el detalle de cada ensayo en el siguiente capítulo.

4.2 Ensayo de Aislación Térmica

Al momento de determinar si el panel propuesto formado por papel diario y yeso con corcho granulado posee propiedades de aislación térmica mejores que elementos con características similares, se realizó el ensayo a los siguientes elementos para así poder lograr una comparación.

- Ensayo de aislación Térmica en paneles propuestos en base a papel de diario y yeso con corcho.
- Ensayo de aislación Térmica en elemento estudiado el 2013 como: Evaluación de las propiedades Térmicas y Mecánicas de elemento de construcción en Base a papel diario y yeso [Salvo, 2013]

Para los casos mencionados se procederá a entregar resultados que muestren la conductividad propia de cada elemento, en la cual se aplicara calor en una cara, y la medición de la cantidad de calor que logra atravesar el panel, y es medida en la cara opuesta, todo este proceso se realizara en la cámara térmica anteriormente mencionada, la cual está completamente aislada y no tiene emisión de calor. Este ensayo fue realizado siguiendo la Norma Chilena NCh 851 of 1983.

4.2.1 Ensayo de aislación térmica en paneles a base de papel diario reciclado y yeso

Este ensayo fue realizado en las mismas condiciones por Salvo, 2013 donde se explica el mismo procedimiento que se quiere realizar para así obtener resultados y lograr una comparación con el panel propuesto en base a papel de diario reciclado y yeso con corcho. Donde se procede a colocar el panel en el centro de la cámara térmica, dentro de esta cámara se instaló una fuente de calor y se colocaron 2 sensores. Un sensor captura la temperatura en el sector donde no se encuentra la fuente emisora de calor, esta fue denominada T1. El segundo sensor captura la temperatura desde la otra cara, donde en esta se encuentra la fuente emisora de calor, esta fue denominada T2. El área del panel es de 0,5 m².

Este ensayo se realizó en 1 hora, en la tabla que se muestra a continuación es un resumen de las temperaturas obtenidas por cada minuto, los valores que se presentan en la siguiente tabla son el promedio obtenido luego de 3 minutos de ensayo.

TABLA 4.1 Ensayo de aislación térmica paneles con papel diario y yeso

Minuto	T1(°C)	T2(°C)	T2-T1
3	15,6	23	7,4
6	16,65	24,1	7,45
9	17,1	24,6	7,5
12	17,6	25,3	7,7
15	18,08	25,9	7,82
18	18,42	26,3	7,88
21	18,65	27,6	8,95
24	18,98	28,35	9,37
27	19,35	29,65	10,3
30	19,48	31,2	11,72
33	19,64	32,88	13,24
36	19,78	34,18	14,4
39	20,05	35,53	15,48
42	20,24	37,31	17,07
45	20,37	38,74	18,37
48	20,51	38,98	18,47
51	20,65	41,52	20,87
54	21	43,09	22,09
57	21,25	44,82	23,57
60	21,4	45,97	24,57

Fuente: Elaboración propia, 2014

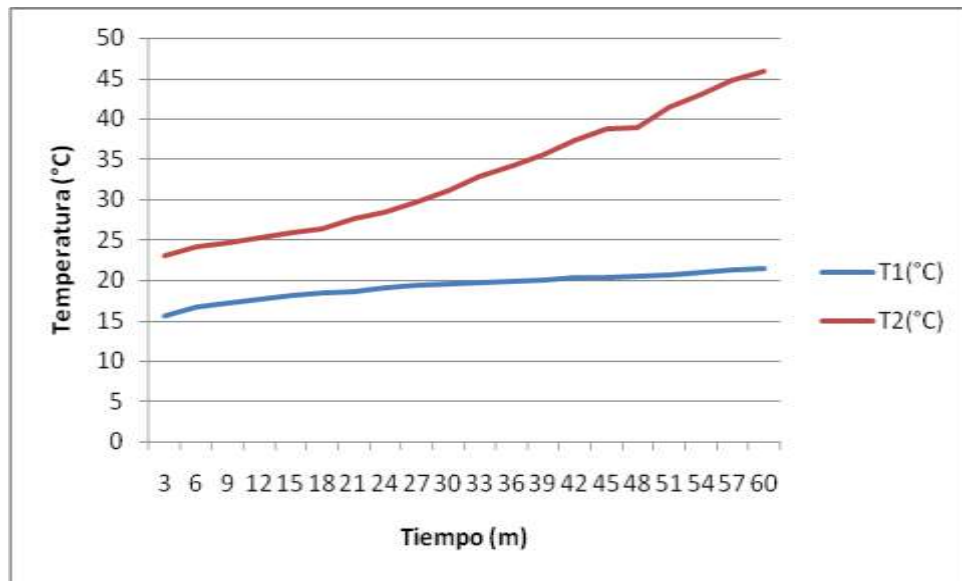


Figura 4.1: Gráfico Tiempo[M] vs Temperatura[C]

Panel papel diario reciclado y yeso

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

T1: Corresponde a la temperatura en el sector donde no se encuentra la fuente emisora de calor.

T2: Corresponde a la temperatura en el sector donde se encuentra la fuente emisora de calor.

La información entregada por el gráfico muestra que al comienzo del ensayo existe un período de tiempo en el que las temperaturas de ambas caras son similares, tiempo que bordea los 5 minutos. Una vez transcurrido este lapso de tiempo, comienzan a producirse las diferencias en los valores medidos. La cara que se encuentra expuesta a la fuente de calor eleva sus temperaturas alcanzando hasta los 45,9 °C en una hora, mientras que la cara del panel que se encuentra del lado sin fuente de calor solo alcanza los 21,4 °C en el mismo intervalo de tiempo. Esto muestra que efectivamente el panel posee propiedades de aislación térmica que no son menores, entregando diferenciales de temperatura entre ambas caras que mantienen un promedio de 13,73 °C, por lo que es necesario analizar los elementos adicionales para poder efectuar las comparaciones correspondientes y así verificar cual es el más eficaz al momento de aislar las temperaturas.

Este es el procedimiento que se seguirá para lograr la comparación entre los elementos en los ensayos de Aislación Térmica.

4.2.2 Ensayo de Aislación térmica en paneles a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Este ensayo fue realizado bajo las mismas condiciones que el ensayo anterior, pero esta vez, el elemento analizado, corresponde a la propuesta del panel a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado, el cual su dosificación será un 20% en peso seco del yeso. y los datos obtenidos se entregan en la siguiente tabla y gráfico, donde también se trabajan los promedios obtenidos para las mediciones de cada 3 minutos:

Tabla 4.2 Ensayo de aislación térmica en paneles a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Minuto	T1 (°C)	T2(°C)	T2-T1
3	15,15	23,64	8,49
6	15,18	25,95	10,77
9	15,19	27,92	12,73
12	15,22	29,57	14,35
15	15,27	31,02	15,75
18	15,33	32,26	16,93
21	15,39	33,38	17,99
24	15,47	34,5	19,03
27	15,56	35,57	20,01
30	15,65	36,56	20,91
33	15,76	37,4	21,64
36	15,87	38,23	22,36
39	15,99	39,07	23,08
42	16,12	39,87	23,75
45	16,18	40,21	24,03
48	16,41	41,28	24,87
51	16,56	41,91	25,35
54	16,72	42,6	25,88
57	16,87	43,27	26,4
60	17,02	43,89	26,87

Fuente: Elaboración propia,2014

Donde:

T1: Corresponde a la temperatura en el sector donde no se encuentra la fuente emisora de calor.

T2: Corresponde a la temperatura en el sector donde se encuentra la fuente emisora de calor.

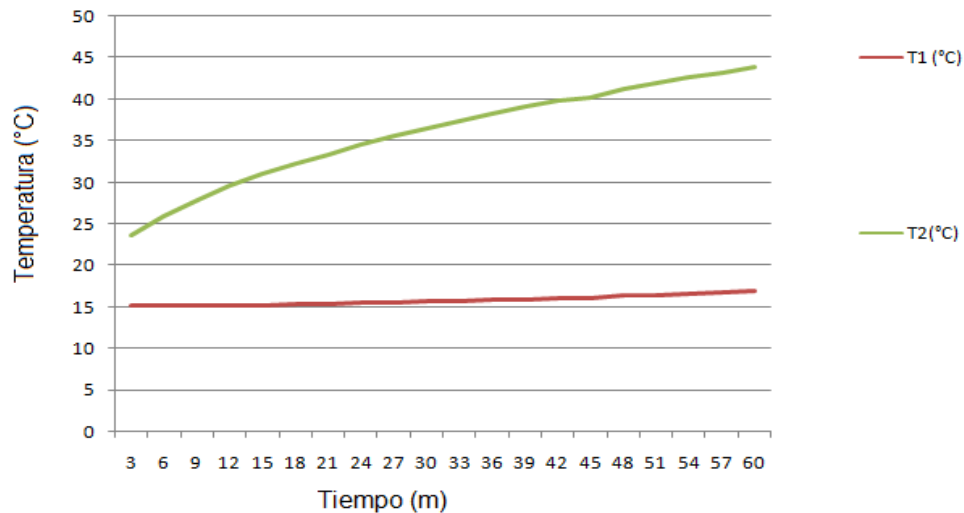


Figura 4.2 : Gráfico Tiempo v/s Temperatura del Panel
a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 20%
Fuente: Elaboración propia,2014

Si bien la tabla presentada junto con el gráfico muestran que si existe una capacidad de aislación térmica, se puede observar que es mayor cantidad que el panel propuesto con yeso por Salvo,2013 bajo las mismas condiciones, el panel estudiado con yeso con corcho alcanza en la cara sin exposición a la fuente calórica una temperatura máxima de 17,02 °C mientras que el panel que no cuenta con corcho en sus componentes alcanza 21,40 °C, con esto se puede ver una diferencia de casi 4,4 °C lo que marca una gran diferencia entre ambos paneles, mostrando una mayor efectividad en el panel con presencia de yeso con corcho granulado para aislar las temperaturas.

En cuanto a las diferencias en las temperaturas entre ambas caras, que refleja la cantidad de calor que el panel permite transmitir de un lado a otro, o la capacidad de aislación que posee el elemento, se obtuvieron los siguientes promedios:

- Panel compuesto por papel de diario y yeso:
 $T2-T1= 13,73\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Panel compuesto con papel de diario y yeso con corcho:
 $T2-T1= 20,06\text{ }^{\circ}\text{C}$

Nuevamente queda reflejado que el panel con mejores propiedades de aislación es el que incorpora yeso con corcho granulado entre sus elementos, presentando un total de 6,3° C en promedio de aislación mas que el elemento propuesto por Salvo,2013, que se traduce en impedir más eficientemente el paso del calor a través del panel.

4.2.3 Ensayo de Aislación térmica en paneles a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso

Este ensayo fue realizado bajo las mismas condiciones que el ensayo anterior, pero esta vez, el elemento analizado, corresponde a la propuesta del panel a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado, el cual su dosificación será un 15% en peso seco del yeso. y los datos obtenidos se entregan en la siguiente tabla y grafico, donde también se trabajan los promedios obtenidos para las mediciones de cada 3 minutos:

Tabla 4.3 Ensayo de aislación térmica en paneles a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 15 % en peso seco del yeso.

Minuto	T1 (°C)	T2(°C)	T2-T1
3	15,25	23,52	8,27
6	15,30	25,99	10,69
9	16,36	28	11,64
12	16,42	30,2	13,78
15	16,48	31,38	14,90
18	16,53	32,44	15,91
21	16,57	33,76	17,19
24	16,59	34,5	17,91
27	16,62	35,57	18,95
30	16,65	36,56	19,91
33	16,84	37,40	20,56
36	16,90	38,23	21,33
39	16,96	39,27	22,31
42	17,20	39,86	22,66
45	17,5	40,47	22,97
48	17,55	41,28	23,73
51	18,61	42,36	23,75
54	18,74	43,28	24,54
57	18,87	44,10	25,23
60	19,1	44,90	25,80

Fuente: Elaboración propia,2014

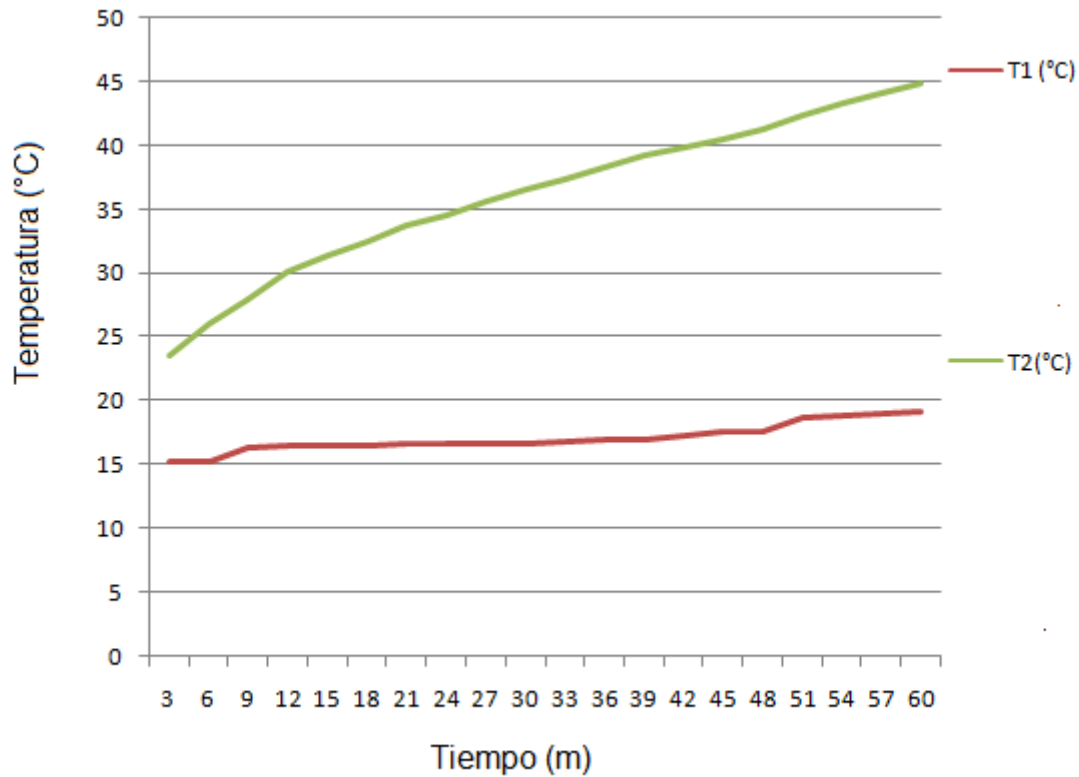


Figura 4.3 : Gráfico Tiempo vs Temperatura del Panel
a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 15%
Fuente: Elaboración propia, 2014

Donde:

T1: Corresponde a la temperatura en el sector donde no se encuentra la fuente emisora de calor.

T2: Corresponde a la temperatura en el sector donde se encuentra la fuente emisora de calor.

Se puede observar que existe una capacidad inferior de aislación térmica, que el panel con la distinta dosificación de corcho granulado la cual era de un 20%, el panel estudiado con yeso con corcho granulado al 20% alcanza en la cara sin exposición a la fuente calórica una temperatura máxima de 17,02 °C mientras que el panel que cuenta con corcho granulado al 15% en sus componentes alcanza 19,1 °C, con esto se puede ver una diferencia de casi 2,1 °C lo que marca una gran diferencia entre ambos paneles, mostrando una mayor efectividad en el panel con mayor presencia de corcho granulado.

4.2.4 Resumen de resultados obtenidos en ensayos de aislación térmica

La siguiente tabla muestra el resumen de los datos obtenidos en el ensayo de aislación térmica para los tres elementos sometidos a pruebas. Los datos presentados corresponden al promedio de las mediciones obtenidas cada 3 minutos para el ensayo que tuvo una duración total de 1 hora cada panel.

Tabla 4.4: Resumen aislación térmica

	Panel 1	Panel 2	Panel 3
Minuto	T2-T1	T2-T1	T2-T1
3	7,40	8,49	8,27
6	7,45	10,77	10,69
9	7,50	12,73	11,64
12	7,70	14,35	13,78
15	7,82	15,75	14,90
18	7,88	16,93	15,91
21	8,95	17,99	17,19
24	9,37	19,03	17,91
27	10,30	20,01	18,95
30	11,72	20,91	19,91
33	13,24	21,64	20,56
36	14,40	22,36	21,33
39	15,48	23,08	22,31
42	17,07	23,75	22,66
45	18,37	24,03	22,97
48	18,47	24,87	23,73
51	20,87	25,35	23,75
54	22,09	25,88	24,54
57	23,87	26,40	25,23
60	24,57	26,87	25,80
Promedio	13,73	20,06	19,10

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Panel 1: Ensayo de aislación térmica aplicado al panel propuesto a base de papel diario reciclado y yeso.

Panel 2: Ensayo de aislación térmica aplicado al panel propuesto a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Panel 3: Ensayo de aislación térmica aplicado al panel propuesto a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.

T2-T1: Diferencias en las mediciones entre la cara que enfrenta la zona de aplicación del calor y la cara que no enfrenta la aplicación del calor, tomadas en contacto con el elemento ensayado en la cámara térmica.

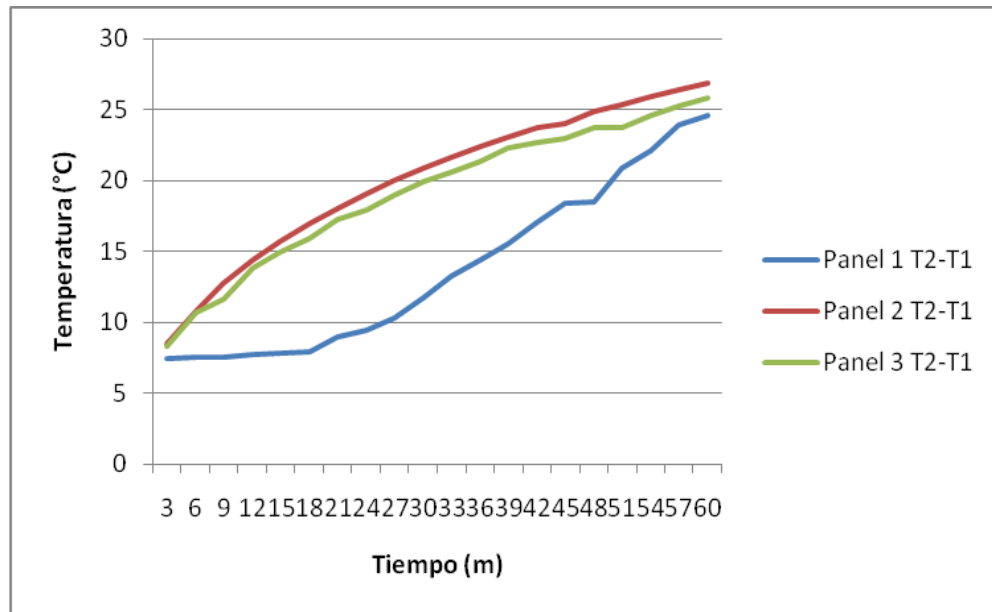


Figura 4.4: Gráfico Tiempo vs Temperatura resumen aislación térmica.

Fuente: Elaboración Propia

Los datos presentados nos demuestran que el panel con una mayor diferencia entre las temperaturas medidas es la configuración que corresponde al panel propuesto que está compuesto por papel de diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso, lo que se traduce en una mayor eficiencia en cuanto a aislación térmica, permitiendo que el calor se mantenga en un ambiente determinado, evitando que este logre salir al exterior.

El diferencial térmico superior, el cual implica una mayor capacidad de aislación térmica, lo presenta el elemento propuesto que corresponde al ensayo numero 2, equivalente a un 20,06 °C, muy superior con el panel propuesto por Salvo,2013 el cual no contiene corcho entre sus componentes, el cual corresponde a un diferencial de 13,73 °C, con estos resultados podemos confirmar la mayor eficacia del elemento estudiado.

4.3 Ensayo de aislación acústica en paneles propuestos en base a papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Se utilizara la NCh 2786 of 2002: Medición de aislación acústica y elementos de construcción - Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción. Esta norma nos entrega resultados que se pueden usar para diseñar elementos de construcción con propiedades acústicas apropiadas para comparar las propiedades de aislación acústica de los elementos de construcción y para clasificar estos elementos de acuerdo a sus capacidades de aislación acústica. Esta norma nos entrega un rango de frecuencias las cuales se ocuparan para proceder a determinar el índice de absorción.

$$\text{índice de absorción} = \text{Índice de campo libre} - \text{Índice de campo difuso}$$

Tabla 4.5: Rango de frecuencias de las mediciones en Hertz.

100	125	160	200	250	315
400	500	630	800	1000	1250
1600	2000	2500	3150	4000	5000

Fuente: NCh 2786 of 2002: Medición de aislación acústica y elementos de construcción

Para realizar este ensayo se utilizo la misma cámara que se uso en los ensayos de aislación térmica. Dentro de esta cámara, al momento de iniciar a efectuarse el ensayo, se instala el panel de forma vertical, el cual debe tener la misma dimensión de la distancia libre entregada por la cámara, creando dos espacios divididos dentro de la misma cámara.

A continuación se instala dentro de uno de los espacios generados al interior de la cámara una fuente emisora, esta corresponde a dos parlantes, los que van conectados a un computador y mediante un programa llamado Multisine, se generan las distintas frecuencias exigidas por la norma. En el otro espacio se encuentra un receptor, en este caso se trata del instrumento Xplorer.

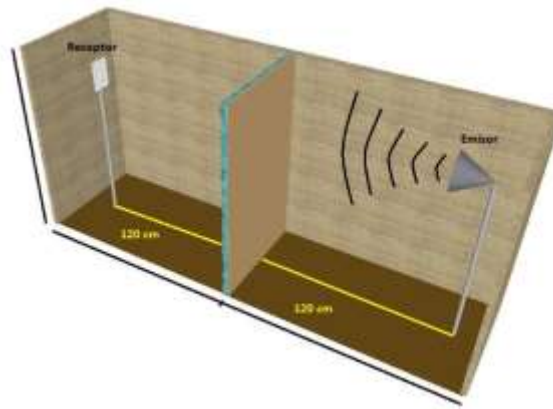


Figura 4.5: Esquema Ensayo Aislación Acústica

Fuente: Elaboración propia

Se procede a generar todas las frecuencias exigidas por la norma, estos resultados son la intensidad sonora en un campo difuso, ya que cuenta con un panel o elemento que genera dos espacios dentro de la cámara. A continuación se procede a calcular la intensidad de campo libre, esta consiste en el mismo procedimiento mencionado anteriormente a diferencia que esta no cuenta con el panel o elemento dentro de la cámara. Al restar la intensidad de campo libre y la intensidad de campo difuso, podemos obtener el Índice de aislamiento acústica de nuestro panel o elemento que se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4.6: Ensayo acústico número 1

Hz	ICD	ICL	IDA
125	66,3	83,9	17,6
160	64,1	82,2	18,1
200	69,9	85,8	15,9
250	67,7	91,2	23,5
315	63	89	26
400	68,1	92,8	24,7
500	64,2	94,3	30,1
630	61,2	89,3	28,1
800	62,2	96,6	34,4
1000	60	90,6	30,6
1250	59,2	90,3	31,1
1600	58,3	95,9	37,6
2000	49,4	89,9	40,5
2500	53,4	94,8	41,4
3150	49	87,8	38,8
4000	42,8	85,2	42,4
5000	52	90,1	38,1

Fuente: Elaboración propia

Donde :

ICD: Índice de campo difuso

ICL: Índice de campo libre

IDA: Índice de aislación acústica

Ensayo Acústico numero 1: Ensayo acústico en panel a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Luego se muestra un gráfico el cual indica el índice de aislación acústica, cómo se comporta el panel en base a papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso frente a las distintas frecuencias.

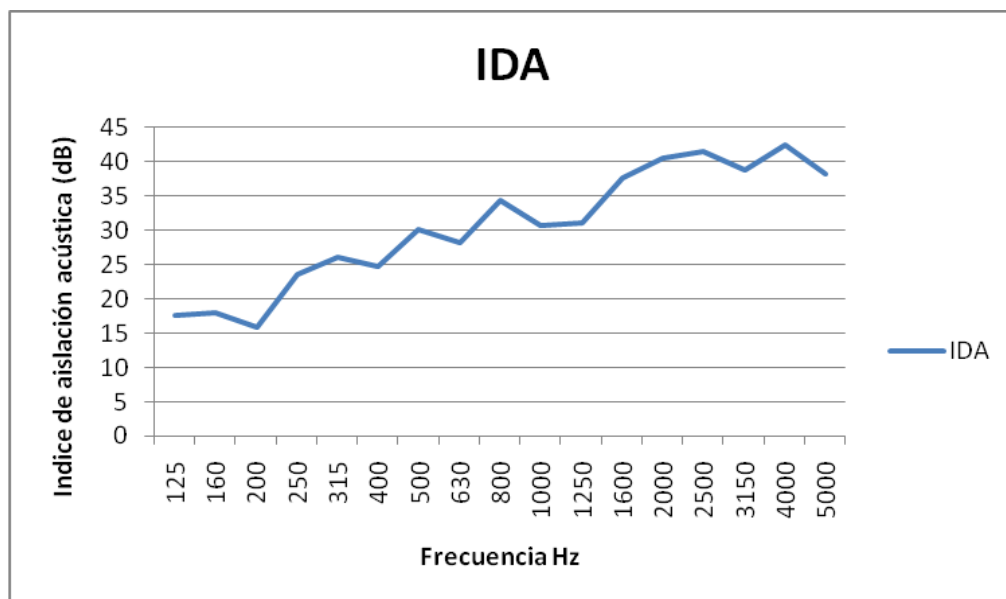


Figura 4.6: Índice de aislación acústica ensayo acústico número 1

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos podemos verificar que el panel tiene mejor índice de aislación acústica cuando se emiten frecuencias de 4000 Hz, estas corresponden a frecuencias altas logrando un índice de aislación de 42,4 dB. En el gráfico se logra diferenciar que a medida que va aumentando la frecuencia, la aislación aumenta significativamente.

4.3.1 Ensayo de aislación acústica en paneles propuestos en base a papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.

Este ensayo fue realizado bajo las mismas condiciones que el ensayo anterior pero esta vez, el elemento analizado, corresponde a la propuesta de panel en base a papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso y los datos obtenidos se entregan en la siguiente tabla y gráfico.

Tabla 4.7: Ensayo acústico número 2

Hz	ICD	ICL	IDA
125	67,3	83,9	16,6
160	64,5	82,2	17,7
200	70,5	85,8	15,3
250	65,7	91,2	25,5
315	61,3	89	27,7
400	69,5	92,8	23,3
500	65,6	94,3	28,7
630	62,2	89,2	27
800	63,2	96,6	33,4
1000	59,4	90,6	31,2
1250	60,8	90,3	29,5
1600	63,1	95,9	32,8
2000	51,3	89,9	38,6
2500	54	94,8	40,8
3150	49,6	87,8	38,2
4000	47,8	85,2	37,4
5000	56	90,1	34,1

Fuente: Elaboración propia

Donde :

ICD: Índice de campo difuso

ICL: Índice de campo libre

IDA: Índice de aislación acústica

Ensayo Acústico numero 2: Ensayo acústico en panel a base de papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.

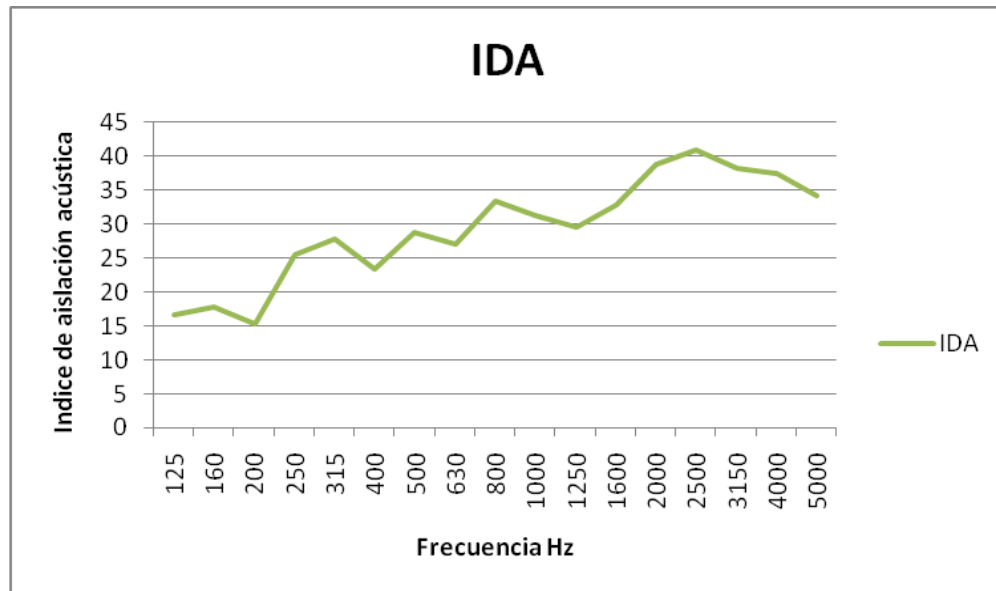


Grafico 4.7: Índice de aislación acústica ensayo acústico número 2

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos podemos verificar que el panel tiene mejor nivel de aislación acústica cuando se emiten frecuencias de 2500 Hz, estas corresponden a frecuencias altas logrando un índice de aislación de 40,8 dB. Estos resultados fueron muy similares al panel anterior, donde se puede destacar que a grandes frecuencias el panel tiene una mejor aislación.

4.3.2 Ensayo de aislación acústica en paneles propuestos en base a papel diario y yeso.

Este ensayo fue realizado bajo las mismas condiciones que el ensayo anterior pero esta vez, el elemento analizado, corresponde a la propuesta de panel en base a papel diario y yeso propuesto por Salvo 2013 por Diego Salvo, y los datos obtenidos se entregan en las siguientes tablas y grafico

Tabla 4.8: Ensayo acústico número 3

Hz	ICD	ICL	IDA
125	67	83,9	16,9
160	62	82,2	20,2
200	72	85,8	13,8
250	70	91,2	21,2
315	66	89	23
400	68,9	92,8	23,9
500	64,2	94,3	30,1
630	62,4	89,3	26,9
800	63,5	96,6	33,1
1000	62,9	90,6	27,7
1250	61,6	90,3	28,7
1600	60,6	95,9	35,3
2000	59,2	89,9	30,7
2500	63,8	94,8	31
3150	52,4	87,8	35,4
4000	48,5	85,2	36,7
5000	57,2	90,1	32,9

Fuente: Elaboración propia

Donde :

ICD: Índice de campo difuso

ICL: Índice de campo libre

IDA: Índice de aislación acústica

Ensayo Acústico numero 3: Ensayo acústico en panel a base de papel diario y yeso.

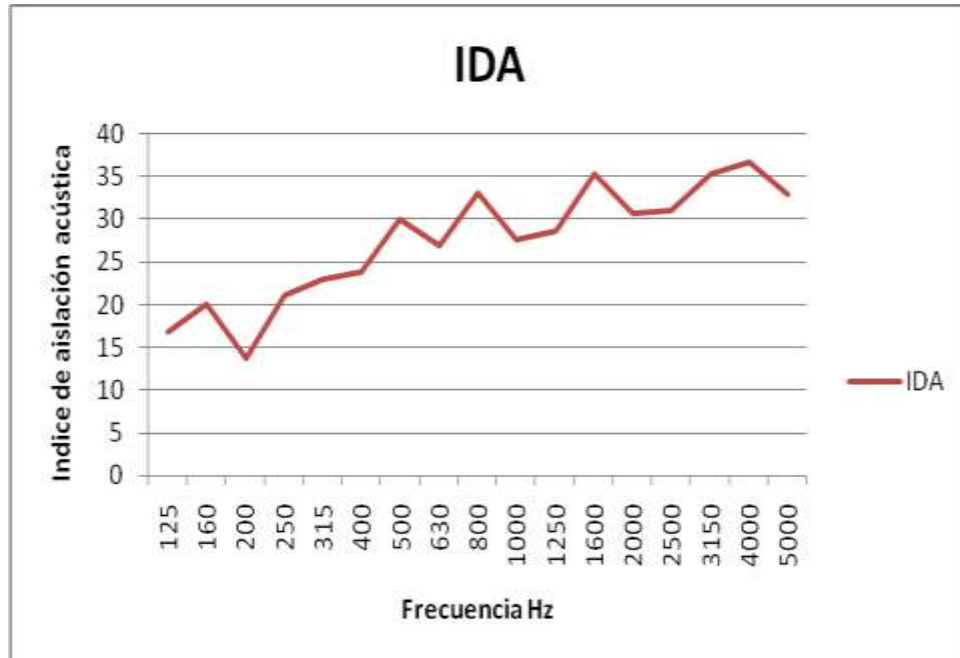


Figura 4.8: Índice de aislación acústica ensayo acústico número 3

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos podemos verificar que el panel tiene mejor índice de aislación acústica cuando se emiten frecuencias de 4000 Hz, Estas corresponden a frecuencias altas logrando un índice de aislación de 36,7 dB. Los resultados muestran que este panel cuenta con un nivel de aislación acústica inferior a los paneles que cuentan con corcho granulado entre sus componentes.

4.3.3 Resumen de resultados obtenidos en ensayos de aislación Acústica

La siguiente tabla muestra el resumen de los datos obtenidos en el ensayo de aislación acústica para los tres paneles sometidos a pruebas.

Tabla 4.9: Resumen de resultados en ensayos de aislación acústica

	Panel 1	Panel 2	Panel 3
Hz	IDA	IDA	IDA
125	17,6	16,6	16,9
160	18,1	17,7	20,2
200	15,9	15,3	13,8
250	23,5	25,5	21,2
315	26	27,7	23
400	24,7	23,3	23,9
500	30,1	28,7	30,1
630	28,1	27	26,9
800	34,4	33,4	33,1
1000	30,6	31,2	27,7
1250	31,1	29,5	28,7
1600	37,6	32,8	35,3
2000	40,5	38,6	30,7
2500	41,4	40,8	31
3150	38,8	38,2	35,4
4000	42,4	37,4	36,7
5000	38,1	34,1	32,9

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Panel 1 : Ensayo de aislación acústica aplicado al panel propuesto a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Panel 2: Ensayo de aislación acústica aplicado al panel propuesto a base de papel diario reciclado y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.

Panel 3: Ensayo de aislación acústica aplicado al panel propuesto a base de papel diario reciclado y yeso.

IDA: Índice de aislación acústica

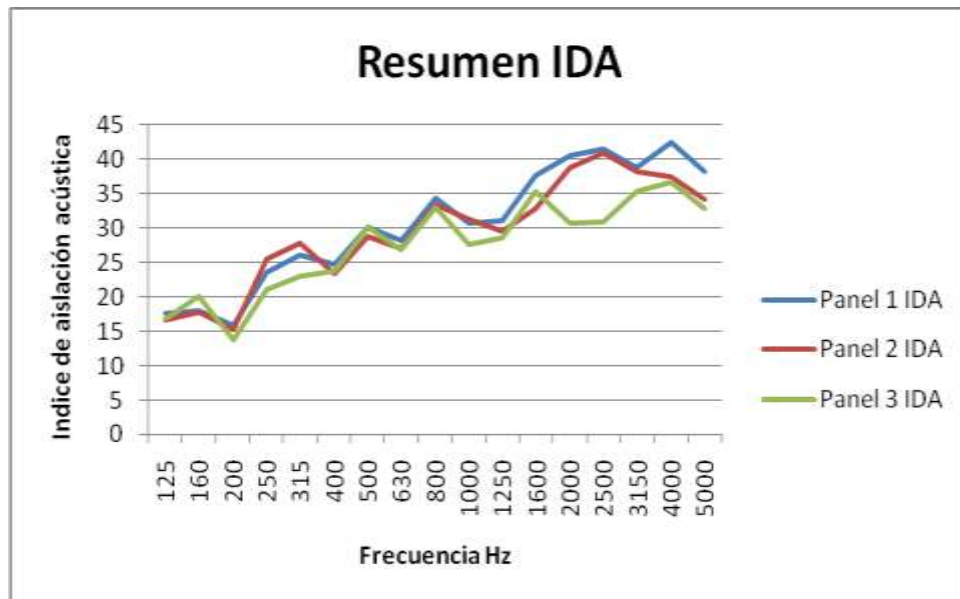


Figura 4.9: Resumen ensayo acústico índice de aislación acústica

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se muestra que el panel que muestra una mayor diferencia entre las distintas frecuencias medidas, es el panel propuesto el cual está compuesto de papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso, lo que se traduce en una mayor eficiencia en cuanto a aislación acústica. El mayor nivel de índice de aislación lo presente este panel el cual corresponde a 42,4 dB, este es ensayo numero 1 muy superior al elemento más desfavorable que corresponde al ensayo numero 3 el cual no cuenta con corcho entre sus componentes, donde el mayor índice de aislación de este fue 36,7 dB. El valor intermedio corresponde al ensayo numero 2 el cual cuenta con un 15 % de corcho granulado, el mayor índice de aislación de este panel es de 40,8 dB. Los dos paneles que cuentan con corcho entre sus componentes tienen un mayor índice de aislación acústica confirmando la mayor eficacia del elemento propuesto.

4.4 Ensayo de flexión en paneles a base de papel diario y yeso con corcho al 20% en peso seco del yeso.

La finalidad de este ensayo es determinar cuáles son las cargas que soporta el panel propuesto formado por papel de diario y yeso con corcho, al someterse esfuerzos de flexión, para así poder determinar su Grado RT y Subgrado RT.

Para poder lograr este ensayo se procedió a instalar el panel de forma horizontal según como fue explicado en capítulos anteriores, para luego proceder a aplicar las cargas que irán aumentando gradualmente su porcentaje y nos pueda mostrar cual es el límite soportado además de las deformaciones y deformaciones residuales.



Figura 4.10 Resultados Ensayo Flexión

Fuente: Elaboración propia

Primero se procedió a realizar el ensayo con un panel a base de papel diario y yeso, el mismo panel que fue realizado por Salvo,2013. El resultado obtenido fue el mismo obtenido por salvo,2013 al instalar el panel de forma horizontal, antes de que se le aplicara carga alguna, se produjo una falla, la deformación debido al peso propio del panel fue tan grande que se produjo una fractura.

Debido a que el menor de los grados establecidos de la norma NCh 803, que corresponde al grado 1, determina que el rango de cargas admisibles debe estar entre 500 y 1000 (kg/ml), por lo tanto este queda fuera de normal al fallar solo por su peso propio.

De esta deficiencia presentada por la resistencia del elemento antes los esfuerzos producidos por las cargas de flexión, surge la idea de plantear una nueva configuración que mediante la reagrupación y disposición de los componentes que forman el panel, genere una mayor y mejor unión entre ellos, ya que al ubicar todos los rollos de papel diario en el mismo sentido, se producen fallas internas donde se produce una fractura. Al organizar los rollos de papel diario en forma perpendicular, formando una especie de malla este podría responder mejor a los esfuerzos. De esta forma se podrá lograr una comparación entre el estudio anterior y el nuevo, además el nuevo panel propuesto entre sus materiales cuenta con el corcho lo que hará que responda de distinta forma ante los esfuerzos.

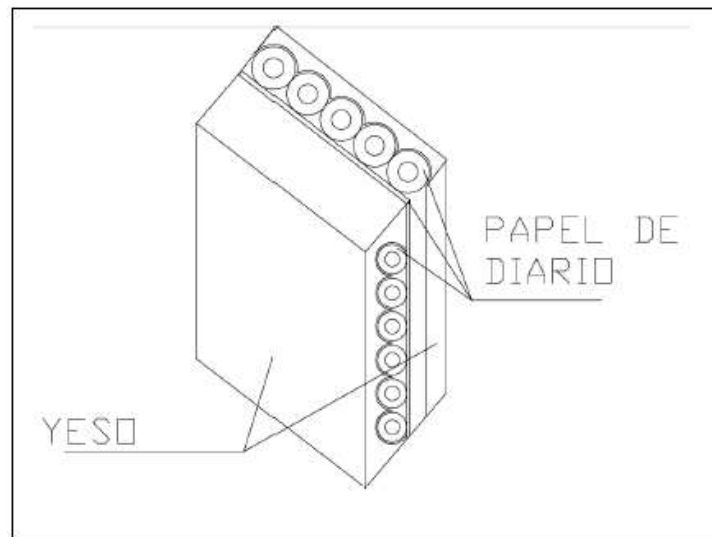


Figura 4.11 Propuesta para mejora de propiedades ante Flexión

Fuente: Elaboración Propia, 2014

El panel propuesto en base a papel diario y yeso con corcho granulado, además de la distinta configuración de los rollos de papel diario mencionado anteriormente, este al tomarlo de forma horizontal logra resistir su peso propio, obteniendo una mejora en las propiedades mecánicas del elemento propuesto.



Figura 4.12: Ensayo de flexión I

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.13: Ensayo de flexión II

Fuente: Elaboración propia

A continuación se procedió a instalar el panel de forma horizontal bajo el equipo que aplica las cargas que irán aumentando gradualmente su porcentaje y nos pueda mostrar cual es el límite soportado además de las deformaciones.



Figura 4.14: Ensayo de flexión III

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.15: Ensayo de flexión IV

Fuente: Elaboración propia

Este ensayo se efectuó a 5 paneles de la misma dimensiones 50x100 cm y los resultados para cada una de las probetas fueron promediados para obtener los resultados que se resumen a continuación:

Tabla 4.10: Ensayo de flexión

Carga Aplicada (Kg/ml)	Deformación(mm)
440	18
460	22
480	24
500	25
520	28

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla resume los resultados que se obtienen del promedio de la medición de 5 muestras representativas de los paneles estudiados, Además una vez medida estas cargas y observadas las mediciones correspondientes. Se procedió a aplicar un aumento de carga hasta llegar a la rotura y los valores obtenidos son los siguientes. En promedio la carga aplicada que determina la rotura del panel se estableció en un total de 500 Kg, la falla se produjo casi al centro del panel, donde los rollos de papel diario se separaron y la capa externa de yeso se desprendió. Este cumple con la norma NCh 803 of 2003 ya esta logra la resistencia mínima requerida de 500 Kg, por lo tanto este panel según norma tendría un Grado RT 1 y un Sub grado RT b, ya que cuenta con una deformación admisible de 25 a 50 mm. Con estos resultados podemos corroborar que el panel propuesto tiene mejores propiedades mecánicas que el elemento propuesto por Salvo,2013.



Figura 4.16: Ensayo de flexión V

Fuente: Elaboración propia

4.5 Ensayo de flexión en paneles a base de papel diario y yeso con corcho al 15% en peso seco del yeso.

Las condiciones medidas de las probetas, cantidades de probetas y equipos estudiados son los mismos que en el ensayo anterior, solo que esta cuenta con una dosificación de 15% en peso seco del yeso. Este ensayo se efectuó a 5 paneles de la misma dimensiones 50x100 cm y los resultados para cada una de las probetas fueron promediados para obtener los resultados que se resumen a continuación:

Tabla 4.11: Ensayo de flexión II

Carga Aplicada (Kg/ml)	Deformación (mm)
430	16
440	19
470	22
490	24
510	26

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla resume los resultados que se obtienen del promedio de la medición de 5 muestras representativas de los paneles estudiados, Además una vez medida estas cargas y observadas las mediciones correspondientes, Se procedió a aplicar un aumento de carga hasta llegar a la rotura y los valores obtenidos son los siguientes. En promedio la carga aplicada que determina la rotura del panel se estableció en un total de 500 Kg, la falla se produjo casi al centro del panel, donde los rollos de papel diario se separaron y la capa externa de yeso se desprendió. Fueron resultados muy similares al panel anterior. Este cumple con la norma NCh 803 of 2003 ya esta logra la resistencia mínima requerida de 500 Kg, por lo tanto este panel según norma tendría un Grado RT 1 y un Sub grado RT b, ya que cuenta con una deformación admisible de 25 a 50 mm.



Figura 4.17: Ensayo de flexión VI

Fuente: Elaboración propia

4.6 Ensayo de compresión panel a base de papel diario y yeso con corcho al 20% en peso seco del yeso

El ensayo para estudiar el comportamiento del elemento estudiado sometido a cargas de compresión se realiza tomando la probeta e instalando bajo el equipo que aplica cargas de compresión ubicado en los laboratorios de docencia. La carga se aplica centrada, se fija de manera que no se produzcan deslizamientos. La manera en que se aplica la carga respecto del sentido y disposición de los rollos de papel diario se muestra en la siguiente imagen:



Figura 4.18: Ensayo Compresión I

Fuente: Elaboración propia

Este ensayo como el anterior se realizó a 5 probetas de las mismas dimensiones, con medidas de 48x37 cm y los resultados para cada una de las probetas fueron promediados para obtener de esta manera los resultados que se resumen a continuación:

Tabla 4.12: Compresión normal Corcho 20%

Carga Aplicada (Kg/ml)	Deformación(mm)
600	9
700	11
800	12
900	15
1000	20

Fuente: Elaboración propia

En promedio, la carga aplicada que determina la rotura del panel se estableció en un total de 1000 Kg, la falla se produjo en el extremo apoyado de la probeta, donde los rollos de papel se separaron y la capa de yeso se desprendió totalmente de esa sección. Este logra cumplir con la norma ya que esta dice que el mínimo de carga aplicada al momento de producirse la falla debe ser de 1000 Kg. Por lo tanto este panel según la norma tendría un grado RC 1 y Sub grado RC a, ya que cuenta con una deformación admisible de 14 a 21 mm.. A la vez se puede hacer una comparación con el panel propuesto por Salvo,2013 donde este se produce la rotura al momento de aplicarle una carga de 275 Kg. Con estos resultados podemos corroborar que el panel propuesto tiene mejores propiedades mecánicas que el elemento propuesto por Salvo,2013.



Figura 4.19: Ensayo compresión II

Fuente: Elaboración propia

4.7 Ensayo de compresión panel a base de papel diario y yeso con corcho al 15% en peso seco del yeso

Las condiciones, medidas de las probetas, cantidades de probetas y equipos estudiados son los mismos utilizados en el ensayo de compresión visto en el punto anterior del presente estudio cambiando solo la dosificación de corcho a un 15% en peso seco del yeso.



Figura 4.20: Ensayo compresión III

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el ensayo de compresión a la disposición se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4.13: Compresión normal corcho 15%

Carga Aplicada (Kg/ml)	Deformación(mm)
500	8
700	10
800	12
900	16
1000	20

Fuente: Elaboración propia

En promedio, la carga aplicada que determina la rotura del panel se estableció en un total de 1000 Kg, la falla se produjo en el extremo apoyado de la probeta, donde los rollos de papel se

separaron y la capa de yeso se desprendió totalmente de esa sección. Este logra cumplir con la norma ya que esta dice que el mínimo de carga aplicada al momento de producirse la falla debe ser de 1000 Kg. Por lo tanto este panel según la norma tendría un grado RC 1 y Sub grado RC a, ya que cuenta con una deformación admisible de 14 a 21 mm.. Los resultados con el prototipo anterior el cual cuenta con corcho entre sus componentes fueron muy similares.



Figura 4.21: Ensayo compresión IV

Fuente: Elaboración propia

4.8 Densidad Aparente

La densidad aparente se obtiene de medición de 5 paneles seleccionados aleatoriamente, los cuales se pesaron y midieron, entregando en resumen un promedio que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.14: Densidad aparente

Tipo de aislación	Masa (Kg)	Volumen(m3)	Densidad (Kg/m3)
Papel de diario y yeso con corcho granulado al 20 % en peso seco del yeso	13,2	0,02	660
Papel de diario y yeso con corcho granulado al 15 % en peso seco del yeso	13,8	0,02	690
Papel de diario y yeso	14,6	0,02	730

Fuente: Elaboración propia

Los valores mostrados en la tabla representan a un panel completo con medidas 100x50cm con 46mm de espesor. El panel con un menor peso, es aquel que contiene entre sus componentes una mayor cantidad de corcho. Como cada panel posee 0,5 m² de superficie, establecemos de inmediato que el peso de 1 m² de panel con 20 % de corcho granulado corresponde a 26,4 Kg

4.9 Tabla y Gráfico de desempeño global

En la siguiente tabla y gráfico se muestra un desempeño global para los diferentes tipos de paneles frente a los ensayos de aislación térmica, aislación acústica y ensayos de propiedades mecánicas.

Tabla 4.15: Desempeño global

	P. Aislación térmica	P. Aislación acústica	P. Mecánicas
Panel 1	5	4	3
panel 2	4	4	3
Panel 3	3	3	1

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Panel 1 : Panel compuesto por papel diario y yeso con corcho granulado al 20% en peso seco del yeso.

Panel 2: Panel compuesto por papel diario y yeso con corcho granulado al 15% en peso seco del yeso.

Panel 3: Panel compuesto por papel diario y yeso.

Número 1: Muy malo

Número 2: malo

Número 3: Normal

Número 4: Bueno

Número 5: Muy bueno

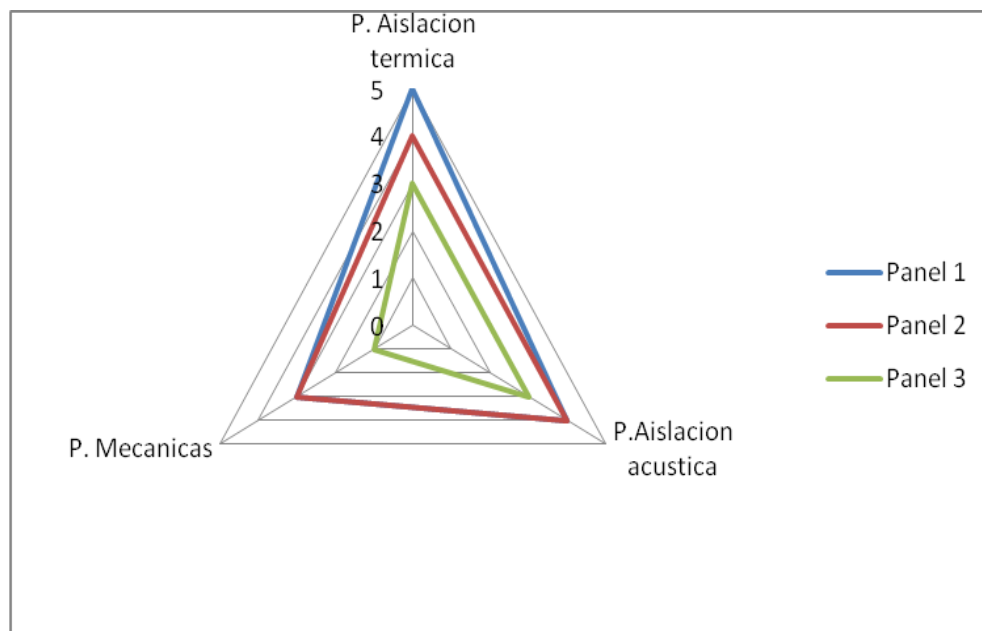


Figura 4.22: Gráfico de desempeño global

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se puede observar que los paneles que tienen un mejor desempeño en los distintos ensayos son los que cuentan con corcho granulado entre sus componentes. El mejor desempeño lo obtiene el panel número 1 que cuenta con 20% de corcho, seguido del panel número 2 que cuenta con 15% de corcho y finalmente el panel número 3, el cual no tiene corcho entre sus componentes. Si analizamos el panel número 1 en el ensayo de aislamiento térmico se obtiene el mejor desempeño, en la aislamiento acústica obtiene un desempeño bueno, y por ultimo en las propiedades mecánicas obtiene un numero 3 que este significa según la simbología un desempeño normal. El panel número 2 en el ensayo de aislamiento térmico obtiene un desempeño bueno, en la aislamiento acústica se un desempeño bueno y por ultimo en las propiedades mecánicas se obtiene un desempeño normal al igual que en el panel anterior, esto se debe a que los dos paneles cuentan con la nueva configuración de rollos de papel diario en su interior, como fue mencionado en capítulos anteriores. El panel número 3 en general tiene un desempeño menor en los distintos ensayos, en el ensayo de aislamiento térmico este tiene un desempeño normal, en la aislamiento acústica tiene un desempeño normal, y por ultimo en el ensayo de propiedades mecánicas obtiene un desempeño muy malo, ya que este no tiene las resistencias mínimas que exige la norma, debido a que el panel no cuenta con la nueva configuración de rollos de papel diario en su interior. En general el panel 1 tiene un desempeño total de un 80%, el panel 2 un 73% y por último el panel 3 un 47%.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTUROS ESTUDIOS

5.1 Conclusiones

En general el elemento propuesto tiene puntos a favor que muestran una solución a un posible aporte a la eficiencia energética y medioambiental, pero por otro lado, presenta una serie de limitantes e inconvenientes que exigen realizar una mejora en estudios futuros para perfeccionar y potencialmente llegar a generar un elemento constructivo que brinde una eficacia mayor a la obtenida hasta este punto.

a) Respecto a aislación térmica

La capacidad de retener el calor en un ambiente determinado en un porcentaje mayor a los elementos con los que fue comparado, entrega al elemento estudiado, que cuenta con papel diario y yeso con corcho, la virtud de contribuir al ahorro energético. ya que se producen menores pérdidas de calor, lo que lleva a un menor uso de energías no renovables que en algún caso busquen sustituir este calor perdido, brindando una ayuda al momento de tratar de encontrar un confort térmico adecuado cuando el ambiente presenta temperaturas que son inferiores a las que otorgan un buen hábitat a las personas. Un diferencial de temperaturas correspondiente a 20,06 °C de diferencia como promedio, le otorga al panel propuesto la ventaja a compararse con el elemento más cercano, el panel que tan solo contaba con papel de diario y yeso, que alcanzo un 13,73 °C de diferencial térmico. Este mayor coeficiente para el panel que cuenta con yeso con corcho granulado se traduce en una mayor capacidad de impedir el paso del flujo calórico, o en otras palabras, una mejor capacidad de aislar la temperatura.

b) Respecto a propiedades mecánicas

Otro factor bastante importante en la propuesta de este panel, era mejorar las propiedades mecánicas del elemento, ya que este no lograba cumplir con los requisitos mínimos que exigía la norma. Se logro obtener buenos resultados, ante las debilidades que presentaba este tipo de panel. Se mejoro la resistencia a los esfuerzos de compresión y flexión. La idea de plantear una nueva configuración mediante la reagrupación y disposición de los componentes que forman el panel, genero una mayor y mejor unión entre ellos, obteniendo mayores resistencias en los distintos ensayos, ya que al ubicar todos los rollos de papel diario en el mismo sentido, se producen fallas internas donde se producen fracturas. Al organizar los rollos de papel diario en forma perpendicular, se forma una especie de malla la cual respondió mejor a los esfuerzos.

c) Respecto a propiedades acústicas

En los ensayos de aislación acústica se puede observar que los paneles que cuentan con corcho entre sus componentes tienen un mejor índice de aislación acústica a diferencia del panel que no cuenta con este, lo que nos permite concluir que el corcho no solo mejora las propiedades de aislación térmica, sino también las de aislación acústica para así otorgar un mejor confort acústico a los habitantes. El mayor índice de aislación que obtuvo el panel propuesto fue de 42,4 dB a diferencia con el panel propuesto por Salvo 2013, que corresponde a 36,7 dB. Estos resultados nos permiten afirmar que el panel estudiado cuenta con mejores propiedades al momento de aislar los sonidos.

d) Respecto a objetivos

En general los objetivos propuestos en el comienzo del presente estudio cumplieron de manera satisfactoria. En primer lugar el objetivo general de la investigación se logró ya que mediante experiencias de laboratorios se determinaron las propiedades mecánicas que posee el elemento al momento de ser sometido a esfuerzos de compresión axial, compresión normal y flexión.

Además se determinó que el elemento es efectivo al momento de aislar temperaturas entre dos ambientes como también es un buen aislante del sonido, evaluando las propiedades termo acústicas que posee. En segundo lugar los objetivos particulares pudieron alcanzarse por completo, ya que se pudo modificar la configuración del diseño del elemento en base a papel de diario y yeso propuesto por Salvo, 2013 obteniendo las resistencias exigidas por la norma ante los ensayos de flexión y compresión. Por otro lado se determinó las propiedades de aislación térmica y acústica del elemento propuesto obteniendo mejores resultados por el elemento estudiado por Salvo, 2013.

e) Respecto a la hipótesis

En cuanto a la hipótesis propuesta en el presente estudio se puede decir que fue afirmada ya que el elemento alcanzó propiedades termo acústicas, mecánicas superiores y más eficientes que las alcanzadas por el elemento constructivo propuesto por Salvo, 2013.

5.2 Futuras investigaciones

Como propuesta para un estudio posterior se plantea revisar los puntos débiles de la propuesta para tratar de mejorarlos, y por otro lado, revisar los puntos a favor del panel propuesto para tratar de mejorarlos aun mas y aumentar la eficiencia .

- Evaluar la resistencia al fuego, al impacto, ensayos de humedad, analizando las distintas fortalezas y debilidades del panel.
- Se plantea realizar un estudio de factibilidad económica, evaluando las distintas maneras de afrontar la confección de los paneles, buscando optimizar el tiempo y los materiales.
- Probar con distintas dosificaciones de corcho y evaluar si este mejora sus propiedades termo acústicas , mecánicas y así conseguir un panel de menor peso.

5.3 Referencias Bibliográficas

- **C,Ruis-Larrea 2008.** Arquitectura, Industria y sostenibilidad. Informes de construcción Vol. 60, 512,35-45
- **Cuchi, A.; Wadel G.; Rivas, P.2010.** Cambio Global España 2020/50 sector edificación: la imprescindible reconversión del sector frente al reto de la sostenibilidad
- **Diego Salvo Cea. 2010.** Evaluación de las propiedades térmicas y mecánicas de elemento de construcción en base a papel de diario y yeso. Memoria para optar al título de ingeniero constructor y al grado de licenciado en ciencias de la construcción. Valparaíso.
- **González, 2013.** Evaluación térmica y acústica de un panel fabricado a base de papel de diario y PET Reciclado
- **M. Casas-Tres J Arcas-Abella, Abella A Pages-Ramon 2011.** Habitabilidad de un concepto en crisis sobre sus redefinición orientada hacia la sostenibilidad revista informes de la construcción
- **Martínez, J. 2005.** Los sistemas estructurales en la arquitectura contemporánea en: Conferencia impartida en el colegio oficial de arquitectos de Madrid el 21 de febrero 2005
- **NCh 801 of 2003:** Elementos de construcción -Paneles -Ensayo de Compresión
- **NCh 803 of 2003 :** Elementos de construcción -Paneles ensayo De Flexión
- **NCh 806 of 1971:** Arquitectura y construcción - Paneles Prefabricados - Clasificación y Requisitos
- **NCh 849 of 1987:** Aislación térmica- Transmisión térmica- Terminología, magnitudes, unidades y símbolos.
- **NCh 851 of 1983:** Aislación térmica. Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica.

- **NCh 853 of 91:** Instituto Nacional de Normalización (Chile). Acondicionamiento Térmico Santiago, Chile
- **Ocampo, V 2010.** Publicado por Laura Verónica Ocampo 19 de junio 2010
- Organización internacional de Normalización. Confort y Estrés térmico norma ISO 7730
- **Recuero, M 2006.** Aislamiento Acústico: Unidad didáctica 6: tipos y fuentes.

