



Universidad del Desarrollo
Facultad de Diseño

Diseño de un panel modular desarrollado con bioplásticos de cáscaras de naranjas para la aislación acústica y térmica del área de andenes de la “Estación intermodal La Cisterna”

Alumno: Manuel Lara

Tesis presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del Desarrollo para optar al grado de Magíster en Diseño e Innovación Sostenible

Profesor Guía: Dra Nataly Silva

Julio 2024
Santiago



Universidad del Desarrollo
Facultad de Diseño

Diseño de panel modular desarrollado con bioplásticos de cáscaras de naranjas para para la aislación acústica y térmica del área de andenes "Estación intermodal La Cisterna"

Alumno: Manuel Lara

Tesis presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del Desarrollo para optar al grado de Magíster en Diseño e Innovación Sostenible

Profesor Guía: Dra Nataly Silva

Julio 2024
Santiago

Agradecimientos

La culminación de esta tesis no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de muchas personas e instituciones a quienes me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento.

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor de tesis, la Dra. Nataly Silva, por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de todo el proceso de investigación en la Universidad del Desarrollo. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

Expreso mi gratitud al HUB InnovaUtem por proporcionarme los recursos y el entorno necesario para llevar a cabo mi investigación en el área del desarrollo de nuevos materiales para la construcción.

Un agradecimiento especial al Dr. Héctor Torres y Dra. Macarena Valenzuela por su apoyo y formación en el área académica e investigación en la Universidad Tecnológica Metropolitana.

A mis formadores en la Escuela de Diseño Utem, Dr. Cristóbal Moreno y Rodrigo Sáinz por sus palabras de aliento y por las discusiones académicas que enriquecieron esta experiencia.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una forma u otra, contribuyeron al desarrollo de esta tesis, les expreso mi más sincero agradecimiento.

Capítulo I

Antecedentes Generales

Abstract **10**

1. Justificación del Proyecto

Metodología de Investigación **16**

Estación Intermodal "La Cisterna" **17**

1. Sostenibilidad en la Construcción **20**

1.1 Modelo de Desarrollo Sostenible **21**

1.1.1 Ecología Industrial **22**

1.1.2 Diseño para la Sostenibilidad **23**

1.1.3 Economía Circular **24**

1.1.4 Criterios de Sostenibilidad **25**

2. Cáscara de Naranja

2.1 Estructura y Composición del Fruto Cítrico **28**

2.1.1 Industria Frutícola de Cítricos en Chile **30**

2.1.2 Catastro Nacional de Frutos Cítricos **31**

2.2 Gestión de Residuos Cítricos **32**

2.2.1 Componentes Relevantes para el Desarrollo del Material **33**

3. Aislación Acústica y Térmica

3.1 El Sonido	36
3.2 El Ruido	37
3.2.1 Características del Ruido	38
3.2.2 Tipos de Ruidos	39
3.3 Aislación Acústica	40
3.4 Normativa de Material Aislante Acústico en Chile	41
3.5 Calidad Acústico	42
3.6 Aislación Térmica	43
3.7 Transferencia de Calor	44
3.8 Normativa de Material Aislante Térmico en Chile	45
3.9 Poliestireno Expandido	46
3.10 Aislantes acústicos y térmicos con Fibras Vegetales	48

4. Perspectiva hacia el Desarrollo de Nuevos Materiales para la Construcción Sostenibles

4.1 Materiales Compuestos	53
4.1.1 Revisión de Aglutinantes	54
4.2 Estado del Arte	55
4.2.1 Materiales Basados en Aglutinantes de Polímeros Naturales	56

5. Experimentación y Diseño del Material Compuesto Acústico y Térmico

5.1 Proceso de Elaboración del Nuevo Material	62
5.1.1 Desarrollo del Residuo Cítrico	64
5.1.2 Fabricación de Probetas del Material Compuesto	65
5.2 Determinación de la Proporción Definitiva y Evaluación General del Material	69
5.2.1 Costo de Producción del Material	72

6. Caracterización del Material

6.1 Ensayos Físicos del Material	79
6.1.1 Densidad del Material	80
6.1.2 Absorción de Agua y Porosidad	81
6.2 Ensayo Acústico del Material	82
6.2 Ensayo Térmico del Material	91
6.4 Resistencia a Agentes Externos	96
6.4.1 Degradación Natural	98

7. Resumen de la Información, Conclusión y Resultados a Concretar

7.1 Ficha Técnica del Material	102
7.2 Mapa de Síntesis de Investigación	103
7.3 Conclusión y Resultados a Concretar	104

ÍNDICE

Capítulo II

1. Contexto de Implementación	108
2. Identificación del problema	109
3. Cliente y Usuario	110
4. Antecedentes y Referentes	111
5. Simulación de Prototipo	112
6. Aproximación a Forma, Proporción y Ángulos	113

Capítulo III

1. Propuesta de Financiamiento	122
2. Estructura de Costos	124
3. Estimación del Potencial de Ventas	125
4. Flujo de Caja y Retorno Económico	126
5. Cantidad de Residuo Reciclado	127
6. Fondos Concursables	128

Capítulo IV

1. Proyecciones	132
2. Conclusión	133

Bibliografía

134



Capítulo

El mundo cada día incrementa el uso de energías no renovables, aumentando los niveles de contaminación y produciendo un exceso sobre los recursos que tenemos.

El presente proyecto propone diseñar un material con propiedades acústicas y térmicas a partir de la cáscara de naranja y aglutinantes derivados de polímeros naturales.

La investigación se desarrolla en tres etapas, la primera aborda temáticas como la sostenibilidad, ODS, fruto cítrico, características de la industria frutícola nacional y por último, los escenarios futuros hacia el desarrollo de nuevos materiales compuestos sostenibles.

La segunda etapa agrupa el procedimiento por el cual se desarrollo la investigación, integrando fases de experimentación con la materia prima, caracterización del material a través de pruebas normadas y validadas mediante ensayos aplicados.

La última parte explica los resultados obtenidos en la investigación, evaluando los hitos y decisiones en cada una de las etapas mencionadas anteriormente para dar paso a la conclusión y diseño a concretar del nuevo material acústico y térmico desarrollado.

Palabras Claves

Bioplástico, Construcción Sostenible, Cáscara de Naranja, Diseño Industrial

Permiso de Reproducción, Uso y Archivo

- Se autoriza la reproducción de esta obra en modalidad de acceso abierto para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.
- Se autoriza la reproducción de fragmentos de esta obra para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia.

La industria de la construcción juega un papel de gran importancia en la economía de Chile, pues está directamente relacionada con su desarrollo y crecimiento (Cchc, 2022).

Sin embargo, esta misma actividad constituye un riesgo para el medio ambiente, puesto que exige un gran consumo de los recursos naturales y produce grandes volúmenes de residuos.

Uno de los principales problemas en el área de la construcción es la inapropiada aislación acústica y térmica, que genera la pérdida de energía que afecta el bienestar habitacional, incidiendo en gastos para climatizar y reducir el estrés acústico del espacio generado imprescindible la necesidad de incorporar estrategias sostenibles a las nuevas técnicas orientadas al ahorro, eficiencia y mejora del confort de las personas (Cchc, 2022).

Un factor importante que afecta el confort de las personas es el ruido, aquella emisión de energía originada por un conjunto de fenómenos vibratorios aéreos percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias, estrés y lesiones de oído (OMS, 2022).

Una adecuada aislación acústica tiene un rol fundamental para la población para conseguir espacios confortables y seguros, la base para desarrollar un módulo acústico y térmico sostenible (OMS, 2022).

La preferencia actual es buscar nuevos productos que necesiten poca energía en su proceso de fabricación y que respeten el medio ambiente, por lo tanto se deben encontrar diversas soluciones sostenibles que vayan reduciendo el impacto que resulta de los consumos excesivos de energía, potenciando la sostenibilidad y cimentando un entorno eficiente para los usuarios.

De esta oportunidad se genera la presente exploración, en el que se propone la utilización de un nuevo material de origen orgánico, fabricado con cáscara de naranja.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Desarrollar un material compuesto biobasado utilizando residuos de cáscaras de naranja para la representación de un aislante acústico y térmico con mejores atributos que los materiales aislantes tradicionales que se dispondrá en la estación intermodal “La Cisterna”.

Objetivo Específico

1. Establecer el proceso de elaboración de un material compuesto en base al residuo de cáscara de naranja y un aglomerante biodegradable.
2. Evaluar las propiedades acústica y térmicas del material fabricado a partir de cáscaras de naranjas.
3. Validar las propiedades constructivas mediante el diseño de una propuesta de aplicación acústica y térmica.

Hipótesis

El material generado en base a cáscara de naranja presenta mejores propiedades acústicas y térmicas que el ejemplar de comparación de poliestireno expandido de 30 mm para ser aplicado en espacios urbanos.

Alcances de la Investigación

La investigación busca establecer un método para la conformación de un material biobasado a partir de la cáscara de naranja.

Los alcances esperados pretenden reutilizar desechos de la industria agrícola y frutícola como materia prima, para de esta manera darle un nuevo uso y prolongar su vida útil como un subproducto.

Se espera insertar un nuevo tipo de material, de bajo costo, sostenible, con bajo impacto ambiental con el fin de usar este material natural, como posible reemplazo de los materiales aislantes acústicos y térmicos en base a polímeros de origen del petróleo utilizados en la construcción.

El primer hito es identificar los componentes químicos de la cáscara de naranja y su impacto en las propiedades térmicas y acústicas del material, estudiando la microestructura y porosidad de la cáscara de naranja para comprender cómo estas características influyen en la capacidad de aislamiento.

Se determina la conductividad térmica del material para evaluar su capacidad de aislamiento térmico y analizó la capacidad del material para absorber y atenuar el sonido a diferentes frecuencias comparando las propiedades térmicas y acústicas del material derivado de la cáscara de naranja con el poliestireno (aislante convencional).

Con estos resultados se pudo analizar los costos de producción y aplicación del material, incluyendo procesamiento, instalación y la biodegradabilidad del material y su capacidad de ser reciclado al final de su vida útil.

Estructura de la Investigación

El desarrollo de la investigación comienza a partir de una exploración bibliográfica de los temas relacionados a biobasados, en revistas científicas, artículos, investigaciones y estudios académicos.

El método de investigación propone para la consecución de estos objetivos se produce de la siguiente manera:

- 1.** La primera etapa se define como un proceso experimental para el estudio de las variables de composición y proporción del nuevo material a desarrollar, esquematizando costos asociados a la producción del material.
- 2.** Luego las probetas elaboradas con el método son sometidas a ensayos para evaluar propiedades físicas, acústicas y mecánicas así como también la resistencia a agentes externos y a percepción de distintos usuarios hacia el material final.
- 3.** La última etapa integra la definición, evaluación y concreción del nuevo material acústico para finalmente culminar con el desarrollo conceptual y prototipado de un módulo acústico para el Intermodal La Cisterna.

El crecimiento de las ciudades trae consigo un aumento de las actividades comerciales, de construcción, una mayor afluencia de vehículos de transporte de personas y de carga, lo que conlleva un aumento de los niveles de ruido ambiental en las ciudades (OMS, 2022).

La Organización Mundial de la Salud ha señalado que el ruido es un problema creciente en el mundo, en su informe “Environmental Noise Guidelines for the European Region” (2018), señala que la exposición al ruido puede generar efectos en la salud de la población, tales como enfermedades cardiovasculares, efectos sobre el sueño y el metabolismo, deficiencia auditiva y tinnitus, deterioro cognitivo y de salud mental y, por ende, disminución de la calidad de vida.

Esto genera efectos adversos en la salud de las personas, tales como pérdida de la audición, interferencia en el descanso y el sueño, problemas cardiovasculares, efectos en el desempeño, en el comportamiento dentro del hogar, entre otros donde la principal fuente de ruido es el producido por la circulación de vehículos de transporte (Ministerio del Medio Ambiente, 2023).

El año 2021, el Ministerio de Salud elaboró la Encuesta de Calidad de Vida y Salud, donde se da a conocer que un 20% de la población no está satisfecho con su salud mental y que un 27% de esta se encuentra con altos niveles de estrés (MINSAL, 2022).

Según el informe “Ruido Invisible” del Ministerio del Medio Ambiente (2022), en la comuna de La Cisterna, una de cada cinco personas reporta una calidad de vida perjudicada debido a fuentes de ruido ambiental exterior que consideran extremadamente audibles.

Además, el 35% de la población manifiesta que su entorno presenta altos niveles de ruidos molestos, lo que convierte al ruido en el principal problema más significativo en términos de contaminación ambiental en la comuna.

Al observar el corredor del intermodal La Cisterna los trabajadores y usuarios están expuestos de manera indirecta al ruido ocupacional donde el promedio de dB en el espacio fluctúa entre 65 y 85 dB según un estudio de expertos de la escuela de Prevención de Riesgos de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

Es por ello que la investigación está enfocado íntegramente a desarrollar un nuevo material con características de aislante acústico y térmico.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de carácter exploratorio por lo cual se evaluó el proceso de conformación y composición del material biobasado. Se fabricaron muestras las que fueron ensayadas físicas el en laboratorio.

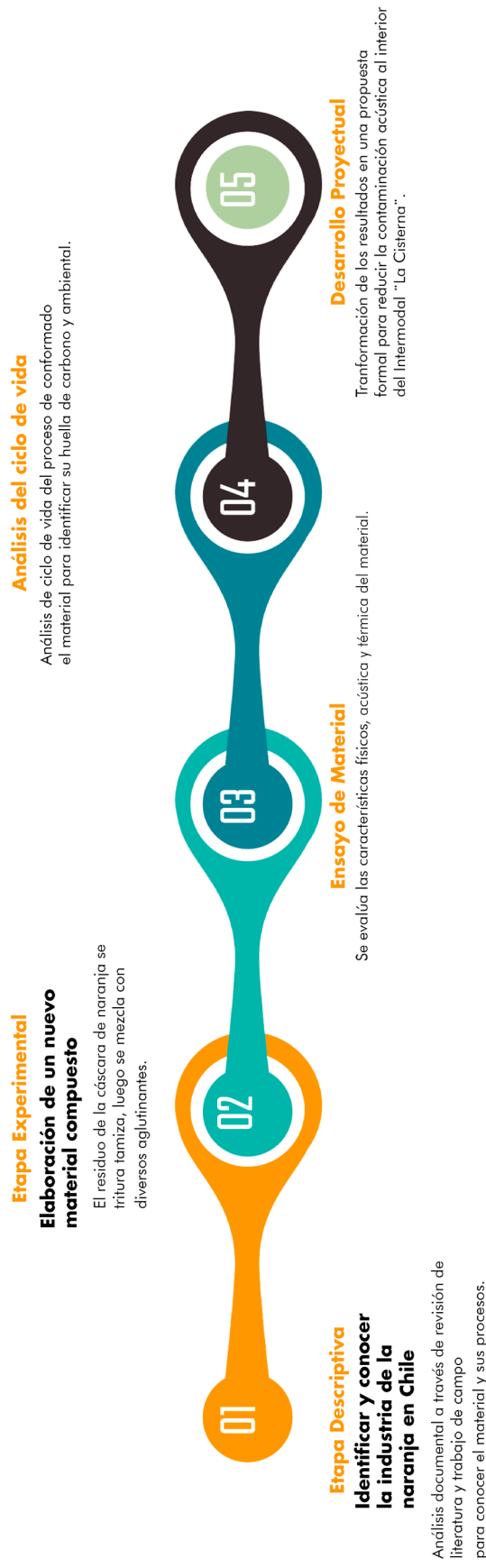


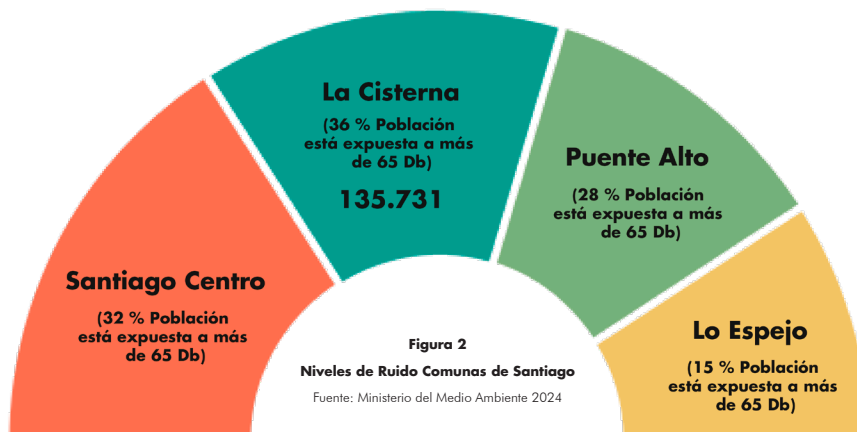
Figura 1
Fuente: Elaboración Propia 2024

Metro de Santiago define al Intermodal La Cisterna como es una infraestructura clave en la red de transporte público de Santiago, Chile, que ofrece una integración eficiente entre distintos modos de transporte, facilitando el tránsito y la conectividad de miles de pasajeros diariamente.

Según el mapa del ruido del gran Santiago elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente en el año 2023 sitúa a las 4 comunas que tienen mayor cantidad de personas expuestas a ruido sobre la recomendación durante el día, donde la comuna de La Cisterna se encuentra en la primera posición (ver figura 2).

Cada día en el intermodal circulan 136.415 personas siendo el lugar con más flujo de la comuna donde este espacio urbano, que tiene alrededor de 60.000 m² construidos, conecta a 20 comunas de la región convergiendo ahí más de 15 buses interurbanos, taxis colectivos, 2 líneas de metro y casi 10 andenes de intermodal de buses, según datos de la Secretaría de Planificación de Transporte 2018 (Metro de Santiago, 2022).

La exposición al ruido para operadores y personas que se encuentran de manera transitoria en el lugar puede traer como consecuencias el aumento de estrés, disminución de la atención y por ende aumentar la probabilidad de sufrir un accidente, el efecto más conocido es la hipoacusia sin embargo estar expuesto por largos periodos al ruido puede tener un impacto permanente sobre las funciones fisiológicas y psicológicas de las personas, como es el ejemplo de los trabajadores que cumplen con una jornada laboral de 8 hrs, los cuales podrían además sufrir enfermedades como hipertensión y cardiopatía las que se asocian con la exposición a altos niveles de ruido (OMS, 2022).



1

**Sostenibilidad
en la
Construcción**

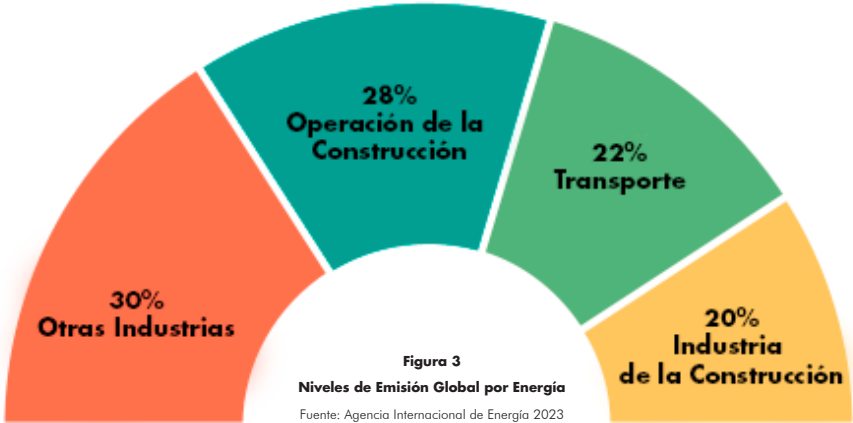
La industria de la construcción produce más del 20% de todos los desechos físicos en el mundo en Chile genera un 56% de los residuos sólidos industriales, convirtiéndola en la industria más contaminante del país (CONAMA, 2021) (ver figura 3).

Los escombros generados en las construcciones están constituidos, principalmente, por residuos de plástico, asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillo, tierra y barro, representando todos estos hasta en un 50%, otro 20% a 30% suele ser madera y productos afines, como formaletas, marcos y tablas; y el restante 20% a 30% de desperdicios son misceláneos, como metales, vidrios, asbestos, materiales de aislamiento, tuberías, aluminio y partes eléctricas (Cchc, 2021).

En la actualidad los materiales biodegradables que se emplean en el rubro de la construcción son de un porcentaje sumamente bajo, la degradación de los hábitats, la pérdida de biodiversidad, el cambio climático son algunas de las consecuencias de un modelo de negocio económico basado en la explotación exhaustiva de recursos y un desarrollo tecnológico que no considera el impacto social y medio ambiental de las decisiones (FAO, 2016).

El problema recae en parte en las industrias actuales, las cuales aún operan bajo los mismos parámetros cuando las personas tenían una percepción del planeta muy distinta a la que existe actualmente (WWF, 2016).

Hoy nos encontramos en un escenario crítico para la humanidad para la vida del planeta donde la sociedad se encuentra sobreestimulada, sobreproducida y que se está complejizando cada vez más rápido donde los recursos naturales del planeta comienzan a escasear y las necesidades humanas van en ascenso donde las generaciones han heredado las consecuencias de la revolución industrial, donde una edificación con una barrera acústica y térmica, será siempre más acogedor y consumirá menos energía presentando beneficios como la disminución económica y fortaleciendo la calidad de vida de los usuarios (ONU, 2021).



1.1 Modelo de Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible tiene razón a diversas áreas del conocimiento a formular metodologías, modelos de gestión y herramientas de validación que argumenten inquietudes sociales, económicas y medioambientales indicando las vías para alcanzar la sostenibilidad (ONU, 2018).

El foco de intervención en relación a la degradación ambiental se ha desplazado desde acciones correctivas al final de la cadena a acciones que prevengan daños subsecuentes.

El desarrollo de nuevos materiales se relaciona en la investigación a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Específicamente, se puede vincular principalmente con los siguientes ODS:

ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura

Promueve la construcción de infraestructuras resilientes, la promoción de la industrialización inclusiva y sostenible, y el fomento de la innovación.

ODS 12 Producción y Consumo Responsables

Utilizar cáscaras de naranja, que son un residuo agrícola, para crear un material acústico, fomenta el reciclaje y la reutilización de materiales, reduciendo el desperdicio y promoviendo prácticas de producción más sostenibles.

ODS 13 Acción por el Clima

El uso de materiales biodegradables, como las cáscaras de naranja, puede reducir la dependencia de materiales no renovables y disminuir la huella de carbono de los procesos industriales, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático.

1.1 Ecología Industrial

El planteamiento para la producción industrial dada la creciente preocupación ambiental se entiende como un ecosistema ambiental que contempla particulares flujos de energías, materiales e información (Erkman, 2012).

El ecosistema industrial va aún más allá, debido a que plantea que la industria necesita replicar el comportamiento de los ecosistemas naturales, opera como una compleja red de procesos donde todo lo producido es reincorporado a la cadena utilizando o utilizado por otra industria, minimizando la llegada de desechos al final de la cadena (Crul & Diehl, 2006).

El sistema productivo tradicional funciona con un flujo de energía y materiales del tipo lineal, que apela a la extracción completa de recursos y la creación de productos, subproductos y desechos en un flujo unidireccional, la ecología industrial propone la transición de un sistema lineal a uno cíclico donde los desechos son reutilizados como energía o materia prima para otro otro producto o proceso (McDonough & Braungart 2002).

Entre el balance de energía y materiales, la ecología industrial se plantea a un nivel macro como modelo de información para toma de decisiones, valiéndose de herramientas como el análisis del ciclo de vida que cuantifica y caracteriza la carga ambiental impuesta por los productos o procesos de la industria, comprender recursos y desperdicio como un mismo componente del ecosistema cierra la brecha entre los polos de los extremos de la cadena (Vezzoli & Manzini, 2018).

1.1.2 Diseño para la Sostenibilidad

Hacia fines de la década de los 90s, los esfuerzos para alcanzar la sostenibilidad estaban encauzados en desarrollar herramientas y métodos que les permitieran a las industrias repensar el cómo diseñar y fabricar productos que pudiesen minimizar los daños medioambientales a la vez que garantizaran un beneficio económico y competitivo (Crul & Diehl, 2006).

Desde esta línea surge el Diseño para la sostenibilidad como un enfoque práctico cuyo alcance y campo de acción se ha ampliado con el paso de los años, abarcando desde la selección de recursos de bajo impacto ambiental, el Diseño del Ciclo de Vida o el Ecodiseño de productos, el Diseño de Sistemas Producto-Servicio ecoeficientes y finalmente, el Diseño para la equidad social (Vezzoli & Manzini, 2008).

Este enfoque junto con considerar aspectos ambientales incorpora cuestiones sociales, éticas y de equidad donde su estrategia de innovación en el desarrollo de productos no sólo se basa en el ciclo de vida y la cadena de suministros, sino que a conciencia del entorno sociocultural, político, económico y geográfico, planteando nuevas oportunidades para mercados emergentes (Crul & Diehl, 2006; Reinders, Diehl & Brezet, 2018).

Diversos autores lo definen a grandes rasgos como: “Una práctica de diseño, educación e investigación que, de una manera u otra, contribuye al desarrollo sostenible” (Vezzoli et al., 2018).

1.1.3 Economía Circular

La economía circular apunta a eliminar los desechos y la contaminación a través del rediseño y la optimización de los ciclos de materiales, donde los nutrientes biológicos son compostados o degradados mediante digestión anaeróbica y los nutrientes técnicos son diseñados para ser desensamblados, reacondicionados y mejorados, para de esta manera controlar las reservas de recursos finitos y preservar el capital natural (McDonough & Braungart, 2012).

En segundo lugar, es indispensable optimizar el uso de los recursos, manteniendo los productos, componentes y materiales circulando constantemente dentro de los ciclos técnicos y biológicos, reteniendo durante el mayor tiempo posible su valor en la cadena (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Por último, la economía circular busca promover un sistema eficaz al momento de detectar y eliminar los factores externos negativos existentes en los diseños y procesos industriales, reduciendo los daños al uso humano y gestionando temas como la contaminación atmosférica, el uso de suelos, la emisión de sustancias tóxicas y el cambio climático (Vezzoli et al., 2018).

El modelo de desarrollo sostenible concebido en las últimas décadas dan cuenta de que replantear los productos, servicios, y procesos a través del diseño industrial es indispensable para la implementación de estrategias de consumo y producción sostenibles donde el diseño industrial ha tomado un rol importante en ésta transición al ampliar sus márgenes de acción y al hacer énfasis en la participación social y la innovación como motor de los cambios sistemáticos hacia la sostenibilidad (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

1.1.4 Criterios de Sostenibilidad

Los criterios de sostenibilidad como los lineamientos o directrices por los cuales se debe desarrollar un material de bajo impacto ambiental son los siguientes:

1. Origen natural proveniente de fuentes naturales

Los materiales de origen natural son generalmente menos perjudiciales para el medioambiente que los de origen sintético, sin embargo, si no existe una gestión y política de conservación en la extracción de estas materias primas se puede llevar a la pérdida de hábitat y consecuencias medioambientales a gran escala (Vezzoli, 2010).

2. Materia prima y manufactura local

Trabajar con materiales extraídos y manufacturados localmente trae beneficios tanto ambientales como socioeconómicos, disminuye las distancias de transporte y por consecuencia las emisiones de gases invernadero, fomenta las economías locales, revalorizando el producto nacional y disminuye la cantidad de importaciones (Sachs et al., 2002; Sachs & Santarius, 2007).

3. Utilización de residuos

Se busca minimizar la generación de nuevos residuos apelando a un flujo cíclico de los materiales a lo largo de la cadena, revalorizando los residuos al convertir los outputs o subproductos de una cadena productiva en los inputs o sustento de otro (o el mismo) proceso, producto o material (Frosch & Gallopoulos, 1989).

4. Material biodegradable o reciclables

Desarrollar un material orgánico que sea capaz de reintegrarse eficazmente como materia prima para nuevos procesos/ productos o reingresar a la cadena productiva del mismo material, asimismo, acelerar la descomposición del material y su inocua reincorporación al medioambiente (Vezzoli, 2010).

5. Eliminación de materiales tóxicos y subproductos

Eliminar el uso de materiales tóxicos que impliquen un riesgo a la salud humana y de los ecosistemas a lo largo de la cadena productiva y el ciclo de vida del producto demanda al diseñador el conocimiento de la normativa vigente y de principios generales de precaución (Ashby & Johnson, 2002).

2

Cáscara de Naranja

2.1 Estructura y Composición del Fruto Cítrico

La naranja al igual que otros frutos del tipo citrus se describen en la agroindustria como hesperidios según la Real Academia Española: “Fruto carnoso de cubierta gruesa, dividido en varias celdas por telillas membranosas” (FAO (2017)).

La piel o cáscara de estos frutos recibe el nombre de pericarpio y está dividida en tres segmentos:

- 1.** Exocarpo o flavedo, la capa exterior de la cáscara que integra glándulas de aceites esenciales y las células que le dan la pigmentación característica al fruto, de aspecto y tacto semejantes al cuero.
- 2.** Mesocarpo o albedo, la capa intermedia de la cáscara que contiene celulosa, hemicelulosa y las mayores concentraciones de pectina en el fruto, de color blanco y textura esponjosa.
- 3.** Endocarpo, membrana delgada al interior de la cáscara que se segmenta en una serie de celdas o vesículas jugosas que contienen la pulpa o sustancia carnosa y las semillas.

La cáscara de los cítricos representa entre el 25-40% de la masa total del fruto fresco y está compuesta aproximadamente de un 80% de agua, con estos porcentajes en consideración y las cifras de producción de la es posible estimar un volumen de residuo agroindustrial anual de 1,6 millones de toneladas de materia orgánica seca (Pathak et al. 2017).

La composición y caracterización física de algunas especies de frutos cítricos:

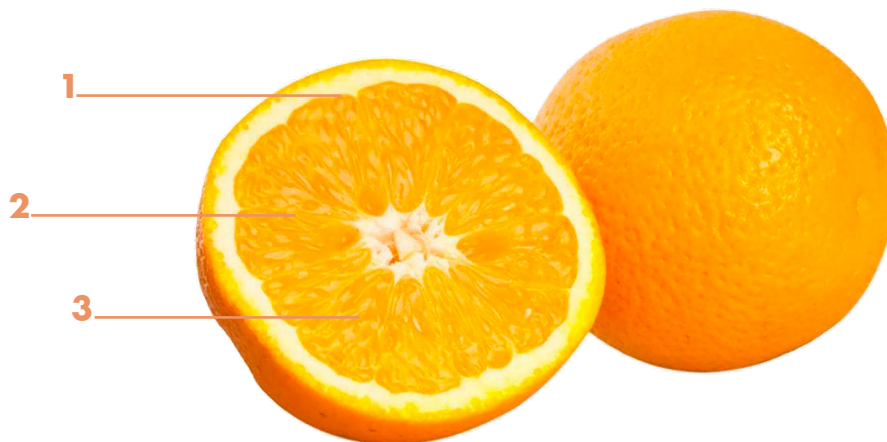


Figura 4
Tres Segmentos de los Hesperidios
Fuente: Freepik.es

La naranja es un fruto de color de color anaranjado perteneciente a la familia de las rutaceas y al genero Citrus del cual tambien forma parte otros frutos como, la mandarina, pomelo, limón, con más de 140 países productores, los cítricos se han consolidado como uno de los cultivos de mayor importancia comercial a nivel mundial (Wu et al., 2018).

En la actualidad su producción supera los 120 millones de toneladas de fruta fresca al año según fuentes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y cerca de 25 millones de toneladas del total son utilizadas para la elaboración de productos procesados como concentrados de jugos, conservas y enlatados (Janick, 2015).

Con más de 140 países productores, los cítricos se han consolidado como uno de los cultivos de mayor importancia comercial a nivel mundial industria de procesados sólo supone cerca de la quinta parte de la producción total, este es el único canal por el cual es posible llevar un catastro del volumen total del residuo (cáscara y remanentes de pulpa, membrana y semillas), ya que cuando el fruto se distribuye en mercados locales su desecho comúnmente pasa a ser una parte más del contenido orgánico de los vertederos (Talon et al., 2020).

Actualmente la producción supera las 120 millones de toneladas de fruta fresca al año según fuentes (FAO 2021) y cerca de 25 millones de toneladas son utilizados para la elaboración de productos procesados como concentrados de jugos, conserva y enlatados, la **figura 5** esquematiza el flujo materiales biológicos a lo largo de la cadena de suministro para la revalorización del residuo cítrico.

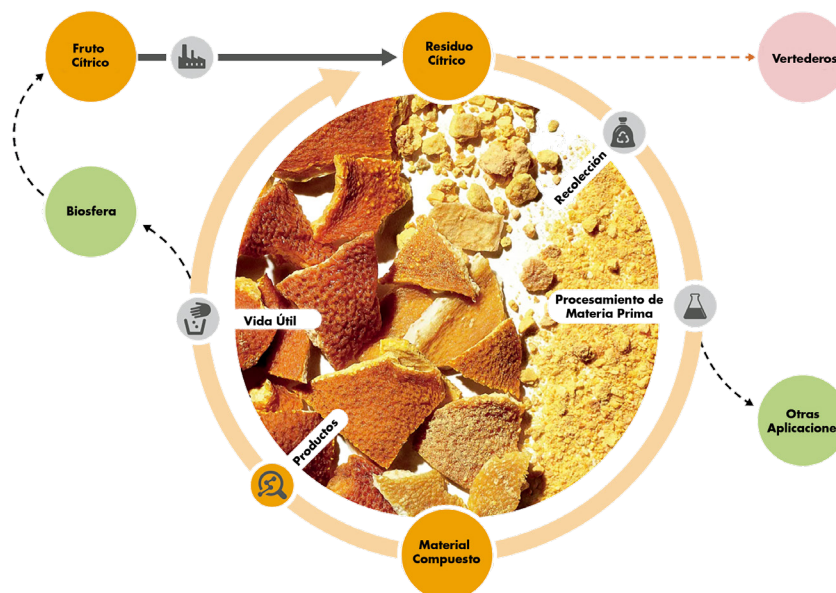


Figura 5
Flujo Circular del Residuo de Naranja

Fuente: Esquema circular de revalorización de los residuos cítrico 2023

2.2 Industria Frutícola de Cítricos en Chile

Chile es el país de Sudamérica que goza de una gran diversidad agroclimática y de suelos que hace posible el desarrollo de una amplia variedad de cadenas productivas en las cerca de 4.1 millones de hectáreas de superficie nacional plantada o sembrada donde el principal mercado de naranjas y mandarinas, genera mucha demanda y amplia disponibilidad a lo largo del año, cuyas variedades tempranas, de media estación y tardías aseguran cosechas entre los meses de mayo y noviembre (CONICYT, 2020; ODEPA, 2021).

El fuerte desarrollo del sector en los últimos 20 años ha posicionado a Chile como un actor reconocido de la industria frutícola mundial, cuya fiabilidad en el cumplimiento de la normativa sanitaria internacional, variada oferta de especies frutales de exportación y favorables condiciones geográficas ha permitido la consolidación de acuerdos comerciales con 65 países, siendo un gran proveedor de frutas de contraestación a países del hemisferio norte (Comité de Cítricos, s.f.).

Chile actualmente destaca en la producción y exportación de frutos cítricos, ubicándose actualmente en el décimo lugar del ranking de productores del hemisferio sur (FAO, 2022), y entre los países de sudamérica compite en el ofrecimiento de frutas de contraestación con grandes corporaciones frutícola como es el brasileño y argentino (ASOEX, 2014).

En este sentido, con el fin de reforzar la industria chilena de cítricos tanto a nivel local como internacional, se han estructurado asociaciones de productores y exportadores como el Comité de Cítricos de Chile, conglomerado que hoy representa el 75% de las exportaciones de cítricos del país, principalmente destinados a Estados Unidos.

La gráfica presentada en la **Figura 6** muestra la evolución del mercado de cítricos en términos de producción y rendimiento entre los años 2021 y 2023.

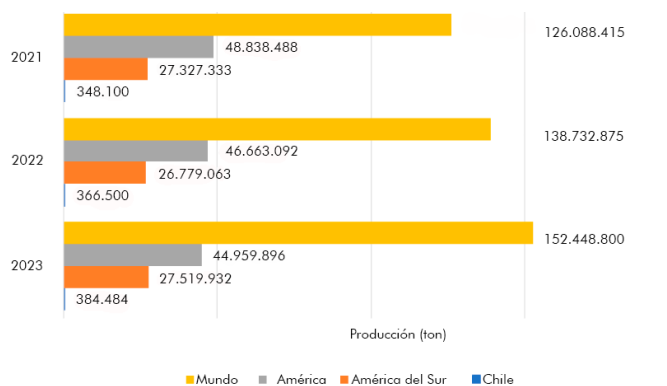


Figura 6
Producción y Rendimiento de Cítricos en Chile y el Mundo

Fuente: FAOSTAT 2023

2.3 Catastro Nacional de Frutos Citricos

El catastro nacional frutícola es desarrollado por el centro de información de recursos humanos naturales (CIREN) vinculado a la oficina de estudios de políticas agrarias (ODEPA) que reúne información sobre el terreno plantado, producción, infraestructura agrícola y agroindustria, con fin de evaluar la evolución, proyección y el estado del desarrollo frutícola nacional.

Más del 50% de la producción de cítricos está dedicada a abastecer el mercado local o nacional, tanto como cadenas de supermercados, mercados mayoristas, ferias libres, mayoristas, particulares y la otra fracción de producción la integran la fruta fresca de exportación, la destinada a la agroindustria y la descartada en los filtros de calidad. (ASOEX, 2014).

La estadística frutícola del CIREN (2021) deja al descubierto el déficit de infraestructura y tecnología agroindustrial destinada al procesamiento de frutos cítricos en Chile, con un sólo 2% de la producción destinada a esta área a diferencia de otros frutos como la nuez de nogal, ciruela o manzana verde donde el porcentaje es superior al 50% de la producción total.

La **Tabla 1** detalla las hectáreas de superficie agraria destinadas al cultivo de frutos cítricos con la información disponible en los catastros frutícolas realizados entre 2020 y 2023.

Catastro Provincia	Especies				
	Lima	Limonero	Mandarino	Naranja	Pomelo
Santiago	-----	-----	-----	6,5	-----
Chacabuco	-----	10,4	120,7	83,1	-----
Maipo	0,5	12,9	142,3	133,4	74,9
Melipilla	3,6	2.817,6	583,5	2.162,1	2,6
Talagante	-----	461,6	158,5	121,3	17,6
Cordillera	-----	-----	-----	-----	-----
Total	4,1	3.302,5	1.005	2.506,4	94,7

Tabla 1
Hectáreas de cultivos de cítricos en la Región Metropolitana
Fuente: CIREN 2023

2.3.1 Gestión de Residuos Cítricos

Las distribuciones del Ministerio del Medio Ambiente (2016; 2022) establecidas en la Ley Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (REP) y la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO) establecen que avanzar en la prevención y gestión de residuos orgánicos es una prioridad como política pública.

En la actualidad la tasa de valorización de los residuos orgánicos es menor al 1% del total de toneladas generadas cada año, siendo la disposición en los rellenos sanitarios el destino más común, esta situación tiene un alto impacto ambiental e implica un potencial riesgo para la salud de las personas debido al proceso de descomposición anaeróbica, la emisión de gases invernadero y los lixiviados (CIREN, 2020).

La información recabada de los reportes del año 2019 de sostenibilidad de la empresa Vital procesadoras de cítricos concluyen, sitúan especial énfasis en la eficiencia energética y la disminución del consumo de agua, mientras que la gestión de residuos parece ser una temática relativamente nueva en sus políticas de sostenibilidad debido a que los restos sólidos orgánicos son gestionados como un todo uniforme: un gran porcentaje es destinado a rellenos sanitarios o utilizado como abono y en menor medida son procesados como alimento animal o derivados al compostaje o incineración.

En definitiva, los subproductos derivados de la agroindustria hortofrutícola se presentan como una opción mucho más viable que la recolección de residuos cítricos domésticos.

La posibilidad de formular alianzas estratégicas con empresas procesadoras permitiría contar con un flujo permanente de materia prima, de volumen cuantificable y de un mismo origen.

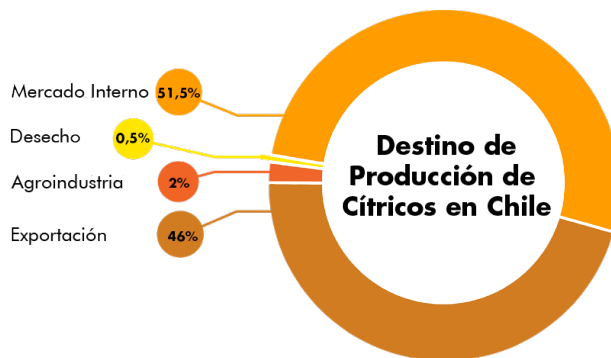


Figura 7
Destino de Producción de Cítricos
Fuente: CIREN 2023

2.3.2 Componentes Relevantes para el Desarrollo del Material

La revisión de la literatura expone el potencial de las cáscaras de cítricos como materia prima para el desarrollo de nuevos materiales, en particular la cáscara de naranja, cuya composición abundante en polisacáridos la pectina, celulosa y hemicelulosa resulta sumamente interesante para el desarrollo de nuevos materiales.

A) Pectina

La pectina es un polímero natural presente en las paredes celulares de las plantas, se halla principalmente en la manzana y frutos cítricos, en estos últimos representa entre un 20-30% del contenido seco de sus cáscaras.

Entre sus virtudes generales están sus propiedades de hidrocoloide, es decir, actúa como agente espesante, estabilizante y gelificante si se dispersa en una solución acuosa.

Los usos más recurrentes de este polímero son en la industria alimentaria, utilizado como aditivo para otorgar consistencia a jaleas, mermeladas y jugos o también como estabilizador en productos cosméticos y farmacéuticos.

B) Celulosa, hemicelulosa y lignina

La materia lignocelulósica de las cáscaras de cítricos representa cerca del 50-60% del contenido seco y corresponde en su mayoría a fibra dietética insoluble.

Parámetros	Especies		
	Naranja	Limón	Lima
Densidad aparente (g/cc)	0,53	0,49	0,38
Densidad de partículas (g/cc)	0,89	0,98	1,06
Porosidad %	41,13	48,97	63,91
Absorción de agua (ml/g)	5,4	5,9	6,7

Tabla 2
Caracterización Física la Cáscara de Cítricos

Fuente: Pathak et al

3

Aislación Acústica y Térmica

3.1 El Sonido

El sonido es un fenómeno producido por la vibración mecánica de un cuerpo, la cual se propaga a través de un medio elástico y denso (habitualmente el aire), y que es capaz de producir una sensación auditiva. A diferencia de la luz, el sonido no se propaga a través del vacío (Carrión, 2008).

Mediante estas vibraciones se produce un incremento en la presión atmosférica por la presencia de las ondas acústicas, estas variaciones de presión el oído las percibe en forma de sonido, las que viajan en forma de ondas sinusoidales (Carrión, 1998).

El sonido puede ser descrito de diversas maneras, (Cárdenas, 2010) dependiendo de sus características tales como:

- 1.** Frecuencia: Cantidad de ciclos de vibración por segundo y determina la altura del sonido. Se mide en Hertz (Hz).

Los sonidos de baja frecuencia son graves, mientras que los de alta frecuencia son agudos.

- 2.** Amplitud: Medida de la fuerza o intensidad de una onda sonora y determina el volumen del sonido.

Se mide en decibeles (dB). Sonidos con mayor amplitud se perciben como más fuertes.

- 3.** Timbre: Calidad única que distingue un sonido de otro, incluso cuando tienen la misma frecuencia y amplitud.

Está determinado por la forma de la onda sonora y la combinación de sus armónicos.

- 4.** Duración: Tiempo durante el cual se produce el sonido. Puede ser breve o prolongado.

- 5.** Dirección y localización: El sonido puede provenir de diferentes direcciones y su localización puede ser percibida por el cerebro utilizando diferencias de tiempo y amplitud entre las señales que llegan a cada oído.

3.2 El Ruido

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

Clasificación de curva según rango:

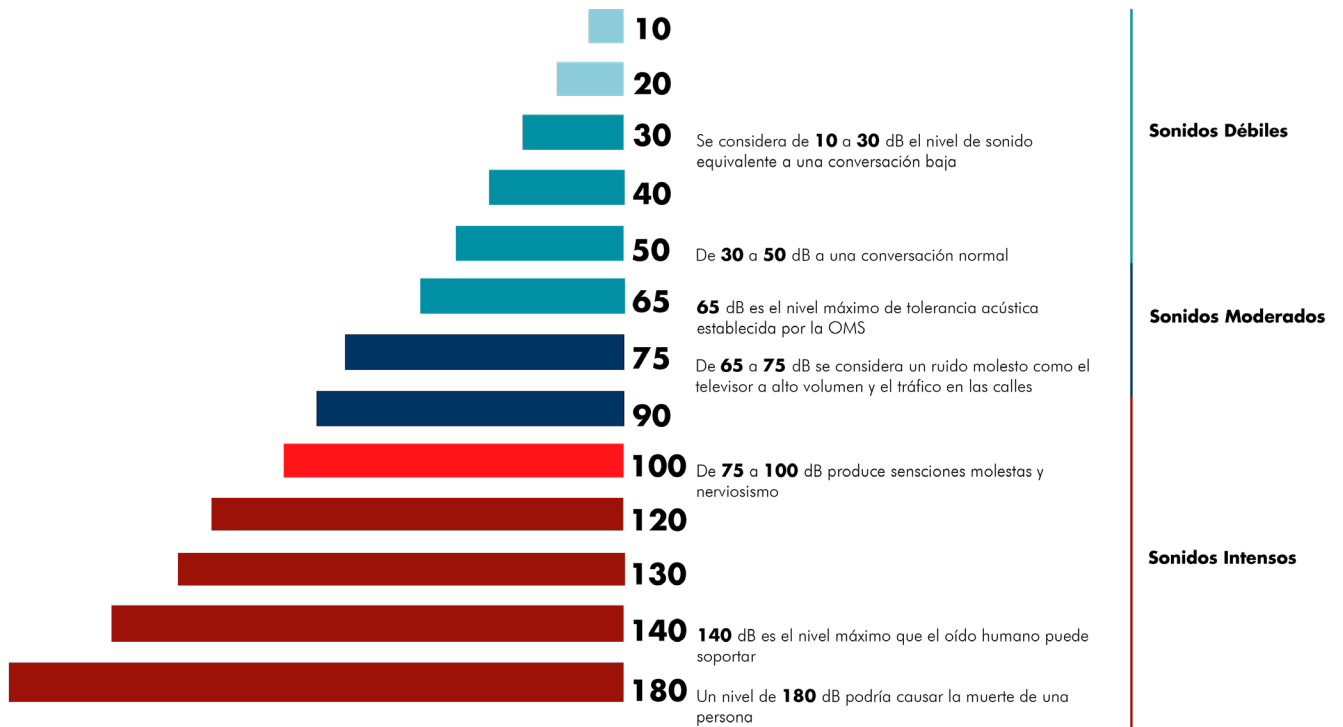


Figura 8

Niveles de Decibeles

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente 2023

3.2.1 Características del Ruido

Las características del ruido pueden variar según su origen y contexto, (Ocampo, 2010) las más comunes son :

- 1.** Su producción es muy barata y quien recibe este ruido necesita poca energía para captarlo.
- 2.** El ruido puede tener múltiples fuentes, como el tráfico, maquinaria industrial, equipos electrónicos, actividades humanas, entre otros.
- 3.** No genera residuos ni produce un efecto acumulativo en el medio, pero si se puede producir efectos acumulativos en el hombre.
- 4.** Está localizado ya que su radio de acción es menor que otros contaminantes.
- 5.** No ocupa sistemas naturales para su traslación como el caso del aire contaminado que es movido por el viento.
- 6.** El ruido excesivo y continuo puede tener efectos adversos en la salud física y mental de las personas, incluyendo estrés, fatiga, dificultades para dormir y problemas auditivos.

3.2.2 Tipos de Ruidos

Existen varios tipos de ruido, los cuales pueden clasificarse según diferentes criterios, como su origen, características acústicas o impacto en el entorno (Sanguinetti, 2000).

1. Ruido Continuo

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

2. Ruido intermitente

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

3. Ruido impulsivo

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

4. Ruido exterior

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

3.3 Aislación Acústica

La absorción del sonido se debe mayoritariamente a la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre las superficies (Aroztegui, 2014).

Los materiales absorbentes presentan un gran número de canales (poros) a través de los cuales la onda sonora puede penetrar.

Mientras que para reflejar el sonido se necesitan elementos constituidos por materiales lisos, no porosos y totalmente rígidos capaces de reflejar la mayor parte de la energía sonora que incide sobre ellos.

Las pérdidas por absorción indican la capacidad de una pared para no transmitir las ondas sonoras, estas pérdidas dependen sobre todo de su masa por unidad de área, su rigidez y el amortiguamiento (Carrión, 2018).

El aislamiento acústico total de un recinto se determina mediante el aislamiento acústico de todos los límites y depende tanto del nivel de ruido existente en el exterior del recinto como del nivel de ruido máximo en el interior del recinto (Carrión, 2018).

El traspaso de sonido a través de las estructuras, en especial las tabiquerías, es el punto principal a resolver, y para resolver este problema es de fundamental importancia cuál será el método de aislación acústica, por ende los materiales para su aislamiento acústico de impedimento simples:

- 1.** Se considera como aislación simple cualquiera que esté formado por una sola capa de material o por varias capas unidas rígidamente entre sí de forma que frente a la vibración acústica se comporte como un solo cuerpo vibratorio.
- 2.** El aislamiento acústico a ruido aéreo de este tipo de cerramientos depende principalmente de la masa por unidad de superficie (m) de los mismos. [MINVU, 2013].

3.4 Normativa de Material Aislante Acústico en Chile

En Chile existe el Decreto Supremo N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, el cuál regula y establece niveles máximos permisibles de presión de nivel sonora para fuentes que se indican ciertos criterios propios del lugar en el que se encuentre la fuente sonora, esta puede ejercer hasta cierto nivel de ruido.

Esto depende de la zona en la que el receptor se encuentre, esta zona está determinada por el uso de suelo que esté asignada al área según el plan regulador comunal, intercomunal o el registro de antecedentes del uso de suelo.

La toma de valores en Chile por MINVU y empresas especializadas en desarrollo de materiales con prestaciones acústicas en base a las NCh 2785/2786.Of2003, realizan sus mediciones desde 20 Hz a 20.000 Hz (20 kHz), como los umbrales de frecuencia de la audición.

Con esto nos referimos a que nuestro sistema auditivo no permite señales menores a los 20 Hz o mayores a los 20 kHz.

La banda de audición se divide en tres regiones:

- 1.** Frecuencia bajas o graves 20 – 400 Hz
- 2.** Frecuencia medias 400 – 1600 Hz
- 3.** Frecuencias altas o agudos 1600 – 20000 Hz

El estudio del comportamiento de las frecuencias de sonido es de gran importancia, puesto que por medio de las frecuencias del sonido se pueden realizar mediciones de sus ondas y la intensidad en la que son emitidas desde un emisor en particular ubicado en diferentes lugares en un espacio determinado.

3.5 Calidad Acústico

La calidad acústica se refiere al grado en que un ambiente o espacio responde de manera adecuada a las necesidades auditivas de sus ocupantes, asegurando una percepción clara, cómoda y sin distorsiones del sonido (Ocampo, 2010).

Esto implica un equilibrio adecuado entre la absorción, reflexión y difusión del sonido dentro del espacio, así como la capacidad de aislarlo de ruidos externos no deseados (Carrión, 2018).

Una alta calidad acústica contribuye a crear un entorno agradable, donde el ruido se gestiona de forma eficiente y la comunicación es efectiva.

Una buena calidad acústica no solo protege frente al ruido exterior, sino que también mejora el confort de un espacio.

Para lograrlo, es esencial que las propiedades acústicas proporcionen un aislamiento adecuado, actuando como barrera contra el ruido.

La calidad acústica tiene la ventaja de reducir o minimizar el consumo energético relacionado con el control del sonido en un espacio. Esto se logra mediante el empleo de materiales y técnicas de construcción diseñados para optimizar la acústica de un ambiente, permitiendo una mejor absorción, reflexión y difusión del sonido (Ocampo, 2010).

3.6 Aislación Térmica

La capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción se conoce como resistencia térmica (Aroztegui, 2014).

Esta resistencia se mide en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en $W/m^2 \cdot K$.

Un material se considera aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica es inferior a $0,10 W/m^2 \cdot K$ a una temperatura de $23 ^\circ C$.

Todos los materiales ofrecen resistencia al flujo de calor, aunque en grados diferentes.

Los metales, por ejemplo, tienen baja resistencia térmica y son buenos conductores de calor, mientras que materiales de construcción como yesos, ladrillos y morteros presentan una resistencia media (Serra, 2021).

Aquellos materiales que ofrecen alta resistencia al paso del calor se denominan aislantes térmicos.

Los materiales con mayores propiedades de aislamiento térmico son aquellos capaces de retener aire quieto en su estructura interna. Esto se debe a que el aire en reposo, a una temperatura de $0 ^\circ C$, tiene una conductividad térmica de $0,024 W/(m \cdot K)$, lo que contribuye a su eficacia como aislante (Aroztegui, 2004).

3.7 Transferencia de Calor

Comprender cómo se transfiere el calor a través de los materiales de construcción permite diseñar edificaciones más eficientes y sostenibles, la transferencia de calor en un espacio es el paso de energía térmica desde un ambiente de mayor temperatura a otro de menor temperatura (Erazo, 2017).

En los materiales de construcción, la transferencia de calor es considerada como conducción, pero es casi imposible encontrar un material que sea totalmente homogéneo, por esta razón la transferencia de calor se produce también en forma de radiación y convección en los poros del material, es decir como todos los materiales son porosos, unos más que otros, y estos poros están llenos de aire permiten la transferencia de calor por radiación y convección, y a la vez, como están constituidos por partículas se produce la transferencia de calor por conducción (Domingo, 2011).

Existen tres mecanismos principales de transferencia de calor:

Conducción

Es el proceso por el cual el calor se transfiere a través de un material sólido, ocurre cuando las moléculas de un material vibran y transfieren energía térmica a las moléculas adyacentes.

Materiales como el metal tienen alta conductividad térmica, mientras que materiales como la madera y el aislamiento tienen baja conductividad térmica.

Convección

En la construcción, esto ocurre principalmente a través del aire en contacto con las superficies de los materiales.

La eficiencia de la transferencia de calor por convección depende de la velocidad del flujo del fluido y de las propiedades térmicas del fluido.

Radiación

Es la transferencia de calor mediante ondas electromagnéticas, todos los cuerpos emiten radiación térmica en función de su temperatura.

En la construcción, los materiales pueden absorber, reflejar o transmitir la radiación térmica. Las superficies oscuras y rugosas tienden a absorber más radiación, mientras que las superficies claras y lisas tienden a reflejarla.

3.8 Normativa de Material Aislante Térmico en Chile

En Chile, la normativa sobre materiales aislantes térmicos está regulada principalmente por el Reglamento de Calificación Energética de Viviendas y el Código de Construcción.

Estas normativas establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los materiales y sistemas constructivos para asegurar la eficiencia energética y el confort térmico en las edificaciones.

Norma Chilena Oficial (NCh) 853

La NCh 853 establece los requisitos y métodos de ensayo para los materiales aislantes térmicos en la construcción.

Define las propiedades que deben cumplir los aislantes, como la conductividad térmica, la resistencia térmica y la absorción de humedad.

Norma Chilena Oficial (NCh) 1079

Esta norma se refiere a la determinación de la transmitancia térmica (valor U) de los componentes de la envolvente de los edificios.

Es fundamental para evaluar la capacidad de aislamiento térmico de paredes, techos y ventanas.

3.9 Poliestireno Expandido

El poliestireno expandido, comúnmente conocido como EPS por sus siglas en inglés (Expanded Polystyrene), es un material plástico ligero y versátil ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, se produce mediante la expansión del poliestireno a través de vapor de agua, lo que resulta en un material con una estructura celular cerrada y una excelente capacidad de aislamiento térmico y acústico (Carpio, 2018).

Este material al ser desechado contamina los mares y causa la muerte de muchos animales que ingieren estos restos al ser confundidos con alimento.

Además de la contaminación producida al generar este material, ya que está hecho de petróleo, el cual es altamente contaminante cuando se calienta, su proceso de manufactura contamina el aire, siendo la segunda industria a nivel mundial en producir gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono, un gas que contribuye a aumentar el efecto invernadero y una amenaza a la estabilidad del clima del planeta, asimismo crea gran cantidad de líquidos y desechos tóxicos (Carpio, 2018).

Es un material 0% biodegradable, por su composición química, es decir que no se descompone por el medio ambiente, es muy difícil reciclarlo ya que es muy ligero y resistente.

El tiempo estimado que tarda en degradarse es de 500 años, al quemarlo produce gases tóxicos que contribuyen a dañar la capa de ozono, por estas razones, se está en la búsqueda constante de nuevos aislantes con características similares y amigables con el medio ambiente (Carpio, 2018).



Figura 9

Poliestireno Utilizado en la Construcción

Fuente: Freepik.es

Propiedades y Características del Poliestireno Expandido

Aislamiento Térmico

El poliestireno presenta una capacidad de aislamiento térmico óptima, esta buena capacidad se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno (Carpio, 2018).

Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno), siendo el aire en reposo es un excelente aislante térmico (Burgos, 2008).

Aislamiento Acústico

Aunque el poliestireno tiene muchas ventajas, su desempeño como aislante acústico es limitado.

Las principales razones de estas limitaciones son:

Densidad Baja

El material tiene una densidad baja en comparación con otros materiales de aislación acústica, lo que significa que no es muy efectivo para bloquear o absorber el sonido.

Estructura Celular Cerrada

Su estructura celular cerrada es excelente para aislación térmica, pero no es efectiva para absorción acústica, ya que no permite que las ondas sonoras se disipen adecuadamente.

Rigidez

El poliestireno es relativamente rígido, lo que permite que las ondas sonoras viajen a través del material sin una reducción significativa en su intensidad.

Comportamiento frente a factores atmosféricos

La radiación ultravioleta es prácticamente el único factor que reviste importancia, bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS se torna amarillenta y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla.

3.10 Aplicaciones de Materiales Compuestos de Fibras Naturales

Los materiales aislantes acústicos y térmicos se dividen según su origen el cual puede ser: mineral, sintético o vegetal.

Las fibras naturales son producidas por animales, como por ejemplo, la lana y la seda, o por plantas, como el bamboo, algodón, entre otros (Kandachar, 2014).

Las fibras naturales son materiales compuestos por fibra de celulosa, de la cual se descompone principalmente en microfibras de celulosa, hemicelulosa y lignina (Kandachar, 2014) y han sido usadas como reforzantes en la creación de materiales compuestos demostrando ser potenciales reemplazos de fibras sintéticas debido a ser eco amigables y biodegradables (Bibal, Lin & Jayaraman, 2017).

Dentro de las aplicaciones de los materiales compuestos por fibras y polímeros naturales, se destacan una alta resistencia eléctrica, buenas propiedades de insulación acústica, bajo consumo de energía y buena resistencia química y a la corrosión (Thakur, Thakur & Kessler, 2017).

Al ser materiales compuestos, sus características van a depender tanto de la fibra como del polímero que lo adhiere.

Se ha dado gran relevancia hacia el reemplazo de los plásticos utilizados principalmente en el contexto de embalajes y packaging.

Relacionado a los serios problemas ecológicos que causan los desechos de los plásticos, reemplazar tales materiales por compuestos de fibras y polímeros naturales ha sido una opción cada vez más investigada (Thakur, Thakur & Kessler, 2017).

Por otro lado, se encuentra una fuerte aplicación en el área de la construcción y revestimientos. Como fue mencionado anteriormente, el área de la construcción aporta considerablemente a la generación de residuos sólidos no peligrosos en Chile, y a modo de referencia, en Europa corresponde al 40% del total de los residuos producidos (Buratti, et al. 2016), por lo que en un contexto internacional se han optado por opciones más naturales para mitigar la gran problemática de residuos en la construcción.

La **Tabla 3** fibras naturales pueden ser divididas en tres tipos (vegetal, animal y mineral). Las fibras con mayor uso en la industria de los materiales compuestos son las vegetales, las cuales se pueden dividir de acuerdo a su origen en tres tipos (Tallo, Semilla y Caña).

Fibras Naturales	Tipo de Fibra	Origen
Lino	Vegetal	Tallo
Cáñamo	Vegetal	Tallo
Algodón	Vegetal	Semilla
Bambú	Vegetal	Caña
Lana	Animal	-----
Seda	Animal	-----

Tabla 3
Tipos Generales de las Fibras Naturales
 Fuente: Elaboración Propia

4

Perspectiva hacia el Desarrollo de Nuevos Materiales para la Construcción Sostenibles

El panorama global de crisis medioambiental y social resulta inevitable, encontrar nuevas alternativas de producción más sostenibles a la par de un cambio en los patrones de consumo de la sociedad, de lo contrario la creciente y continua demanda de recursos, materias primas y productos no dará abasto en un futuro cercano (Baillie & Vanasupa, 2013).

En este sentido, las ciudades y las industrias son una fuente importante de recursos valiosos para ser reincorporados a las cadenas productivas.

La tendencia hacia el desarrollo de productos sostenibles ha planteado el desafío de vincular las problemáticas de nuestra cultura material a la forma en que los productos deben ser concebidos y manufacturados, esto resulta especialmente importante en el diseño, la arquitectura y otras industrias creativas que hoy buscan soluciones desde un enfoque sistémico que incorpora diseño, investigación y tecnología " (Bátori, 2019).

Los progresivos avances tecnológicos y las redes de información en esta era digital han potenciado el campo de investigación en torno a los materiales en el diseño, acortando la brecha científica que comúnmente se creía existente a la hora de desarrollarlos, pudiendo ser abordados hoy desde un enfoque iterativo de exploración material que crea nuevos conocimientos a través del juego, la experimentación y la experiencia sensorial (Peters, 2014).

Estas emergentes nociones en el desarrollo de materiales desde medios no tradicionales han dado forma a lo que algunos autores definen como materiales DIY (del inglés: Do It Yourself, hazlo tú mismo/a), un movimiento que revaloriza la práctica artesanal y la fabricación propia, sustentado en la democratización de las tecnologías y la autonomía a los medios de producción tradicionales (Bátori, 2019).

4.1 Materiales Compuesto

Se entiende por material compuesto como la unión de dos o más materiales que al combinarse forman uno con propiedades que por separado no tenían, siendo entonces el conjunto mejor que la suma de sus partes (Baillie & Vanasupa, 2013).

En los materiales compuestos se pueden distinguir dos componentes o fases, la matriz o fase continua y el refuerzo o fase discontinua.

El componente matriz es aquel que brinda cohesión y estabilidad al conjunto, transfiriendo las cargas al refuerzo y protegiéndolo del deterioro mecánico y químico del ambiente exterior.

Existen tres tipos: matriz polimérica, matriz metálica y matriz cerámica. Por otra parte, el refuerzo se encuentra contenido por la matriz y absorbe las tensiones aplicadas, incrementando la rigidez y resistencia del conjunto (Bátori, 2019).

Comúnmente se utilizan refuerzos de partículas, fibras o láminas, formato que determina si el compuesto resultante posee una naturaleza anisotrópica o isotrópica, es decir, si sus propiedades varían o no según la dirección en la que se evalúa el material (Baillie & Vanasupa, 2013).

El término biocompuesto es utilizado para definir un material compuesto de tres diferentes orígenes: bioplástico reforzado por un material sintético, plástico sintético con un refuerzo natural o bioplástico reforzado con fibras/rellenos naturales, este último también se le conoce como "compuesto verde".

4.1.1 Revisión de Aglutinantes

Un aglutinante es una sustancia que se utiliza para unir o adherir partículas de materiales, formando una masa cohesiva (Pistofidou, 2018).

Dependiendo de su composición y propiedades, los aglutinantes pueden actuar mediante procesos físicos o químicos para lograr la adhesión deseada.

Los aglutinantes abordados referente a materiales DIY, particularmente de metodologías para materiales que se cocinan (Cook It Yourself) y recetas disponibles en bibliotecas de materiales de diseño abierto.

Considerando el origen del residuo a utilizar (cáscara de naranja) y los componentes poliméricos que posee (pectina, celulosa, lignina), la exploración de aglutinantes en la etapa de diseño y experimentación del material se acotó finalmente a los cuatro aglutinantes de origen vegetal descritos en la tabla.

Los aglutinantes abordados en la [Tabla 4](#) se extraen de bibliografía referente a materiales DIY, particularmente de metodologías para materiales que se cocinan y recetas disponibles en bibliotecas de materiales de diseño abierto.

Aglutinante	Origen	Tipo	Consideraciones Generales	Consideraciones Particulares
Agar - Agar	Vegetal (Protista) Algas rojas	Polisacárido	La principal característica de los hidrocoloides es su afinidad con el agua, como resultado, los materiales compuestos que incorporan estos aglutinantes son sumamente higroscópicos, siendo muy propensos a modificar su forma al captar la humedad ambiental.	Soluble en agua a 85-90° C, de rápida solidificación al disminuir la temperatura de la mezcla. Proceso reversible al someterlo en calor nuevamente.
Carragenina	Vegetal (Protista) Algas rojas	Polisacárido		Soluble en agua a 80° C, de rápida solidificación al disminuir la temperatura mezcla. Proceso reversible al someterlo en calor nuevamente.
Alginato	Vegetal (Protista) Algas pardas	Polisacárido	Su capacidad de retener agua implica también una significativa contracción del material durante el proceso de secado, lo que puede significar el encogimiento o incluso la rotura de las muestras.	Forma geles irreversibles, además, requiere de una fuente de calcio para su gelificación, por ejemplo, carbonato de calcio
Almidón de Maíz	Vegetal (Plantae) Maíz	Polisacárido	Las condiciones de gelificación dependen de cada tipo de hidrocoloide, aunque comúnmente implica disolverlos en altas temperaturas.	El aglutinante más económico y de mayor disponibilidad, las recetas incorporan otros reactivos como vinagre y bicarbonato de sodio.
Quitina	Animal Crustáceos	Polisacárido		Es el más escaso de los aglutinantes señalados en esta nómina, con muy pocos proveedores en Chile.
Caseína	Animal Lácteo	Proteína	Además, es posible generar geles reversibles o irreversibles según el tipo de enlace que une a las sustancias contenidas.	Se requiere de un medio ácido para separar el suero de la proteína de la leche, por ejemplo, vinagre.
Gelatina	Animal Colágeno	Proteína	La baja resistencia al agua los hace aglutinantes idóneos para una rápida degradación en condiciones de alta humedad.	Soluble en agua tibia, de gran capacidad gelificante y cuyo proceso es reversible al someterlo a temperatura ambiente

Tabla 4
Aglutinantes Experimentados

Fuente: Materiom 2023

4.2 Estado del Arte

El estado del arte recopilado en esta investigación se divide en dos secciones e incorpora proyectos de diversa índole: materiales compuestos biobasados en desarrollo, materiales/productos ya comercializados en el mercado y laboratorios o iniciativas relacionadas a la exploración material desde un enfoque académico.

Todos los referentes revisados se enmarcan lo que se definió anteriormente como materiales DIY.

La **Tabla 5** resume el estado del arte recopilado en esta investigación bajo tres criterios: residuo (refuerzo), aglutinante (matriz) y el área de aplicación.

Nombre	Residuo	Aglutinante	Área de Aplicación	Origen
Lavba	Diversos	Agar - Agar Almidón	Laboratorio de Investigación	Chile
Sinestesia	Diversos	Agar - Agar Almidón Alginato	Laboratorio de Investigación	Chile
"ChemArts" de la Universidad Aalto	Diversos	Agar - Agar Almidón Alginato	Laboratorio de Investigación Investigación de Material	Finlandia
"Neflium" de Studio Hole	Frutas Tropicales	Polímero natural y Biodegradable	Semejanza al Cuero	Mexico
"Aguahoja" de MIT's Mediated Matter Group	No Utiliza	Pectina Quitosano	Diseño e Instalaciones	Estados Unidos
Decafé	Borra Café	Polímero natural y Biodegradable	Lámparas y Accesorios	España
Squeeze the Orange	Naranja	Alginato Almidón	Semejanza al Cuero	España
Repulp Design	Naranja	Polímero natural y Biodegradable	Accesorios de Cocina	Francia
Ottan Studio	Naranja	Resinas Naturales	Accesorio Doméstico	Turquía
Feel the Peel" de Carlo Ratti Associati	Naranja	Alginato Almidón	Vasos y Accesorios	Italia
"Apeel" de Studio Arp	Naranja	Polímero natural y Biodegradable	Exprimidor de Jugo	Inglaterra

Tabla 5
Revisión de Referentes
Fuente: Elaboración Propia 2024

4.2.1 Materiales Basados en Aglutinantes de Polímeros Naturales

Considerando el tema principal de la investigación, es importante distinguir entre el término bioplásticos y polímeros bioplásticos.

Por tanto, según esta definición, cuando un envase de plástico biodegradable se desecha al final de su vida útil, su estructura molecular, es decir, sus propiedades físicas y químicas, comienza a cambiar bajo la influencia de factores ambientales.

De esta forma, los polímeros se transforman en sustancias más simples o componentes más pequeños, como agua, dióxido de carbono y biomasa, que finalmente son absorbidos por el medio ambiente.

Los polímeros biodegradables se clasifican según su origen de la siguiente manera:

1. Polímeros de origen natural: obtenidos de animales marinos, plantas e incluso bacterias.

Estos tipos de polímeros incluyen almidón, celulosa, polisacáridos, proteínas y polihidroxialcanoatos.

2. Polímeros naturales modificados: acetato de celulosa, etc.

3. Polímeros sintéticos: los más importantes son el ácido poliláctico y la policaprolactona, que se asocian a la facilidad de producción y procesabilidad, así como a la versatilidad y producción relativamente económica.

4. Combinación de los anteriores: Un material compuesto por polímeros naturales y polímeros sintéticos.

Sin embargo, los polímeros biodegradables también tienen desventajas en comparación con los polímeros convencionales.

La mayor desventaja es que el coste de producir polímeros biodegradables es significativamente mayor que el de los plásticos a base de petróleo.

Además, los polímeros biodegradables suelen tener propiedades mecánicas más bajas que los plásticos convencionales, lo que da como resultado una baja resistencia física.

Estos materiales son muy interesantes porque tienen bajos costos de producción, se pueden obtener buenas propiedades mecánicas y se puede controlar la tasa de degradación del polímero.

Estos materiales tienen varias ventajas distintivas sobre los plásticos tradicionales.

El primero es evitar la dependencia del petróleo como materia prima para la producción.

Una segunda ventaja es que tienden a descomponerse completamente en un período de tiempo relativamente corto en comparación con los plásticos tradicionales, y los subproductos de la descomposición suelen ser agua, dióxido de carbono y biomasa.

En última instancia, estos biomateriales allanaron el camino para la investigación médica.

Esto se debe a que muchos avances en la medicina han sido posibles gracias al descubrimiento de una serie de polímeros biodegradables que son compatibles con el cuerpo.

5

Experimentación y Diseño del Material compuesto Acústico y Térmico

En este capítulo se describe la parte experimental del proyecto, enfocada en el desarrollo de un material biobasado a partir de cáscara de naranja.

Siguiendo la metodología de desarrollo de nuevos materiales, se inició con un estudio práctico en el que se experimentó con diversos aglutinantes, plastificantes, aditivos y proporciones.

Esta fase permitió definir y esquematizar el proceso de fabricación y la composición final del material compuesto.

Durante el proceso, se probaron distintas combinaciones de estos componentes para optimizar la fabricación y asegurar la calidad del material resultante.

Posteriormente, se detallan los métodos utilizados para poner a prueba las muestras, a través de dos experimentaciones clave.

Estas pruebas proporcionaron datos valiosos para mejorar el proceso de fabricación del material y así evitar procesos que contaminaban las muestras o interrumpir el vaciado del material.

Las actividades experimentales se llevaron a cabo en el Centro de Innovación de la Universidad Tecnológica Metropolitana, donde se instaló un laboratorio de baja complejidad en las dependencias del investigador.

Fase experimental:
 fabricación de compuestos a partir de residuos de cítricos mediante un enfoque de exploración iterativa de materiales.

Actividades	Tareas
Determinar proceso de preparación del material.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se obtendrá mediante el procesamiento de residuos orgánicos. 2. Se trata de materias primas que se pueden utilizar para posteriores ensayos. 3. Crea varios modelos de materiales con agente aglutinante derivado de polisacáridos y evaluar y seleccionar componentes finales de materiales compuestos. 4. Definir y describir procesos de fabricación de compuestos.
Descripción de las proporciones de aglutinantes, plastificantes y otros aditivos utilizados en el material.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparé tubos de ensayo con diferentes proporciones de ingredientes para determinar la mezcla óptima en función de los resultados esperados. 2. Calcular costes de energía y materiales. relacionadas con la producción de nuevos materiales.

Tabla 6
Experimentación y Fabricación del Nuevo Material

Fuente: Elaboración Propia 2024

5.1 Proceso de Elaboración del Material

El proceso de producción de materias primas se dividió en tres etapas la primera, se recolectó y se intervino la cáscara de los cítricos, en la segunda etapa, se desarrollaron pruebas de los materiales en tubos de ensayo donde se seleccionaron los aglutinantes y otros componentes donde se tomo como referente las recetas y proporciones trabajas en Materiom.

Se presentan dos experimentaciones,, realizadas para desarrollar el material.

Cada una de las diferentes experimentaciones nos dio pautas para fabricar de mejor manera el material.

Se iban añadiendo nuevos procesos en las sucesivas experimentaciones así como también se quitaban métodos que entorpecían o contaminaban el material.

Además se seleccionó un tipo de sustrato para desarrollar las aplicaciones demostrativas.

Finalmente, el tercer paso implicó la preparación y evaluación de muestras de prueba de acuerdo con los procesos A y B.

Durante el experimento se utilizaron los siguientes equipos y herramientas: vaso medidor de plástico de 600 mL, jeringa de 10 ml, tamiz metálico, recipiente antiadherente, base medidora, recipiente de acrílico y plástico, recipiente de vidrio y plástico, placa de cobre, rodillo de silicona y utensilio de cocina.

Los equipos utilizados fueron: horno eléctrico, balanza digital, termómetro de cocina, picadora industrial y cocina a gas.

Proceso de elaboración de pruebas de material

Fabricación de probetas del nuevo material

Material compuesto (Mezcla en frío)

1. Aglutinante
2. Plastificante
3. Agua
4. Residuo cítrico procesado

01

Procesamiento del residuo cítrico

Residuo cítrico

1. Limpieza
2. Secado
3. Triturado
4. Tamizado

02

Proceso A

Líquido del material para vaciado

1. Cocinado
2. Vaciado en molde
3. Secado

03

Proceso B

Masa de material moldeable

1. Deshidratado
2. Conformado
3. Ssecado y prensado

04

Estudio de aglutinantes

1. Agar - Agar
2. Alginato
3. Almidón

El contenido del agua de cada muestra se explica durante el capítulo.

05

5.1.1 Desarrollo del Residuo Cítrico

Para la adquisición del residuo cítrico se contactó recolecto de los carros de jugo ubicados a la salida del metro Moneda.

1. Lavado: lavar la pulpa y el resto de la piel, quitar la piel y hervir en agua durante 5 minutos para eliminar la suciedad y los residuos.
2. Secado: como la lignocelulosa es una materia prima de alto contenido y muy porosa, la corteza tuvo que pasar por un proceso de secado para (casi) eliminar la humedad.

La gravedad específica se determina basándose en el 80% de la masa.

Para acelerar el secado, la corteza húmeda se cortó en trozos cuadrados de aproximadamente 10 mm.

Luego depositadas en el horno a una temperatura de 90° durante 12 horas.

3. Triturado: la molienda de la materia prima seca se realizó con una máquina para moler industrial (de dos cuchillas y un motor de 160 Watts de potencia), obteniendo un material particulado homogéneo y con una granulometría visiblemente menor a 1 mm.
4. Tamizado: para el tamizado de la cáscara molida se utilizó un colador metálico de cocina de ≈ 18 mesh (**1 mm**), las partículas de mayor tamaño fueron procesadas en la máquina nuevamente hasta obtener el tamaño de partícula deseado.



Figura 11

Proceso de Desarrollo de Residuo Cítrico en Laboratorio de Biomateriales

Fuente: Elaboración Propia 2024

5.1.2 Fabricación de Probetas del Material Compuesto

Con el residuo de naranja ya intervenido, la siguiente etapa experimental buscó determinar los componentes definitivos para la mezcla del material propuesto, conforme a ello se procedió a fabricar probetas con los distintos aglutinantes abordados durante la revisión bibliográfica.

Las probetas de composición fabricadas se evaluaron y compararon bajo diversos parámetros cuantitativos y cualitativos para determinar el desempeño de dureza y resistencia del material elaborado o tal como se plantea en las [Tablas 7, 8 y 9](#).

Aglutinantes

Durante la revisión de literatura se acotó el rango de exploración de aglutinantes a cuatro opciones de origen natural donde se emplearon:

agar-agar, carragenina, alginato y almidón de maíz, aglutinantes derivados de polisacáridos que actúan como agentes espesantes y gelifican en presencia de agua, siendo alternativas propicias para el desarrollo de láminas de bioplásticos.

Plastificantes

Entre los plastificantes revisados se determinó la utilización del glicerol, específicamente glicerina vegetal pura de grado alimenticio (USP), un producto de amplia disponibilidad en el mercado chileno, no tóxico y de alta higroscopicidad, el cual otorga mayor flexibilidad, ductilidad y cohesión al material.

Otros aditivos

En la categoría "otros aditivos" se encuentran aquellos componentes que modifican las características del material, como el propionato de calcio o la sal para evitar la proliferación de hongos durante el proceso de secado y el ácido cítrico para evitar mayores cambios en la coloración del material debido a la oxidación.

Formulación de pruebas y proporciones

Probeta		Composición (%)			Agua (ml)
		Cáscara	Aglutinante	Plastificante	
Agar-Agar	A 01	60	20	20	600
	A 02	75	15	10	600
	B 01	60	20	20	200
Alginato	A 01	60	20	20	400
	A 02	75	12.5	12.5	400
Almidón	A 01	60	20	20	600
	A 02	75	15	15	600

Tabla 7
Formulación de Probetas y Proporciones
Fuente: Elaboración Propia 2024

Parámetros cuantitativos para evaluación de pruebas

Probeta	Tiempo de Preparación		Peso (g)		Espesor (mm)		Tamaño (cm)	
	Cocinado	Secado	P i	P f	E i	E f	T i	T f

Tabla 8
Parámetros Cuantitativos para la Evaluación de Probetas
Fuente: Elaboración Propia 2024

Parámetros cualitativos para evaluación de pruebas

Para la evaluación de los parámetros cualitativos se estableció una escala de valoración del 1 al 5, siendo 1 un desempeño nulo y 5 un desempeño perfecto en el aspecto analizado.

Probeta	Uniformidad de Espesor	Estabilidad Dimensional	Presencia de Hongos	Agrietamiento o Rotura

Tabla 9
Parámetros Cualitativos para la Evaluación de Probetas
Fuente: Elaboración Propia 2024

A fin de ampliar los resultados y proyectar distintas aplicaciones para el material, se desarrollaron dos variantes de probetas cuyo proceso de fabricación toma caminos distintos a partir de la mezcla en frío de los componentes.

Para el primero de los casos, denominado proceso A, a la mezcla seca se le aplicó seis veces su peso en agua, obteniendo un líquido fácil de verter en moldes, mientras que para el proceso B, se aplicó dos veces su peso en agua y se obtuvo una masa de material moldeable.

Mezcla en frío

La materia prima, el aglutinante, el plastificante y otros aditivos fueron pesados para determinar la proporción de la probeta.

Los componentes secos se mezclaron uniformemente y luego se procedió a hidratar con agua destilada o de pH neutro a temperatura ambiente (25°C) hasta obtener una mezcla homogénea y sin grumos.

Proceso A

Líquido de material para vaciado

Cocinado

La mezcla se calentó 5 minutos o hasta alcanzar los 80°C, parámetro que se midió de forma continua con un termómetro para cocina.

Se determinó que la mayoría de los aglutinantes trabajados cumplen las condiciones para gelificar luego de que la mezcla alcanza los 75-80°, es decir, cuando comienza a espesar y burbujear.

Vaciado en matriz

La mezcla caliente fue rápidamente vertida en moldes de aglomerado melamina de 200 x 200 x 20 mm para evitar un curado prematuro dentro del recipiente donde se cocinó, posteriormente se agitó el molde para nivelar la mezcla y se controló el peso y espesor del material ya curado.

Secado

Los moldes fueron secados en el exterior, con sol indirecto y a una temperatura a la sombra de 25° durante 3-5 días dependiendo del espesor de la probeta. También se desarrolló una estación de secado de probetas para interior, utilizando una caja y un secador de aire caliente con intervalos de encendido definidos en un temporizador.

Proceso B

Masa de material Deshidratado

La mezcla en forma de masa se calentó a temperatura media alta en un horno doméstico durante 7 minutos o hasta perder el 50% del contenido mencionado anteriormente , este proceso también se logró replicar calentando la mezcla en una cocinilla, donde el material fue más propenso a quemarse superficialmente al estar menos hidratado.

Conformado

Luego de calentar el volumen, se procedió a darle forma con las manos para posteriormente verterlo sobre una superficie lisa, hasta conseguir una lámina de espesor uniforme.

Secado y prensado

El material laminar fue secado en el exterior, con sol indirecto y a una temperatura a la sombra de 25° C (entre 12-15) horas para probetas de 3 mm, posteriormente se procedió a prensar el material entre dos láminas de latón y una plancha para ropa en intervalos de 5 minutos hasta conseguir la pérdida total de contenido de agua.

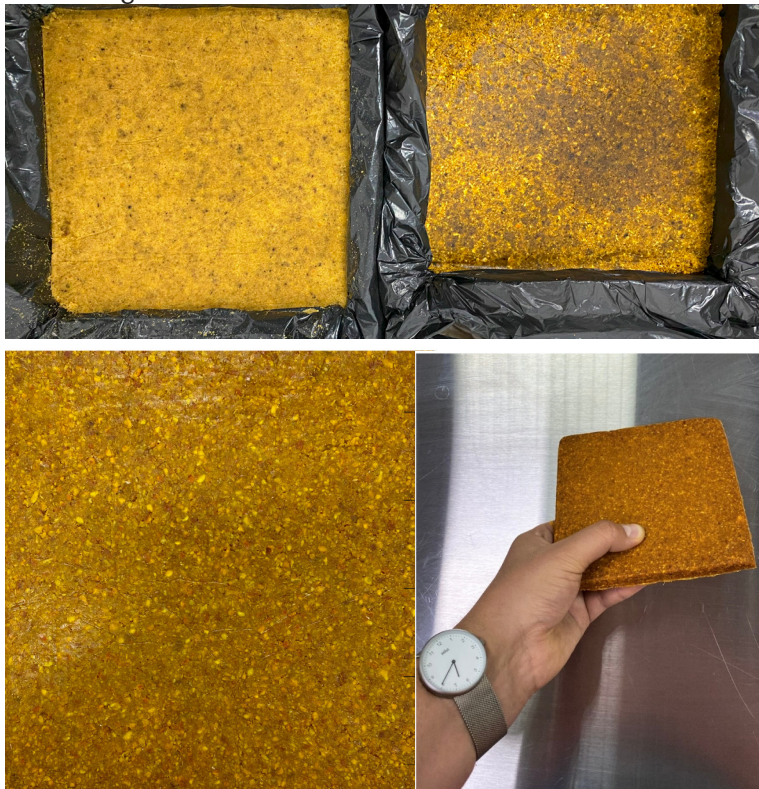


Figura 12

Probetas Modulares del Nuevo Material de Cáscara de Naranja

Fuente: Elaboración Propia 2024

5.2 Determinación de la Proporción Definitiva y Evaluación General del Material

El cierre de la etapa de experimentación y diseño del material basado en residuos cítricos, se evaluaron los resultados obtenidos conforme a los diversos criterios de compactado, rigidez, secado, observaciones detectados a lo largo del proceso, de esta manera se eligió el agar-agar como aglutinante definitivo a utilizar en el material compuesto.

Se realizó una nueva serie de probetas variando la proporción de los componentes con el objeto de diversificar el universo de muestras resultantes de los procesos A y B, orientando a disminuir la utilización del aglutinante y plastificante en la composición generando una mayor presencia del residuo cítrico.

Las probetas fueron evaluadas bajo los mismos parámetros expuestos en el ítem anterior.

Probeta		Composición (%)			Agua (ml) Destilada
		Cáscara	Aglutinante AGR	Plastificante Glicerina	
Agar-Agar Primera Prueba	A 01	60	20	20	600
	A 02	75	15	10	600
	B 01	60	20	10	200
Agar-Agar Prueba Final	A 03	80	10	5	600
	A 04	80	15	10	600
	B 02	80	10	10	200
	B 03	70	20	10	200

Tabla 10
Formulación de Proporciones con Agar-Agar
Fuente: Elaboración Propia 2024

Tras la representación y fabricación de nuevas proporciones de la mezcla, se seleccionó la muestra con mejores resultados de conformado, secado y prensado para ser evaluada a través de ensayos acústico y térmico en la siguiente etapa de caracterización.

Elección del Material

En vista de los aspectos analizados durante la etapa de experimentación y diseño del material compuesto y los resultados obtenidos, se optó por profundizar en la caracterización y posterior validación del material correspondiente al proceso B.

Esta decisión se fundamenta principalmente en que el proceso de fabricación del material B resultó generar mejores resultados percibidos en cuanto a rigidez y compactación de inicio a fin, donde se llegó a un material voluminoso y consistente al desmoldarlo de la matriz, con una distribución homogénea de las partículas de la cáscara de naranja y con un bajo porcentaje de contracción y deformación del material tras el secado.

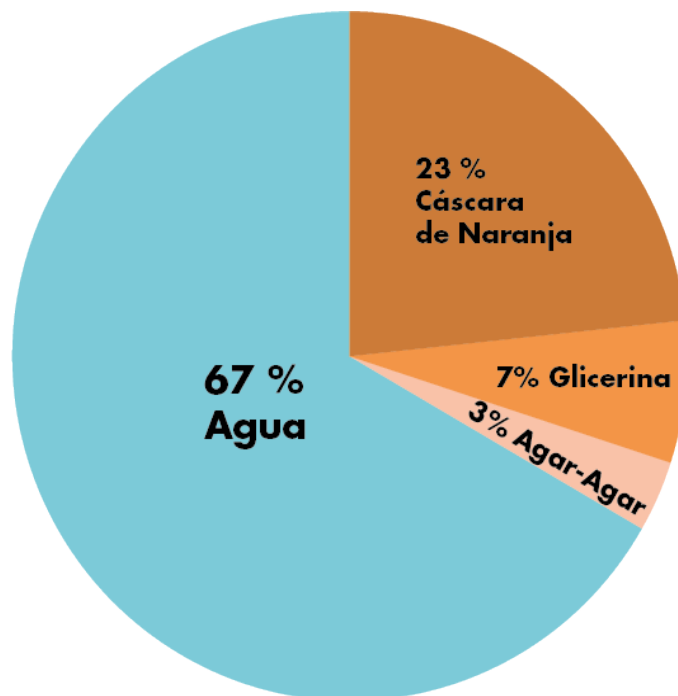


Figura 13
Composición del Nuevo Material Final
Fuente: Elaboración Propia 2024

El desafío de articular un proceso creativo teniendo el material como único punto de partida radica en que, en una primera instancia, ni el objeto a diseñar, ni el usuario, ni las necesidades se encuentran definidas y, por tanto, las propias cualidades del material resultan predominantes a la hora de encaminar el proyecto hacia distintas propuestas.

En este sentido, el desarrollo de un producto implica el dominio de los aspectos técnicos y experienciales/perceptuales del material, para así, determinar las oportunidades y restricciones de este para establecer un margen de acción que facilite el generar propuestas de aplicación.

El procedimiento previo a la generación, evaluación y selección de propuestas consistió en la elaboración de un mapa mental que permitiera agrupar las cualidades del material definidas durante la etapa de caracterización.

Este esquema se utilizó a modo de síntesis visual para la comprensión de las distintas aristas del material y la exploración de ideas en torno a la aplicación.

La intención de diseño representa la visión general y las prioridades que guían el proceso de toma de decisiones, por ejemplo: diseño para uso público, diseño para la sostenibilidad y diseño para la producción en masa.

Si bien entonces es posible determinar un usuario específico a partir de la intención de la propuesta de producto, también resulta relevante validar el material mediante la definición de escenarios proyectivos para el desarrollo, uso y posible comercialización de este.

5.2.1 Costo de Producción del Material

Conforme al proceso de elaboración del material, la determinación de la composición y proporción definitiva de las probetas a caracterizar, se realizó un cálculo estimativo del consumo energético y de materia prima asociada a la fabricación del material basado en el residuo cítrico.

Se evaluó el cumplimiento de algunos de los criterios de sostenibilidad planteados en el primer capítulo y, de esta manera, se analizó la factibilidad de su desarrollo con los procesos actuales y qué modificaciones dentro de un proceso de fabricación más industrializado podrían disminuir sus costos de producción.

El cálculo se realizó contemplando los valores de kilovatios hora (kWh) en Chile y el consumo asociado a determinado proceso, es decir, el consumo eléctrico de un equipo y su tiempo de uso.

Consumo energético del proceso de fabricación

Etapa	Proceso elaboración nuevo material			Consumo del proceso (KWh)
	Equipo	Consumo (W)	Horas (h)	

Tabla 11

Consumo Energético del Proceso de Fabricación

Fuente: Elaboración Propia 2024

Por otra parte, los costos de materia prima fueron asociados al precio por gramo de cada componente utilizado y la cantidad requerida para producir 100 cm³ el material.

Costos de la materia prima

Material	Precio (\$/g)	Cantidad utilizada por 200 cm ³ del desarrollo del material	Rendimiento Material (\$/200 cm ³)

Tabla 12

Formulación de Proporciones con Agar-Agar

Fuente: Elaboración Propia 2024

La **Tabla 13** expone el consumo energético (kWh) asociado al equipo eléctrico utilizado en las distintas etapas comprendidas en la fabricación del material.

Resultados del consumo energético del material

Etapa	Proceso elaboración nuevo material			Consumo del proceso (KWh)
	Equipo	Consumo (W)	Horas (h)	
Procesamiento del residuo cítrico	Horno Eléctrico	800	12	9,6
	Molinillo	160	0,5	0,08
Consumo total de la etapa				9,68 kWh

Tabla 13
Resultados del Consumo Energético del Material
Fuente: Elaboración Propia 2024

El valor del kilovatio/hora (kWh) en la zona residencial de Santiago Centro es de \$75,86 pesos chilenos (Enel, 2021), es posible estimar entonces que el consumo eléctrico asociado a la fabricación del material se acerca a los \$58 pesos para volúmenes de producción entre los 100 y 3000 cm³, capacidad máxima que se puede trabajar con el equipo eléctrico disponible (horno eléctrico, cocina eléctrica y horno microondas).

Si bien este cálculo puede no reflejar con exactitud el impacto que implicaría la serialización del material a nivel de laboratorio, si ayuda a identificar aquellos puntos críticos del proceso donde se podría optimizar el consumo energético, por ejemplo, el secado del residuo cítrico en hornos podría ser reemplazado por patios de secado al exterior o en cámaras de secado mecánico.

Por otra parte, los componentes utilizados en la fabricación del material fueron cotizados en productos Químicos Chile (2021) y se determinó el rendimiento con relación al precio de la materia prima y la cantidad utilizada para producir 100 cm³ del material.

Resultados del consumo energético del materia

Material	Precio (\$/g)	Cantidad utilizada por 3000 cm³ del desarrollo del material	Rendimiento Material (\$/3000 cm³)
Cáscara de naranja	Solo costo de procesamiento del residuo	900 gr	-----
Agar - Agar	\$ 32.487	370 gr	\$ 8.152
Glicerina vegetal	\$ 3.095	113,4 gr	\$657
Fungicida Propinitato de calcio	\$ 11.500	320 gr	\$ 4.325
Agua destilada o desmineralizada	\$ 298	1.420,8 ml	\$270
Consumo total para producir el material de 30 MM de espesor			\$ 13.410

Tabla 14
Resultados del Consumo Energético del Material

Fuente: Elaboración Propia 2024

A partir de las cifras expresadas en la Tabla es posible estimar el costo de materia prima en función del volumen de la pieza que se pretende realizar.

El agar-agar es el componente de mayor valor comercial en el material (\$ 32.487 pesos chilenos el kilogramo), si bien el porcentaje utilizado es mínimo, el desarrollo del compuesto de cáscara de naranja en el contexto de la pequeña y mediana empresa implicaría crear redes con proveedores locales que permitiera abaratar los costos de la materia prima requerida.

Resulta importante destacar que el agar es un componente extraído de algas rojas como el pelillo, materia prima abundante en el sur de Chile y de las pocas algas que se cultivan en el país.

6

Caracterización del Material

Una vez diseñado el material y esquematizados los procesos de fabricación de este, se procede a caracterizar y evaluar, a través distintos ensayos y herramientas metodológicas, las propiedades físicas y mecánicas del material, así como también sus aspectos de trabajabilidad, resistencia a agentes externos y percepción.

Cada sección detalla los procedimientos, condiciones y medios con los cuales se llevaron a cabo los ensayos.

Etapa de caracterización

Caracterizar el material compuesto

basado en cáscaras de cítricos a través de ensayos, para generar una ficha técnica que agrupe las propiedades del material.

Actividades	Tareas
Evaluar y analizar las propiedades físicas y mecánicas del material	Realizar ensayos físicos de densidad, absorción de agua e hinchamiento
Evaluar la proyección del material a través de mecanizado y matriz de moldeo	Pruebas de moldeo del material conformado laminar y en matriz
Determinar la resistencia del material a agentes externos	Ensayo de exposición a rayos UV y degradación natural
Evaluar las propiedades térmicas del material	Evaluar propiedades de absorción, transmisión y aislamiento acústicas y térmicas

Tabla 15
 Caracterización del Material Compuesto
 Fuente: Elaboración Propia 2024

6.1 Ensayos Físicos del Material

El material fue sometido a ensayos para evaluar sus propiedades físicas, estos ensayos analizaron dos tipos de probetas correspondientes a los procesos detallados en el capítulo anterior.

Probeta	Composición seca (Cáscara, Aglutinante, Plastificante)			Agua	Espesor
A	80 %	10 %	10 %	600 (ml)	≈1 mm
B	70 %	10 %	20 %	200 (ml)	≈3 mm

Tabla 16
Ensayo Físico del Material Compuesto
Fuente: Elaboración Propia 2024

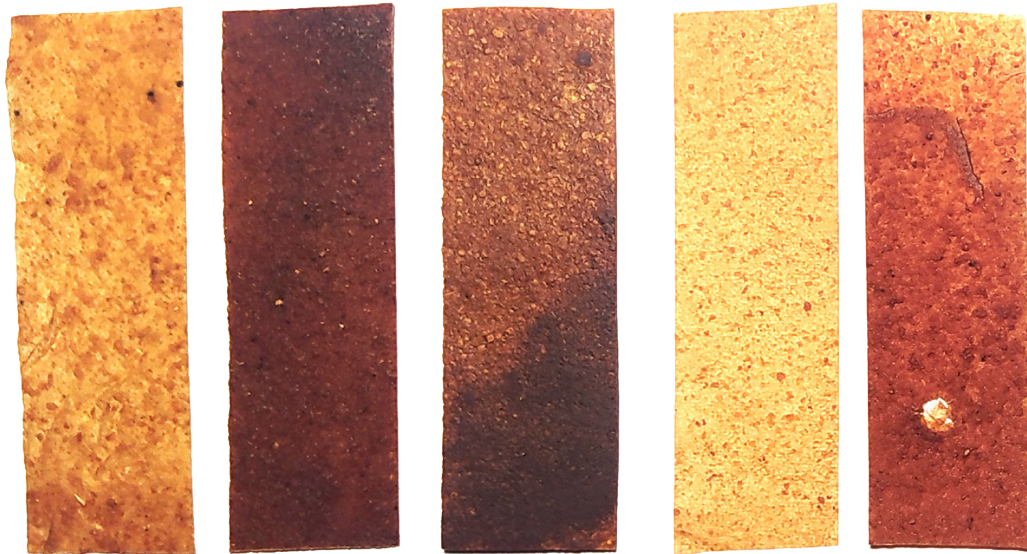


Figura 14
Ensayo Físico del Material Compuesto
Fuente: Elaboración Propia 2024

6.1.1 Densidad del Material

Para determinar la densidad del material se realizó un ensayo basado en la norma UNE-EN 323 (AENOR, 1994d), utilizando probetas de 25 mm x 25mm.

La densidad del material se calculó a partir de la relación entre la masa y volumen de la probeta.

Dónde:

ρ = Densidad en gramos (g) dividido en centímetros cúbicos (cm³).

m = Masa en gramos (g).

l = Largo de la probeta en milímetros (mm).

a = Ancho de la probeta en milímetros (mm).

e = Espesor de la probeta en milímetros (mm).

La norma UNE-EN 323 señala que la unidad de expresión de la densidad es kg/m³, sin embargo, en este estudio se adaptó a una escala menor, siendo expresada en g/cm³.

Se estudiaron 2 probetas correspondientes al proceso A y 2 probetas del proceso B.

Densidad de las partículas de naranja La medición de la densidad aparente de la materia prima procesada se realizó con partículas de naranja de un tamaño menor o igual a 18 mesh (1 mm), dando como resultado 0,47 g/cm³.

Probeta	Masa (g)	Volumen (cm)	Densidad (g/cm)
A1	2,8	2,12	1,31
A2	2,6	2,34	1,11
A3	2,7	2,63	1,03
A4	3,6	3,03	1,18
A5	3,1	2,70	1,15
Promedio A	3	2,56	1,16
B1	9,8	7,17	1,37
B2	8,7	6,62	1,31
B3	8,8	6,72	1,30
B4	10,4	7,58	1,37
B5	9,2	6,81	1,35
Promedio B	9,4	7,0	1,34

Tabla 17

Observaciones del Proceso Experimental con Aglutinantes

Fuente: Elaboración Propia 2024

6.1.1 Absorción de Agua y Porosidad

Para los ensayos indicados se procedió según la norma UNE-EN 317 (AENOR, 1994b), donde se midió el peso y espesor inicial de las probetas para luego ser sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, calculando la variación porcentual tanto del peso como del espesor.

El estudio realizado contó con 2 probetas A y 2 probetas B, todas de 25 mm x 25 mm. El porcentaje promedio de hinchamiento tras 24 horas de inmersión de las probetas A fue de 28,3%, con una diferencia de 3,6% entre el hinchamiento de la primera hora y el resultado al final del ensayo.

Por otra parte, las probetas B presentaron en promedio un hinchamiento del 36,1% de su espesor original, con una variación de 8,7% desde la primera hora.

Ambas probetas presentaron un incremento considerable en su peso tras 24 horas de inmersión, con un porcentaje promedio de absorción de agua de 166% para las probetas A y de 89,7% para las probetas B, esta última presentó un aumento significativo del 40,8% entre la primera hora y el final del ensayo.

Se evidencia algunos de los cambios del material en el transcurso del ensayo, en ambas probetas el agua utilizada tornó en un color amarillo, posiblemente debido al desprendimiento de las partículas de naranja más pequeñas.

Además, las probetas A no presentaron mayores modificaciones en su espesor, sin embargo, el material incrementó su tamaño en 20 mm en su largo y ancho. Las probetas B presentaron una gran retención de burbujas de agua al interior de la muestra.

Probeta	Hinchamiento		Absorción de agua	
	1 hora (%)	24 horas (%)	1 hora (%)	24 horas (%)
A1	16,7	23,8	128,6	135,7
A2	18,2	22,7	173	184,6
A3	18,2	31,8	159,2	155,6
A4	48,1	37	166,6	191,7
A5	22,3	26,3	153,5	162,3
Promedio A	24,7 %	28,3 %	154 %	166 %
B1	26	28,6	43,8	85,7
B2	29,1	38,2	57,5	97,7
B3	32,7	38,2	55,7	92
B4	24	39,5	44,2	88,5
B5	25,3	36,2	43,3	84,6
Promedio B	27,4 %	36,1 %	48,9 %	89,7 %

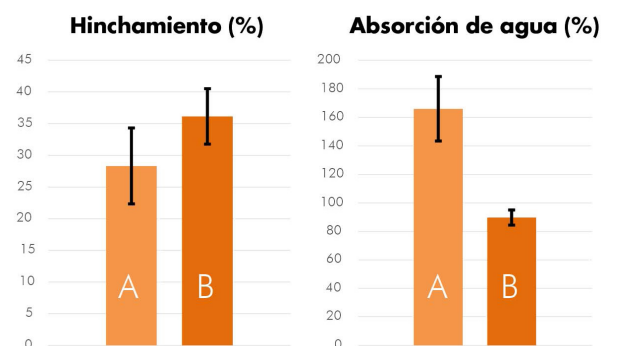


Tabla 18
Hinchamiento y absorción de agua tras 1 y 24 horas

Fuente: Elaboración Propia 2024

6.2 Ensayo Acústico del Material

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

1. Sonómetro
2. Filtros de frecuencia
3. Fuente emisora de Sonido

Para el ensayo acústico se tomará como referencia la norma chilena NCh 2786 Of2002, Aislación acústica, la cual establece las condiciones necesarias para realizar los ensayos de forma presencial en el laboratorio del Hub de Innovación, donde se realizará una modificación de ésta, se utilizará el mismo sonómetro, pero con los requerimientos acústicos necesarios para realizar este ensayo.

El cual consiste en colocar una fuente emisora de sonido a una distancia de 1,0 mt de la superficie del material a ensayar y al lado opuesto colocar una fuente receptora a la misma distancia de 1,0 mt desde la superficie.

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



Figura 15
Esquema Cámara, Medición Acústica

Fuente: Elaboración Propia 2024

El ensayo de la investigación se realiza del siguiente método:

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

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



Figura 16

Instrumento de medición Sonómetro UT 353

Fuente: Elaboración Propia 2024

Resultado ensayo acústico

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

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

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

Tabla 19

Resultado Ensayo Acústico

Fuente: Elaboración Propia 2024

Esta diferencia se expresa en la siguiente ecuación: $D = L1 - L2$ Donde L1 es la intensidad sonora medida sin los paneles en el interior y L2 es la intensidad sonora medida con los paneles en el interior.

La norma NCh2786 Of2002, entrega el procedimiento para medición de la aislación acústica en elementos de construcción, mediante una probeta representativa de ellos.

Resultado de módulo aislante de cáscara de naranja con un espesor de 30 mm, dispuestas en forma perpendicular a una de sus caras.

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

Tabla 20
Resultado Ensayo Acústico
Fuente: Elaboración Propia 2024

Estos resultados que reflejan la aislación acústica del módulo de cáscara de naranja, se muestran de una manera más gráfica en una curva que a cada frecuencia asocia un valor de aislamiento en decibeles como se indica en el gráfico.

Gráfico aislación acústica v/s frecuencias panel cáscara de naranja

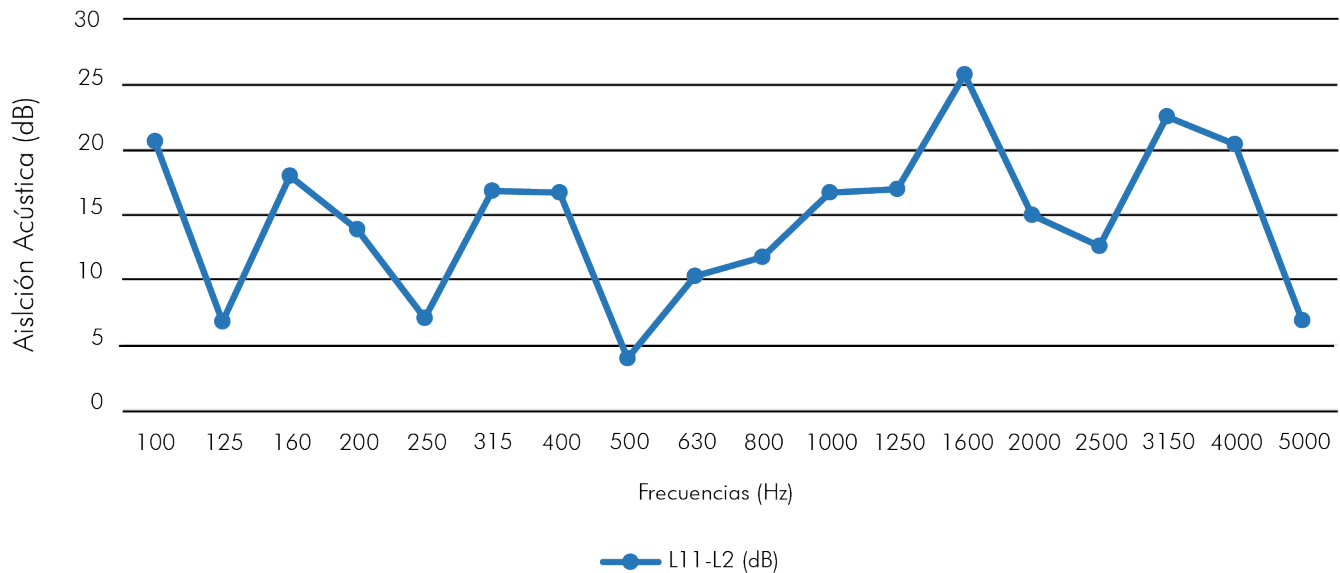


Figura 17
Gráfico Aislación Acústica vs Frecuencias Panel Cáscara de Naranja
Fuente: Elaboración Propia 2024

La menor capacidad de aislación acústica generada por el panel de cáscara de naranja, se presentó en las frecuencias medias, obteniendo una escasa aislación de 4,1 dB en la frecuencia 500Hz. El panel generó un mayor aislamiento a frecuencias más altas, como se puede ver en la tabla alcanzando su mayor aislamiento de 25,8 dB, en la banda de 1600 Hz.

Resultados acústicos panel poliestireno

La medición se empleó como aislante poliestireno expandido de 40 mm.

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

Tabla 21
Resultados Panel Acústico Poliestireno

Fuente: Elaboración Propia 2024

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

Gráfico aislación acústica v/s frecuencias panel poliestireno expandido

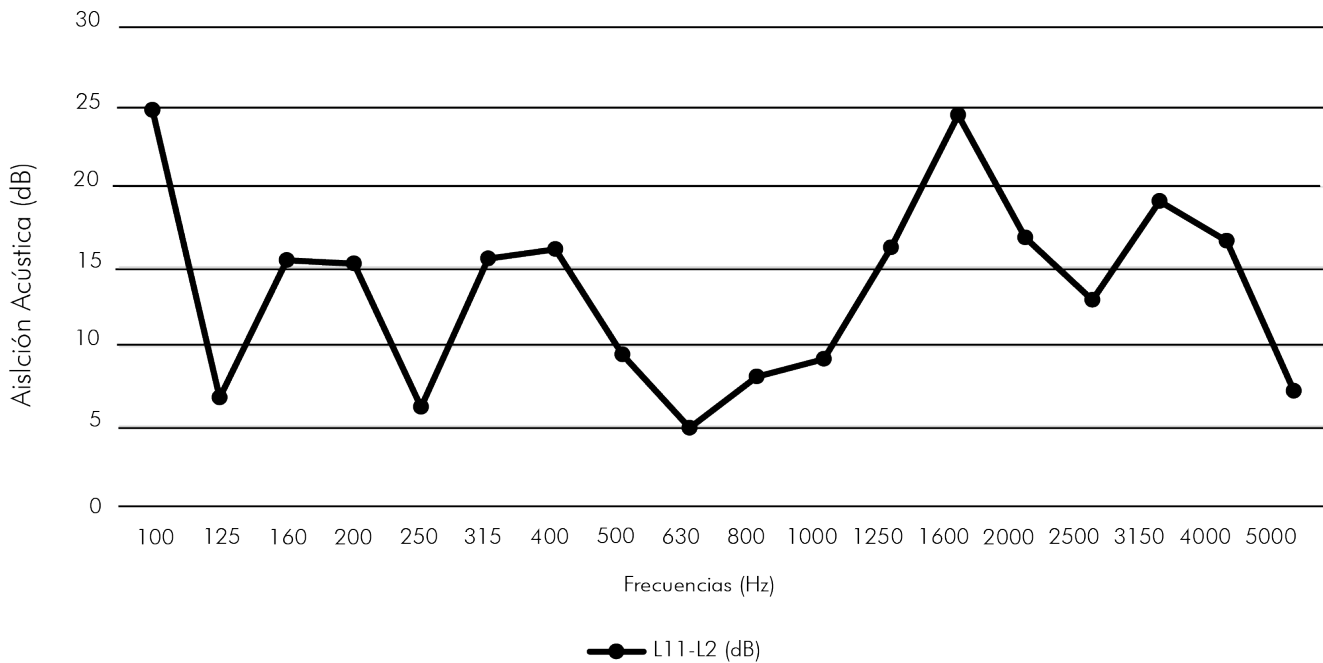


Figura 18
Gráfico Aislación Acústica vs Frecuencia Panel Poliestireno Expandido
Fuente: Elaboración Propia 2024

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

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

De los resultados obtenidos, se puede analizar que el panel de cáscara de naranja en las frecuencias bajas desde 250 a 400 Hz, tiene una menor capacidad de aislación a frecuencias graves (bajas) en comparación al poliestireno expandido.

En las frecuencias de 630 a 1600 Hz (medias altas) se observa que el panel tiene una mejor capacidad de aislación en todas las frecuencias emitidas, superando al poliestireno expandido. En la frecuencia de los 1000 Hz el panel superó en un 82% la capacidad de aislación del módulo de poliestireno expandido.

Se observa que, en la frecuencia más baja de 100 Hz, el comportamiento del poliestireno expandido tiene una mejor capacidad de aislación que el panel propuesto de cáscara de naranja.

Esta mejor aislación a frecuencias altas se explica por la materialidad de nuestra propuesta, ya que la cáscara de naranja tiene espacios intercelulares que le confieren porosidad a su estructura, la cual absorbe estas frecuencias altas que tienen una menor longitud de onda, como se muestra en la siguiente figura, siendo gran parte de estas absorbidas por el material, evitando su propagación.

Gráfico síntesis de aislación acústica de los tipos de paneles ensayados

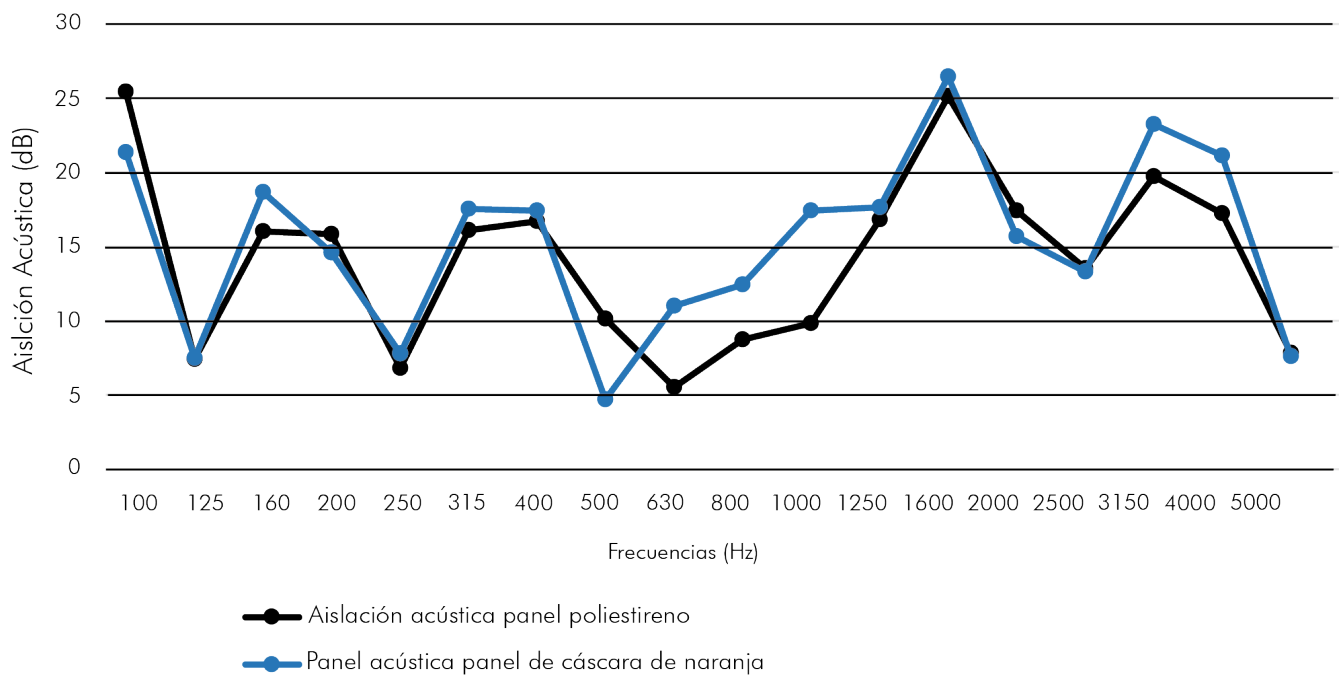


Figura 19
Gráfico Síntesis de Aislación Acústica de Tipos de Paneles Ensayados
Fuente: Elaboración Propia 2024

Al analizar por rangos, graves, medios y altos podemos concluir que el prototipo de cáscara de naranja en el rango medio de 500 a 1600 Hz tuvo la mejor capacidad de aislación en comparación con el poliestireno expandido, a excepción de la frecuencia de 500 Hz.

La máxima aislación alcanzada por el panel propuesto superando al panel de poliestireno expandido fue en la frecuencia de los 1600 Hz con 25,83 dB.

El panel de poliestireno expandido tiene un mejor comportamiento inicial, pero al aumentar el panel propuestos presentan mejor aislamiento.

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

Los seres humanos son capaces de detectar sonidos en el rango de 10 a 20.000 Hz, las frecuencias más dañinas para el oído humano van entre la banda 2000 Hz a 4000 Hz.

Tabla aislación acústica frecuencias altas

Panel	Frecuencia (Hz)	2000 Hz	2500 Hz	3150 Hz	4000 Hz
Panel cáscara de naranja	Aislación Acústica (dB)	15,7	12,67	22,63	20,05

Tabla 22
Aislación Acústica en Frecuencia Altas
 Fuente: Elaboración Propia 2024

Estos valores de aislación acústica, que presentan al emplear el panel propuesto nos indica que se permite su empleo en zonas donde se desarrollen estas frecuencias Altas, como en las autopistas, alto tráfico o zonas industriales

6.2 Ensayo Térmico del Material

El ensayo se realizó dentro de una cámara térmica ubicada en el laboratorio de estudio de biomateriales del Hub de innovación donde el ensayo fue realizado con la dimensiones de 25x25x3 cm, del panel de cáscara de naranja durante 2 horas, registrando los datos de temperatura cada 1 minuto.

Durante el ensayo, al panel se adhirió calor a una de sus caras, registrando la variación de temperatura de la cara caliente (T1) respecto a la temperatura de la cara fría (T2), variación denominada diferencial térmico, estas mediciones se realizaron mediante la cámara Fluke Ti480 PRO Infrared.

Clasificación de temperaturas de medición

Temperatura	Descripción
T1	Temperatura correspondiente a la cara del panel, expuesta a la fuente de calor
T2	Temperatura correspondiente a la cara no expuesta a la fuente de calor

Tabla 23

Clasificación de Temperaturas de Medición

Fuente: Elaboración Propia 2024



Figura 20

Instrumento de medición Térmico Cámara Fluke Ti480 PRO Infrared

Fuente: Elaboración Propia 2024



Figura 21

Esquema de Medición Térmica

Fuente: Elaboración Propia 2024



Figura 22

Detalle de Medición Térmica

Fuente: Elaboración Propia 2024

Resultado ensayo térmico

La prueba se generó utilizando como aislante térmico la cáscara de naranja con espesor de 30 mm dispuesta en dirección ortogonal, ubicada en disposición vertical al interior de la cámara térmica.

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

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

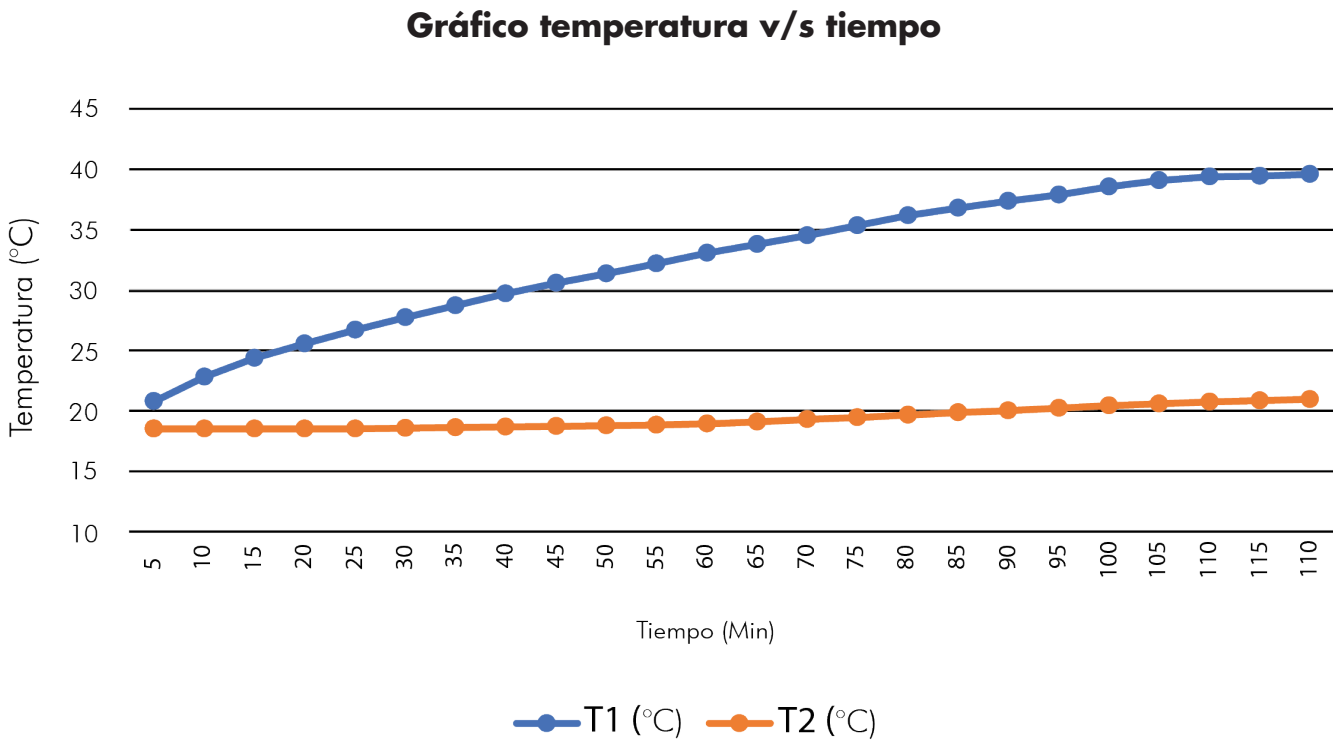


Figura 23
Clasificación de Temperaturas de Medición
Fuente: Elaboración Propia 2024

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

Este diferencial supera en un 14 % al obtenido del poliestireno expandido.

Resultado térmico panel poliestireno

Los resultados obtenidos, corresponden a las mediciones de temperatura cada 1 minuto, durante 2 horas.

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

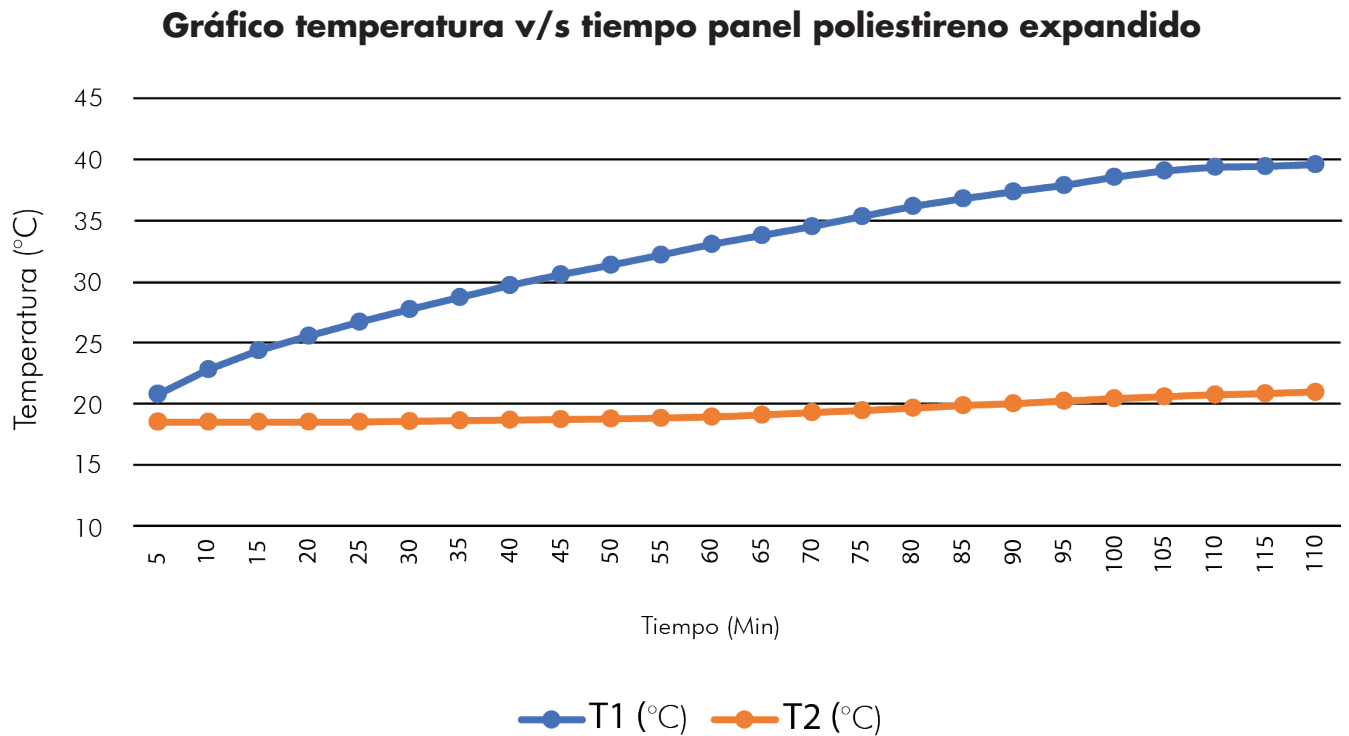


Figura 24
Gráfico Temperatura vs Tiempo Panel Poliestireno Expandido
Fuente: Elaboración Propia 2024

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

Análisis y resultados de ensayos térmicos

Tiempo (min)	Panel Poliestireno	Panel Cáscara Naranja
5	2,23	4,50
10	4,29	7,29
15	5,84	9,26
20	7,05	10,53
25	8,14	11,72
30	9,15	12,63
35	10,10	13,47
40	11,01	14,23
45	11,84	14,95
50	13,35	15,50
55	14,16	16,03
60	14,70	16,52
65	15,23	17,12
70	15,87	17,73
75	16,49	18,30
80	16,91	18,83
85	17,32	19,30
90	17,69	19,77
95	18,16	20,22
100	17,69	20,67
105	18,50	21,04
110	18,65	21,19
115	18,59	21,18
120	18,60	21,12

Tabla 24
Análisis y Resultados de Ensayos Térmicos
 Fuente: Elaboración Propia 2024

La tabla muestra el resumen del resultado promedio obtenido en el ensayo de aislación térmica para el paneles de cáscara de naranja.

Los datos presentados corresponden a las mediciones de las temperaturas obtenidas cada 5 minutos, para un ensayo que en total tuvo una duración de 2 horas en cada caso. Los cuales son comparados con el panel patrón de poliestireno expandido.

De la tabla anterior podemos observar que el paneles propuestos, utilizando cáscara de naranja, presentan mejor capacidad de aislación térmica al ser comparado con el poliestireno expandido.

El panel exhibe mejores características de aislación térmica, presentando un diferencial térmico de 21,12 °C superando en un 14 % al panel de poliestireno expandido con un diferencial térmico de 18,6 % a los 120 minutos.

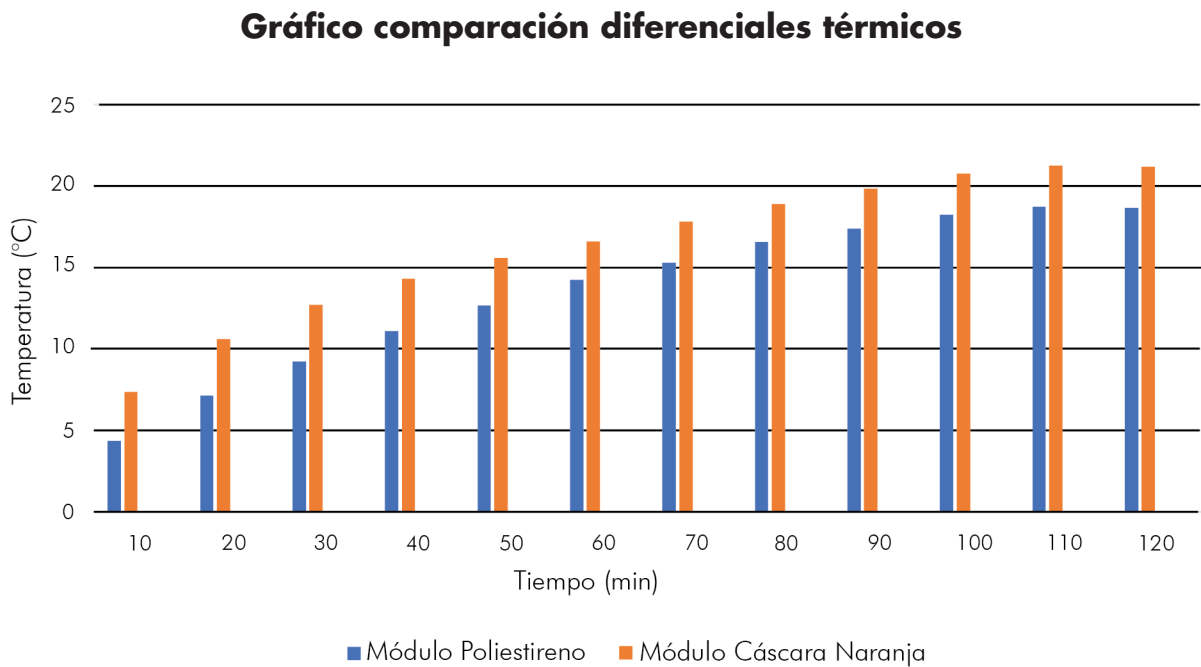


Figura 25
Gráfica Comparación Diferenciales Térmicos
Fuente: Elaboración Propia 2024

De los resultados obtenidos podemos analizar que la cáscara de naranja, con su alta porosidad y estructura esponjosa, posee propiedades térmicas que la hacen útil en una variedad de aplicaciones. Su baja conductividad térmica y alta capacidad de retención de calor la convierten en un excelente aislante térmico al incorporar la cáscara de naranja en materiales compuestos y sistemas de aislamiento puede contribuir a soluciones más sostenibles y eficientes térmicamente.

6.4 Resistencia a Agentes Externos

Se estudiaron los cambios en el aspecto y las propiedades del material como resultado de la exposición a agentes externos.

Exposición a rayos UV

El envejecimiento natural del material producto de la exposición directa a rayos UV es un factor de gran importancia si se considera desarrollar aplicaciones del material para exteriores.

Tras la exposición a radiación solar por un tiempo prolongado, los polímeros termoplásticos pueden presentar algún tipo de degradación que afecte tanto a su aspecto como sus propiedades físicas y mecánicas, por ejemplo, variaciones en la coloración del material, aparición de grietas, disminución en la resistencia, dureza y elasticidad.

El estudio consistió en colocar 3 probetas de 15mm x 15mm x 3mm del material compuesto al exterior, sobre una superficie con inclinación 45°, orientación norponiente y plena exposición solar durante el día.

Este proceso se llevó a cabo en la Región Metropolitana, comuna de Santiago, entre los meses de Noviembre y Diciembre del año 2023.

Gráfico exposición de material a rayos UV

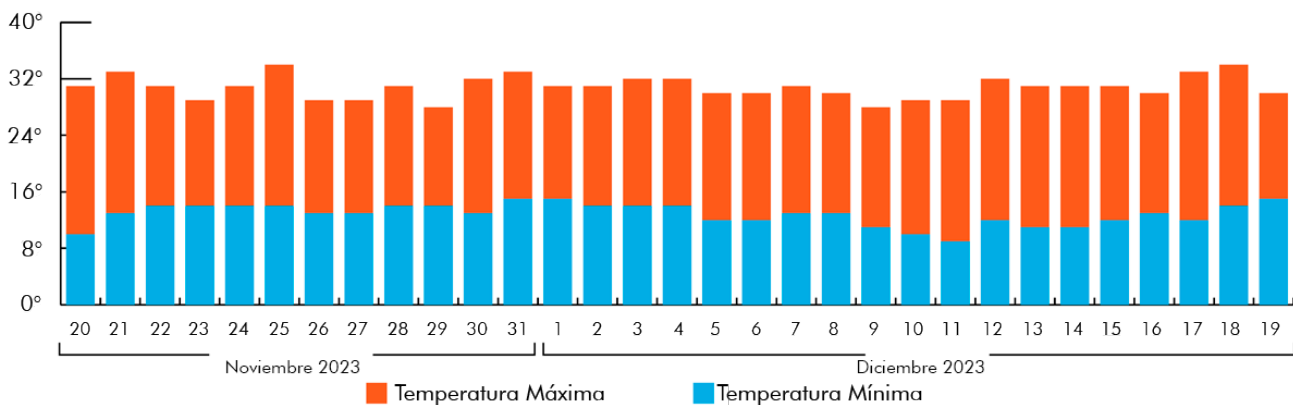


Figura 26
Gráfica Exposición de Material a Rayos UV

Fuente: Elaboración Propia 2024

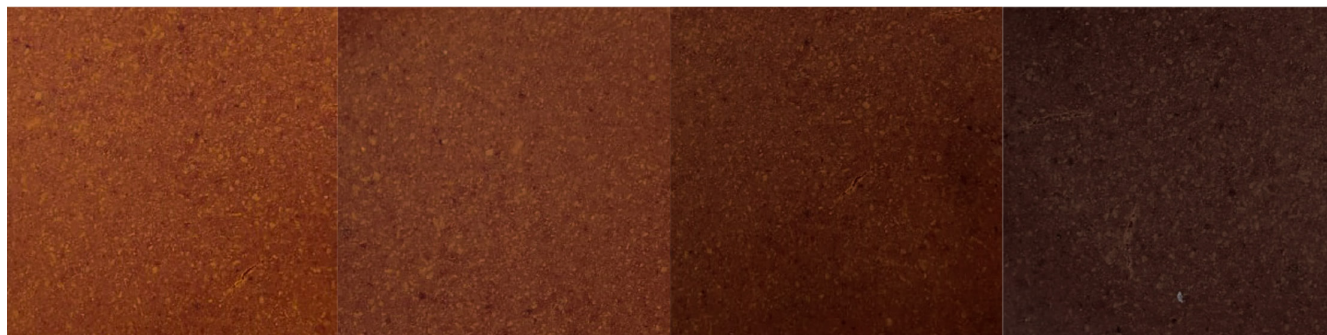


Figura 27

Cambios en el color del material tras exposición UV

Fuente: Elaboración Propia 2024

Las probetas expuestas durante un mes a las condiciones climáticas de la intemperie y en particular a la exposición prolongada a radiación solar, mostraron un leve grado de deformación y endurecimiento. Estos cambios en el material pueden deberse a la retención de humedad atmosférica o bien a la degradación de su plastificante, es decir, el componente que le otorga flexibilidad.

6.4.1 Degradación Natural

Para la realización del ensayo de degradación natural se referenció el procedimiento indicado en la norma ASTM D6400-04 “Especificación estándar para plásticos compostables”, en esta se detallan las condiciones de degradación de un material plástico en un sustrato sólido, enfocado en el compostaje en instalaciones municipales e industriales.

La norma establece que para que un material sea considerado biodegradable es necesario que la degradación del 60-90% del material ocurra en un período de seis meses (180 días), además, tras doce semanas de exposición (90 días), el material se debe haber desintegrado en fragmentos que no superen los 2mm x 2mm, por último, la degradación del material no debe afectar negativamente a la calidad del sustrato (ASTM, 2004).

Se prepararon 4 probetas de 25mm x 25mm x 3mm del material, las cuales fueron enterradas a 50mm de la superficie en módulo del invernadero ubicado en el Fab Lab de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

El ensayo se prolongó por seis semanas entre los meses de Noviembre y Diciembre, con una temperatura ambiente y humedad del sustrato constante y el proceso de degradación de las probetas fue registrado semanalmente.

Fue posible predecir el comportamiento de las probetas en condiciones de compostaje debido a la alta higroscopicidad del material, aspecto que fue determinante tras los ensayos de absorción de agua e hinchamiento.

Dada la progresión en la descomposición de las probetas en este primer bloque, se proyecta que la degradación del material en un plazo de seis meses en condiciones extremas.



Figura 28

Observaciones durante el ensayo de degradación

Fuente: Elaboración Propia 2024

7

Resumen de la Información, Conclusión y Resultados a Concretar

7.1 Ficha Técnica del Material

En el ámbito de la construcción sostenible, la búsqueda de materiales innovadores y ecológicos se ha convertido en una prioridad.

Uno de estos materiales emergentes es el biocompuesto fabricado a partir de cáscara de naranja, que presenta propiedades acústicas y térmicas sobresalientes donde este capítulo tiene como objetivo presentar una ficha técnica detallada de este nuevo material, destacando sus características, beneficios y aplicaciones en la construcción.

Descripción	Material compuesto que revaloriza el residuo cítrico, de tacto rugoso, compacto, poroso, de aroma dulce y translúcido en espesores entre 10 y 30 mm.		
Composición	23% Cáscara de naranja (Pectina, celulosa y hemicelulosa) 7% Glicerina vegetal / 3% Agar-agar 67% Agua destilada.		
	Características	Metodo de Ensayo	Valor
Físicas	Densidad	UNE-EN 323	1,34 g/cm ³
	Hinchamiento	UNE-EN 317	36,1 %
	Absorción de agua	UNE-EN 317	89,7 %
Propiedades	Pruebas Acústicas	NCh 352 Off 2000	1600 Hz con 25,83 dB (Sobresaliente)
	Pruebas Térmicas	NCh 2251	Consigue una temperatura máxima expuesta de 39,57 °C (Sobresaliente)
Otros	Exposición UV	Examen Visual	Rigidez y oscurecimiento
	Degradación Natural	Examen Visual	Alto (6 semanas en entornos extremos)
	Costo de Producción	Gasto energético y Costo de materia prima	\$13.410/m ² (CLP) \$13.410/kg (CLP)
Atributos Perceptuales Destacados			
Sostenible		Natural	
Acogedor		Aroma	
Compacto		Ligero	
Innovador		Atractivo	

Figura 29

Ficha Técnica del Material

Fuente: Elaboración Propia 2024

7.2 Mapa de Síntesis de Investigación

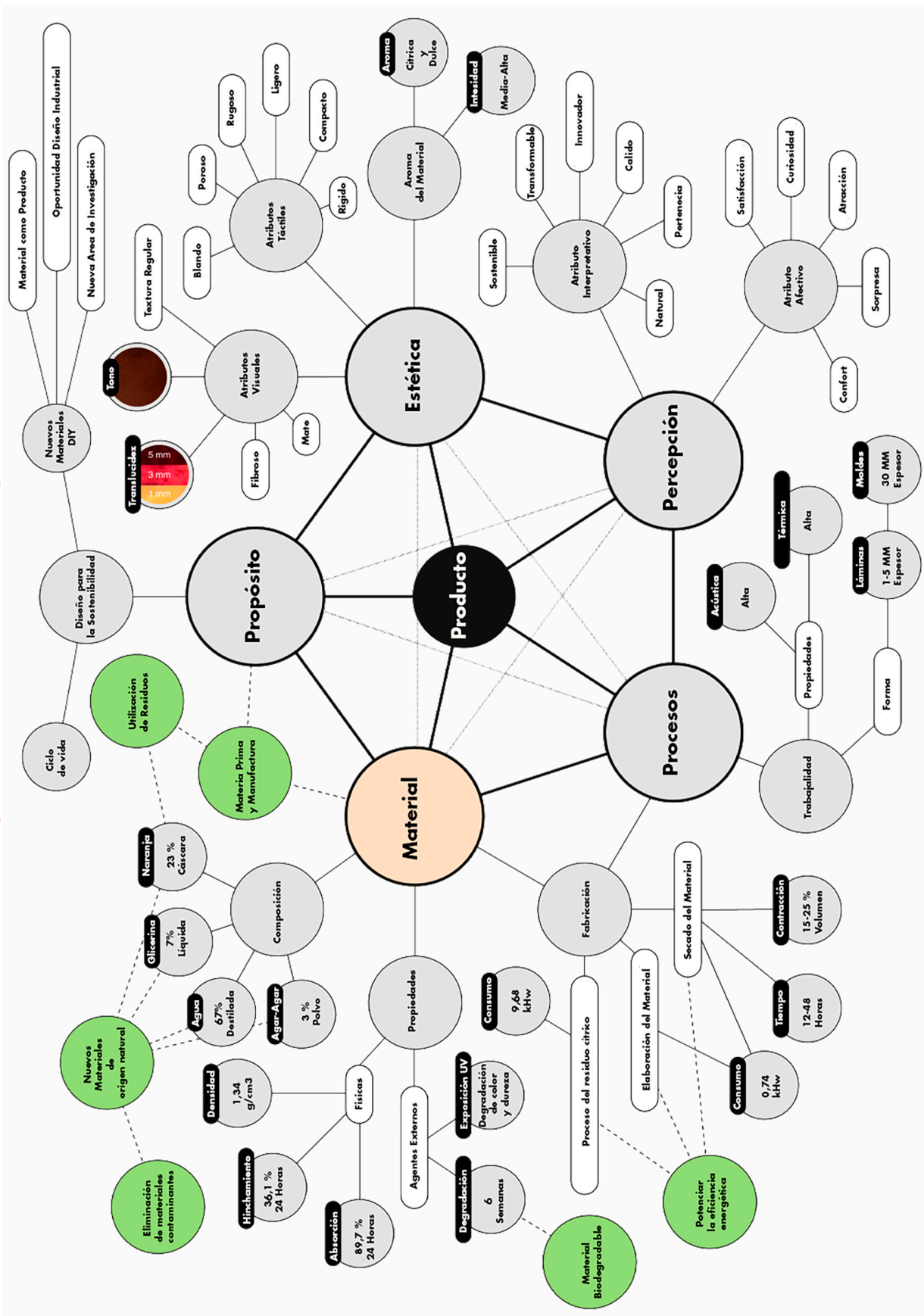


Figura 30
Mapa de Síntesis de Investigación
Fuente: Elaboración Propia 2024

7.3 Conclusión y Resultados a Concretar

El objetivo general planteado en esta investigación consistió en desarrollar el potencial de las cáscaras de cítricos como materia prima para la elaboración de un material compuesto biobasado con propiedades de aislación acústica y térmica para la representación de un módulo en el Intermodal de la comuna de La Cisterna.

El levantamiento de información relativa a la industria frutícola nacional dejó entrever que la naranja es por lejos el cítrico más producido y consumido, por lo tanto, su residuo fue mucho más fácil de conseguir y procesar para las experimentaciones.

Los objetivos específicos planteados para la investigación aplicada se concretaron evaluando en cada etapa metodológica la consecución de los criterios para el desarrollo de un material sostenible con propiedades acústica y térmica presentados en un comienzo.

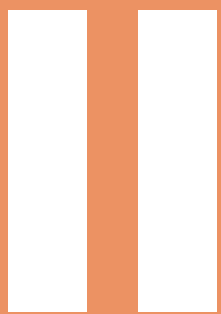
El primer objetivo específico, “Establecer el proceso de elaboración de un material compuesto en base al residuo de cáscara de naranja y un aglomerante biodegradable”, se cumplió a través de los métodos experimentales ejecutados para determinar la composición y proporción de la mezcla, el enfoque iterativo de exploración material culminó en un hallazgo de gran relevancia para la investigación, la definición del proceso experimental del material, proceso que toma distancia de bibliografía y recetas recopiladas en torno a materiales DIY.

El segundo objetivo, “Caracterizar el material compuesto basado en cáscaras de cítricos a través de ensayos acústico y térmico para generar una ficha técnica que agrupe las propiedades del material”, se cumplió en gran medida, logrando conocer las propiedades del material y compararlo directamente con otro de área del rubro de la construcción.

Respecto a su trabajabilidad, el material puede ser conformado en moldes o prensado para conseguir un volumen.

El camino al desarrollo del material biobasado de cáscara de naranja es largo y aún existen muchas aristas por explorar proyectar un futuro hacia nuevas materialidades sostenibles.

Características técnicas identificadas como ser un material moldeable, con buen comportamiento bajo pruebas de estrés acústico, térmico y ser biodegradable de origen renovable, lo potencian para el desarrollo de un producto de absorción acústica y térmico, en un mercado donde predomina el uso de materiales sintéticos.



Capítulo

1. Contexto de Implementación

Se delimitó el contexto de implementación del proyecto hacia el revestimiento acústico de espacios interiores, es entendido por lugares cerrados de concurrencia pública o privada con un grado habitual de ocupación medio o elevado.

La limitante en cuanto al carácter performativo del producto para estos contextos de implementación, en donde tendrán una concentración elevada de personas, radica principalmente en garantizar la existencia de confort acústico y térmico.

Se tomo en cuenta como caso estudio el area de Andenes del "Intermodal La Cisterna", ya que reúne los factores debido al ruido ambiental respecto a su ubicación en Santiago y posee también una fuente emisora interna debido a actividades de embarque y desembarque de pasajeros de trenes del metro y los buses urbanos e interurbanos.



Figura 31
Registro Estudio Acústico "Intermodal La Cisterna"
Fuente: Elaboración Propia 2024

2. Identificación del problema

Niveles de ruido recomendados

La recomendación de la OMS indica que para espacios de alto tráfico, la intensidad del sonido no debe superar los 35 dB).

Todas las estaciones de la Línea 2 del Metro de Santiago superan el nivel de ruido recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), de acuerdo con un estudio efectuado por la empresa especializada en salud auditiva, GAES Chile.

Según la OMS, lo óptimo es que las personas no se expongan a sonidos que superen los 55 decibeles, mientras que el estudio estableció que en el tren subterráneo, las cifras varían entre 85,3 y 95,2 decibeles.

En su reporte, GAES Chile reveló que las tres estaciones más ruidosas del tren subterráneo en la Línea 2 son:

1. Intermodal "La Cisterna" (95,2 dB).
2. Los Heroes (94 dB).
3. Parque O´higgins(93,3 dB).

Fuentes Sonoras

Dentro del área de andenes del Intermodal "La Cisterna", existen variadas fuentes sonoras.

De las principales y relativas a este proyecto se tienen:

1. Tránsito de buses Red Santiago y buses interurbanos.
2. Trenes del Metro
3. Pasajeros y Multitudes

3. Cliente y Usuario

Para el presente proyecto se hace una diferenciación en cuanto a los potenciales clientes del producto y a los usuarios finales.

En el contexto de acondicionamiento acústico de espacios, son principalmente los Arquitectos e Ingenieros en Sonido los encargados de seleccionar y proveer los materiales óptimos para el diseño acústico de los espacios.

Por otro lado se identifican como usuarios propios del contexto de implementación planteado, posibles dueños de los espacios en caso de ser privados, o todo usuario que haga uso del espacio y se vea beneficiado por el acondicionamiento acústico de los paneles acústicos.

4. Antecedentes y Referentes




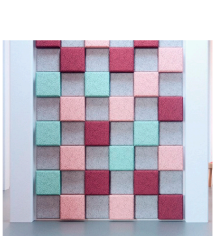
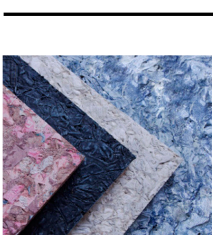

Referente	Descripción
	<p>Espuma de Poliuretano</p> <p>Son una de las soluciones más comunes en el mercado en cuanto a absorción acústica.</p> <p>Se componen por espumas fonoabsorbentes en formato de cuñas y texturas para aumentar la superficie de absorción de los paneles.</p> <p>Existen en variables espesores y dimensiones para aplicaciones interiores.</p>
	<p>HeraDesign</p> <p>Heradesign conforma una línea de paneles de absorción acústica hechos de viruta de madera, magnesita y agua.</p> <p>Se categorizan como productos naturales de materias primas renovables.</p> <p>Las principales características que se destacan, fuera de su propiedad acústica, es que presentan una línea extensa de formatos y propuestas decorativas de los paneles.</p>
	<p>OKKO STUDIO</p> <p>Es un estudio de Diseño enfocado en el interiorismo y en el diseño de materiales para el acondicionamiento acústico.</p> <p>Dentro de sus productos incluyen paneles de PET reciclado, en donde proponen diseños con texturas y personalizados.</p> <p>Se destacan como referente por apostar a la utilización de materiales poco convencionales para el revestimiento acústico.</p>
	<p>BAUX</p> <p>A partir de los mismos componentes de Heradesign, los paneles Baux entran dentro de la misma categoría de paneles acústicos naturales, pero se diferencian por tener una propuesta más decorativa en cuanto a los formatos y colores de los paneles.</p> <p>Se toman como referente ya que complementario a sus productos bases, ofrecen un servicio de diseño personalizado con los paneles.</p>
	<p>DEMODE</p> <p>Material compuesto de residuos de textil y adhesivo de almidón, de origen nacional.</p> <p>Se caracteriza por ser un aglomerado con potencialidades de aplicación como revestimiento y material para distintas aplicaciones de mobiliario.</p> <p>Alude al consumo responsable al hacerse cargo de los residuos producidos en la industria textil y se destaca como referente por utilizar adhesivo en base a almidón y ser un material ya posicionado en el mercado.</p>
	<p>LIGNOPLAS</p> <p>Material compuesto en base a aserrín reciclado y lignina, de origen nacional.</p> <p>La lignina es un adhesivo natural que se genera como desecho en el procesamiento de la celulosa en la industria del papel.</p>

Figura 32
Referentes de Paneles Acústicos y Térmicos
Fuente: Elaboración Propia 2024

5. Simulación de Prototipo

La etapa del diseño del producto fue pensada bajo un concepto de sistema. Los componentes del material compuesto, el proceso de producción, y la aplicación final de paneles de absorción acústica y térmica en un contexto determinado influyen sistemáticamente en la definición de variables y limitantes.

Dentro del contexto de espacios interiores, el producto se limitó a un formato de módulo incremental para poder ser replicable y cubrir distintos tamaños de superficie.

Se consideraron variables estéticas para una propuesta visual en conjunto con variables relacionadas a la absorción acústica y térmica, como el aumento del espesor y la superficie expuesta.

A continuación se desarrolla la etapa de diseño y prototipado del producto, separada en tres principales etapas; el diseño de la forma, variaciones del material y la simulación del producto.

En cada una de ellas se definieron las principales variables de diseño consideradas a prototipar, con los objetivos principales de crear módulos de absorción acústica y térmica.

Requerimientos y Restricciones al momento de diseñar

Se desprende de las observaciones anteriores un listado de consideraciones que se deben tener al momento de proyectar.

Resumen de datos relevantes desprendidos de los antecedentes.

Ancho aproximado del Módulo Acústico y Térmico: 79 cm

Alto aproximado del Módulo Acústico y Térmico: 2 Metros

Módulo acústico y térmico

A) Funciones:

Un módulo acústico y térmico para el metro tiene varias funciones clave que mejoran tanto la experiencia de los usuarios como la eficiencia operativa del sistema de transporte.

Estas funciones se centran en la reducción del ruido, la mejora de la eficiencia energética y la creación de un ambiente más confortable y seguro para los pasajeros y el personal.

B) Cualidades:

- Liviano
- Cómodo (conveniente, acomodado, proporcionado.)
- Coherente con el entorno
- Ergonómico
- Sistema gradual modular

C) Condicionantes:

- Debe funcionar como módulo.
- Debe poder ser transportado para su instalación
- Debe poder utilizarse repetidas veces
- Debe ser de material resistente a altas condiciones del entorno
- Debe resistir a las condiciones de intemperie.
- Debe ajustarse a las medidas de un pick-up de camioneta para su traslado
- Debe ser fácil de limpiar

D) Requerimientos:

- Apropiado tamaño para circular al interior de espacios reducidos
- Cantidad de producción de 100 unidades para abarcar la mayor cantidad de empresas del área de la construcción

6. Aproximación a Forma, Proporción y Ángulos

La caracterización del material llevó a limitar las dimensiones del producto.

Se utilizó como base las dimensiones de otros referentes de revestimientos acústicos, para determinar un tamaño mínimo para trabajar el módulo.

Se definió una forma cuadrada con dimensiones entre 25x25 cm, y el espesor mínimo de 3 cm ensayado, para mantener su condición de absorción acústica y térmica.

Luego se dio inicio a una etapa de exploración en la forma, en donde en base a distintas geometrías se buscó generar una propuesta pensando tanto en el módulo como en su conjunto.

La principal limitante, era tener en cuenta que para cualquier forma también tenía que haber un diseño del molde, ya que el proceso productivo va de la mano del diseño del producto.

Para lograr un correcto desmolde, era sustancial pensar en los ángulos y pliegues de la forma.

Para testear la factibilidad del desmolde en cuanto a los ángulos y dimensiones definidas, se hizo una matriz en madera.

Material, tecnología y simulación de prototipo

1. Materiales Utilizados

Aluminio

Se elige el aluminio de 3 MM debido a sus propiedades como ligereza, durabilidad, resistencia a la corrosión y capacidad de reciclaje. El aluminio también tiene buenas propiedades térmicas y acústicas cuando se manipula adecuadamente.

2. Tecnología de Fabricación

Corte con Láser

Utilización de corte láser para lograr precisión y eficiencia en el corte del aluminio. El corte con láser permite crear diseños complejos y exactos que se ajustan a las especificaciones del proyecto.

Plegado

Uso de máquinas de plegado CNC (Control Numérico por Computadora) para doblar el aluminio en las formas necesarias. El plegado preciso es crucial para ensamblar los paneles y garantizar su integridad estructural.

3. Proceso de Fabricación del Prototipo

A. Diseño y Planificación

Diseño CAD: Creación de un diseño en CAD (Diseño Asistido por Computadora) que especifica las dimensiones, formas y características del panel.

Esto incluye la ubicación de los orificios de montaje, ranuras y cualquier patrón perforado necesario para la absorción acústica.

B. Corte con Láser

Preparación del Material

Se prepara la hoja de aluminio y se asegura que esté libre de imperfecciones.

Programación del Láser Se carga el diseño CAD en el sistema de corte láser y se ajustan los parámetros de corte, como la potencia del láser y la velocidad de corte.

Ejecución del Corte

El láser corta el aluminio según el diseño especificado, creando las piezas individuales que compondrán el panel.

C. Plegado

Preparación de la Máquina de Plegado

Configuración de la máquina de plegado CNC con las herramientas adecuadas y programación según el diseño CAD.

Las piezas cortadas se doblan en las formas requeridas, asegurando precisión y consistencia en cada pliegue.

D. Ensamblaje

Las piezas plegadas se ensamblan junto con los materiales acústicos y térmicos. Esto puede incluir la inserción de espumas acústicas o paneles de aislamiento térmico dentro de las estructuras de aluminio.

E. Inspección de Calidad

Revisión detallada del panel ensamblado para asegurar que cumple con los estándares de calidad y las especificaciones del diseño.

F. Instalación y Pruebas

Instalación del prototipo en una ubicación específica dentro del metro para pruebas in situ.

Evaluación de DesempeñoMedición y evaluación del rendimiento acústico y térmico del panel instalado, realizando ajustes y mejoras según sea necesario.

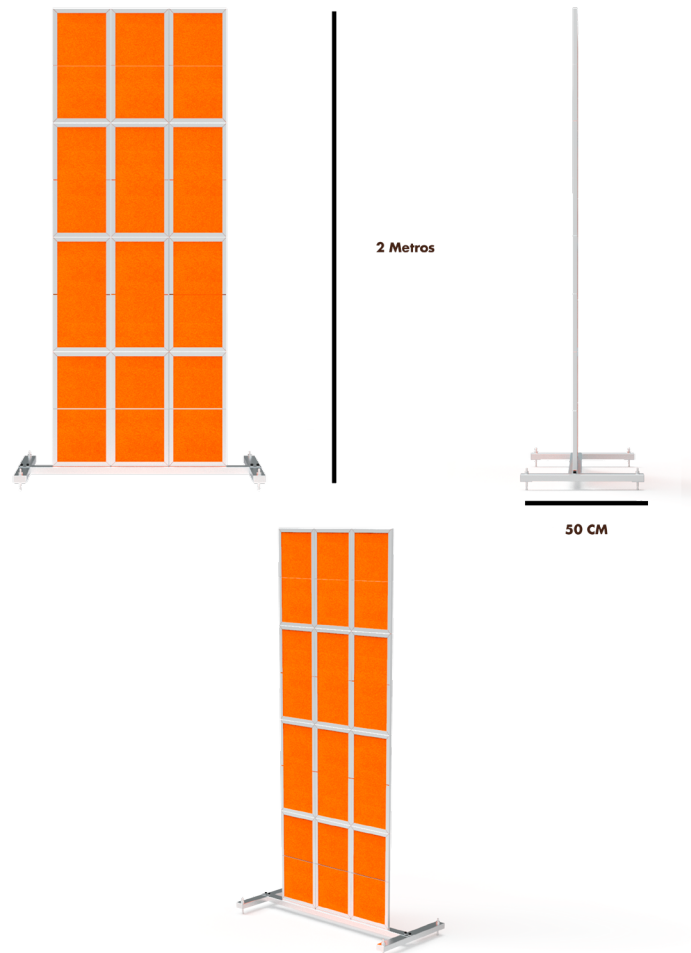


Figura 33
Simulación 3D Producto Módulo Térmico y Acústico

Fuente: Elaboración Propia 2024

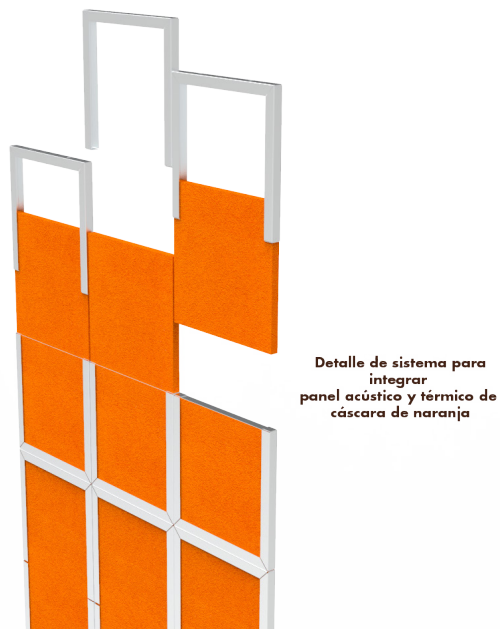
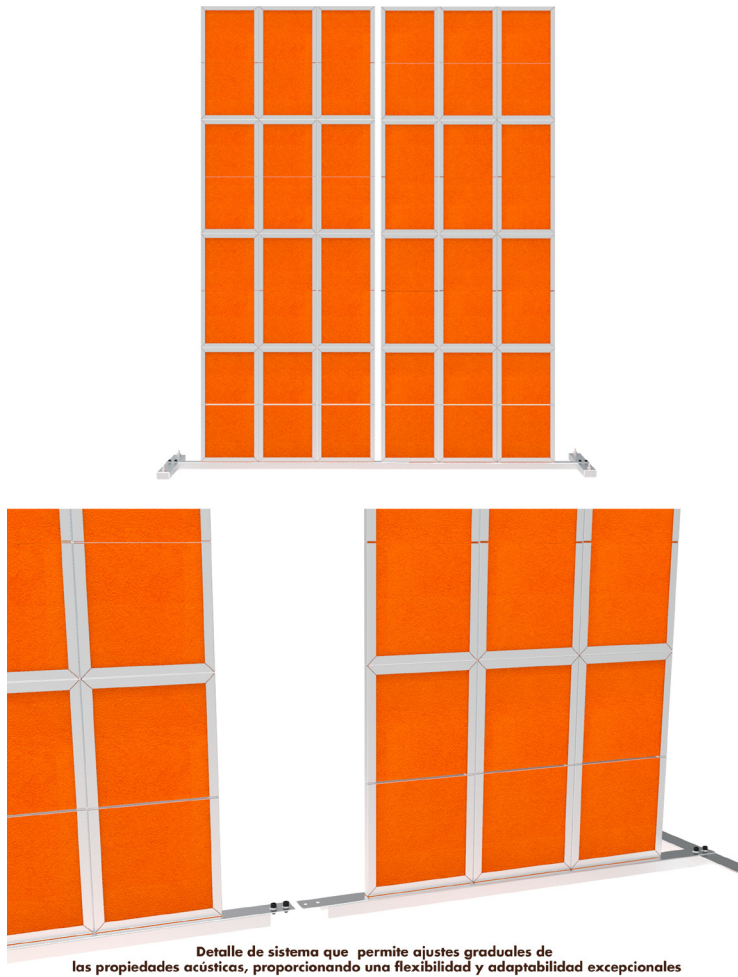
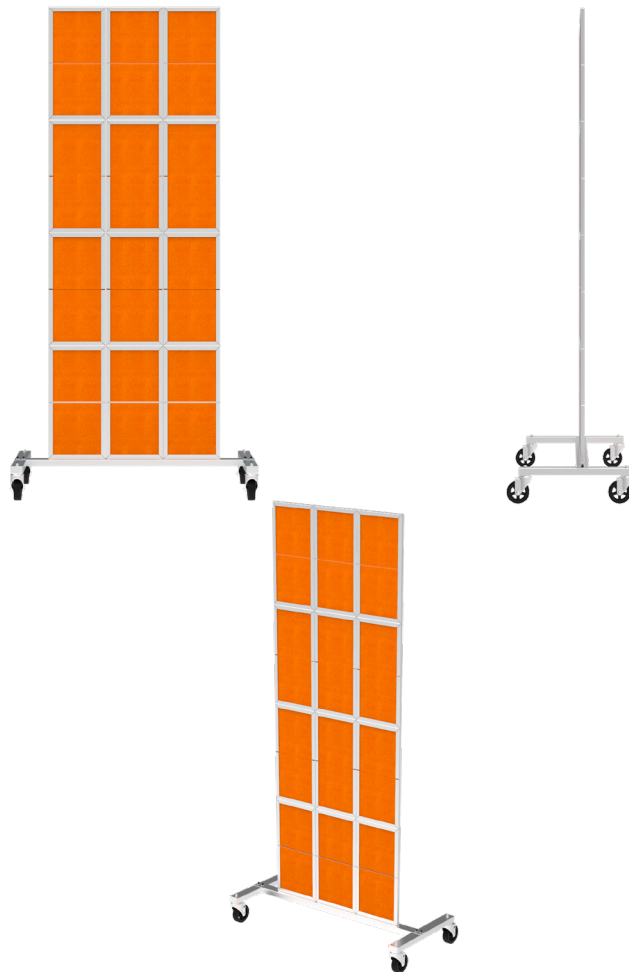


Figura 34
Simulación 3D Producto Módulo Térmico y Acústico
 Fuente: Elaboración Propia 2024



Detalle de instalación de paneles acústicos con pernos de anclaje es un método seguro y robusto para fijar estos paneles a la superficie



Detalle de panel opción ruedas

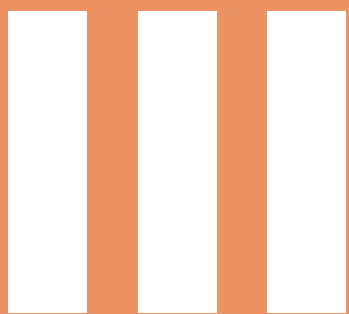
Figura 35
Simulación 3D Producto Módulo Térmico y Acústico
Fuente: Elaboración Propia 2024



Simulación de instalación de panel en Intermodal La Cisterna

El estudio realizado por Mutual de Seguridad en el año 2020 identifica que el nivel 1 del intermodal La Cisterna ingresan diariamente 180.000 personas y el nivel de ruido en zonas de espera alcanza entre 80 y 85 db lo que permitió focalizar la instalación de los paneles en el área de andes para aislar el ruido a usuarios y trabajadores.

Figura 36
Simulación 3D Producto Módulo Térmico y Acústico
Fuente: Elaboración Propia 2024



Capítulo

1. Propuesta de Financiamiento

En general se propone una implementación en base a criterios, prácticas y recursos ya establecidos y actuales en la comercialización de productos de terminaciones en la construcción.

El camino empresarial, las ventas y el crecimiento son dos de los principales objetivos que suelen perseguir los responsables de una organización productiva.

La manera en que una empresa define sus actividades comerciales determina hacia dónde quiere ir y su establecimiento de objetivos.

En este sentido, para insertar un producto o servicio en un mercado determinado se necesita una planificación que tenga en consideración, entre otras cosas, cuáles son o serán aquellos canales que le permitirán cumplir sus objetivos mercantiles.

Se definirá a los modelos de negocio desde una perspectiva sistémica, es decir, desde el vínculo de estructuras y procesos que forman un sistema, y por consiguiente, se presentarán los alcances de los modelos de negocio tradicionales en la gestión de diseño mediante la confrontación de diferentes conceptos.

Los modelos de negocio abarcan básicamente las formas específicas en las cuales se lleva a cabo un negocio.

A través de la aplicación ordenada y eficiente de estas formas, una empresa puede generar un sustento y un desarrollo, lo que implica generar más ingresos.

En muchas ocasiones, se considera un concepto difícil de definir, un modelo de negocios puede reducirse a una historia que explica cómo la empresa trabaja o puede enfocarse en el objetivo principal de una empresa, que es generar un servicio o producto para vender a sus futuros clientes.

Sin embargo, algunas publicaciones intentan dar un paso más en la interpretación de lo que implica un modelo de negocio.

Este es el caso de la revista Harvard Business Review, en la que se expresa que un buen modelo de negocio es aquel que puede brindar una propuesta de valor al cliente basada en la innovación permanente mediante una exploración del mercado para saber qué es lo que están necesitando nuestros clientes y cuál es, dentro de un punto neurálgico del negocio, lo que se le puede ofrecer a este para brindarle la solución a un problema.

CANVAS

<p>Propuesta de Valor</p> <ul style="list-style-type: none"> -Paneles con aislación acústica y térmica superior o igual a soluciones existentes -Mayor valor al ser material "eco-friendly" biodegradable -El residuo de la cáscara de naranja es dispuesto obteniendo una rentabilidad significativamente superior en comparación a la solución actual - Fácilmente escalable a toda la mediana y pequeña empresa del sector de la construcción 	<p>Canales de Venta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Venta directa promovida por profesionales del área "terminaciones" en construcción y remodelación de espacios interiores públicos, comerciales y particulares. - Plataforma web promocional desde buscadores web. - Asociación estratégica con una empresa establecida en el ofrecimiento de soluciones de mitigación acústica y térmica de interiores 	<p>Relación con el Cliente</p> <ul style="list-style-type: none"> -Atención directa con plataforma comercial -Ferias y eventos del área construcción, diseño, arquitectura. -Relaciones Públicas promoviendo artículos en prensa especializada (VD, Masdeko, EMB Construcción) 	<p>Fuentes de Ingreso</p> <ul style="list-style-type: none"> -Venta directa de los paneles y dispositivos para su instalación. -Agregación de valor con soluciones de mayor precio: diseño con moldes exclusivos incorporando elementos de identidad del cliente (ejemplo logotipo)
<p>Recursos Claves</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cáscara de naranja limpia y pasado por cedazo para eliminar elementos de tamaño excesivo -Agar- Agar como aglomerante de origen 100% natural -Equipo de mezclado mecánico para generar los volúmenes necesarios del material - Moldes de metal 	<p>Colaboradores</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proveedor de Agar-Agar -Instaladores calificados -Arquitectos/as y Diseñadores/as del área construcción y remodelación de espacios interiores 	<p>Actividades Claves</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proceso de producción: mezclado y secado -Proceso de instalación, robusto, seguro, de calidad estética 	<p>Estructura de costos del Productos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Costo del aglomerante Agar-Agar y los paneles -Mano de Obra de producción de la masa - Gastos Generales del taller de producción de paneles - Mano de obra y gastos generales de instalación

Figura 37
Módulo de Negocios Canvas
Fuente: Elaboración Propia 2024

2. Estructura de Costos

El costo del producto se basa principalmente en el costo del Agar- Agar.

El costo de la estructura de aluminio se valorizo en la empresa metalmecánica Facomet debido a su cercanía con el laboratorio donde se produce el nuevo material

La mano de Obra se consideró como 3 operarios tiempo completo al 80% donde se incluyeron costos de venta (1 persona 25% del tiempo) comercialización (web, folletería, exposiciones) y costos marginales administrativos.

Para los costos de instalación y materiales relacionados se consideraron valores de mercado conocidos donde finalmente se requiere una inversión inicial y de reposición para la producción (mezcladores eléctricos industriales, paneles de secado, moldes en acero inoxidable) y la adaptación de material comercial (página web, etc).

Operador	Remuneración	Mes	\$ 450,000	
Productividad	Paneles x	Día	120	
	m2 x	Día	7	Panel de 50 x 50 ms
	Días x	Año (80%)	176	
1 Operador	Producción	Anual-m2	1,217	
3 Operadores	Producción	Anual-m2	3,650	
	Costo Anual		\$ 16,200,000	3 Operadores
Gasto GeneralAdmin.	3%		\$ 486,000	
Dextrina				
Formula Kg x m2			13.89	
Panel de 50x50 cms utiliza 800 grs Agar-Agar				
Costo x Kg			\$ 656	
\$41.000 / 50 Kg x Tambor; 20% descuento x volumen				
Kg anuales			50,692	
Costo Anual			\$ 33,253,988	
Costo Anual Produccion/Logistico			\$ 1,200,000	
Costo	Producción	\$	\$ 52,016,961	\$ 78,336,276
	\$ x m2		14,253	\$ 21,465
Costo (Indirecto)				
Arriendo Indirecto	1 Periodo		\$ 450.000	
Servicios Básicos	1 Periodo		\$ 350.000	
Transporte	1 Periodo		\$ 200.000	

Figura 38

Tabla de Producción de Nuevo Material Mano de Obra

Fuente: Elaboración Propia 2024

3. Estimación del Potencial de Ventas

Se consideró una venta inicial en el año 1 de 240 m².

Esta superficie se estima representa el revestir una cantidad de 6 recintos de 30 m², en un 50% de su superficie vertical (3 mts).

Se consideró un crecimiento posterior de 50% anual, paulatino sobre un horizonte de 5 años.

El precio de venta se estableció a paridad con el referente existente más representativo en poliestireno debido a que los clientes potenciales suelen tener expectativas de precio basadas en productos similares ya existentes en el mercado.

Establecer el precio en paridad con los referentes permite que el nuevo producto sea visto como una alternativa viable, sin provocar un rechazo inmediato debido a un precio excesivo o demasiado bajo.

Al estar alineado en precio con productos comparables, se facilita la comparación directa, permitiendo que la decisión de compra se base en los atributos del producto, como la sostenibilidad, el rendimiento, o la innovación.

4. Flujo de Caja y Retorno Económico

El análisis muestra valores económicos positivos y significativos en cuanto al retorno.

La utilidad acumulada en un horizonte de 5 años de \$32 millones representa 6 veces la inversión requerida de \$ 5 millones.

Análisis de Flujo de Caja			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	Paneles	m2	240	360	540	900	1,200
Precio	Panel	\$xm2	\$ 26,000	\$ 26,000	\$ 26,000	\$ 26,000	\$ 26,000
Venta	Paneles	\$	\$ 6,240,000	\$ 9,360,000	\$ 14,040,000	\$ 23,400,000	\$ 31,200,000
Precio	Instalación	\$xm2	\$ 12,500	\$ 12,500	\$ 12,500	\$ 12,500	\$ 12,500
Instalación propia		%	100%	80%	70%	60%	50%
Venta	Instalaciones	\$	\$ 3,000,000	\$ 3,600,000	\$ 4,725,000	\$ 6,750,000	\$ 7,500,000
Ventas	Totales	\$	\$ 9,240,000	\$ 12,960,000	\$ 18,765,000	\$ 30,150,000	\$ 38,700,000
Costo	Producción	x m2	\$ 14,253	\$ 14,253	\$ 14,253	\$ 14,253	\$ 14,253
		\$	\$ 3,420,728	\$ 5,131,092	\$ 7,696,638	\$ 12,827,731	\$ 17,103,641
Margen	Directo	x m2	\$ 24,247	\$ 21,747	\$ 20,497	\$ 19,247	\$ 17,997
		%	63 %	60%	59%	57%	56%
		\$	\$ 5,819,272	\$ 7,828,908	\$ 11,068,362	\$ 17,322,269	\$ 21,596,359
Cost	Instalación	% de ingresos	35%	35%	35%	35%	35%
		\$	\$ 1,050,000	\$ 1,260,000	\$ 1,653,750	\$ 2,362,500	\$ 2,625,000
Otros	Costos						
		1 Venta Persona 25% tiempo	\$ 1,950,000	\$ 1,950,000	\$ 1,950,000	\$ 1,950,000	\$ 1,950,000
Web Marketing	Tercerizado		\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
Folletería & Muestras			\$ 400,000	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 250,000
Ferías y Eventos			\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000
Administrativos		3%	\$ 133,500	\$ 129,000	\$ 129,000	\$ 129,000	\$ 129,000
		Sub Total Otros	\$ 4,583,500	\$ 4,429,000	\$ 4,429,000	\$ 4,429,000	\$ 4,429,000
Utilidades Anuales	\$		\$ 185,772	\$ 2,139,908	\$ 4,985,612	\$ 10,530,769	\$ 14,542,359
			2%	17%	27%	35%	38%
Utilidad Acumulada	5 Años						\$ 32,384,420
Inversión	2	Mezcladores 30 Kg	\$ 900,000	\$ -	\$ -	\$ 900,000	
		Paneles Secadores	\$ 120,000	\$ -	\$ -	\$ 120,000	\$ -
		Página Web	\$ 850,000	\$ 150,000	\$ 150,000	\$ 150,000	\$ 150,000
	9	Moldes	\$ 900,000	\$ -	\$ -	\$ 900,000	\$ -
Total			\$ 2,770,000	\$ 150,000	\$ 150,000	\$ 2,070,000	\$ 150,000
Acumulada	5 Años						\$ 5,290,000

Figura 39

Tabla Flujo de Caja y Retorno Económico

Fuente: Elaboración Propia 2024

5. Cantidad de Residuo Reciclado

El modelo arroja buenos resultados de residuo valorizado para los volúmenes generados en la industria de cítricos.

El porcentaje de cáscara de naranja valorizado crece de 8% el año 1 a un 42% en el año 5 en el modelo de proyección presentado.

Dado que estos valores son estimativos y teóricos en gran parte, sí es relevante resaltar que los % de utilización del residuo son altos y significativos bajo estos parámetros, cumpliendo así con un criterio clave de evaluación.

Revalorización		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Ventas	Paneles	m2	240	360	540	900	1,200
Cáscara de Naranja Consumido		Kg	1,670	2,506	3,758	6,264	8,352
% generación Cáscara de Naranja 2023			8%	13%	19%	32%	42%

Figura 40

Tabla de Cantidad de Residuo Reciclado

Fuente: Elaboración Propia 2024

6. Fondos Concursables

Capital Semilla Emprende



Fondo que apoya la puesta en marcha de nuevos negocios con oportunidad de participar en el mercado.

Prototipo Economía Circular



Financiamiento para proyectos en fase de inicio, de bienes, servicios y/o procesos que además de ser innovadores, signifiquen un avance en economía circular.

Los beneficiarios pueden ser empresas como personas naturales.

Fondef Viu



El programa FONDEF VIU tiene como objetivo apoyar la transformación de resultados de investigaciones universitarias en productos, procesos o servicios de utilidad para la sociedad y el mercado.

Los proyectos ganadores se benefician con un monto para para cubrir costos de investigación, desarrollo de prototipos, caracterización y validación de materiales.

Figura 41
Tabla de Fondos Concursables
Fuente: Elaboración Propia 2024

IV

Capítulo

1. Proyecciones

Se estiman proyecciones para el proyecto optimizando el producto dentro de su contexto específico de panel de aislación acústica y térmica.

Las proyecciones aluden principalmente a una optimización de la forma, y testeos necesarios del material para posicionar al producto dentro del mercado.

Algunas consideraciones para un diseño posterior serían:

1. Diseñar un molde y contra - molde en acero inoxidable.

De esta manera se podría incluir la variable de compresión para lograr un panel más definido y más compacto.

Al ejercer presión, se podría optar por una reducción de adhesivo, ya que a través de la fuerza ejercida el adhesivo lograría una mejor penetración a las fibras de la cáscara de naranja, y por ende una mejor adhesión.

La reducción del adhesivo es beneficioso en cuanto a costo y peso final del panel.

2. Optimizar la forma del panel para cantos más definidos

Con un correcto diseño de molde y contra-molde, se podría mejorar los cantos y hacer las ranuras necesarias para la instalación con el marco de aluminio.

3. Explorar distintas formas y formatos de paneles para ampliar la oferta.

Dentro del diseño de acondicionamiento acústico y térmico se incluyen paneles de revestimiento en techos y esquineros.

Dado que el material compuesto se adapta mediante un proceso de moldeo, se pueden explorar otras formas para revestimientos más específicos.

Seguir un proceso de caracterización del material para poder estandarizar sus propiedades y así tener más oportunidades de posicionarlo en el mercado.

2. Conclusión

Este proyecto desde sus inicios quiso abarcar el espíritu de la actual regulación y pensamientos en cuanto a la dinámica de la economía circular y la problemática de residuos industriales.

Logró proponer el cómo otorgar vida útil y sosteniblemente valorizar a un residuo abundantemente generado en empresas que estaba significativamente desvalorizado.

El cambio de pensamiento hacia los residuos trae beneficios tanto como para los materiales, como para los actores involucrados en su generación, por lo que existen innumerables razones por las cuales los residuos deben seguir siendo valorizados.

La aproximación del Diseño desde los materiales es un desafío que cada vez más va a ser necesario, para poder afrontar problemáticas como la presentada en este proyecto, se requiere un acercamiento hacia áreas de exploración y conocimientos científicos que entregan herramientas para realizar un proceso de diseño desde los orígenes de un producto.

Desde mi perspectiva profesional, el presente proyecto me permitió desarrollar competencias y habilidades necesarias para enfrentar los desafíos propios de la actualidad.

La actual crisis ambiental es un desafío que nos concierne a todos, y el Diseño Industrial es una herramienta capaz de generar cambios positivos a todo tipo de contexto y escala.

Barron Randall F. - book 1 edition "Industrial Noise Control and Acoustics"
Louisiana Tech
University – Louisiana USA 2001 (ingles).

Beranek Leo L. Laboratorio de Acústica Instituto de Tecnología De Massachusetts
(Cambridge) Edición traducida Buenos Aires - Argentina 1987.

Bruneau Michael Series Editor Société Française d'Acoustique English Translator
Thomas
Scelo Fundamental Of Acoustics - France 1998 translate USA 2006 1 edition.

Carrion Antoni Isbert 1998, Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos 1ra
Edicion julio 1998

Davis A. Bies and Colin H. Hansen - Engineering Noise Control (Theory and Prac-
tice) 4 edition 2009 – (ingles).

Arroyo Sara. Ordehi Alejandra, 2008. Confort Acústico., Publicacion Clima-
Acustica, Escuela de Arquitectura UNIBE, Prof Magaly Caba.

Beranek LL, paper Proaudio Acústica Capitulo 4 y 5, aportes de Sr. LL Beranek.
Barrio Eduardo y Pérez Mario – Aplicación de la reflexión de sonido - Ingeniería de
Telecomunicación - Universidad de Valladolid. España 2008.

Carrasco Marco Abarca – Comportamiento Acústico y Soluciones Constructivas
– PUCV
Wiki.EAD 2013

Concurso Nacional Física Matemática en Acción del 26 al 28 de septiembre de
2003 en el Museo de la Ciencia y la Técnica de Cataluña de Terrassa, Physics on
Stage 3.

Cummings A, Beadle S. P. "Acoustic Properties of Reticulated Plastic Foams".
Journal of Sound and Vibration 175 (1), 115-133, 199398

Estudio fuentes de ruidos extremos. Informes de tablas "recuerdo" tablas de sonido.
Datos publicados año 2012.

Huaquin Mario, Ing Acustico Revista DA N° 29, Publicacion Online 2013.
Kurtze, G. Física y técnica de lucha contra el ruido. Traducido por: Lacorte
Martínez, L.

Libro blanco sobre el ruido ambiental y su percepción por la ciudadanía. Abril de 2008.
Manual De Aplicación Reglamentación Acústica Ordenanza General de urbanismo y Contracciones De Chile, Publicación N° 325, Serie II Tecnologías de la Construcción, Edición 2006

Perez de Siles Antonio Marin Aislacion acústico de Paredes dobles Universidad de Cordoba, Septiembre de 2001.

Pérez Siles Antonio Marín. Septiembre de 2001. Escuela Politécnica Superior. Auditoría del R.D. 1316 / 89

Sound Absorption Coefficients of Architectural Acoustical Materials", Acoust.. Materials ÁS80C • Bull. 14, 1953, Nueva York, N.Y.8 "Sound Absorption Coefficients of the More Common Acoustic Materials.

Suárez Enrique, Proyecto "Elaboracion de Mapa de Ruido del Gran Santiago mediante software de Modelación (N° 608897-12-LE11)". Ingeniería Civil Acústica de la Universidad Austral de Chile 2012.

Torroja Eduardo C/ Serrano Galvache Revista de Acústica Vol XXXIII n| 1 y 2, B. Frutos, M. Olaya Instituto de Ciencias de la Construcción s/n. 28033 Madrid. Tel. 91 3020440. Fax. 91 3020700 e-mail: borja@ietcc.csic.es; olaya@ietcc.csic.es 2002

ANPE, Asociación Nacional Poliestireno Expandido (España), Publicaciones Prensa Año 2011, www.anpe.es. [Ultima visita Marzo 2014]

AAPP, Asociación Argentina Poliestireno Expandido, Publicaciones de laboratorio. Página web www.aape.com.ar. [Ultima visita Marzo 2014]

Lista de Figuras

Figura 1 Metodología de Investigación	16
Figura 2 Niveles de Ruido Comunas de Santiago	17
Figura 3 Niveles de Emisión Global por Energía	20
Figura 4 Tres Segmentos de los Hesperídios	28
Figura 5 Flujo Circular del Residuo de Naranja	29
Figura 6 Producción y Rendimiento de Cítricos en Chile y el Mundo	30
Figura 7 Destino de Producción de Cítricos	32
Figura 8 Niveles de Decibeles	37
Figura 9 Poliestireno Utilizado en la Construcción	46
Figura 10 Proceso de elaboración de pruebas del material	63
Figura 11 Proceso de Desarrollo de Residuo Cítrico en Laboratorio de Biomateriales	64
Figura 12 Probetas Modulares del Nuevo Material de Cáscara de Naranja	68
Figura 13 Composición del Nuevo Material Final	70
Figura 14 Ensayo Físico del Material Compuesto	79
Figura 15 Esquema Cámara, Medición Acústica	82
Figura 16 Instrumento de medición Sonómetro UT 353	83
Figura 17 Gráfico Aislación Acústica vs Frecuencias Panel Cáscara de Naranja	86
Figura 18 Gráfico Aislación Acústica vs Frecuencia Panel Poliestireno Expandido	88
Figura 19 Gráfico Síntesis de Aislación Acústica de Tipos de Paneles Ensayados	89

Figura 20 Instrumento de medición Térmico Cámara Fluke Ti480 PRO Infrared	91
Figura 21 Detalle de Medición Térmico	91
Figura 22 Detalle de Medición Térmico	91
Figura 23 Clasificación de Temperaturas de Medición	92
Figura 24 Gráfico Temperatura vs Tiempo Panel Poliestireno Expandido	93
Figura 25 Gráfica Comparación Diferenciales Térmicos	95
Figura 26 Gráfica Exposición de Material a Rayos UV	96
Figura 27 Cambios en el color del material tras exposición UV	97
Figura 28 Observaciones durante el ensayo de degradación	99
Figura 29 Ficha Técnica del Material	102
Figura 30 Mapa de Síntesis de Investigación	103
Figura 31 Registro Estudio Acústico “Intermodal La Cisterna”	108
Figura 32 Referentes de Paneles Acústicos y Térmicos	111
Figura 33 Simulación 3D Producto Módulo Térmico y Acústico	119
Figura 34 Modelo de Negocios Canvas	123
Figura 35 Tabla de Producción de Nuevo Material Mano de Obra	124
Figura 36 Tabla Flujo de Caja y Retorno Económico	126
Figura 37 Tabla de Cantidad de Residuo Reciclado	127
Figura 38 Tabla de Fondos Concursables	128

Lista de Tablas

Tabla 1 Hectáreas de cultivos de cítricos en la Región Metropolitana	31
Tabla 2 Caracterización Física la Cáscara de Cítricos	33
Tabla 3 Tipos Generales de las Fibras Naturales	49
Tabla 4 Aglutinantes Experimentados	54
Tabla 5 Revisión de Referentes	55
Tabla 6 Experimentación y Fabricación del Nuevo Material	61
Tabla 7 Formulación de Probetas y Proporciones	66
Tabla 8 Parámetros Cuantitativos para la Evaluación de Probetas	66
Tabla 9 Formulación de Proporciones con Agar-Agar	69
Tabla 10 Consumo Energético del Proceso de Fabricación	72
Tabla 11 Resultados del Consumo Energético del Material	73
Tabla 12 Caracterización del Material Compuesto	78
Tabla 13 Ensayo Físico del Material Compuesto	79
Tabla 14 Observaciones del Proceso Experimental con Aglutinantes	80
Tabla 15 Hinchamiento y absorción de agua tras 1 y 24 horas	81
Tabla 16 Resultado Ensayo Acústico	84
Tabla 17 Resultados Panel Acústico Poliestireno	87
Tabla 18 Aislación Acústica en Frecuencia Alta	90
Tabla 19 Clasificación de los Sonidos en Decibeles	91
Tabla 20 Análisis y Resultados de Ensayos Térmicos	94

