



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño



VALORIZACIÓN DEL ASERRÍN DE UNA PEQUEÑA Y MEDIANA
EMPRESA MANUFACTURERA A PARTIR DE SU RECICLAJE
Y DEL DISEÑO DE PANELES DE ABSORCIÓN ACÚSTICA.

Tamara Schwarz Appelt
Profesor Guía: Oscar Huerta
Diciembre, 2018 - Santiago, Chile

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la
Pontificia Universidad Católica de Chile para optar
al título profesional de Diseñador.

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo de mi familia y amigos, gracias por su ayuda y por siempre estar dispuestos a resolver los grandes y pequeños desafíos durante el proceso.

Gracias a mi profesor guía Oscar Huerta y la desinteresada colaboración de un sinnúmero de profesores y profesionales de la Escuela de Diseño, que siempre estuvieron dispuestos a orientarme durante el desarrollo de este proyecto.

A tí papá, gracias por todo.
Ahora empieza la etapa del arcoiris.

índice

MOTIVACIÓN PERSONAL	9
INTRODUCCIÓN	11
METODOLOGÍA PROYECTUAL	12

MARCO TEÓRICO

01 DESARROLLO SOSTENIBLE	16
1.1. Economía circular	17
1.2. Chile mas circular	17
02 RESIDUOS SÓLIDOS EN CHILE	18
2.1. Gestión Integral de los Residuos	18
2.2. Clasificación e Impacto de los Residuos	19
2.2.1. Clasificación según origen	19
2.2.2. Clasificación según manejo	19
2.2.3. Impactos Ambientales de los Residuos	19
2.3. Valorización de los Residuos	20
2.4. Cifras actuales	21
2.5. Conclusiones	21
03 INDUSTRIA FORESTAL CHILENA Y SUS RESIDUOS	22
3.1. Sector Primario	22
3.1.1. Tipos y cantidades de residuos madereros	23
3.1.2. Destino final y distribución de los residuos	24
3.1.3. Flujo de los residuos del sector primario	25
3.1.4. Problemática ambiental en la valorización de los residuos	25

3.2. Sector Secundario	26
3.2.1. Residuos y gestión a nivel de Pequeña y Mediana Empresa	27
3.2.2. Cantidades y costos asociados	28
3.2.3. Oportunidades de diseño en el sector manufactura de madera	28
3.3. Conclusiones preliminares Marco Teórico	29
04 DISEÑO, SUSTENTABILIDAD Y MATERIALES	30
4.1. Eco Diseño	30
4.2. Innovación y Productos Circulares	30
4.3. Diseño y Materiales	31
4.3.1. Experimentación de Materiales y Diseño	31
05 MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS NATURALES	32
5.1. Fibras naturales	32
5.1.1. Aserrín – Material Lignocelulósico	32
5.2. Materiales Compuestos	33
5.3. Polímeros – Adhesivos Naturales	33
5.4. Aplicaciones de Materiales Compuestos de Fibras Naturales	34
5.4.1. Absorción Acústica de Materiales Compuestos	34
5.4. Conclusiones Marco Teorico	35

TRABAJO DE CAMPO

06 CASO DE ESTUDIO SCHWARZ-HAUS	38
6.1. Metodología Aplicada	38
6.2. Estudio procesos productivos y generación de residuos Schwarz-Haus	39
6.2.1. Descripción de la empresa	39
6.2.2. Descripción del sistema productivo	40
6.2.3. Tipos de residuos	41
6.2.4. Resultados del estudio - Cantidades y Costos	42
6.3. Conclusiones	43
FORMULACIÓN DEL PROYECTO	
07 OPORTUNIDADES DE DISEÑO	46
7.2. Desafío de Diseño	47
7.3. Abstract	49
7.4. Antecedentes y Referentes	50
7.5. Etapas del Proyecto	52

DESARROLLO DEL PROYECTO

08 EXPERIMENTACION	56
8.1. Selección y obtención del aserrín	56
8.1.2. Metodología aplicada	57
8.1.3. Publicación de recetas	57
8.1.4. Experimentación 1 Agar	57
8.1.5. Experimentación 2 Resina de Pino	58
8.1.6. Experimentación 3 Resina Damar	58
8.1.7. Experimentación 4 CMC	59
8.1.8. Experimentación 5 Dextrina	59
8.2. Selección del adhesivo	60
8.2.1. Almidon hidrolizado	60
8.2.2. Adhesivo Dextrina Italquim	61
8.2.3. Origen Biodegradable de las Materias Primas	61
09 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	62
9.1. Preparación de la Mezcla	62
9.1.1. Definición de Proporciones	63
9.2. Caracterización Técnica	64
9.2.1. Proceso de Manufactura	64
9.2.2. Dimensiones y Espesores	65
9.2.3. Curvaturas y Pliegues	65
9.2.4. Colorantes Naturales	66
9.2.5. Tonalidades de Madera	66
9.2.6. Pruebas de Mecanizado	67
9.2.7. Proceso de Secado	67
9.2.8. Degradación y Biodegradabilidad	68

9.2.9. Exploración de formas	69
9.2.10. Resultados caracterización técnica	69
9.3. Caracterización mecánica	70
9.3.1. Ensayo de tracción	70
9.3.2. Ensayo de flexión	70
9.3.3. Resultados ensayos tracción flexión	71
9.3.4. Ensayo de absorción acústica	72
9.3.5. Resultados ensayo de absorción acústica	72
9.3.6. Comparación materiales de absorción acústica	72
9.4. Conclusiones	75
10 DISEÑO DEL PRODUCTO	76
10.1. Contexto de Implementación	76
10.2. Clientes y usuarios	77
10.2.1. Entrevista	77
10.3. Prototipos	78
10.3.1. Diseño de la forma	78
10.3.2. Variación en el material	84
10.3.3. Instalación del producto	85

PROPUESTA FINAL

11. PRODUCTO	90
11.1. Planimetrías	91
11.2. Instalación	91
11.3. Montaje	92
11.4. Naming	94
12 FINANCIAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN	96
12.1. Propuesta de Financiamiento	96
12.1.1. Modelo de Negocio	96
12.1.2. Canvas	97
12.1.3. Estructura de Costos	98
12.1.4. Estimación del potencial de ventas	98
12.1.5. Flujo de Caja y Retorno Económico	99
12.1.6. Cantidad de residuo reciclado	100
12.2. Fondos concursables	101
CONCLUSIONES	
13. PROYECCIONES	105
14. CONCLUSIÓN	107
BIBLIOGRAFÍA	108
ANEXOS	111

motivación personal

Ya son tres generaciones de la familia llevando adelante una empresa dedicada a la carpintería, en donde la madera siempre ha sido nuestro mayor valor y pasión. El traspaso generacional no solamente ha sido en cuanto a las responsabilidades, sino que también respetar el oficio, aprender sobre las infinitas posibilidades del noble material, y saber apreciar y valorar su precedencia en la naturaleza. Estos aprendizajes influyeron significativamente en mis intereses sobre el rubro y el material.

Mi visión del Diseño a lo largo de mi formación siempre estuvo marcada por un cuestionamiento en torno a la responsabilidad ambiental que existe en la creación, tanto material como inmaterial. Hoy en día veo al Diseño como una disciplina que puede influir en el uso sostenible de los recursos, a través de decisiones éticas y morales relacionadas a los procesos creativos y resolución de problemáticas.

La motivación para la realización de este proyecto fue un encuentro entre estas aristas, mi lado personal reflejado en la fascinación por la madera y sus procesos asociados, mi inclinación a lo largo de la carrera por el diseño y la sustentabilidad, y finalmente, la intención personal de querer aportar en un proyecto familiar de nombre "Schwarz-Haus" el cual, bajo mi punto de vista, tiene mucho potencial aún inexplorado.

introducción

Los sistemas de producción están asociados a una industria manufacturera responsable por transformar materias primas en productos. La manufactura puede referirse a una variedad enorme de la actividad humana, desde la artesanía a la alta tecnología. Lo que tienen todos esos procesos en común, es que habiendo una materia inicial a la cual se le ejerce una acción mediante la cual se pretende obtener un beneficio, se obtiene como resultado otra materia de menor valor denominada residuo. El problema radica en que estos sistemas de producción están encargados de abastecer a una población en crecimiento exponencial, en un contexto de crecimiento económico pero de recursos limitados. Se está gestando una creciente huella ecológica en nuestras sociedades debido a las grandes cantidades de residuos producidos.

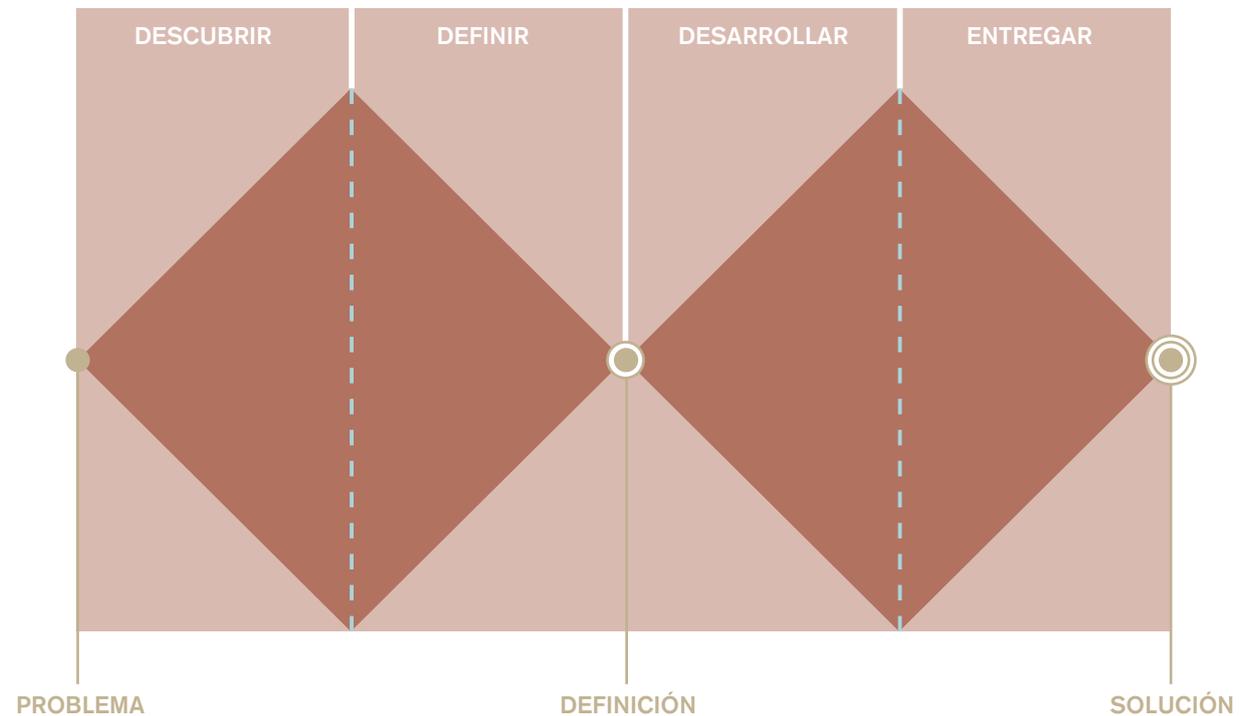
Frente a una realidad de patrones de producción y consumo que ya no son sostenibles, es necesario hacer un cambio de percepción frente a lo que asociamos como residuo, y otorgarle un nuevo valor y oportunidades como nuevos materiales. El presente proyecto nace a partir de la detección de una problemática específica en torno al aserrín como residuo generado en los procesos productivos de Pequeñas y Medianas Empresas

manufactureras de la madera, y en particular desde un caso de estudio específico de una empresa familiar manufacturera de la madera en la V Región. En el levantamiento de información relevante dentro de la Industria Forestal resaltan las grandes cantidades de aserrín que mes a mes son desechadas con un mínimo de valorización. Se propone valorizar este residuo con una solución que genere valor a la empresa y evitar una disposición final innecesaria.

metodología proyectual

Para la totalidad del desarrollo del presente proyecto se trabajó en base a la metodología del modelo del Doble Diamante creado por Design Council. Siendo el diseño una disciplina conformada por muchas áreas de especialización, esta metodología engloba esquemáticamente en cuatro fases al proceso creativo del diseño. Las cuatro fases se unen bajo un proceso de pensamiento divergente que crea múltiples ideas y posibilidades, para luego abarcar una problemática que termina por converger en definiciones y soluciones. Es un proceso iterativo en donde la divergencia y convergencia va depurando y definiendo el proyecto hasta llegar a una solución final. (Design Council, 2015)

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo del Design Council, 2015



DESCUBRIR

Recopilación de insight

El insight inicial : problemática de residuos en pequeñas/medianas empresas manufactureras de madera, en concreto el aserrín. El análisis, trabajo en terreno e investigación de fuentes primarias y secundarias permite comprender el contexto general de estos residuos y descubrir la mayor cantidad de información e las interacciones críticas para desarrollar el proyecto.

DEFINIR

Área de enfoque

Se trabaja en una empresa específica de manufactura de madera y su dinámica concreta respecto del residuo. Se delimita el enfoque del proyecto a buscar valorizar el residuo aserrín con el desarrollo de materiales nuevos y una posterior aplicación concreta a producto.

DESARROLLAR

Soluciones potenciales

Se desarrolla un proceso experimental para descubrir un nuevo material. Dentro de un proceso de caracterización y de pruebas en laboratorio, se define aplicar el material hacia el diseño de placas de absorción acústica dado al alto índice de absorción que presenta el material desarrollado.

ENTREGAR

Soluciones finales

Finalmente se entra a una propuesta final de producto en donde el aserrín forma parte de un nuevo ciclo productivo alargando su vida útil como material. A partir de sus características como potencial material de absorción acústica, se diseñan paneles como propuesta final de producto. En esta etapa se finaliza el proyecto con una propuesta concreta de aplicación de material dentro de un contexto de implementación específico.

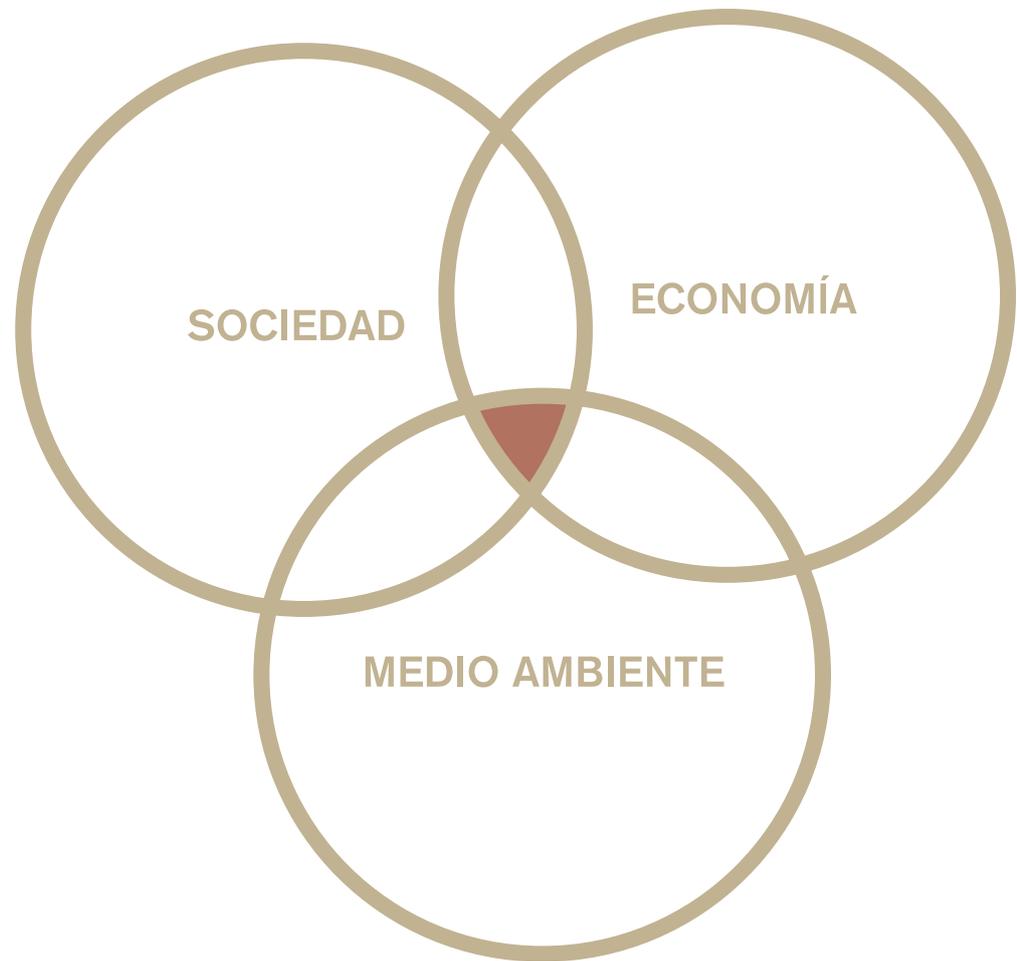
marco teórico

01

DESARROLLO SOSTENIBLE

De acuerdo con la ley ambiental chilena, el desarrollo sustentable (desarrollo sostenible) se define como: “ El proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras” (MMA, 2012. Pag. 7). En materia de medio ambiente, el principal objetivo actual de gobierno es mejorar el bienestar y calidad de vida de las personas a través de un desarrollo sustentable, que descansa en tres principales pilares: crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y equidad social (MMA, 2018).

El presente Gobierno indica que se está enfocando en avanzar en los desafíos ambientales del país, centrándose en cinco principales ejes: institucionalidad ambiental; calidad del aire; biodiversidad; economía circular y gestión de residuos; y cambio climático (MMA, 2018).



1.1. ECONOMÍA CIRCULAR

En cuanto a la evolución de la economía global, se identifica que ha estado dominada por un modelo lineal de producción y consumo, en donde las materias primas son utilizadas para fabricar productos, que luego de ser vendidos y utilizados se desechan como residuos (Santillan & Landin, 2017). Bajo la misma urgencia de avanzar globalmente hacia un desarrollo sustentable, varios factores indican que el modelo lineal de extracción de recursos finitos para abastecer el consumo infinito de la población se ha vuelto insostenible, y es necesario un cambio más profundo del sistema operativo de nuestra economía (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Bajo la definición de Ellen MacArthur Foundation (2015), se caracteriza la economía circular por ser restaurativa y regenerativa a propósito, y que trata de que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos. De esta manera, es un ciclo de desarrollo continuo y positivo con el objetivo de mejorar el capital natural, optimizando los rendimientos de los recursos para minimizar riesgos a través de una gestión de reservas finitas y flujos renovables (Ellen MacArthur Foundation, 2015). La economía circular se aplica a todo tipo de escala, tiene aplicaciones de enfoques amplios a nivel de actores públicos que buscan un desarrollo sostenible de la comunidad y del territorio, como también a empresas que buscan los mismos resultados enfocados en resultados económicos, sociales y ambientales (Grove & De Saint Pierre, 2015).

1.2. CHILE MÁS CIRCULAR

En el contexto nacional, en el último Reporte del Estado del Medio Ambiente se califica como urgente promover la transición hacia una economía circular, que permita minimizar los desechos y maximizar el uso de nuestros recursos naturales, para lo cual es fundamental generar hábitos de consumo y producción sustentable (MMA, 2018). En Chile, según la última evaluación de desempeño ambiental OCDE desarrollada el 2015, se concluye que el consumo de materiales de la economía nacional va en alza, lo que es insostenible en el largo plazo, por lo que a nivel de gobierno se está apuntando a un “Chile más Circular”, en donde debemos cambiar la forma en que producimos, de manera que los productos estén diseñados para su reutilización y reciclaje, dejando atrás la concepción de una economía lineal (MMA, 2018web). El alto número de generación de residuos que tiene Chile, comparado con el bajo nivel de valorización de los mismos, ha sido uno de los principales factores que ha llevado al gobierno a promover el cambio de pensamiento lineal hacia uno circular.

02

RESIDUOS SÓLIDOS EN CHILE

Se define residuo como sustancias u objetos que habiendo llegado al final de su vida útil se desechan, procediendo a tratarlos mediante valorización o eliminación (MMA, 2012, pág. 139).

2.1. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

El país se encuentra en un escenario en donde a partir del crecimiento sostenido de la población e incremento del nivel de vida, se estima que a cada año la generación de residuos aumente (Conama, 2010). En el año 2005, al identificar una deficiencia a nivel institucional, reglamentaria, fiscalizadora y de gestión, se establece por primera vez la necesidad de abarcar la problemática desde todos los ámbitos del desarrollo y no solamente desde un enfoque sanitario y ambiental (Conama, 2005).

Bajo la responsabilidad del Grupo Interministerial se aprueba la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos con el principal objetivo de que el manejo de los residuos sólidos se gestione minimizando el riesgo de salud de la población y medio ambiente, a partir de una gestión integral de los residuos para asegurar un desarrollo sustentable y eficiente (MMA, 2012). Tal visión involucra una gestión abarcando todas las etapas de un producto, desde que es elaborado, hasta su eliminación, incluyendo todos los aspectos o partes involucradas en el proceso.

En el año 2010 se publica el Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile en donde se estipula la necesidad de un cambio de percepción hacia los residuos, en donde por primera vez se habla en que como país, debemos reivindicar el concepto de los residuos como basura y ver en ellos oportunidades de nuevas materias primas, fuentes de energía y trabajo (Conama, 2010).



Fuente: Pizarro & Serrano, 2017.

2.2. CLASIFICACIÓN E IMPACTO DE LOS RESIDUOS

Bajo los estándares de la OCDE los residuos sólidos se clasifican según las fuentes que los originan inicialmente y se sub-clasifican de acuerdo a la estructura principal de información en Chile (Conama, 2010).

2.2.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN ORIGEN

RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

- Sector Agrícola y Silvícola
- Sector Minero y Cantera
- Sector Manufacturero
- Sector Producción de Energía
- Sector Distribución y purificación de Agua
- Sector Construcción

RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

- Hogares o Residuos Sólidos Municipales
- Comercio, Oficinas, Edificios Públicos
- Servicios Municipales

2.2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN MANEJO

Caracteriza al residuo según el manejo que debe aplicarse en relación a la evaluación de peligrosidad del mismo.

RESIDUO PELIGROSO: aquellos que implican riesgos para la salud humana y/o al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar alguna característica de peligrosidad.

RESIDUOS NO PELIGROSOS: como residuo o mezcla de residuos que no presentan ninguna característica de peligrosidad y generan o pueden generar alguna reacción física, química y/o biológica.

RESIDUOS INERTES: residuo o mezcla de residuo que no genera, ni puede generar ninguna reacción física, química o biológica.

2.2.3. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS

Los principales impactos ambientales que pueden generar los residuos sólidos están asociados a su disposición final (MMA, 2011, adaptado de BID 2009). Se pueden señalar:

- Afectación de la calidad del agua y alteración de las características hidráulicas, tanto superficiales como subterráneas;
- Alteración de la cantidad de biomasa, del tipo de vegetación y fauna;
- Alteración de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los suelos;
- Emisiones atmosféricas de dioxinas y furanos, sulfuro de hidrógeno, entre otros;
- Emisión de gases de efecto invernadero, como metano y dióxido de carbono, fruto de los procesos de degradación anaeróbica en los rellenos sanitarios;
- Enfermedades provocadas por vectores sanitarios y la ejecución inadecuada de alguna de las etapas del manejo de los residuos;
- Impactos paisajísticos;
- Riesgo de accidentes, explosiones o derrumbes;
- Deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas por la cercanía de los residuos;
- Mal olor;
- Contaminación acústica derivada del transporte de residuos.

2.3. VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

En cuanto a valorización, toman relevancia acciones como la reutilización, remanufactura y reciclaje. Al utilizar productos o componentes que fueron inicialmente desechados, se habla de reutilización. Según el Ministerio del Medio Ambiente (2015), esta acción se le da énfasis ya que no involucra un proceso productivo agregado. Se habla de remanufactura cuando se reduce el producto en sus componentes y se generan nuevos productos bajo acciones de reensamblaje (Grove & De Saint Pierre, 2015). En cuanto al reciclaje, se define como “el empleo de un residuo como insumo o materia prima en el proceso productivo, incluyendo el co-procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética” (MMA, 2015, pag. 8).

Esas acciones en conjunto bajo los parámetros de gestión de residuos se entiende como valorización. Si la valorización se desarrolla teniendo presente el concepto de sustentabilidad, favorece la disminución de los residuos destinados a una disposición final posiblemente contaminante, evita la utilización de nuevas materias primas, disminuye la energía necesaria para su transformación, reduciendo las emisiones de gases contaminantes y evitando la utilización de productos químicos en los procesos industriales (MMA, 2010). Se estima que cerca del 76% de los residuos no peligrosos generados, son eliminados principalmente en rellenos sanitarios y vertederos, y sólo el 24% es valorizado (MMA, 2018)

“Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar residuos o algunos de sus componentes, con la finalidad de re-incorporarlos a procesos productivos y/o generar nuevos materiales, productos o energía”.
(MMA, 2011, p.160)

MANEJO DE RESIDUOS



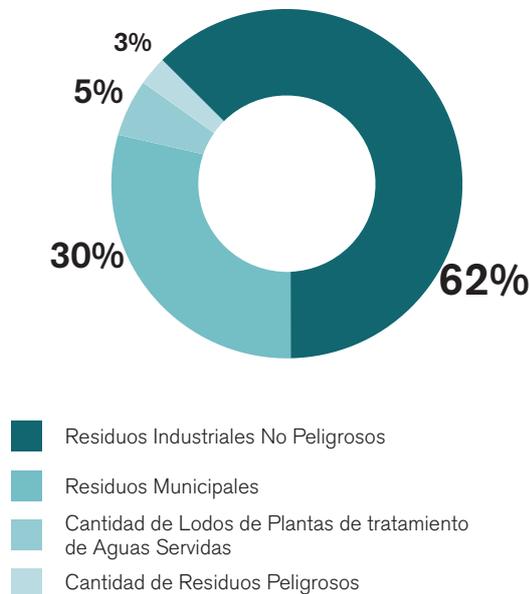
Fuente: Elaboración propia en base MMA, 2010.

El presente gráfico jerarquiza en orden de preferencia las acciones propuestas por el Ministerio del Medio Ambiente para mitigar la generación de residuos. Siempre van a prevalecer aquellas acciones o medidas en las cuales se pueda prevenir o disminuir la presencia de sustancias peligrosas o contaminantes, y minimizar los impactos significativos sobre el medio ambiente o la salud de las personas que los residuos pudieran ocasionar. (MMA, 2010)

2.4. CIFRAS ACTUALES

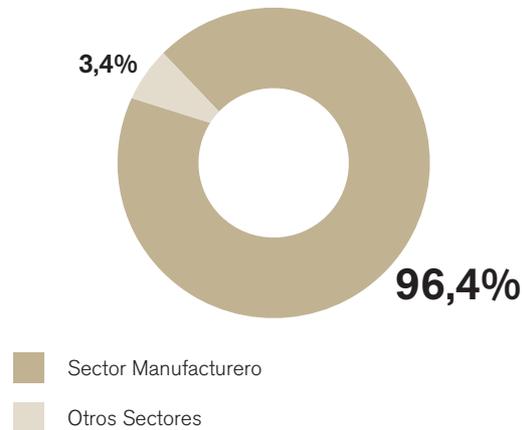
En el Reporte del Estado del Medio Ambiente 2017 se hace explícito que los residuos sólidos siguen siendo un problema significativo. Dentro de las 18,8 millones de toneladas de residuos generados para el 2015, la mayor cifra corresponde a la cantidad de residuos industriales no peligrosos (Pizarro & Serrano, 2017).

PORCENTAJE DE RESIDUOS GENERADOS AÑO 2015



Fuente: Elaboración propia en base SINADER y SIDREP, 2017, citado en, Pizarro & Serrano, 2017.

GENERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS SEGÚN ORIGEN



Para el año 2015, el sector Industria Manufacturera, concentró la mayor generación de residuos sólidos no peligrosos con un total de 195.233 toneladas correspondiendo al 96,4% del total de residuos sólidos no peligrosos generados (Pizarro & Serrano, 2017). Los sectores industriales considerados para el reporte fueron según las recomendaciones de la OCDE, que corresponden a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), y se clasifican en: sector agrícola y silvícola, sector minero y cantera, sector manufacturero, sector producción de energía, sector distribución y purificación de agua, y sector construcción (Conama, 2010). Las industrias manufactureras como norma general, son las unidades del sector manufacturero que se dedican a la transformación física o química de materiales, sustancias o componentes en nuevos productos (NU, 2006, pag. 87).

SUB-CLASIFICACIONES SECTOR MANUFACTURERO

- Alimentos, Bebidas y Tabaco
- Industrias del Textil y Cuero
- Papel y Productos de Papel
- Impresión y Publicaciones
- Refinerías
- Industrias Químicas
- Caucho y Plástico
- Productos Minerales no Metálicos
- Industrias Metálicas Básicas
- Fabricantes de Productos Metálicos
- **Madera y Productos de Madera**
- Otras Industrias Manufactureras

Fuente: Elaboración propia en base SINADER y SIDREP, 2017, citado en, Pizarro & Serrano, 2017.

2.5. CONCLUSIONES

Se reconoce a nivel nacional, un alto nivel de concientización y preocupación en torno a los residuos. Se ha generado en los últimos años, un marco legislativo el cual habla sobre la importancia y responsabilidad que debe existir tanto a nivel de productor como consumidor, y la relevancia de la valorización como acción recuperadora de residuos.

Los residuos producto de los procesos manufactureros de la madera contribuyen al monto total de la actividad económica de la manufactura, que en mayor número aporta a la problemática de los residuos sólidos no peligrosos. A continuación, se profundiza la investigación entendiendo la problemática de los residuos madereros mirándolos desde la perspectiva de la Industria Forestal, influyente y gestora de la materia prima de la cual manufacturas madereras forman parte.

03

INDUSTRIA FORESTAL CHILENA Y SUS RESIDUOS

Según el Reporte del Sector Forestal Chileno (2017), la Industria Forestal Chilena contribuye al PIB nacional en un 2,1%, con una participación del 1,4% en el empleo nacional, e internamente la industria se divide en Sector Primario y Sector Secundario.

Si se toma como análisis el procesamiento secuencial al cual un producto de madera está sujeto, su inicio se da en el Sector Primario en el proceso de obtención del material bruto, que posteriormente pasa por el Sector Secundario para su posterior manufactura. Se desglosa a continuación información relevante de cada sector de la Industria Forestal, situando el enfoque a la generación de residuos y cómo éstos se administran en cada contexto.

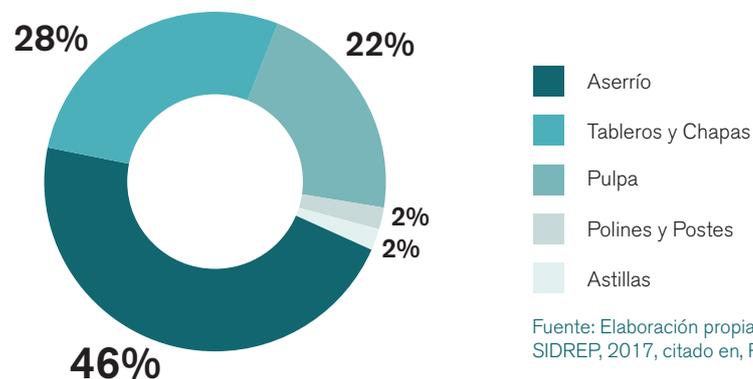
3.1. SECTOR PRIMARIO

La primaria se enfoca a las actividades relacionadas a la conversión mecánica, química o mixta de la madera como materia prima, representando el consumo nacional de trozos de madera para uso industrial (Gysling & Soto, 2016). Realizan el primer procesamiento de la madera proveniente de la explotación Silvícola, y los productos resultantes por lo general mantienen la condición de bien intermedio, sirviendo como insumo para otros procesos productivos (Gysling & Soto, 2016).

La Industria Forestal Primaria se divide en cinco sectores de producción y se aprecia el nivel productivo de cada uno relacionado a su porcentaje de ocupación en la industria (Gysling & Soto 2016). En cada uno de los sectores existe un procesamiento de la madera de la cual se gestan distintos tipos de residuos madereros, diferenciados principalmente por el proceso al cual fueron sometidos.

A modo de tener una estimación cuantitativa de los volúmenes de los residuos producidos dentro del Sector Primario de la Industria Forestal, se toma como objeto de análisis la Industria del Aseerío, la mayor consumidora de madera de la cual se deriva un importante volumen de residuos.

PORCENTAJE DE OCUPACIÓN SECTOR FORESTAL 2015



Fuente: Elaboración propia en base SINADER y SIDREP, 2017, citado en, Pizarro & Serrano, 2017.

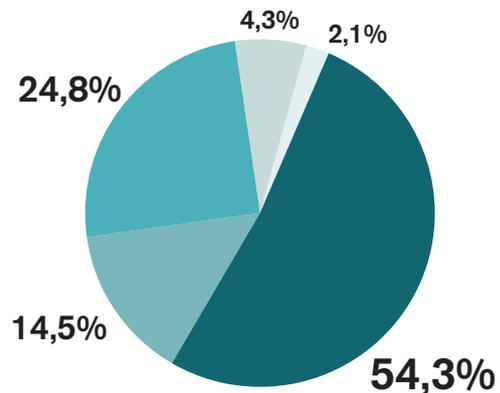
3.1.1.

TIPOS Y CANTIDADES DE RESIDUOS MADEREROS

- CORTEZA:** Capa externa de la madera rolliza.
- LAMPAZOS:** Secciones laterales de la troza obtenidos en el proceso de aserrío. Se caracterizan por tener una cara limpia (libre de corteza).
- ASERRÍN:** Conjunto de partículas de tamaño pequeño obtenido en el proceso de aserrado y dimensionado de la madera.
- VIRUTA:** Cinta delgada de espesor variable en dirección de la fibra, obtenida por medio del cepillado de piezas de madera.
- DESPUNTES:** Residuos de tamaño variable provenientes de secciones terminales de piezas y que resultan del proceso de dimensionado en largo de la madera. (INFOR, 2009)

TIPO DE RESIDUO MADERERO GENERADO EN LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO 2015

TOTAL RESIDUOS MADEREROS
5.307.773 m³SSC



Fotografía registro personal,
Gestión de Residuos de Empresa Ignisiterra
Mayo, 2018

El aserrín dentro de la Industria del Aserrío es el mayor residuo generado con un 54,3% (volumen). Le siguen desechos como la corteza, lampazos, viruta y despuntes. Dado a que estas cifras corresponden a la industria de mayor consumo y producción final de madera, se puede asumir que un gran porcentaje de residuo dentro del Sector Primario corresponda al aserrín.

Fuente: Elaboración propia en base SINADER y SIDREP, 2017, citado en, Pizarro & Serrano, 2017.

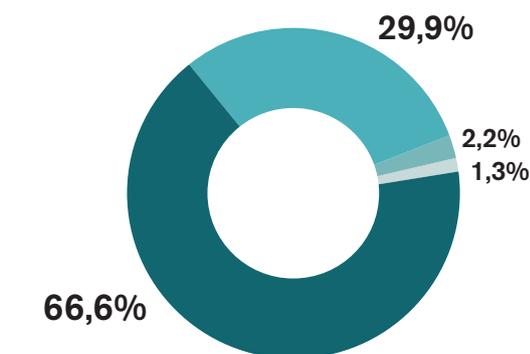
3.1.2.

DESTINO FINAL Y DISTRIBUCIÓN DE LOS RESIDUOS

En el reporte de la Industria Forestal del período 2006-2015, publicado por Gysling & Soto, 2016, describen por “libres” aquellos residuos madereros que están siendo transados en el mercado, y por otra parte, “cautivos” los que son consumidos por las propias industrias que los generan, principalmente en las calderas que abastecen de calor a las unidades de secado industrial de la madera.

Los mismos autores señalan que un volumen significativo de los subproductos del aserrío es destinado al mercado de la biomasa, donde son demandados y comercializados para distintos fines, el más importante de ellos es la Industria de Cogeneración (CHP), y secundariamente la Industria de Tableros y la emergente industria del pellets. En Chile, esta industria de generación basada en el aprovechamiento de biomasa está ligada hoy a los principales complejos industriales forestales, y su creciente desarrollo está relacionado con estos nichos de negocio en los que se presentan en forma conjunta la demanda de electricidad y de calor, ambas formas de energía resultantes del mismo proceso de conversión (Gysling & Soto 2016).

**DESTINO FINAL RESIDUOS MADEREROS
INDUSTRIA DEL ASERRÍO 2015**



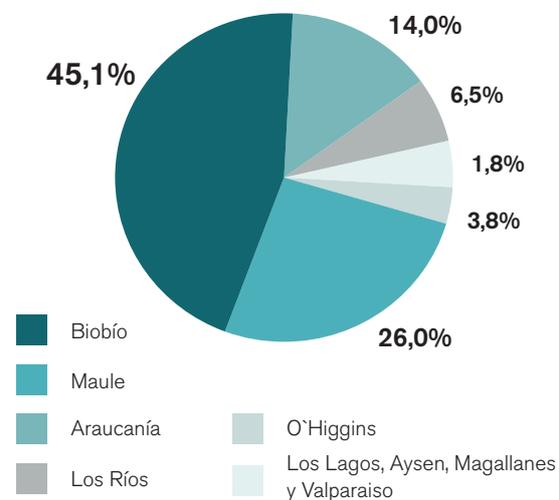
TOTAL RESIDUOS MADEREROS
5.307.773 M³SSC



Fuente: Elaboración propia en base SINADER y SIDREP, 2017, citado en, Pizarro & Serrano, 2017.

A modo de resumen, en la mayor industria generadora de residuos del sector forestal, el destino de los residuos generados son principalmente: la comercialización (66,6%), autoconsumo (29,9%), y en menor medida los residuos que se regalan o acumulan (1,4% y 2,2%, respectivamente). (gráfico 3) La distribución de los residuos madereros se encuentra densificado en las principales regiones del Sur donde se desarrolla la mayor parte de la Industria Forestal Chilena. (gráfico 4).

**DISTRIBUCIÓN RESIDUOS MADEREROS
INDUSTRIA DEL ASERRIO 2015**



3.1.3.

FLUJO DE LOS RESIDUOS DEL SECTOR PRIMARIO

Existe un flujo y manejo de residuos altamente desarrollado internamente en el Sector Primario de la Industria Forestal. A partir de la información anteriormente detallada, se considera la Industria del Aserrío como la principal generadora de residuos madereros, y por otro lado, las plantas de celulosa y tableros son primordialmente demandantes de residuos, ya sea para sus procesos productivos o para satisfacer necesidades energéticas (Gysling & Soto 2016). Existe un importante intercambio dentro de esas industrias ya que gran parte de la materia prima de una depende de los residuos de la otra.

En la Industria de Tableros y Chapas, en cuanto a su consumo de materia prima para el año 2016, tuvo una demanda en volumen de aproximado a 1,2 millones de m³ sólidos de aserrín y astillas. De este total aproximadamente el 90% son la astillas provenientes de la industria del aserrío y astillado, mientras que el 10% restante corresponde al aserrín proveniente solamente de la Industria del Aserrío (INFOR, 2017b).

No solamente existe un alto porcentaje de valorización de los residuos madereros del sector, sino que también está concentrado en las regiones del sur y bajo el manejo de empresas específicas.

A esto se suma el mercado en desarrollo de las energías renovables no convencionales (ERNC) en Chile, y siendo los residuos madereros gran fuente de energía, serán recursos que cada día y con mayor intensidad están siendo aprovechados para este propósito en grandes empresas integradas a la gran industria forestal (Gysling & Soto 2016). La Industria Forestal en el Sector Primario se ha desarrollado bajo altos estándares tecnológicos en donde la gestión de los residuos se encuentra fuertemente valorada.

3.1.4.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN LA VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

Siendo la Industria de Tableros y Chapas la principal demandante de aserrín, cabe señalar en qué tipo de producto final se materializa. Los principales productos son aglomerados en formato de tableros de distintos espesores y características, de los cuales se pueden diferenciar entre Tableros contrachapados, Tableros de partículas y Tableros de fibra. Por madera aglomerada se entiende cualquier tipo de material proveniente de la madera unido con algún tipo de adhesivo (Maloney, 1996). Para su producción utilizan distintos tipos y densidades de aserrín y astillas que mediante un proceso industrial de aglomerado y prensado, se generan materiales de características estructura-

les capaces de sustituir según necesidades específicas a la madera sólida (Gysling & Soto 2016).

Existe una problemática ambiental asociada a los paneles aglomerados de madera, o también denominados tableros de partículas, por el adhesivo sintético Urea Formaldehído, derivado del petróleo. Al ser un adhesivo de bajo costo en el mercado, poco inflamable y de rápido proceso de curado, es uno de los adhesivos predominantes para la producción de tableros particulados (Frihart, 2005). Sin embargo, los adhesivos de madera derivados del petróleo no son sostenibles a largo plazo, y las emisiones de formaldehído carcinogénico en la producción y el uso de paneles de madera compuesta con resinas UF ha sido una gran preocupación en los últimos años (Zhao, 2017).

Por otro lado, la valorización energética de los residuos madereros para la generación de combustible también son medidas cuestionables desde una perspectiva de manejo de residuos. Si tomamos en cuenta la jerarquización propuesta por el Ministerio del Medio Ambiente, acciones como la reutilización y reciclaje son superiores a la valorización energética (MMA, 2012).



3.2. SECTOR SECUNDARIO

El Sector Secundario de la Industria Forestal tiene la particularidad de estar constituido en un 97% por Pequeñas y Medianas Empresas (Alarcón, 2012). El estatuto de las PYMES otorgado por la Biblioteca del Congreso Nacional clasifica a las pequeñas y medianas empresas por dos criterios: ventas anuales y número de trabajadores. Se caracterizan por tener un rango delimitado de ingresos anuales o por número de trabajadores reducido, que varía en un mínimo de 10 personas en el caso de las pequeñas y máximo 200 trabajadores para las medianas empresas (BCN, 2014).

Según el Colegio de Ingenieros Forestales de Chile (2009), las PYMES constituyen un subsistema clave de la economía sectorial, debido a su alto porcentaje de empleo, al valor agregado y a la considerable variedad de manufacturas que produce. Sin embargo existe una marcada carencia tanto de tecnología como técnicas de gestión que impactan sobre su productividad, asociada a su limitado acceso al financiamiento.

Fotografía registro personal,
Visita Taller Carpintero Aymae,
Buin, Julio 2018

3.2.1.

RESIDUOS Y GESTIÓN A NIVEL DE PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA

Las empresas más representativas del sector corresponden a las del rubro muebles de madera, constituido por 3.448 unidades productivas (SERCOTEC, 2010 citado en Alarcón, 2012), de las cuales solamente un 10% podrían catalogarse como fábricas con producción industrial. El segundo sector más representativo de esta industria lo constituyen los productos de manufactura en madera, destinados especialmente a la construcción arquitectónica, entre los que encontramos maderas de revestimiento, piso y cielo, molduras, puertas y ventanas (Alarcón, 2012).

Las fábricas manufactureras se concentran principalmente en la Región Metropolitana con un 56,5%, siguiendo las regiones VIII con un 9,9%, la IX con un 8,0%, la V con un 7,1% y las restantes regiones suman un 18,5% (Alarcón, 2012).

Dada la tipología de empresa PYME se comprende que el sector secundario está compuesto en su mayoría por empresas de niveles de capacidad, producción y capital reducido en comparación al sector primario. Se habla de modernización como desafío de este subsistema, porque en la actualidad registra 10.000 empresas a lo largo del país, establecidas en condiciones muy precarias de operación, la mayoría de ellas al borde de esquemas de producción informal, caracterizado por la temporalidad de su operación (Conaf, 2015). No se encuentra información estandarizada sobre los residuos madereros provenientes del Sector Secundario, solamente se puede inferir que, dado que existe una relación directa entre el nivel de tecnología y organización de la empresa a la cantidad de residuos generados (INFOR, 2009) se deduce que las PYMES madereras sean más susceptibles a altos volúmenes de residuos relacionados a su tamaño y nivel de producción, y también son más susceptibles a los impactos que estos pueden generar, tanto en costo asociado a la pérdida de material como problemáticas ambientales.

La gestión de sus residuos depende directamente de la organización, estructura y disposición de la empresa dentro del rubro, y a diferencia del Sector Primario, es de carácter informal y poco valorado. A modo de referencia, el 2017, MasisaLAB inició una convocatoria para financiar proyectos que propusieran maneras de reciclar los residuos madereros que se originan en el rubro de la manufactura al utilizar sus tableros como materia prima. Masisa afirma que los desechos y aserrín, son llevados a vertederos sanitarios, descartando su valor potencial, que se traduce en impactos ambientales y costo extra (Espíndola, 2017). Tales acciones, ponen en evidencia la problemática y la gestión inexistente.

3.2.2.

CANTIDADES Y COSTOS ASOCIADOS

El departamento Forestal y de Ciencias del Ecosistema de la Universidad de Melbourne Australia, realizó un análisis sobre la gestión de residuos sobre la Industria Manufacturera del Mueble, analizando el caso de seis empresas comprendidas dentro de la tipología Pymes. Se toma como referencia tal análisis en la medida en que el objeto en estudio son pequeñas y medianas empresas de características similares al contexto nacional. En primera instancia, determina que existe una percepción muy baja del beneficio que puede significar gestionar sus residuos y un alto problema de desinformación en cuanto a las medidas de reciclado de la madera (Daian & Ozarska, 2009). Estos resultados se relacionan a nivel nacional ya que cifras del reporte del Estado del Medio Ambiente anteriormente citados muestran la existencia de un bajo porcentaje de valorización general de los residuos.

El estudio de la Universidad de Melbourne (2009) determina que hasta un 50% del suministro maderero anual de una PYME se convierte en residuo, y que a nivel de categoría 65-85% del monto total de los desechos madereros (por peso) corresponde a aserrín y viruta y un 15-35% despuntes de madera sólida.

Además de las cantidades de residuos madereros identificadas, el costo real asociado a los residuos, corresponde a un 85-90% a las pérdidas asociadas al valor de la materia prima, y solo un

5% representa los costos asociados al manejo y administración de ellos (Daian & Ozarska, 2009).

El costo de los materiales de madera desperdiciados depende de la cantidad de desechos que genera cada empresa y del valor de compra de las materias primas de donde se derivan los desechos.

En base al presente estudio, y a los resultados en cuanto a cantidades y tipo de residuo generado en la Industria Primaria, se infiere que el aserrín sea posiblemente el residuo de mayor generación para las PYMEs en el contexto nacional. Por otro lado, en base a la descripción de la Escuela de Ingenieros Forestales, la marcada carencia tecnológica y de gestión propias de esta tipología de empresas, indica que sean propicias de obtener altos valores de costo en relación a sus residuos y pérdidas de materia prima.

3.2.3.

OPORTUNIDADES DE DISEÑO EN EL SECTOR MANUFACTURA DE MADERA

(CHILE)

A modo general en el contexto nacional, la infraestructura tecnológica básica de las Pymes afecta la calidad de los productos y la pérdida de competitividad en su entorno respecto de las grandes empresas (Alarcón, 2012). Tal situación se ve replicada en la Industria Forestal dada la gran brecha existente en cuanto a infraestructura empresarial y nivel tecnológico entre el Sector Primario y Secundario. Sin embargo, la representatividad numé-

rica de la PYME en el sector es relevante, lo que la posiciona como un pilar importante.

Un estudio postulado en el 2012 bajo el marco de tesis doctoral de la Universidad del Bío-Bío, identifica que existe una gran oportunidad de fortalecimiento del sector de las PYMES manufactureras de madera, a través de la incorporación de valor por diseño. Tras un extenso levantamiento de información a más de cien empresas representativas del sector, Jimena Alarcón, autora del estudio, expresa que existe un espacio en donde se puede crear y agregar valor a productos, en donde la clave está en diferenciar, diversificar y sobre todo, innovar en la oferta. Alarcón (2012), plantea que el diseño puede actuar como un instrumento poderoso para ayudar a mantener la competitividad de las economías, en particular a empresas manufactureras de la madera interesadas en agregar valor y diferenciación de sus productos y servicios en el mercado.

Innovar por diseño es el punto clave que Jimena Alarcón destaca como oportunidad en las empresas manufactureras de la Madera. Destaca que le permitirá progresar en nuevos mercados con productos que pongan en valor al diseño nacional, mirando las potencialidades locales en términos de materiales e innovando en su uso, sumado a posibles trabajos colaborativos entre empresas y oportunidades de financiamiento o promoción que el Gobierno tiene a disposición de las Pymes, y finalmente, poniendo en valor los conocimientos que distintas entidades abarcan desde el diseño, innovación y crecimiento (Alarcón, 2012)

3.3.

CONCLUSIONES PRELIMINARES MARCO TEÓRICO

A partir de la información levantada se establecen las primeras conclusiones en torno a los residuos y el contexto de la Industria Forestal. Tanto en el Sector Primario como en el Sector Secundario, se estima que el aserrín es el residuo que en más cantidades se produce.

▪ *Por un lado en el Sector Primario los residuos son altamente valorizados, tanto en biomasa como en producto.*

▪ *Por otro lado, en el Sector Secundario, se muestra un contexto de Pequeñas y Medianas Empresas en donde no existe un escenario propicio para una correcta valorización de sus residuos. Sí se presentan como un sector de oportunidades e innovación.*

Se abarcó la posibilidad de que las Pymes se pudieran incorporar en el mercado existente y consolidado de los residuos del Sector Primario, y así considerar una solución a nivel de gestión entre los sectores. Tal cuestionamiento se descartó al ver que el mercado en el Sector Primario está altamente desarrollado y abastecido por las mismas industrias. También las empresas del Sector Secunda-

rio se concentran principalmente en la Región Metropolitana, y el Sector Primario se desarrolla en el sur de Chile. El alto costo de transportar los residuos de madera de bajo valor en el mercado al área de procesamiento hace que sea poco ventajoso y viable (Daian & Ozarska, 2009). Por otro lado, en las Pymes no existen reglamentaciones o gestiones formalizadas de los residuos, por lo que para las grandes empresas implicaría un alto costo el limpiar los desechos de madera de las manufactureras, y tendrían problemas de flujo de materias primas relacionados con el reciclaje de desechos de tableros aglomerados contaminados con el adhesivo derivado del petróleo (Daian & Ozarska, 2009). Finalmente, cabe retomar el tema de tableros aglomerados, ya que si se valorizara el aserrín producido por PYMES en la Industria de Tableros y Chapas, se limitaría la vida útil del residuo al contaminarlo con adhesivos derivados del petróleo.

Las oportunidades de valorizar el residuo aserrín deberá nacer desde dentro del contexto de las Pequeñas y Medianas Empresas manufactureras de la madera.

04

DISEÑO, SUSTENTABILIDAD Y MATERIALES

Los diseñadores siempre han cargado con la responsabilidad de mejorar la calidad de vida. A través del proceso creativo propio del diseño, se puede influir en el uso sostenible de los recursos, tomando en consideración decisiones éticas y morales (Bramston & Maycroft, 2014). Para afrontar los nuevos desafíos ambientales, es necesario estar continuamente al tanto de los desarrollos existentes y sus posibles implicaciones y alcances. Se desarrollan a continuación aristas desde el diseño que fueron sustanciales para la definición y posterior desarrollo del presente proyecto. Influyeron tanto a nivel metodológico como para el desarrollo práctico y concreto.

4.1. ECO DISEÑO

Ecodiseño significa diseño de cierto producto con consciencia por el medio ambiente, lo que implica una manera sistemática de incluir lo más temprano posible los aspectos ambientales en la planificación de un producto (Tischner, Schmicke, Rubik & Proslar, 2000, p.12).

Bajo las palabras de Chouinard & Stanley, las decisiones que se toman en las etapas de diseño, pueden afectar en un noventa por ciento en los impactos ambientales de un producto (citado en Huerta, 2014). Al abordar el término de ecodiseño desde la perspectiva del diseño, implica un acercamiento de análisis de "Ciclo de Vida", en donde se desglosan las etapas de la vida del producto, desde la extracción de materia prima hasta disposición final, considerando los impactos ambientales en cada una de ellas (Sherwin, C. Bhamra, T. 2000).

En el contexto nacional, bajo las nuevas legislaciones del gobierno en cuanto a la problemática de los residuos, se define ecodiseño como una herramienta integradora de aspectos ambientales en el diseño de producto, envase, embalaje, etiquetado u otros, para poder disminuir externalidades ambientales en su ciclo de vida (MMA, 2015).

4.2. INNOVACIÓN Y PRODUCTOS CIRCULARES

En el ámbito del diseño, la filosofía "cradle to cradle" de William McDonough y Michael Braungart, se ha desarrollado bajo la premisa de la economía circular planteando un modelo cíclico en donde los productos pueden ser diseñados para que después de sus vidas útiles, proporcionen material para algo nuevo (Braungart & McDonough, 2002). Este tipo de pensamiento reconoce el valor de los materiales y promueve la idea de re-procesar y reutilizar los excedentes capaces de proporcionar una vida útil prolongada del material en lugar de condenarlo (Bramston & Maycroft, 2014).

Ellen MacArthur Foundation (2015) apunta que a nivel de empresa, el diseño circular puede aportar en la economía interna al reducir costos de nuevos insumos y, en algunos casos, generar flujos de beneficios totalmente nuevos. Pasar a una economía más circular, supone un menor uso de materias vírgenes y un mayor uso de insumos reciclados. Si bien supone un mayor costo laboral, la empresa obtiene una mayor seguridad en cuanto al manejo de su propio suministro, ya que al reciclar o reutilizar sus residuos, se reduce la exposición de una empresa a precios de materia primas cada vez más volátiles (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

4.3. DISEÑO Y MATERIALES

La disciplina del Diseño Industrial, como creadora de productos destaca la posibilidad de diseñar productos desde los materiales que lo conformarán. Bajo las palabras de Manzini, se puede considerar como una premisa válida el hecho de que el diseño de material anteceda al diseño de objeto (citado en Alarcón, 2012b). Existen metodologías, dentro del ámbito del Diseño Industrial, en donde el enfoque inicial no está dado hacia el producto sino que hacia la materia prima de los mismos, por lo que el diseño de materiales tiene como objetivo crear o modificar las particularidades de un material (Mejía, C. 2010). La relación del diseño de materiales y el medio ambiente es altamente favorable, ya que, a través de una metodología, residuos sólidos pueden pasar a ser la materia prima para generar otros materiales (Mejía, 2010).

4.3.1. EXPERIMENTACIÓN DE MATERIALES Y DISEÑO

Bajo el ámbito de Diseño de Materiales, ha surgido en los últimos años como respuesta de la crisis material, un nuevo fenómeno en donde diseñadores han mostrado interés en recuperar el control y el desarrollo del diseño de los materiales (Ayala-García & Rognoli 2017). Desde el concepto “Do it yourself” (DIY) o “Hazlo tú mismo”, es un área en donde la exploración y creación de material se encuentra al alcance. La creación es a través de prácticas de autoproducción individuales o colectivas, a menudo mediante técnicas y procesos de la invención y posibilidades del diseñador (Karana, et al. 2015b).

Tal proceso de creación, se respalda bajo una metodología de exploración de los materiales a partir del diseño, en donde bajo un proceso de pensamiento con el material, denominado Material Tinkering, se caracteriza y se entiende el material para delimitarlo a aplicaciones y usos concretos (Karana, et al. 2015a). El espectro de exploración de los materiales es amplio, e identifica un enfoque de utilización de recursos naturales basado en residuos como punto de partida, en donde pueden surgir materiales completamente nuevos, modificados o versiones más desarrolladas de materiales existentes (Karana, et al. 2015b).

INNOVACIÓN

El objetivo de sustituir productos unidireccionales por productos «circulares por diseño» y generar redes de logística inversa y otros sistemas para respaldar la economía circular es un potente estímulo para las nuevas ideas. (Ellen MacArthur Foundation, 2015)

05

MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS NATURALES

Polímero insoluble en agua. Aporta soporte estructural, impermeabilidad, resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo. (Thakur, Thakur & Kessler, 2017)



LIGNINA

CELULOSA

HEMICELULOSA

5.1. FIBRAS NATURALES

Las fibras naturales son producidas por animales, como por ejemplo, la lana y la seda, o por plantas, como el bambú, algodón, yute, arroz, coco, madera 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).

5.1.1. ASERRÍN - MATERIAL LIGNOCELULÓSICO

El aserrín es un conjunto de partículas de tamaño pequeño obtenido a partir del procesamiento de la madera. Se caracteriza por ser un material de fibra natural, en donde sus principales componentes son la celulosa, hemicelulosa y lignina. En su conjunto se conoce como un material lignocelulósico.

Fibras de estructura cristalina unidas a través de enlaces de hidrógeno.

Estructura compleja de carbohidratos, aporta en las características de biodegradabilidad, micro absorción y termo degradación dado sus condiciones hidrofílicas naturales.

5.2. MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos consisten en dos o más componentes físicamente distintos, una matriz (o una fase continua) y al menos una fase dispersa (carga o refuerzo) (Thakur, Thakur & Kessler, 2017). La matriz corresponde al adhesivo que adhiere la fase dispersa para conformar un material compuesto, y las propiedades del material van a depender individualmente de las características de la matriz y del tipo de refuerzo (Thakur, Thakur & Kessler, 2017). En el contexto de las fibras naturales como fase dispersa, se categorizan por ser partículas de distintas dimensiones dependiendo del tipo de fibra, por lo que requieren una adhesión mediante una matriz.

5.3. POLÍMEROS - ADHESIVOS NATURALES

La materia está formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas grandes llamadas polímeros (Thakur, Thakur & Kessler, 2017). La naturaleza proporciona una amplia gama de materias primas que se pueden convertir en una matriz polimérica o adhesivo aplicable en la formulación de materiales compuestos (Maminski & Toczylowska, 2017). El esquema a continuación muestra los tres principales componentes de los cuales se pueden obtener adhesivos en la naturaleza.



Fuente: Elaboración propia, en base Wechsler, A. 2013



Hoy en día la mayor parte de los adhesivos naturales provienen del Almidón (65% aprox.) y el resto de aceites vegetales, lignina, taninos o proteínas (Zhao, 2017). Al ser materiales derivados de recursos renovables se estima que sea un área de exploración y crecimiento cada vez más relevante. Los adhesivos sintéticos comúnmente utilizados en la industria provienen de materias primas no-renovables derivadas en la mayoría de los casos de aceites naturales y gas, causando daños a la sociedad y medio ambiente (Zhao, 2017).

Utilizar adhesivos naturales derivado de polímeros presentes en la naturaleza es una opción positiva no solamente por ser un recurso natural y de fuentes renovables, sino que proporcionan características de biodegradabilidad que al mezclarse con fibras naturales de origen orgánico, permiten un final de vida biodegradable al material compuesto.

5.4. APLICACIONES DE MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS NATURALES

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.

Se destaca a continuación un área específica, dentro del área de revestimiento, en donde las propiedades de absorción acústica de los materiales compuestos por fibras y polímeros naturales ha sido explorado y aprovechado.

5.4.1. ABSORCIÓN ACÚSTICA DE MATERIALES COMPUESTOS

Una particularidad que tienen los materiales porosos, usualmente formados por sustancias fibrosas o granulares, es el mecanismo de absorción del sonido (Carrión, 1998). En el fenómeno de la absorción acústica, la onda sonora al entrar en contacto con el material, parte de ella es reflejada y otro porcentaje es penetrado, y como los materiales porosos presentan un alto número de canales, las ondas sonoras al entrar contacto con las paredes se van disminuyendo, siendo absorbida por el material y convirtiéndose así en energía calórica (Carrión, A. 1998). Cuanto mayor será el número de canales, mayor será la absorción producida. Los materiales porosos para la absorción acústica están formados por sustancias fibrosas o granulares, las cuales pueden ser sintéticas o naturales (Mamtaz, et al. 2016).



Fuente: Elaboración propia, en base Carrión, 1998.

Actualmente se encuentran en el mercado, materiales comúnmente utilizados para revestimientos de absorción acústica como la espuma de poliuretano, lana mineral y lana de vidrio. Tales materiales, implican un alto costo de producción, consumo de energía importante y altos impactos ambientales (Buratti, et al. 2016). Debido a estos principales factores, se han optado como reemplazantes los materiales naturales compuestos por fibras y polímeros, al ser menos nocivos al humano y eco amigables con el medio ambiente (Mamtaz, et al. 2016).

Las fibras naturales de por sí muestran buenos comportamientos de absorción, pero al ser adheridas a una fase continua polimérica, aumenta su densidad aparente y la resistividad de flujo, por lo que muestra mejores comportamientos de absorción de ondas sonoras (Mamtaz, et al. 2016). La utilización de materiales naturales en contextos de revestimientos acústicos no solamente han llamado la atención por su rendimiento de absorción de sonido, sino por ser de costo reducido, abundantes en la naturaleza, biodegradables y costos eficientes. Las debilidades que muestran frente a materiales sintéticos se asocian hacia la baja resistencia a la humedad y duración, por lo que se han desarrollado áreas científicas en donde se han testado distintas soluciones para mejorar esas cualidades y así poder posicionarlos cada vez mejor en el mercado (Mamtaz, et al. 2016).

5.4. CONCLUSIONES MARCO TEÓRICO

Se decidió abarcar el presente proyecto desde el ámbito del diseño y experimentación de materiales, como una herramienta de valorización de residuos para otorgarles una nueva vida como materia y extender su ciclo de vida. La innovación en el diseño de materiales circulares no solamente aporta positivamente al medio ambiente, sino que también proporciona nuevas oportunidades en una economía al generar nuevos flujos y sustituir extracción de materia virgen. Por otro lado se identifican oportunidades en los materiales de fibras naturales como el Ase-r-rín, que al ser adheridos a polímeros naturales crean materiales compuestos con posibilidades de reemplazar materiales sintéticos en el mercado.

trabajo de campo

06

CASO DE ESTUDIO SCHWARZ-HAUS

La temática del trabajo de campo se plantea desde la necesidad de profundizar en la información obtenida en el marco teórico sobre la situación de los residuos generados en los procesos productivos de Pequeñas y Medianas Empresas de la Madera. Dado a que existe una oportunidad en el aserrín como material y en la Pyme como empresa, se decide tomar como caso de estudio la empresa familiar Schwarz-Haus, productora de pisos y muebles de madera, que cuenta con considerables oportunidades de intervención a través del diseño.

El objetivo de esta etapa fue por un lado, obtener mayor información desde una perspectiva integral sobre los procesos productivos de la empresa en cuestión, y por otro lado, obtener información cuantitativa sobre los tipos de residuos y cantidades producidas, dado que en el marco teórico se abarcó desde una estimación, que el aserrín era el residuo de mayor cantidad producido para el contexto de PYMEs. El ensayo de contabilizar los residuos, o por lo menos manejar una estimación, proporciona mejor información y conocimiento sobre el contexto del cual se desprende la propuesta de diseño del presente proyecto.

6.1. METODOLOGÍA APLICADA

Dentro del ámbito del ecodiseño, las evaluaciones del ciclo de vida de los productos respaldan el proceso de evaluación al proporcionar información valiosa relacionada con cualquier efecto potencial que un elemento diseñado pueda causar al medio ambiente (Bramston & Maycroft, 2014). Es crucial comprender que todo producto forma parte de un esquema general de innumerables procesos e intercambios de energía necesarios para su existencia. Metodologías como Life Cycle Assessment (LCA) cuentan con herramientas eficientes para determinar el impacto ambiental de productos y servicios, y deben ser parte de la toma de decisiones del proceso de diseño (Baumann and Tillman, 2004). En este caso de estudio, se toma como referencia metodologías LCA para comprender la problemática de los residuos desde un enfoque integral, considerando todo el sistema que forma parte del proceso productivo.

6.2. ESTUDIO PROCESOS PRODUCTIVOS Y GENERACIÓN DE RESIDUO SCHWARZ-HAUS

OUTPUTS ESPERADOS

- Determinar flujos, tipos y cantidades de residuo generado
- Costo real relacionado al residuo
- Prácticas actuales a la gestión

6.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

SCHWARZ-HAUS es una empresa familiar que hace más de 70 años se dedica al rubro de la carpintería, principalmente a la producción, comercialización e instalación de pisos de madera sólida. A menor escala también abarcan soluciones en madera para interiores como revestimientos, puertas, ventanas y muebles para el hogar. Cuentan con un equipo de aproximadamente 20 trabajadores, se categoriza como una Pequeña y Mediana Empresa y cuenta con un equipamiento industrial que satisface las necesidades productivas para la creación de sus productos. Su principal fuente de materia prima son las maderas sólidas de los tipos eucaliptus, roble, encina, entre otras. La comercialización de sus productos es principalmente en la V Región y Región Metropolitana. Hasta la fecha Schwarz-Haus ha enfocado sus recursos para optimizar sus procesos productivos, pero la acumulación abundante de residuos y su muy limitada valorización sigue siendo una de las principales oportunidades.



Fotografía registro personal,
Taller Carpintería Schwarz-Haus,
Junio 2018

6.2.2.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

El principal producto Schwarz-Haus son pisos 100% de madera unidos entre sí mediante un sistema de machi-hembrado. El proceso productivo empieza desde la aclimatización de la madera en patios de acopio, luego el secado de la madera en hornos propios, ambos procesos necesarios para obtener niveles de humedad óptimos. Luego está la etapa de la producción de los pisos, los cuales varían en tamaños, espesores y tipos de madera. La cadena de producción se divide en 5 principales etapas: suministro y aclimatización, el secado, el dimensionado de la madera, procesamiento de la madera, para finalmente proceder al empaque y posterior traslado.

El sistema evaluado se ilustra en la figura 2. Mediante un esquema, se identifica a modo general el sistema del cual Schwarz-Haus forma parte para generar sus productos. Se pueden ver los principales flujos que entran dentro del sistema y las etapas que constituyen el proceso de manufactura de los pisos de madera. El primer plano corresponde al proceso dentro de los límites de la empresa y se puede ver en un segundo plano el origen de los principales componentes para hacer efectivos tales procesos.

FIGURA 2: DIAGRAMA DEL SISTEMA PRODUCTIVO

Fuente: Elaboración propia

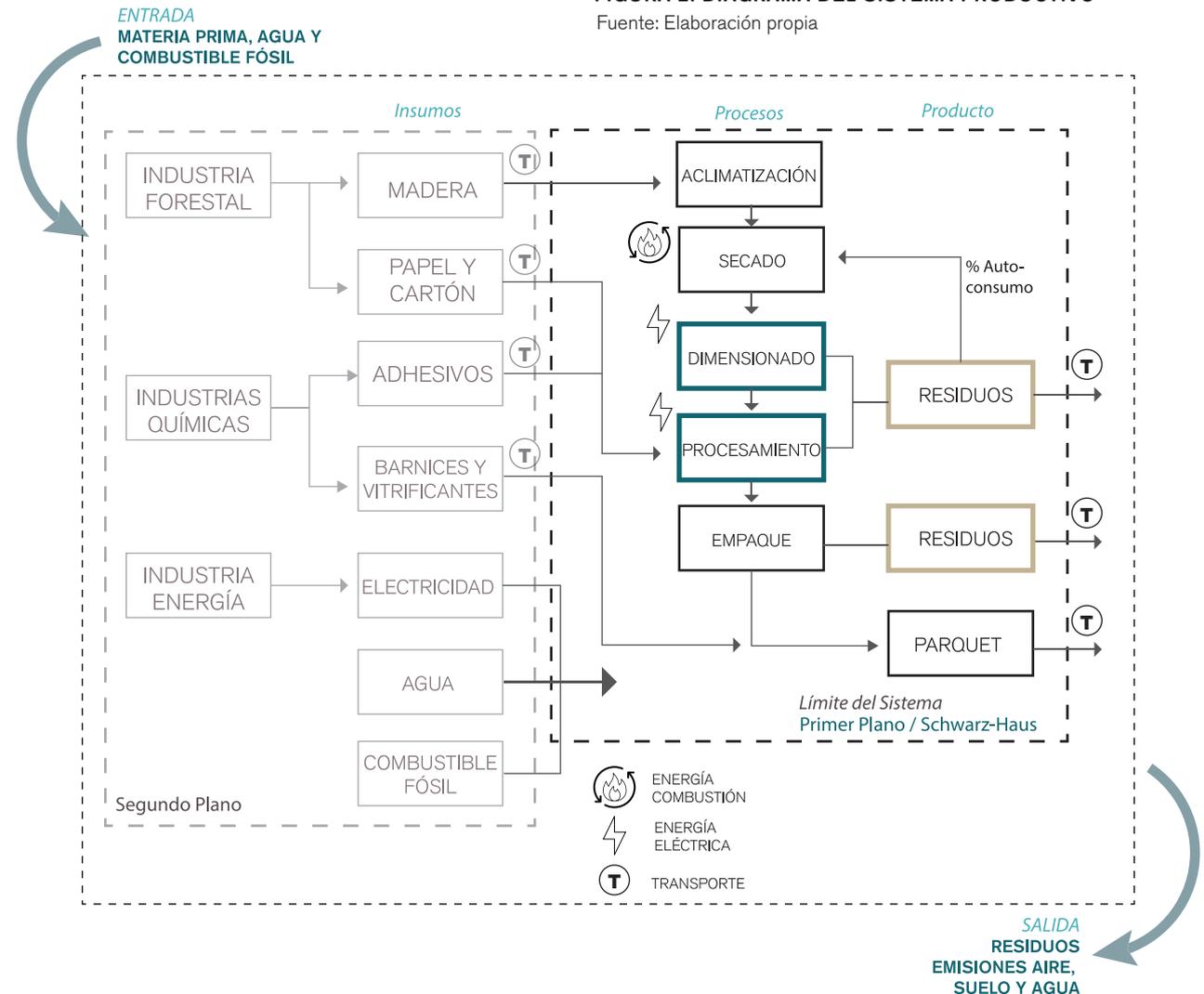


FIGURA 3: ESQUEMA PROCESO PRODUCTIVO



Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se identifican las etapas claves en donde se requiere un alto consumo de energía eléctrica y de transporte. En cuanto a los residuos, se identifica que existen residuos madereros en la etapa de dimensionado y procesamiento, y residuos producto de la etapa de empaque. En cuanto a los residuos madereros, la disposición final de ellos se divide entre aquellos que se mantienen cautivos dentro del sistema siendo auto-consumidos por la caldera para el secado de la madera y aquellos que quedan libres para ser posteriormente desechados o comercializados. Los residuos provenientes del proceso de empaquetado y adhesión son desechados como residuos sólidos. En ambos casos, se considera un factor de transporte asociado, y se desechan principalmente en la V región.

El empaque de los pisos de madera es relativamente sencillo, consta principalmente en cajas de cartón y papel kraft para unir las palmetas, ambos materiales con capacidad de ser reciclados. Por otro lado, se identifican las etapas del dimensionado y procesamiento como puntos importantes de generación de residuos y donde existe el mayor consumo de energía por las máquinas. A continuación se desarrolla un estudio más detallado sobre esas etapas que permite obtener datos cuantitativos sobre los residuos producidos.

6.2.3. TIPOS DE RESIDUOS

ASERRÍN

Conjunto de partículas de tamaño pequeño obtenido en el proceso de aserrado y dimensionado de la madera.

VIRUTA

Cinta delgada de espesor variable en dirección de la fibra, obtenida por medio del cepillado de piezas de madera.

DESPUNTES

Residuos de tamaño variable provenientes de secciones terminales de piezas y que resultan del proceso de dimensionado en largo de la madera.

En la figura 3 se esquetizan más al detalle las etapas del proceso productivo identificando las áreas de generación de residuo y los procesos que dan origen a éstos. A partir de esta información se pudo tener una noción de los puntos claves de generación de residuos dentro de la cadena y los factores asociados como el tipo de máquina y corte que generaba el residuo.

6.2.4.

RESULTADOS DEL ESTUDIO: CANTIDADES Y COSTOS

Para el batch de producción estudiado se utilizaron 151 pulgadas de madera Raulí en bruto que fue dimensionada y luego procesada en la línea moldurera. Como resultado se obtuvieron 140 m² de piso Masuren terminado, 135 Kgs de madera de despunte y 765 Kgs de Aserrín. Para determinar estas cantidades en peso se utilizó una densidad de 550 Kgs x m³ para la madera Raulí y se pesaron los residuos de despuntes y aserrín generados. Para determinar el costo del residuo en relación a su materia prima, se utilizó un valor compra de \$22.500 por pulgada maderera de Raulí, en base a los datos reales de la empresa. En base a este valor se determina que el Kg de material Rau-

li tiene un valor de \$1.788,16. Actualmente para eliminar el aserrín, un pequeño porcentaje (menos del 1%) se reutiliza en las calderas y el resto se desecha o eventualmente la empresa lo vende a \$2.941 x m³ a una avícola.

Eso implica que los 9 m³ de aserrín resultantes de este estudio están actualmente valorizados a \$26.469, contrastando con los \$1.367.941 de su costo de adquisición. Esto dramatiza la oportunidad existente, ahondada por el alto valor de este tipo de madera. Esta relación es comparable con los valores citados en el marco teórico, que se toma como referencia para respaldar los resultados.

CANTIDAD DE RESIDUO GENERADO

	MADERA PROCESADA (RAULÍ)	PARQUET	DESPUNTE	ASERRÍN	TOTAL RESIDUO
CANTIDAD	151 pulgadas	140 m ²	3 1/2 tambores de 200 L	45 tambores de 200 L	
M ³	3,45	1,82	0,70	9	
DENSIDAD KG/M ³	550	550	193	85	
PESO KG	1900	1000	135	765	900

Fuente: Elaboración propia

COSTO ASOCIADO AL RESIDUO

	MADERA PROCESADA	PARQUET	DESPUNTE	ASERRÍN
KG	1900	1000	135	765
\$ COSTO	3.397.500	1.788.158	241.401	1.367.941

Fuente: Elaboración propia



Resultados

47%
de la materia prima
se convirtió en residuo

del **80%**
cual **corresponde a**
ASERRÍN



Fotografía registro personal,
Aserrín recolectado en
el Caso de Estudio
Schwarz-Haus,
Junio 2018

6.3. CONCLUSIONES

A partir del contraste reflexivo entre los marcos referenciales analizados y los resultados obtenidos a partir del análisis de la labor de campo realizada, se levantan las primeras conclusiones limitantes para la propuesta de diseño.

- Se identifica una importante cantidad de residuo de aserrín generado en la empresa. Las prácticas actuales se resumen a un pequeño porcentaje valorizado en el sistema integrado de caldera, mientras que un gran excedente es desechado o eventualmente comercializado a muy bajo valor.
- El aserrín es un residuo que es inevitable de generar. Otras soluciones implicarían una inversión importante para modernizar las máquinas de corte, o que la empresa también invirtiera en un sistema de producción de pellets para integrarse en el mercado de la biomasa. Pero vemos que para la realidad de una Pyme, son soluciones poco factibles.
- Schwarz-Haus tiene un potencial particular en sus residuos al no trabajar con maderas aglomeradas, lo que hace que el aserrín sea un material particulado puro y limpio, de madera sólida.

En relación a la información obtenida del marco teórico, Schwarz-Haus se posiciona como una empresa con oportunidades de innovación. Parte de su imagen como marca, aluden a la sustentabilidad hacia usos eficientes de energía y aprovechamiento de residuos, por lo que como empresa, una correcta valorización del aserrín por diseño puede traer beneficios económicos y potenciar a la empresa en el área sustentable.

formulación del
proyecto

07

OPORTUNIDADES DE DISEÑO

Luego del análisis de las conclusiones obtenidas, se identifica una problemática dentro del contexto específico de Schwarz-Haus como Pequeña y Mediana Empresa Manufacturera de la madera, en donde grandes cantidades de aserrín se desperdician. Desde la perspectiva del Diseño, se encontraron oportunidades y desafíos de intervención para el desarrollo del presente proyecto.

OPORTUNIDAD EN EL ASERRÍN

La principal oportunidad nace a partir de la potencialidad de valorización encontrada en el residuo aserrín, por ser el residuo que se genera en mayor cantidad, y por sus características naturales de biodegradabilidad y por su procedencia renovable. Específicamente el aserrín de Schwarz-Haus, se presenta seco, limpio y de 100% madera.

OPORTUNIDAD PARA SCHWARZ-HAUS

Para la empresa puede suponer un beneficio tanto económico como para solucionar una problemática. Innovar en cuanto a la utilización de sus materiales, en ese caso sus residuos, podría suponer un valor agregado para diferenciarse en el mercado, ampliando fronteras y aspiraciones en términos de escenarios tradicionales de comercialización para una PYME manufacturera de la madera. Al valorizar los residuos producidos internamente, la propia empresa adopta un enfoque proactivo de responsabilidad del productor, y pone en valor a un residuo dentro del contexto de las pymes, que hasta hoy ha estado provisto de una visión limitada de usos.

OPORTUNIDAD EN MATERIALES Y PRODUCTOS CIRCULARES

Chile se encuentra en un proceso de cambio en cuanto a lo que se acostumbraba por consumo y producción. Desde la problemática general de los residuos, se está gestando un pensamiento de circularidad, el diseño se valora a nivel nacional como herramienta de cambio en la problemática de los residuos, y existe cada vez más un mercado para productos circulares.

OPORTUNIDAD EN MATERIALES COMPUESTOS PARA LA ABSORCIÓN ACÚSTICA

Se presenta una oportunidad en donde materiales compuestos por fibras naturales, como el aserrín, son materiales de alto valor dado a sus propiedades y posibilidades de sustituir materiales sintéticos de origen no renovables. Específicamente se limita la oportunidad en los materiales compuestos de fibras naturales con propiedades dentro del ámbito del sonido, ya que muestran tener un alto coeficiente de absorción acústica y una opción de aplicación concreta.

7.2. DESAFÍO DE DISEÑO

Los principales desafíos de diseño radican en la relevancia e impacto.

Relevancia en la medida que sea significativa la cantidad de aserrín reciclado en relación a su cantidad producida, y que el impacto final al prolongar la vida útil del aserrín no sea negativo tanto ambiental como económicamente para la empresa.

Por otro lado el desafío radica en el proceso de diseño, iniciado desde el material, para finalmente crear un producto de absorción acústica, que pueda ser correctamente utilizado en un contexto específico, y que cumpla con sus funciones de absorción, pudiendo ser posibles reemplazantes de otros materiales sintéticos utilizados en el mercado.

Las oportunidades detectadas, sumado a sus desafíos, se deciden afrontar desde la experimentación y Diseño de Materiales, para reciclar el aserrín de la fábrica Schwarz-Haus, valorizándolo desde el diseño de un material compuesto, con potenciales de aplicación a producto, tomando en cuenta factores de sustentabilidad y decisiones a partir del diseño.



Fotografía registro personal,
Taller Carpintería Schwarz-Haus,
Junio 2018

7.3.

ABSTRACT

QUÉ

Paneles de Absorción Acústica biodegradables, elaborados a partir de un material compuesto de aserrín y adhesivo de dextrina, del cual el aserrín es reciclado de una empresa manufacturera de la madera.

POR QUÉ

El aserrín es el residuo en mayor cantidad producido por las empresas manufactureras de la madera, y existen actualmente, pocas soluciones para valorizar el residuo mediante soluciones ambientalmente responsables. Finalmente, constituye un costo económico como ambiental para la empresa que lo produce.

El material compuesto por Aserrín y Dextrina tiene altos niveles de absorción acústica, lo que lo hace un material propicio para generar paneles para espacios interiores con problemas de ruido. Al ser un material biodegradable, es una buena opción para reemplazar materiales acústicos existentes en el mercado que son sintéticos.

PARA QUÉ

Para valorizar al aserrín de una empresa manufacturera de la madera, y contribuir a la cantidad de residuo generado, otorgándole una segunda vida a partir de paneles de absorción acústica en una forma sustentable.

OBJETIVO GENERAL

Valorizar el aserrín como residuo, creando un material compuesto sustentable que a partir de su utilización como material de absorción acústica, prolongue la vida útil del aserrín y genere beneficios tanto económicos como ambientales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar un adhesivo natural adecuado para el desarrollo de un material compuesto a partir del aserrín manteniendo su condición de material biodegradable.

I.O.V.: A partir de una etapa de experimentación se determina la selección del adhesivo según resultados y en base a un criterio de selección establecido.

2. Determinar propiedades técnicas y mecánicas para caracterizar el material e identificar su cualidad de absorción acústica.

I.O.V.: A partir de ensayos manuales y en laboratorio se determinan las propiedades del material y el coeficiente de absorción acústica.

3. Otorgar una aplicación concreta del material a un producto, generando un valor agregado.

I.O.V.: Mediante un proceso de diseño, se prototipea y testea una propuesta de producto hasta llegar a una aplicación final.

4. Reciclar un porcentaje importante del aserrín producido por Schwarz-Haus, otorgándole un beneficio tanto económico como ambiental.

I.O.V.: A partir de una estimación inicial de cantidad y costo del aserrín de Schwarz-Haus, se hace una comparación con el nuevo valor agregado del aserrín a partir del producto.

7.4. ANTECEDENTES Y REFERENTES

ANTECEDENTES



HERADESIGN
PANELES ACÚSTICOS

Heradesign conforma una línea de paneles de absorción acústica hechos de viruta de madera, magnesia y agua. Se categorizan como productos naturales de materias primas renovables. 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. Presenta una línea de productos con distintos formatos y aplicaciones, y posibilidad de colores a elección.

Fuente: knauf.cl



BAUX
PANELES ACÚSTICOS

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. Se toman como referente ya que complementario a sus productos bases, ofrecen un servicio de diseño personalizado con los paneles.

Fuente: baux.com



ESPUMA DE POLIURETANO
PANELES ACÚSTICOS

Son una de las soluciones más comunes en el mercado en cuanto a absorción acústica. Se componen por espumas fonoabsorbentes en formato de cuñas y texturas para aumentar la superficie de absorción de los paneles. Existen en variables espesores y dimensiones para aplicaciones interiores.

Fuente: sonoflex.cl

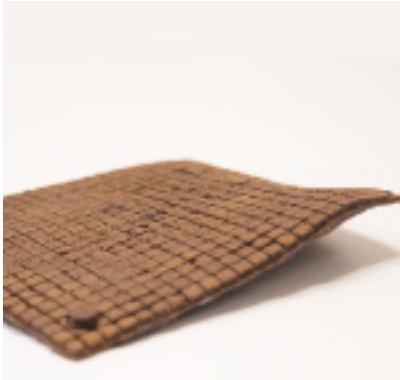


OKKO STUDIO
ESTUDIO DE MATERIALES
Y SOLUCIONES ACÚSTICAS

Es un estudio de Diseño enfocado en el interiorismo y en el diseño de materiales para el acondicionamiento acústico. Dentro de sus productos incluyen paneles de PET reciclado, en donde proponen diseños con texturas y personalizados. Se destacan como referente por apostar a la utilización de materiales poco convencionales para el revestimiento acústico.

Fuente: okko.se

REFERENTES



LIGNOPLAS

MATERIAL DE ASERRÍN
Y LIGNINA

Material compuesto en base a aserrín reciclado y lignina, de origen nacional. La lignina es un adhesivo natural que se genera como desecho en el procesamiento de la celulosa en la industria del papel. Este material surgió como proyecto de Isabel Dias del Río, ex alumna de la escuela de Diseño. Actualmente el proyecto se encuentra en etapa de patentación.

Fuente: lignoplas.cl



MOULDED WOOD

MATERIAL DISTRICT

Material compuesto en base a desechos madereros y aglomerantes. Se caracteriza por ser un material 100% reciclable. De este referente se destaca la factibilidad de moldeo de materiales compuesto de madera, pudiendo llegar a formatos muy acabados.

Fuente: materialdistrict.com



DEMODE

MATERIAL DE RESIDUOS
TEXTILES Y ADHESIVO ALMIDÓN

Material compuesto de residuos de textil y adhesivo de almidón, de origen nacional. Se caracteriza por ser un aglomerado con potencialidades de aplicación como revestimiento y material para distintas aplicaciones de mobiliario. 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.

Fuente: bernarditamarambio.cl



STONE CYCLING

EXPERIMENTACIÓN RESIDUOS
DE CONCRETO

Stone Cycling es un estudio de Diseño que trabaja dentro del marco de la experimentación de materiales, específicamente reciclando el concreto residuo de la construcción para generar nuevas propuestas de materiales. Desde el diseño, le otorgan una segunda vida a los residuos potenciando sus potencialidades como materiales y estéticas. Amsterdam, Holanda.

Fuente: stonecycling.com

7.5.

ETAPAS DEL PROYECTO

Se describe a continuación la secuencia de pasos que se llevaron a cabo en el proceso del proyecto, desde la obtención del aserrín hasta su propuesta de aplicación final, tomando en cuenta los objetivos planteados. El desarrollo del proyecto se caracteriza inicialmente por ser de tipo experimental en el diseño del material compuesto, para luego caracterizarlo e identificar la propuesta de aplicación concreta como material de absorción acústica. Una vez identificada la aplicación, se desarrolla el proyecto en base a prototipos y testeos para lograr el producto final de los paneles de absorción acústica.

Para la adecuada implementación de cada etapa, fue esencial contar con apoyo externo de distintos actores que influyeron en el desarrollo y correcta implementación del proyecto. Sumado a esto, se complementa cada etapa con referentes metodológicos ligados al diseño de materiales, diseño de producto y diseño sustentable.

1 EXPERIMENTACIÓN ADHESIVOS NATURALES

Proceso de experimentación con el objetivo de identificar combinaciones con distintos adhesivos naturales para crear un material compuesto. Finalmente mediante criterios de selección, se define trabajar con la Dextrina como adhesivo para el material compuesto.

En esta fase se contó con ayuda de Alysia Garmulewicz, profesora de Economía Circular USACH y fundadora de Materiom, organización sin fines de lucro, enfocada en la creación de bio-materiales enfocados en el Diseño.

2 DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Una vez determinado el material compuesto a base de aserrín y dextrina, se inició una etapa de desarrollo del material, para después caracterizarlo técnica y mecánicamente. Esta etapa permitió determinar en base a sus cualidades y propiedades, la posibilidad de ser un material de absorción acústica.

En esta fase se contó con apoyo del equipo del Laboratorio de Biomateriales de la USACH y Acusonic, empresa de mediciones acústicas, que proporcionaron ayuda en cuanto al conocimiento de materiales y algunos test de laboratorio.

3 PROPUESTA DE APLICACIÓN

A partir de los resultados de la etapa de caracterización, se delimita la propuesta de aplicación específica del material compuesto para el desarrollo de paneles de absorción acústica. La definición de la propuesta fue delimitada por las propiedades identificadas del material, y respondiendo a los objetivos principales del proyecto.

4 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y LIMITANTES

Se llega a una fase de propuesta del producto a partir del material compuesto anteriormente diseñado y considera las variables del contexto de implementación y usuario de la aplicación anteriormente definida. En esta etapa se contó con ayuda de la Ingeniero en Sonido, Verónica Wulff, que fue esencial para comprender el diseño de espacios y materiales acústicos.

5 PROTOTIPOS Y TESTEOS DEL PRODUCTO

Al definir una propuesta de aplicación concreta, se definieron las variables en relación al contexto de implementación del producto, el usuario y decisiones de diseño para el producto final de placas de absorción acústica.

6 PRODUCTO FINAL

Los resultados obtenidos en las etapas anteriores dieron paso al producto final. Mediante prototipos concretos, se analizan las posibilidades del desarrollo del producto a nivel industrial, si cumple con los objetivos propuestos y se desarrollan los costos y planes de financiamiento del proyecto.

desarrollo del proyecto

08

EXPERIMENTACIÓN

Siendo el aserrín un material lignocelulósico particulado compuesto por microfibras, se identifica la necesidad de adherirse a través de una matriz para crear un material homogéneo. Para mantener sus beneficios y características naturales, la principal limitante era encontrar un adhesivo natural. A continuación se desarrolla el proceso de experimentación con adhesivos naturales derivados de polímeros de aceites naturales y de carbohidratos como el almidón y la celulosa, para adherir la fase dispersa de aserrín y generar a lo que se denominará en el proyecto, un material compuesto.

8.1. SELECCIÓN Y OBTENCIÓN DEL ASERRÍN



Dado a que se utiliza específicamente el aserrín obtenido de Schwarz-Haus, se decidió trabajar con el aserrín de Eucaliptus Globulus por ser la madera que en mayor cantidad se utiliza en la fábrica, y para limitar las variables en el proceso de experimentación a un tipo de aserrín específico.

La obtención del aserrín se gestiona a nivel de la empresa. Si bien la mayoría de las máquinas están integradas a un sistema recolector de aserrín, finalmente todo llega a un silo en donde se mezclan los tipos de aserrín. Para asegurar la obtención del aserrín de Eucaliptus, se dispuso en la fábrica tambores de 200 L en donde los trabajadores iban recolectando el aserrín generado. Una vez obtenido el aserrín, se delimitó la necesidad de optar por una etapa inicial de tamizado dado que en muchos casos se encontraban algunas astillas en las muestras, y también para separarlo de la viruta.

- Este proceso se hizo a partir de un colador de metal con una luz de malla de aprox 4 mm.

8.1.2. METODOLOGÍA APLICADA

Para iniciar la fase de experimentación, se contactó con Alysia Garmulewicz, fundadora y directora de Materiom. Su colaboración fue de gran ayuda para determinar los pasos iniciales de la fase de experimentación, ya que compartió información relevante sobre adhesivos naturales que podrían ser útiles para el proyecto y compartió su base de datos de experimentos realizados con otros tipos de materiales lignocelulósicos. De esta manera, se obtuvo un punto de partida en base a experimentos previamente realizados con otro tipo de material de características similares (en este caso se utilizó como referencia el desarrollo de un material compuesto a base de corcho) para luego ir variando según las propiedades del material en cuestión. El principal objetivo de esta etapa era lograr una adhesión de las partículas de aserrín.

8.1.3. PUBLICACIÓN DE RECETAS

En base a una colaboración con FabLab Santiago, Ellen Macarthur Foundation, Ideo, entre otros, uno de los principales proyectos de Materiom es crear una plataforma abierta con una librería de recetas de biomateriales recopilados a partir de los integrantes del laboratorio y colaboraciones externas de todas partes del mundo. De esta manera, contribuyen al desarrollo de información de biomateriales bajo un enfoque de economía circular, con el objetivo de masificar para todos la experimentación y aplicación de nuevos materiales sustentables.

Acceso: <https://materiom.org>.

8.1.4. EXPERIMENTACIÓN 1 AGAR



INGREDIENTE

Aserrín	Agar Agar	Glicerina Vegetal	Agua
50 ml	15 ml	5 ml	250 ml

CANTIDADES

DESCRIPCIÓN DEL ADHESIVO

El agar agar es un polisacárido sin ramificaciones obtenido de la pared celular de varias especies de algas. Es comúnmente utilizado en la industria alimenticia como espesante y sustituto de gelatinas animales. El agar tiene buenas propiedades gelificantes de alta resistencia.

OBSERVACIONES

El proceso de secado fue más demorado que los otros experimentos (aprox. 4 días). Después de seco el aserrín quedó muy bien compactado y rígido. Bajo la manipulación no se desprenden las partículas de aserrín. Es inodora, se mantiene el color y aspectos naturales del aserrín y muy liviano.

8.1.5. EXPERIMENTACIÓN 2 RESINA PINO



PROPORCIONES

Aserrín	50%	40%	30%	20%
Adhesivo	50%	60%	70%	80%
Aserrín	3 gr	3 gr	3 gr	3 gr
Adhesivo	3gr	4,5 gr	7 gr	12 gr

CANTIDADES

DESCRIPCIÓN DEL ADHESIVO

Su origen es de los árboles de Pino, se conoce como una resina natural y sus usos actualmente son como adhesivo, barniz y endurecedor de distintas ceras.

OBSERVACIONES

La resina era bastante pegajosa y difícil de manipular una vez derretida. Al añadir el aserrín a la resina caliente, se debía proceder con rapidez para no quemarlo. El proceso de secado era bastante rápido (algunos minutos) y una vez secas las muestras se obtenían resultados en donde el color era predominantemente definido por la resina. Las probetas de proporción 30/70 y 20/80 fueron las que mejor funcionaron en cuanto a la adhesión de las partículas y se mostraban rígidas al manipular.

8.1.6. EXPERIMENTACIÓN 3 RESINA DAMAR



PROPORCIONES

Aserrín	50%	40%	30%	20%
Adhesivo	50%	60%	70%	80%
Aserrín	3 gr	3 gr	3 gr	3 gr
Adhesivo	3gr	4,5 gr	7 gr	12 gr

CANTIDADES

DESCRIPCIÓN DEL ADHESIVO

Proviene de plantas de la familia de las Coníferas, Dipterocarpaceas y Burseráceas. Es altamente utilizado como un barniz ya que posee una escasa sensibilidad a la humedad. También es utilizado como espesor de ceras, como medio pictórico y en emulsiones.

OBSERVACIONES

Las muestras se comportaron de manera similar a la experimentación con resina de pino, aunque la coloración era menos pronunciada. Las probetas de proporción 30/70 y 20/80 también fueron las que mejor funcionaron en cuanto a la adhesión y rigidez.

8.1.7.
EXPERIMENTACIÓN 4 CARBOXIMETICULOSA (CMC)



PROPORCIONES

Aserrín	50%	40%	30%	20%
Adhesivo	50%	60%	70%	80%
Aserrín	3 gr	3 gr	3 gr	3 gr
Adhesivo	3gr	4,5 gr	7 gr	12 gr

CANTIDADES

DESCRIPCIÓN DEL ADHESIVO

Es un compuesto orgánico derivado de la celulosa presente en polímeros de la glucopiranos. Se utiliza para la elaboración de adhesivos de papel, es soluble en agua y es comúnmente usado como espesante alimenticio.

OBSERVACIONES

Las muestras eran extremadamente frágiles y no se consiguió adherir el aserrín correctamente. Se identifica una cierta elasticidad al presionar, pero muy frágil. Después de tres días se identificó la aparición de hongos en las muestras. Se descartó esta opción en el proceso de experimentación ya que no se logró el objetivo de adherir las partículas de aserrín.

8.1.8.
EXPERIMENTACIÓN 5 DEXTRINA



PROPORCIONES

Aserrín	50%	40%	30%	20%
Adhesivo	50%	60%	70%	80%
Aserrín	3 gr	3 gr	3 gr	3 gr
Adhesivo	3gr	4,5 gr	7 gr	12 gr

CANTIDADES

DESCRIPCIÓN DEL ADHESIVO

Las dextrinas son un grupo de oligosacáridos de poco peso molecular producidas por la hidrólisis del almidón. Se utiliza como pegamentos solubles en agua, como agentes de espesamiento en la transformación de los alimentos, y como agentes aglutinantes en productos farmacéuticos.

OBSERVACIONES

Al principio se formó una mezcla pegajosa y difícil de manipular. Una vez seco en el molde, se logró una buena adhesión de las partículas de aserrín. Las proporciones 30/70 y 20/80 lograron mejor comportamiento ya que las otras eran muy frágiles. Las probetas tomaron un color café más oscuro, debido a la pigmentación del adhesivo de dextrina que fue cocinado previamente a su uso.

8.2. SELECCIÓN DEL ADHESIVO

A partir de lo que se conoce hoy en día como Desarrollo Sustentable, se desarrolló un esquema para seleccionar el adhesivo a utilizar en el desarrollo del material compuesto, propuesto bajo los mismos pilares que soportan la sustentabilidad; viabilidad económica, protección ambiental y protección social. Con el objetivo de derivar la decisión hacia un material de bajo impacto y compromiso de posibles daños en el futuro, para cada uno de los factores, se definieron atributos que lograran cumplir con las características del factor respectivo. Para definir dichos atributos, se usó como referencia las estrategias de diseño para la selección de materiales de bajo impacto ambiental, desarrollado y adaptado por Design and Innovation for Sustainability (DIS) de INDACO Departamento del Politécnico de Milano (Vezzoli, 2014). Estos atributos fueron utilizados para crear un marco que definiera lo óptimo. También se tomaron en consideración variables observadas en la experimentación misma, los requerimientos de aplicación existentes de cada uno y las posibles opciones de manufactura percibidas.



Fuente: Elaboración propia en base Vezzoli, 2014.

TABLA COMPARATIVA SEGÚN ATRIBUTOS

ADHESIVO	Costo	Accesible en el mercado	Producción local	Bio-degradable	Recurso renovable	Inocuidad
Resina Pino	\$1080	Alto	No	n/s	Si	n/s
Resina Damar	\$4000	Medio	No	n/s	Si	n/s
Dextrina	\$856	Alto	Si	Si	Si	Si
Agar	\$4990	Medio	Si	Si	Si	Si

8.2.1. Almidón Hidrolizado - Dextrina

Tanto el almidón como la dextrina (la dextrina es un almidón procesado) se consideran polímeros de carbohidratos y provienen básicamente de las mismas fuentes. Sus principales fuentes botánicas son la papa, maíz, trigo y tapioca (Mariusz & Toczyłowska 2017). Para ser utilizados como adhesivos necesitan ser gelatinizados mediante procesos de cocción, acidificación, alcalizado o hidrolizado. En su estado natural el almidón tiene un bajo rango de utilidad como adhesivo, pero al ser modificado, como la dextrina, se extienden sus propiedades (Mariusz & Toczyłowska 2017). La dextrina es un almidón tostado en presencia de un catalizador ácido. A través de tratamientos con calor y ácido, se hidrolizan las moléculas para obtener pequeños fragmentos que luego se re-polimerizan en moléculas mayores altamente ramificadas (Adhesives Mag, 2005). Bajo este proceso se generan adhesivos en base a agua, de diferente viscosidad y características.

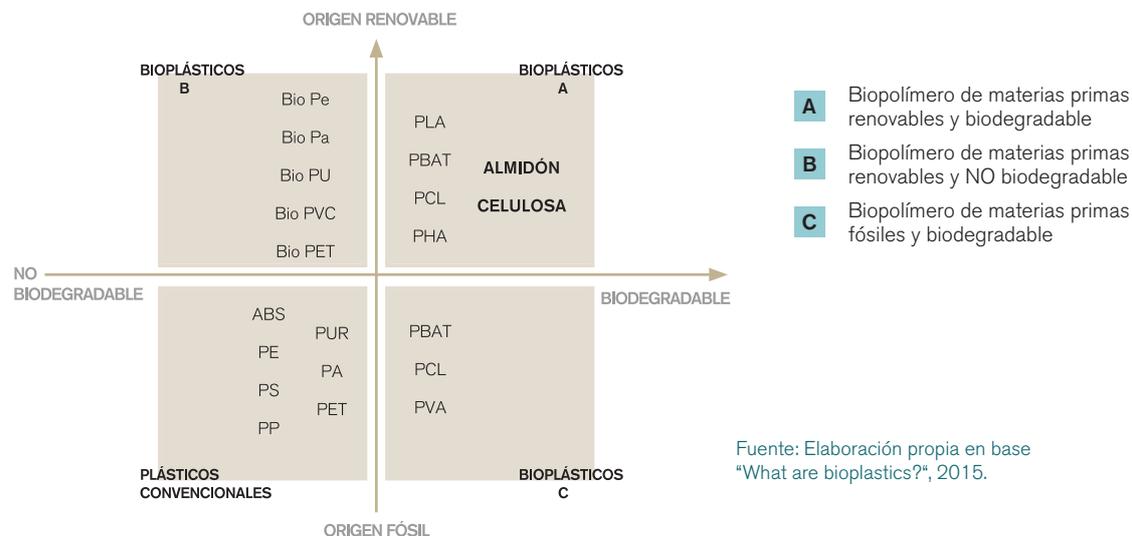
En el proceso de experimentación se utilizó dextrina en polvo, de la cual para realizar el adhesivo se necesita un proceso de cocción. Distintos métodos, cantidades y mecanismos de cocción forman distintos tipos de adhesivos de dextrina con distintas propiedades. Dado que no era el foco del proyecto generar el adhesivo, se optó por cotizar en el mercado por adhesivos de dextrina ya constituidos que obtuvieran los mismos resultados de los criterios de selección anteriormente propuestos.

8.2.2. Adhesivo Dextrina - Italquim S.A.

A partir de un contacto con Química Italquim S.A., se obtuvieron muestras de un adhesivo de almidón de maíz hidrolizado para seguir el proceso de experimentación. Bajo su ficha técnica se especifica por estar compuesto en base a polímeros naturales y coadyuvantes y ser soluble en agua. Bajo las especificaciones de aplicación del adhesivo, se usa comúnmente para adherir papel, cartones y embalajes.

Bajo los criterios de selección anteriormente delimitados, el adhesivo en cuestión sigue respondiendo a las variables económicas al mantener un bajo costo, accesible en el mercado y de producción local. En cuanto a factores ambientales, al ser la materia prima del adhesivo el almidón, presenta características de biodegradabilidad y procedencia de un recurso renovable. En cuanto a factores sociales a su utilización, el adhesivo cuenta con un certificado de inocuidad que consta no haber utilizado materias plásticas nocivas para la salud en su fabricación y no reviste peligro para la salud humana ni el medio ambiente.

Otro factor relevante fue que el adhesivo cuenta con un pequeño porcentaje de antimicrobiano en su composición. Esto permite tener una barrera protectora en cuanto a propagación y generación de hongos. Bajo la ficha técnica se categoriza como un antimicrobiano de baja toxicidad, biodegradable, preventivo contra la aparición de moho en madera y preservante de adhesivos.



8.2.3. Origen Biodegradable de las Materias Primas

Los polímeros polisacáridos naturales más abundantes en la naturaleza se encuentran en la celulosa y el almidón (Voicu et al., 2016, citado en Mariusz & Toczyłowska 2017). Ambos son producidos en billones de toneladas anuales, por lo que se le ha prestado especial atención como recursos potenciales de materiales (Mariusz & Toczyłowska 2017). En el contexto nacional tanto la celulosa como los cereales son recursos altamente producidos. La ODEPA posiciona al rubro de los cereales como un área importante para el desarrollo agroindustrial de Chile. Del total de la superficie cultivada, los principales son el trigo, el maíz y la avena, en ese orden correspondiente (ODEPA, 2013).

El maíz, del cual proviene el adhesivo en cuestión, es producido específicamente en las regiones de O'Higgins y el Maule (ODEPA, 2013). Al identificar el origen de las materias primas del material compuesto en desarrollo, no solamente se obtiene que ambas provienen de fuentes renovables y de abundancia producción nacional, sino que también hablan sobre su carácter biodegradable.

Se tomó la decisión de seguir trabajando con la Dextrina como aglomerante influenciado principalmente por su significativo menor costo, calificación positiva en los criterios establecidos y por ser biodegradable de recurso renovable.

09

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

METODOLOGÍA APLICADA

Esta etapa del proyecto tuvo como principal objetivo conocer y caracterizar el material compuesto a partir de dextrina y aserrín para determinar su futura aplicación. Durante este proceso, se utilizó como referencia el concepto de Material Tinkering, que bajo un enfoque de aprendizaje experimental, es un proceso creativo e investigativo en donde el objetivo es entender el material a partir de la manipulación directa con él (Parisi, Rognoli & Sonneveld, 2017). Postulado por docentes del departamento de Diseño de Politécnico di Milano y el departamento de Ingeniería de Diseño Industrial de Delft University of Technology, se trata de extracción de data desde el material, comprender las propiedades técnicas propias del material en estudio y reconocer sus potencialidades como limitaciones. El proceso se abarca desde el Diseño, con mirada crítica hacia los aspectos estéticos y performativos del material (Parisi, Rognoli & Sonneveld, 2017).



9.1. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

El adhesivo seleccionado viene en un formato listo para ser utilizado. Para el proceso de preparación del material, se requiere inicialmente tamizar el aserrín para luego mezclarlo. Dada la viscosidad del adhesivo, se genera una masa pastosa que se dispone en un molde o superficie para iniciar el proceso de secado.

En materiales compuestos de madera, a menor densidad de la fibra implica mayor porosidad, por lo que el adhesivo tiene mejores opciones de penetración (Frihart, 2005). La viscosidad también es un factor relevante, ya que una viscosidad apropiada penetra y rellena los poros del sustrato de madera de mejor manera (Frihart, 2005).

ASERRÍN EUCALIPTUS

DENSIDAD

Aprox. 2000 cps

9.1.2.

DEFINICIÓN DE PROPORCIONES



PROPORCIONES

Aserrín	50%	40%	30%	20%
Adhesivo	50%	60%	70%	80%
Aserrín	3 gr	3 gr	3 gr	3 gr
Adhesivo	3gr	4,5 gr	7 gr	12 gr

CANTIDADES

Los mejores resultados percibidos en cuanto a rigidez y compactación del aserrín fueron dentro de las proporciones 30/70 y 20/80. La relación 30/70 se delimitó como el límite ya que desde esos valores hacia abajo las probetas eran muy frágiles. La relación 20/80 era muy rígida pero, por una razón de costo aún contenía mucho adhesivo en comparación al aserrín. De esta manera se decidió seguir trabajando con una opción entremedio, de proporción 25/75, en donde 3gr de Aserrín para 9gr de adhesivo generaban una **proporción 3:1**.



ADHESIVO DEXTRINA

VISCOSIDAD
Aprox. 2000 cps

DENSIDAD
1,05 gr/cc

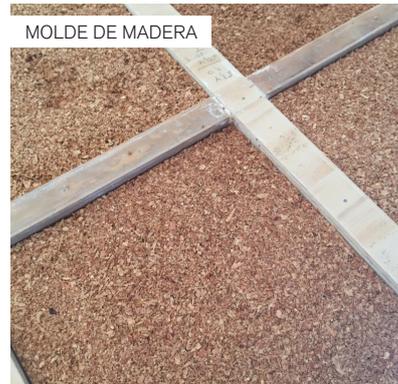
Ph
8,0 - 9,5

% DE DEXTRINA
<30%

Referencia fichas
técnica Italquim S.A.

9.2. CARACTERIZACIÓN TÉCNICA

En concreto, el proceso se inició a modo perceptivo identificando características propias del material. Luego, desde un acercamiento no-tecnológico usando recursos al alcance y documentando resultados y errores, se comprendió propiedades técnicas del material compuesto. Finalmente se incorporó al proceso testeos en laboratorio bajo circunstancias más controladas y rigurosas, que permitió complementar el proceso de entendimiento del material para derivar a la propuesta de aplicación concreta como material de absorción acústica.



9.2.1. PROCESO DE MANUFACTURA - Moldes

Dado que el material compuesto presentaba la posibilidad de ser moldeado, se sometió al material a un proceso de manufactura a partir de moldes para ver la factibilidad de dicho proceso. La primera limitante era ver qué tipo de material era compatible para hacer los moldes y que se pudiera desmoldar fácilmente. La silicona dio los mejores resultados permitiendo por un lado desmoldar la mezcla aún húmeda, proporcionando un secado más efectivo, y por otro lado no se adhería material al molde y mantenía la forma propuesta.

9.2.2. DIMENSIONES Y ESPESORES



Los materiales pueden comportarse de maneras muy distintas dependiendo del formato. Se desarrolló en esta etapa distintas pruebas del material bajo escalas y espesores distintos para comprender cómo se comportaba en cuanto a su rigidez y flexibilidad. Las muestras muy delgadas eran muy frágiles, y a medida que se aumentaba el largo, también iban presentando cierta fragilidad. Cabe destacar que en todo el proceso de creación del material no se le ejerció presión mecanizada, sino la presión que se le podía ejercer manualmente. Esto limitaba el nivel de compactación del compuesto y por ende su rigidez, por lo que muestra mejor rendimiento en volúmenes.

9.2.3. CURVATURAS Y PLIEGUES



Se hicieron moldes de madera para probar distintas formas en cuanto a curvaturas y pliegues, y se usó una lámina de silicona de cocina entremedio para el desmolde. Se identificó que el material compuesto no adhiere muy bien la forma de pliegues o texturas muy pronunciadas, sino que se moldea mejor a superficies continuas.

9.2.4. COLORANTES NATURALES

COLORANTE NATURAL VERDE



OXIDO DE FIERRO ROJO



COLORANTE NATURAL ROSA



ARCILLA ROJA



Se utilizaron distintos colorantes naturales, líquidos y en polvo. Ambos se aplicaban previamente al adhesivo, para después ser mezclado con el aserrín. Se obtuvieron mejores resultados con los colorantes en polvo, ya que tenían una mayor concentración de pigmento.

9.2.5. TONALIDADES DE MADERA

ROBLE ENTINTADO



RAULÍ



ALERCE



TEPA



Si bien se estableció inicialmente trabajar con el aserrín específico de Eucaliptus, se toma como una exploración visual seleccionar muestras de aserrín para probar las distintas tonalidades naturales. Se recolectó aserrín de cuatro maderas en la fábrica y se hicieron muestras.

9.2.6. PRUEBAS DE MECANIZADO



Se realizaron pruebas a una probeta de 20x20cm y 2,5cm de ancho. Los principales objetivos eran ver cómo el material se comportaba bajo acciones mecánicas para futuras manipulaciones. También se incluyó dentro de las pruebas ver cómo se comportaba el material bajo el corte láser. En cuanto al corte, perforado y lijado, se obtuvieron buenos resultados en cuanto a la definición de corte y se producía poco astillado de las muestras. En los testeos de la máquina láser se tuvieron que hacer más de una pasada dado que el material tenía 5 mm de espesor. Se fue calibrando la máquina hasta lograr buenos resultados con 100 de potencia y 75 de velocidad.

9.2.7. PROCESO DE SECADO

A partir de las primeras muestras hechas con el material compuesto, se comprendió que lo más efectivo era que las muestras estuvieran lo más expuestas a recibir corrientes de aire por los distintos lados, ya que la humedad ralentiza el proceso. Para esto las muestras tenían que ser desmoldadas aún húmedas y se construyó una superficie con orificios para permitir la circulación de aire. No se presentaron buenos resultados secando las muestras al sol, ya que el adhesivo se secaba muy rápido y no se alcanzaba a adherir correctamente el aserrín.

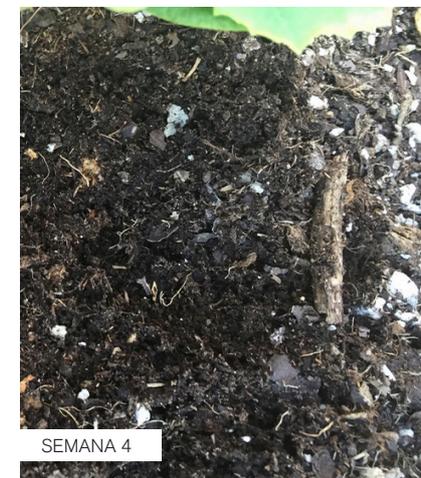


9.2.8. DEGRADACIÓN Y BIODEGRADABILIDAD



La biodegradabilidad se define como la capacidad intrínseca de un material para ser degradado por acción natural de microorganismos (bacterias, algas, hongos) para obtener progresivamente una estructura más simple, en donde el material pasa a ser dióxido de carbono, agua, y/o metano y biomasa (Co-Inventa, 2018).

Se testeó la capacidad de biodegradación del material compuesto, por lo que se tuvieron que tomar en cuenta condiciones de temperatura, oxígeno y humedad. La humedad incrementa la actividad microbiana ya que se producen más reacciones de hidrólisis que produce la rotura de las cadenas del polímero, y genera más sitios de acceso para el ataque de los microorganismos (Co-Inventa, 2018). Al ser el adhesivo soluble en agua, bajo altas concentraciones de humedad presenta buenas condiciones para biodegradarse. Se tomó como referencia el ensayo de biodegradabilidad en condiciones de Suelo (ASTM D 5988 - 18) en donde el material de ensayo se dispone en una mezcla de suelo para verificar su condición de biodegradabilidad a través del tiempo. Se desarrolló una probeta en forma de macetero para luego ser plantada y ver la degradación ocurrida en el tiempo. Dese que se dispuso la muestra en la tierra, se vio que en la tercera semana ya se encontraba desintegrado. En la cuarta semana se encontraban pocos restos del material compuesto.



9.2.9.
EXPLORACIONES DE FORMAS



El material muestra ser fácil de trabajar y manipular. Es inocuo e inoloro, no provocando reacciones adversas a quien lo manipula. Se identificaron buenos resultados en cuando a la creación de formas geométricas con volúmen.

9.2.10.
RESULTADOS CARACTERIZACIÓN TÉCNICA

PROCESO DE MANUFACTURA	DIMENSIONES Y FORMATO	PRUEBAS DE MECANIZADO	BIODEGRADABILIDAD	PROCESO DE SECADO
Moldes de silicona, láminas de silicona para correcto desmolde	Mejor rigidez y comportamiento en volúmenes	Buen comportamiento bajo pruebas de mecanizado y corte láser	Buenos resultados en condiciones de suelo	Al aire libre sin exposición directa al sol

9.3. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

A modo de profundizar en el proceso de conocimiento y caracterización del material, se obtuvo colaboración de parte de dos entidades:

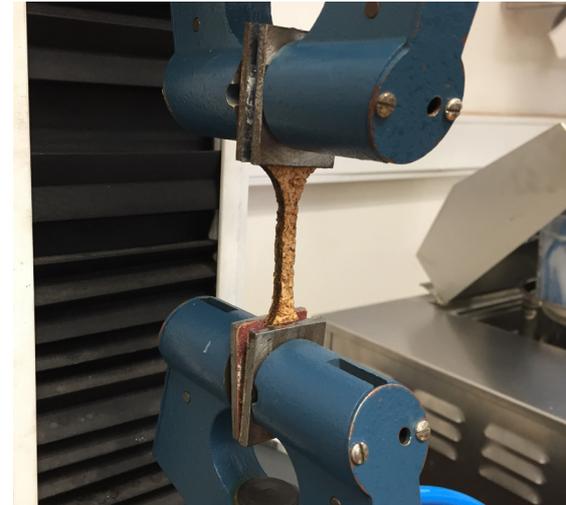
Del Laboratorio de Biomateriales de la Universidad de Santiago de Chile bajo la consultoría de Héctor Saavedra, Ingeniero Mecánico, y Claudio García, director de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Se realizaron ensayos de tracción y flexión.

Del laboratorio de soluciones acústicas ACUSONIC, bajo consultoría de Giovanni Bernini, Ingeniero Civil en Sonido y Acústica. Se realizaron ensayos de absorción acústica.

Cada ensayo fue realizado en base a las especificaciones dadas por los encargados de cada laboratorio, en donde se fabricaron muestras del material a modo de probetas para cada ensayo específico. Dado las especificaciones de las máquinas y las probetas necesarias, se pudo testear el material solamente en espesores delgados (5mm y 8mm). A continuación se describen los ensayos realizados y sus respectivos análisis.

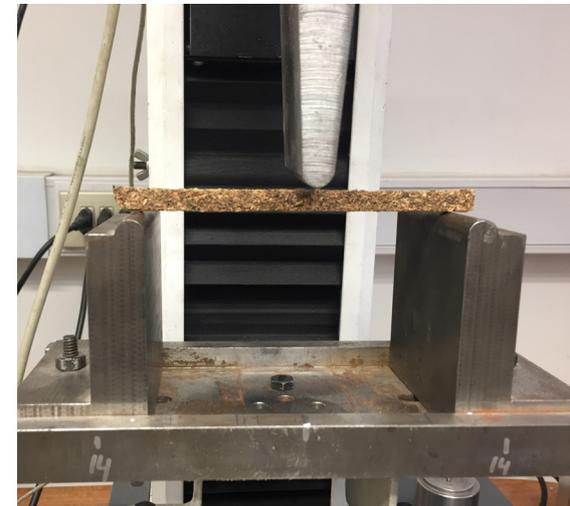
9.3.1. ENSAYO DE TRACCIÓN

Los ensayos de tracción determinan la resistencia de un material a una fuerza axial aplicada. Se realizó un ensayo de tracción bajo la norma D143 ASTM, Métodos de ensayo estándar para muestras de madera. El ensayo fue realizado en un equipo de ensayos mecánicos universal marca Instron modelo 3342, con una velocidad de ensayo de 0,5 mm /min. Se utilizaron 8 probetas con forma de hueso de perro, con un largo inicial de 52 mm, ancho interno 5 mm y espesor de 5 mm. Las probetas fueron cortadas con máquina láser. Se obtuvieron el módulo elástico a tracción uniaxial y el esfuerzo de rotura.



9.3.2. ENSAYO DE FLEXIÓN

Se realizó un ensayo de flexión en tres puntos bajo la norma D143 ASTM. Se utilizó un equipo de ensayos mecánicos universales marca Instron modelo 3342. La velocidad de ensayo fue de 1,3 mm/min y la distancia entre los puntos de apoyo (luz) de 120 mm. Se utilizaron 9 probetas de 140x8x8 mm cortadas con máquina láser. Se calculó el esfuerzo de fluencia en flexión, el módulo de elasticidad de cada muestra y el esfuerzo máximo de rotura.





9.3.3. RESULTADOS ENSAYO TRACCIÓN Y FLEXIÓN

Dentro del marco de los objetivos de la etapa de caracterización, bajo los resultados arrojados por los ensayos de tracción y flexión, se hizo una comparación con paneles MDF, los cuales corresponden a la tipología de materiales compuestos en base a aserrín y adhesivo. Se determina que tiene índices referentes a los comportamientos frente a fuerzas aplicadas significativamente menores que los paneles señalados. Esto se debe principalmente a que los paneles MDF tienen una densidad y nivel de compactación mucho mayor, por lo que tienen mayor rigidez y mejor comportamiento a cargas aplicadas. El material compuesto en desarrollo, se presenta con mayor nivel de porosidad, por ende menor densidad, y menor rigidez. A partir de estos resultados se descartan aplicaciones en donde el material tenga que ser sometido a cargas, se descartan aplicaciones en donde el material tenga que disponerse en espesores muy delgados, y se abre la posibilidad de testear propiedades mecánicas propias de materiales porosos.



MATERIAL	MDF	Material Compuesto
ESPESOR	5.5 mm	5 mm
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	1.00 N/mm ²	0.38 N/mm ²
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	30 N/mm ²	0.946 N/mm ²
MÓDULO DE ELASTICIDAD	2500 N/mm ²	1400 N/mm ²

Fuente: Elaboración propia en base fichas técnicas Masisa.

9.3.4.

ENSAYO DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

A partir de la información presentada en el marco teórico sobre aplicaciones de materiales compuestos de fibras naturales, se identificaron oportunidades de un buen comportamiento del material en el área de la absorción acústica. Para determinar tales propiedades, se realizó un ensayo para verificar su coeficiente de absorción acústica.

El coeficiente de absorción acústica NRC ("Noise Reduction Coefficient") se mide en un rango de 0-1, en donde 1 implica que el 100% de sonido es absorbido por el material y 0.3, por ejemplo, implica que un 30% del sonido es absorbido y el 70% restante es reflejado (Ashby & Johnson, 2002).

El ensayo fue hecho según método tubo de impedancias de acuerdo a norma ISO 10534-2 / ASTM E 1050 en los laboratorios de ACUSONIC. Se hizo una probeta cilíndrica de 30 mm de alto (altura promedio mínima de los materiales absorbentes) por un diámetro de 50 mm.



9.3.5.

RESULTADOS ENSAYO ABSORCIÓN ACÚSTICA

La probeta testeada de 30 mm de espesor, arrojó un coeficiente de **0.6**, lo que implica que el 60% del sonido es absorbido por el material y un 40% es reflejado. Bajo estándares ISO 11654, se categoriza como un material de alta absorción acústica.

CLASIFICACIÓN DE ABSORCIÓN DE SONIDO EN MATERIALES (ISO 11645)

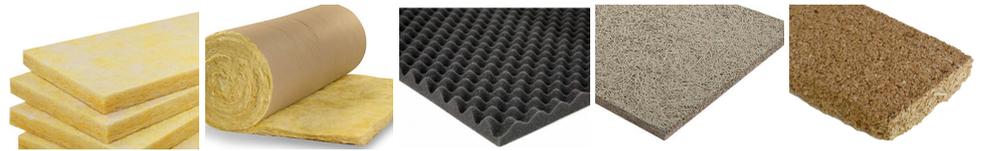
CATEGORÍA DE ABSORCIÓN	NRC (α)
Absorción Extrema	1.00 - 0.85
Absorción Alta	0.75 - 0.60
Absorción Media	0.55 - 0.30
Absorción Baja	0.25 - 0.15
Reflectantes	0.10 - 0.00

Fuente: Elaboración propia en base ISO 11645.

9.3.6. COMPARACIÓN MATERIALES DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

A partir de una tabla comparativa, se puede ver que la capacidad absorbente del material es similar a los materiales absorbentes más comunes en el mercado de absorbentes acústicos. Por otro lado, si se compara otros aspectos performativos de los materiales, los compuestos naturales llevan en contra un bajo comportamiento a la humedad y a la descomposición bacteriana en relación a los sintéticos. Un estudio publicado por Taylor's University, Malaysia, titulado Acoustic Absorption of Natural Fiber Composites indica que existen opciones de tratamientos previos a materiales compuestos de fibras naturales para aumentar sus propiedades frente a la humedad y descomposición bacteriana. Tratamientos alcalinos han mostrado aumentar su protección a la descomposición y disminuye su absorción de humedad, aun que aún son procedimientos en desarrollo y exploración (Mamtaz et al., 2016).

Se incluyó en la comparación los paneles Hera Design, citados anteriormente en los referentes del proyecto. Las desventajas de este producto se les asocia principalmente al componente del cemento, ya que es un material cuya degradación es bastante compleja y larga. La industria del cemento es responsable del 7% de todo el CO₂ que se genera en el mundo, siendo este gas el principal responsable del calentamiento global (Davalos 2013, citado en Pilcán 2016). Cabe el cuestionamiento en cuanto a los paneles Hera Design de si es efectivamente beneficioso promover la utilización de un material altamente contaminante como materia prima para sus productos. Por otro lado se adiciona que es un producto de origen importado, lo que lo hace menos accesible a nivel nacional y menos beneficioso en relación al costo de huella de carbono asociado a su transporte.



MATERIAL	Lana de Vidrio	Lana Mineral	Espuma de Poliuretano	Paneles Hera Design	Material Compuesto
TIPO	Sintético	Sintético	Sintético	Compuesto Natural	Compuesto Natural
ESPESOR	50 mm	50 mm	35 mm	25 mm	30 mm
NRC (α)	0,52	0,66	0,50	0,75	0,60

Fuente: Elaboración propia en base fichas técnicas Acusonic y Hera Design.

PROS Y CONTRAS MATERIAL COMPUESTO COMO ABSORCIÓN ACÚSTICA

PROS	CONTRAS
Alto Coeficiente de Absorción Acústica	Bajo comportamiento frente a la humedad
Biodegradable	Baja resistencia Mecánica
Compuesto por materiales provenientes de recursos renovables	Bajo comportamiento frente a la corrosión y descomposición bacteriana
Inocuo para la salud humana y el Medio Ambiente	
Bajo Costo	
Recursos Locales	

Fuente: Elaboración propia en base a Mamtaz, et al, 2016.





9.4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de la etapa de caracterización, en conjunto con la información de la literatura obtenida sobre aplicaciones de materiales compuestos por fibras y polímeros naturales, se definió la aplicación concreta del material hacia la absorción acústica.

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

Para efectos de los objetivos del proyecto, en cuanto al reciclaje del aserrín, los materiales de absorción acústica cubren un amplio mercado de revestimiento en el ámbito de la construcción, lo que permite que cantidades considerables de aserrín pueden ser recicladas.

10

DISEÑO DEL PRODUCTO

10.1. CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN

Se delimitó el contexto de implementación del proyecto hacia el revestimiento acústico de espacios interiores. Específicamente se limita al área de espacios de uso comunitario, que bajo el manual de Diseño Acústico de Espacio Arquitectónicos, por Antoni Carrión Isbert, es entendido por lugares cerrados de concurrencia pública o privada con un grado habitual de ocupación medio o elevado (Carrión, 1998, pag 128). Son por ejemplo, restaurantes, bares, cafeterías, oficinas, comedores, salas de conferencia o aulas, recepciones, etc. La limitante en cuanto al carácter performativo del producto para estos contextos de implementación, en donde tendrán una concentración elevada de personas, radican principalmente en garantizar la existencia de confort acústico y asegurar una correcta inteligibilidad de la palabra como sonido.

10.2. CLIENTES Y USUARIOS

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.

10.2.1.

ENTREVISTA

Ingeniero en Sonido



Fuente: LinkedIn

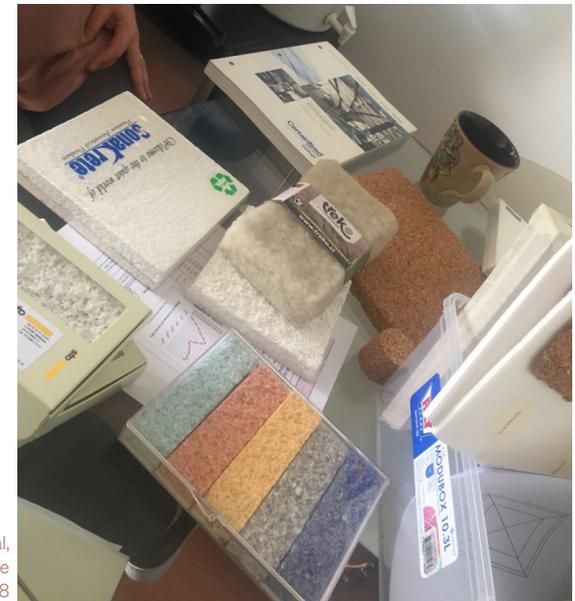
Verónica Wulff

Ingeniero en Sonido

Trabaja en Absorbe, empresa de Ingeniería Acústica que presta asesoría especializada para el diseño de espacios acústicos.

A partir de una entrevista con Verónica Wulff, se obtuvo información relevante sobre el tipo de cliente potencial para el desarrollo del producto. Los Ingenieros en Sonido se encargan de asesorar a arquitectos y constructoras en cuando al acondicionamiento acústico de todo tipo de espacio, y de recomendar tanto el tipo de materiales como las variables constructivas y objetivos que se quieren lograr. Maneja un amplio catálogo de productos y materiales acústicos de distintos proveedores, por lo que su principal requerimiento es contar con información técnica de los productos y materiales. Este tipo de cliente ejerce una gran influencia en el proyecto, ya que son los que finalmente recomendarían y/o optarían por el uso de las placas de absorción acústica. A partir de una entrevista se discutió sobre aplicaciones del material compuesto para placas de absorción acústica y se delimitó que existen escasas soluciones a nivel nacional en cuanto a revestimiento acústico de materiales naturales. También se hicieron comparaciones con materiales existentes para evaluar sus potencialidades y debilidades.

Fotografía registro personal,
Visita a Absorbe
Noviembre, 2018



10.3. PROTOTIPOS

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 en un contexto determinado influyeron sistemáticamente en la definición de variables y limitantes.

Dentro del contexto de espacios interiores, el producto se limitó a un formato de revestimiento de pared en forma modular 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, 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 instalación 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, optimizando las cualidades de absorción y maximizando la cantidad de aserrín utilizado.

10.3.1.



TESTEO 1

APROXIMACIÓN A GEOMETRÍAS, TAMAÑOS 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 a 30x30 cm, y el espesor mínimo de 3 cm ensayado, para mantener su condición de absorción acústica.

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.





Se descartó
trabajar con
caras verticales
debido al proceso
de desmolde.



Se necesitaba trabajar
con cantos más definidos.



A partir de los primeros acercamientos de las propuestas de geometría, se decidió trabajar en un formato ortogonal pensando en la factibilidad de recubrir paredes en su totalidad. Los primeros prototipos en polietileno fueron relevantes para determinar que los ángulos debían ser mucho más pronunciados y definidos para el desmolde.

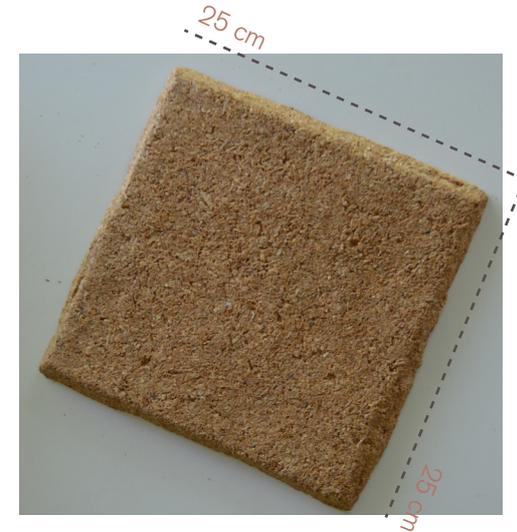
TESTEO 2

PROTOTIPO CUADRADO 25x25CM Y
MOLDE DE SILICONA

Para testear la factibilidad del desmolde en cuanto a los ángulos y dimensiones definidas, se hizo una matriz en madera para después sacar su contramolde en silicona de baño. En la etapa de caracterización del material compuesto, el molde de silicona había dado buenos resultados, pero se quería corroborar en un tamaño más grande y la definición de los cantos.



Si bien se logró que el material no se adhiriera al molde, dadas las características de la silicona no se podía generar mucha presión a la masa y la inestabilidad del molde generaba que a veces la forma se rompiera al desmoldar. También fue complicado el proceso de generar el molde, ya que para sacar la matriz en algunos cantos se rompió la silicona. No se veía como un buen formato para generar formas más complejas, por lo que se descartó utilizar la silicona para el molde.



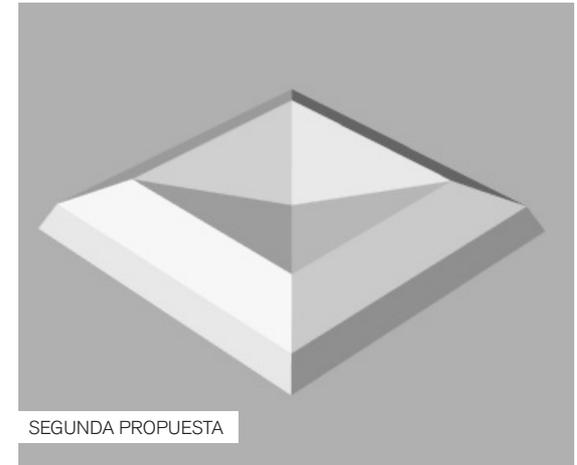
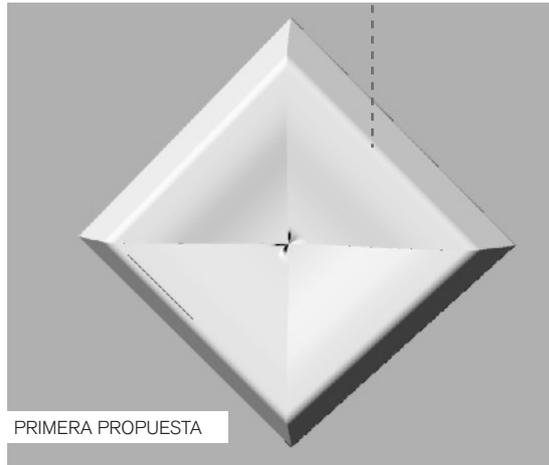
Fácil desmolde

En cuanto al primer prototipo, se logró buena estabilidad del material en las dimensiones y espesor definido. En cuanto a los cantos se observó que las terminaciones quedaban mal acabadas, por lo que se optó en las etapas siguientes un ángulo más pronunciado para lograr mejor terminación.

TESTEO 3

PROPUESTA VISUAL Y AUMENTO DE SUPERFICIE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

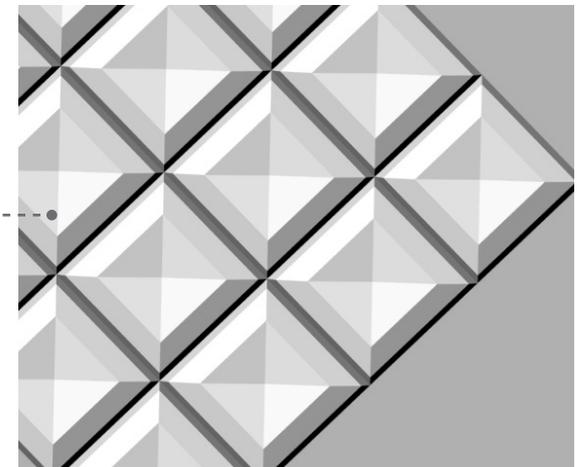
La exploración de la forma para generar una propuesta visual atractiva, fue de la mano con el concepto de variar la textura, para obtener una mayor superficie relativa de material absorbente en la cara expuesta del módulo. Considerando esta variable, se exploraron diseños de superficies que lograran distintos juegos visuales, y que a la vez variaran la superficie. Al ser una aplicación de revestimiento, se tomó en consideración el factor de la luz que podía generar juegos con distintos sacados y las sombras.



- Canto muy pronunciado, se le agregó un segundo pliegue a la forma



REFERENTE ARQUITECTÓNICO - Palacio de Diamante, Ferrara, Italia.

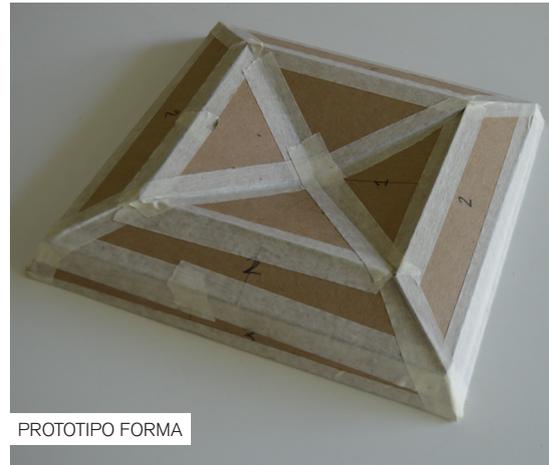
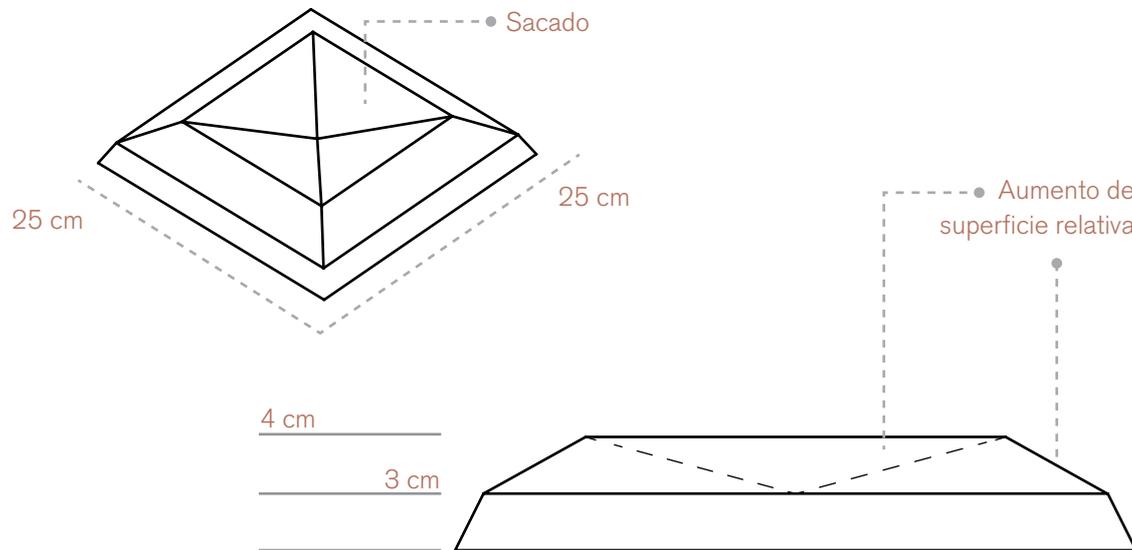


Exploración de propuesta modular

TESTEO 4

PROTOTIPO CUADRADO RELIEVE 25x25 CM
Y MOLDE EN FIERRO

Tomando la geometría piramidal de base cuadrada como referencia, se decidió que fuera un sacado hacia adentro del módulo para que la unión de las cuatro aristas no quedaran expuestas y fuera un punto frágil de la forma. También se quiso mantener una estructura plana vista desde las laterales, para proporcionar facilidad de transporte y apilamiento. Se aumentó el espesor de la placa a 4 cm, para delimitar que la profundidad del punto central de las aristas tuviera el espesor mínimo de 3 cm requeridos para la absorción acústica. A partir de un prototipo en cartón se verificaron los ángulos propuestos y la forma propuesta.



Se decidió realizar un molde con láminas de hierro dado que el molde de silicona no había funcionado. Considerando que se iba a trabajar un molde en formato laminar, en donde se tenía que considerar uniones de soldadura, se exploró una forma simétrica pensando en pliegues geométricos para lograr distintos ángulos y variación en la superficie expuesta.



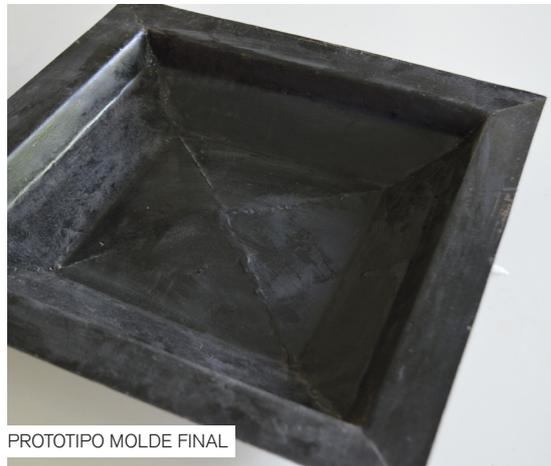
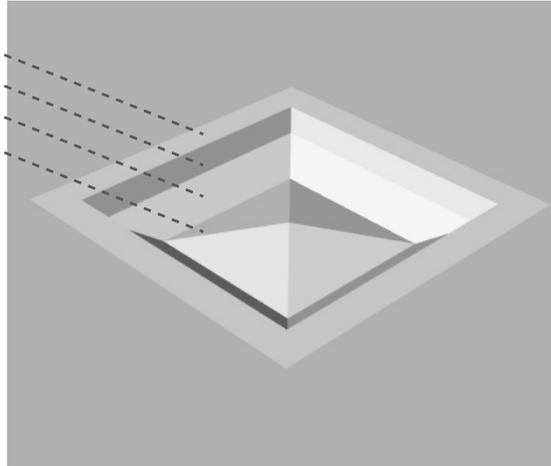
El molde fue pensado en el negativo de la forma del módulo, que al ser simétrico requería fabricar las geometrías principales que conforman la forma para replicarse y unirse entre sí. Se hizo un prototipo rápido en cartón para testear las medidas y ver la factibilidad de hacerlo en hierro. Se definió hacerlo en una lámina de 3 mm de espesor, y con ayuda de los maestros de Schwarz-Haus, lograron hacer puntos pequeños de soldadura sin dañar la geometría propuesta.

PROTOTIPO FINAL

PROTOTIPO CUADRADO RELIEVE 25x25 CM

Pliegues

1
2
3
4



PROTOTIPO MOLDE FINAL

Se logró un buen desmoldeo y resultados de la forma propuesta. El formato del molde permite que sea desmoldado directamente en la mesa de secado, y el molde puede ser directamente usado para otro módulo. El poder usar la misma matriz para una producción secuencial de placas facilita el proceso productivo pensado en una mayor escala. Para producir el módulo se ejerce presión manualmente, y la relación de aserrín y pegamento siguió siendo la propuesta inicialmente, 3:1.



Una vez seco el molde, se consideró que estaba muy pesado en relación a su volumen, pensando en su contexto de aplicación en la pared como revestimiento. Siendo el producto diseñado desde su material, al definir una aplicación concreta del mismo, variables en su composición podrían ser cambiadas para cumplir de mejor manera los objetivos del producto en cuestión. En la etapa siguiente se desarrollan variaciones del material en relación a los módulos de revestimiento acústico.

2 VARIACIÓN EN EL MATERIAL

VARIABLES DE DISEÑO

REDUCCIÓN DE PESO

DENSIDAD MÍNIMA DE 0,4 KG/m³

Tomando en cuenta los resultados del prototipo 1 en cuanto a su peso, se decidió reducir la cantidad de adhesivo en el compuesto del material. Al tener una densidad cercana al 1, el adhesivo es el responsable de la mayor cantidad de peso agregado al material. También tomando en cuenta los objetivos específicos del proyecto, la variable aserrín no se quiere disminuir por módulo sino aumentar en lo posible. Reducir el adhesivo también era positivo ya que reduce el costo en materias primas por módulo.



Los testeos para la reducción de peso fueron hechos tomando en consideración que los materiales absorbentes tienen que tener una densidad situada entre 40 y 70 Kg/m³, ya que si es menor existen pocas pérdidas de fricción del sonido, y si es mayor, existe menos penetración de la onda sonora y por ende mayor reflexión (Carrión, 1998). Tomando en cuenta que el volumen del formato propuesto es de 1639 ml, para obtener una densidad mínima de 0,4 gr/m³ el módulo debería pesar entre 650 y 680 gr. Los primeros prototipos pesaban 800gr, por lo que hubo que hacer una reducción de 200 gr en adhesivo.



Testeos para reducción de peso. Finalmente se llegó a una composición de 800 gr de Adhesivo y 255 gr de aserrín.

Reducir la cantidad del adhesivo implica probablemente disminuir la rigidez del material, pero dada la aplicación concreta propuesta como revestimiento de absorción acústica, se tomaron decisiones de diseño en base al contexto específico en donde el material no es sometido a cargas ni a manipulaciones, sino que es más beneficiario mejorar sus condiciones como placa de revestimiento acústico.

3 INSTALACIÓN DEL PRODUCTO

VARIABLES DE DISEÑO

INSTALACIÓN A LA PARED

SEPARACIÓN DEL MÓDULO PARA OPTIMIZACIÓN ACÚSTICA (3 - 8cm)

Al investigar sobre mecanismos de instalación de paneles de revestimiento, la mayoría de las soluciones en el mercado son a partir de adhesivo de contacto, por lo que se optó por testear la factibilidad de usar ese tipo de mecanismo de instalación. El aspecto negativo de esta solución, es que el adhesivo para la instalación habría sido muy difícil de separar en la etapa final del producto, comprometiendo el carácter biodegradable del material compuesto desarrollado. Sumado a esta variable, se considera también que al colocar un material absorbente a una cierta distancia de una pared rígida, se aumenta el coeficiente de absorción acústica (Carrión, 1998). A partir de una consultoría con Verónica Wulff, Ingeniero en Sonido, se delimitó un rango de distancias entre 3 y 8 cm, las cuales aumentan el coeficiente de absorción en los rangos del sonido necesario para el contexto de aplicación propuesto. Se decidió prototipar distintos mecanismos de instalación para considerar la variable de poder separar el módulo de la pared para usos posteriores.

TESTEO 1 ADHESIVO DE CONTACTO

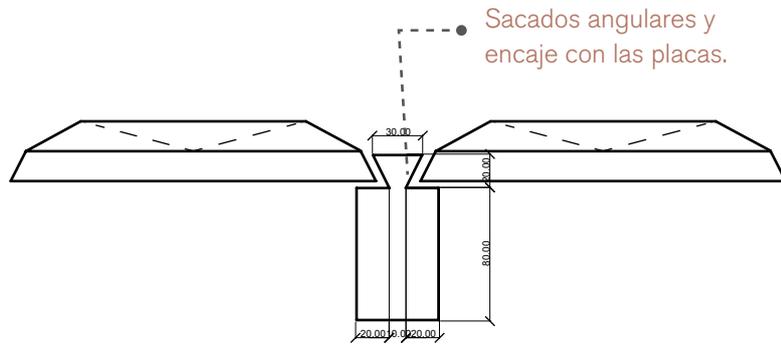


Para testear el adhesivo de contacto se tuvo que lijar la placa para lograr una superficie regular.



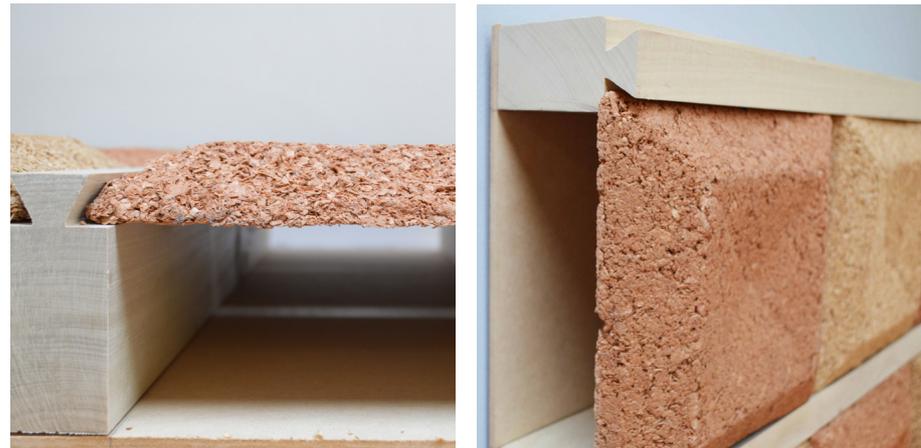
TESTEO 2

MARCO COLA DE MILANO
SEPARACIÓN 8 CM



El primer testeo fue pensado mediante un mecanismo "cola de milano", en donde a una estructura de soporte se le realiza sacados angulares para encajar los cantos de las placas. La misma estructura le proporcionaría la separación de las placas de la pared. El sacado en ángulo del soporte permitiría sostener las placas manteniendolas rígidas en su lugar. Se prototipó unos listones para testear el ángulo determinado.

Si bien el mecanismo funcionó, se descartó esta opción por ser demasiado protagonista en relación a las placas de revestimiento. Una solución como esta implicaría un costo muy elevado de materiales extras, y afectaría en el aspecto visual del revestimiento.



TESTEO 3

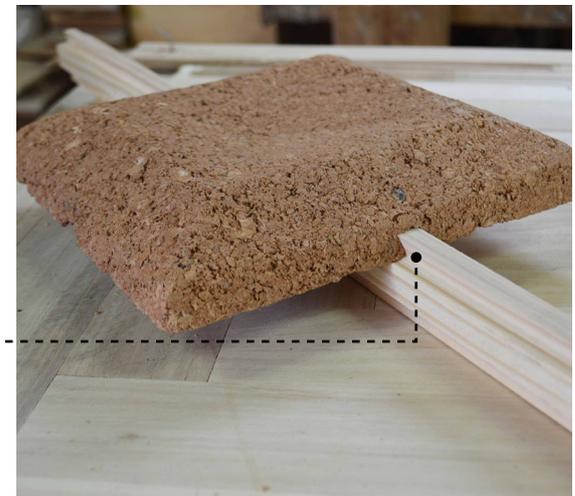
SISTEMA DE ANCLAJE
SEPARACIÓN 3 CM

Dado que el material presentaba buenas propiedades de mecanizado, se optó por hacer una ranura al panel para poder integrar un sistema de instalación. Mediante el mismo corte angular tipo “Cola de Milano”, se diseñaron unos listones a modo de soporte de los paneles. Este mecanismo permitiría instalar los paneles al muro y generar una separación de los mismos de la pared.

Se obtuvieron buenos resultados en donde se logró generar un corte lo suficientemente definido para que las placas pudieran deslizarse en el listón. Finalmente se incluyeron dos ranuras por placa para generar una mayor estabilidad.



Perfil “cola de milano”





propuesta final

11

PRODUCTO

Paneles de Absorción Acústica biodegradables

Como producto final se propone paneles modulares de 25x25cm de 4cm de espesor para el revestimiento acústico de espacio interiores. Para su instalación los paneles pueden ser adheridos directamente al muro o mediante un mecanismo de anclaje a listones de madera. Se incorpora al diseño del producto distintas tonalidades propias de las mismas maderas que dieron origen al aserrín.



| EUCALIPTUS



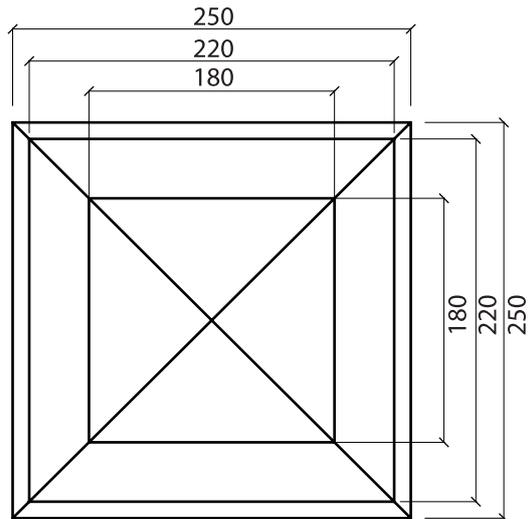
| RAULÍ



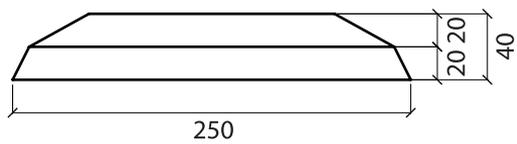
| ALERCE

11.1. PLANIMETRÍAS

VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



11.2. INSTALACIÓN



ADHESIVO DE MONTAJE



ANCLAJE SOBRE LISTONAJES

11.3.
MONTAJE





11.4. NAMING

NAMING ●

El naming seleccionado fue "3 mm", que corresponde al espesor estandarizado de las sierras de corte. Al cortar la madera, son 3 milímetros lo que se pierde de material y queda como residuo aserrín. Por esto, el nombre alude al proceso originario propio de la manufactura de la madera.



LOGOTIPO ●

En el diseño del logotipo se decidió agregar una bajada, "Revestimiento Acústico", aludiendo al producto y su funcionalidad final como material de absorción acústica.

TIPOGRAFÍA

La tipografía seleccionada fue Futura por ser una tipografía de palo seco y bases racionalistas. Al ser fundamentada en formas geométricas, aluden al concepto modular del producto y al contexto manufacturero estructurado de la madera.



COLOR

La elección del color fue en base a las tonalidades obtenidas del aserrín provenientes de los distintos tipos de maderas que los originaron.

ISOTIPO ●

Finalmente se incorpora en el diseño la geometría de los paneles, haciendo referencia a su modularidad en cuanto a revestimiento y generando una relación visual característica del producto final.



12

FINANCIAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN

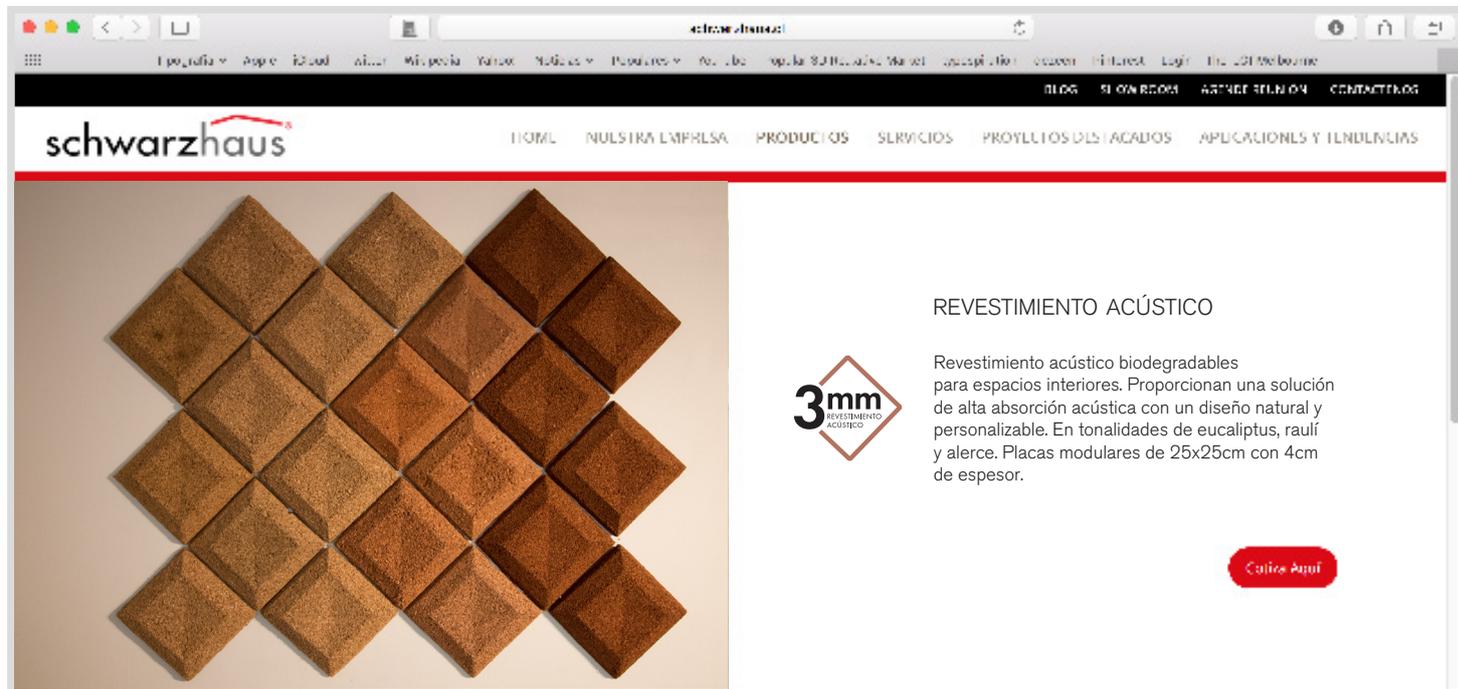
12.1. PROPUESTA DE FINANCIAMIENTO

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. En particular para la empresa Schwarz-Haus, esto conlleva al máximo de aprovechamiento de los recursos con que ya cuenta actualmente.

12.1.1. MODELO DE NEGOCIO

Promoción en base a campañas en la web con adaptaciones/mejoras a la página web de Schwarz-Haus. También se considera el trabajo de venta y promoción directa dirigida a los profesionales del área de la construcción mediante visitas y participación en ferias y eventos del rubro. El modelo incorpora desde la fabricación de los paneles hasta su instalación, mediante los equipos instaladores de pisos con que cuenta la empresa. La capacitación necesaria para la instalación es marginal y consistente con las habilidades y capacidades existentes.

VISUALIZACIÓN PÁGINA WEB



12.1.2.

CANVAS

<p>PROPUESTA DE VALOR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paneles con absorción acústica superior o igual a soluciones existentes - Mayor valor al ser material "eco-friendly" biodegradable - El residuo aserrín es dispuesto obteniendo una rentabilidad significativamente superior en comparación a la solución actual. - Fácilmente escalable a toda la mediana y pequeña empresa del sector carpintería 	<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 promocionando visitas a la página promocional desde buscadores web. - Venta indirecta en canales establecidos de productos de revestimiento (Budnik, Atika, Duomo, Tiendas de Sonido, etc). - Asociación estratégica ("Alliance") con una empresa establecida en el ofrecimiento de soluciones de mitigación acústica en espacios interiores. 	<p>RELACIÓN CON EL CLIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atención directa con plataforma comercial existente en Schwarz-Haus (y otras empresas del rubro). - 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. - Venta del servicio de instalación con los equipos de instalación existentes en Schwarz-Haus. - Agregación de valor con soluciones de mayor precio : diseño con diferentes colores de aserrín, color aplicado sobre los paneles, moldes exclusivos incorporando elementos de identidad del cliente (ejemplo logotipo).
<p>RECURSOS CLAVE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aserrín limpio y pasado por cedazo para eliminar elementos de tamaño excesivo - Dextrina como aglomerante de origen 100% natural - Equipo de mezclado mecánico para generar los volúmenes necesarios del material - Moldes de metal - Horno de secado controlado - Mecanismo de instalación en superficies verticales o cielos 	<p>COLABORADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proveedor de Dextrina - Instaladores calificados - Arquitectos/as y Diseñadores/as del área construcción y remodelación de espacios interiores 	<p>ACTIVIDADES CLAVE</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 PRODUCTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costo del aglomerante Dextrina - Mano de Obra de producción de la masa y los paneles - Gastos Generales del taller de producción de paneles - Mano de obra y gastos generales de instalación

12.1.3.

ESTRUCTURA DE COSTOS

El costo del producto se basa principalmente en el costo de la Dextrina. El costo del aserrín se valorizó en base a su actual costo de oportunidad (venta a empresa avícola). La mano de Obra se consideró como 3 operarios tiempo completo al 80%.

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. 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).

12.1.4.

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 espuma de absorción acústica.

COSTOS DE PRODUCCIÓN PANELES ACÚSTICOS 3MM

<u>Aserrín</u>	<u>Costo Real</u>	<u>Costo de Oportunidad</u>	
	\$ x Kg	\$ x Kg	
Eucaliptus	1,073	34.6	(\$2.941 / 85)
Rauli	1,788	34.6	(\$2.941 / 85)

Mano de Obra

Operador	Remuneración Mes	\$	450,000	
Productividad	Paneles x Día		120	
	m2 x Día		7	Panel de 24 x 24 cms
	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 General Admin.	3%	\$	486,000	

Dextrina

Formula Kg x m2			13.89	
<i>Panel de 24x24 cms utiliza 800 grs Dextrina</i>				
Costo x Kg	\$		656	
<i>\$41.000 / 50 Kg x Tambor; 20% descuento x volumen</i>				
Kg anuales			50,692	
Costo Anual	\$		33,253,988	

<u>Aserrín</u>	<u>Costo Oportunidad</u>	<u>Costo Real</u>	
Fórmula Kg x m2	6.95	6.95	
Costo x Kg	\$	35	\$ 1,073
<i>Costo del aserrín base Eucaliptus (Rauli es \$1.788)</i>			
Kg anuales		25,346	25,346
Costo Anual	\$	876,973	\$ 27,196,288

Costo Anual Produccion/Logistico	\$	1,200,000	\$ 1,200,000
----------------------------------	----	------------------	---------------------

Costo Producción	\$	52,016,961	\$ 78,336,276
	\$ x m2	\$ 14,253	\$ 21,465

12.1.5.

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
Costo 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						
Venta	1 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
Ferias 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
	% sobre Venta antes de Impto	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

12.1.6.

CANTIDAD DE RESIDUO RECICLADO

El modelo arroja buenos resultados de residuo valorizado para los volúmenes generados en la empresa Schwarz-Haus. El porcentaje de aserrín 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.



PROYECCIONES DE ASERRÍN RECICLADO

Revalorización		<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Año 4</u>	<u>Año 5</u>
Ventas Paneles	m2	240	360	540	900	1,200
Aserrín Consumido	Kg	1,670	2,506	3,758	6,264	8,352
	% generación aserrín 2018	8%	13%	19%	32%	42%

12.2. FONDOS CONCURSABLES



CAPITAL SEMILLA EMPRENDE SERCOTEC

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

Fuente: sercotec.cl



PROTOTIPO ECONOMÍA CIRCULAR CORFO

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.

Fuente: corfo.cl



IMPULSO CHILENO SOCIAL LAB - MBA UC

Concurso para potenciar emprendimientos chilenos. Los proyectos ganadores se benefician con un monto para iniciar los emprendimientos. En la versión del presente año, llegaron a la final cuatro emprendimientos relacionados a la madera y a la manufactura como oficio.

Fuente: impulsochileno.cl



WOOD VENTURE DAY CHILE IE BUSINESS SCHOOL MADERA 21

Fondo concursable para Start-ups que pongan en valor la madera como materia prima. Los proyectos seleccionados tienen beneficios como redes de financiamiento externas, redes de inversionistas y/o fondos de inversión y visibilidad en medios y redes sociales.

Fuente: madera21.cl

conclusiones



13. PROYECCIONES

Se estiman proyecciones para el proyecto optimizando el producto dentro de su contexto específico de panel de absorción acústica. 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:

- 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 aserrín, y por ende una mejor adhesión. La reducción del adhesivo es beneficioso en cuanto a costo y peso final del panel.
- Optimizar la forma del panel para cantos más definidos, e integrar el mecanismo de instalación. Con un correcto diseño de molde y contra-molde, se podría mejorar los cantos y hacer las ranuras necesarias para la instalación con el molde. De esta manera no sería necesario una etapa adicional de lijado y corte del panel para las ranuras de instalación.
- Explorar distintas formas y formatos de paneles para ampliar la oferta. Dentro del diseño de acondicionamiento acústico se incluyen paneles de revestimiento en techos y esquineros. Dado que el material compuesto se adapta mediante un pro-

ceso 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.
- Finalmente, bajo cualquier alteración del material compuesto o del producto, se estima necesario hacer una medición final del coeficiente de absorción acústica bajo la norma ISO 354. A diferencia del ensayo realizado en el proyecto, en donde el coeficiente era en relación al material, esta norma incluye hacer el ensayo en una sala denominada cámara reverberante, que incluye factores del formato del panel en relación al espacio.



14

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 sustentablemente valorizar a un residuo abundantemente generado en una empresa Pyme, 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 personal, 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 es una herramienta capaz de generar cambios positivos a todo tipo de contexto y escala.

bibliografía

Adhesives Mag. Packaging EndUser: Starch and Dextrin Based Adhesives. (2005). Recuperado 10 de diciembre de 2018, de <https://www.adhesivesmag.com/articles/84472-packaging-enduser-starch--and-dextrin-based-adhesives>

Alarcón, J. (2012^a). Gestión del Diseño en el Sector Manufacturas de Madera de Chile. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Alarcón, J. & Briede, J. C. (2012b). Estrategias Sustentables, Tableros de Madera. *Interciencia*, 37(No12).

Ashby, M., & Johnson, K. (2002). *Materials and Design*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

Ayala-García, C., & Rognoli, V. (2017). The New Aesthetic of DIY-Materials. *The Design Journal*, 20(sup1), S375– S389. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352905>

Biblioteca del Congreso Nacional (2014, noviembre 27). *Ley Fácil* [Text]. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de <https://www.bcn.cl/leyfacil>

Bilal, A., Lin, R. J. T., & Jayaraman, K. (2017). Rice Husk and its Composites. In V. Thakur, M. Thakur, & M. Kessles (Eds.), *Handbook of Composites from Renewables Materials* (pp. 15–35). New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

Bramston, D., & Maycroft, N. (2014). Designing with Waste. In E. Karana, O. Pedgley, & V. Rognoli (Eds.), *Materials Experience; fundamentals of materials and design* (pp. 123–133). Oxford, UK: Elsevier.

Braungart, M., & McDonough, William. (2002). *Cradle to cradle : remaking the way we make things*. New York, North Point Press.

Buratti, C., Belloni, E., Lascaro, E., Lopez, G. A., & Ricciardi, P. (2016). Sustainable Panels with Recycled Materials for Building Applications: Environmental and Acoustic Characterization. *Energy Procedia*, 101, 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.123>

Carrión, A. (1998). *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Barcelona, España: UPC.

Colegio de Ingenieros Forestales. (2008). *Propuestas para la formulación de una Política Forestal Nacional*. Santiago de Chile.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2005). *Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Santiago de Chile.

Corporación Nacional del Medio Ambiente. (2010). *Primer Reporte del manejo de residuos sólidos en Chile*. Santiago de Chile.

Corporación Nacional Forestal. (2015). *Sector Forestal Chileno. Desafíos y Visión 2015-2035*. Santiago de Chile.

Daian, G. & Ozarska, B., (2009) Wood waste management practices and strategies to increase sustainability standards in the Australian wooden furniture manufacturing sector. DOI:10.1016/j.jclepro.2009.07.008

Design Council (2015). *The Design Process: What is the Double Diamond*. Londres, Inglaterra. Recuperado de <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond>

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Hacia una Economía Circular: Motivos económicos para una transición acelerada*. London.

Espíndola, P. (2017, octubre 26). Desafío de Reciclaje de Sobras de Madera. Recuperado 23 de junio de 2018, a partir de <https://www.ennotive.com/es/desafio-reciclaje-sobras-madera-10k-premios/>

Frihart, C. (2005). Wood adhesion and adhesives. In R. M. Rowell (Ed.), *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton.

Grove, E., & De Saint Pierre, T. (2015). *Innovación en Economía Circular*. Universidad Diego Portales.

Gysling, J., & Soto, D. (2016). *Industria Forestal Primaria en Chile. Período 2006-2015*. Chile: Instituto Forestal.

Huerta, O. (2014). Generación de residuos, Impacto ambiental y posibles aportes desde el Diseño. *Revista Diseña*, 66–73.

Instituto Forestal. (2009). *Actualización de la disponibilidad de residuos madereros generados por la Industria Primaria de la Madera*. Santiago, Chile.

Instituto Forestal. (2017^a). *El Sector Forestal Chileno 2017*. Santiago de Chile.

Instituto Forestal. (2017b). *La Industria de Tableros y Chapas 2017 (No. 158)*. Santiago de Chile. Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). *Informe Anual 2017*. Santiago de Chile.

Kandachar, P. (2014). *Materials and Social Sustainability*. In E. Karana, O. Pedgley, & V. Rognoli (Eds.), *Materials Experience; fundamentals of materials and design* (pp. 91–103). Oxford, UK: Elsevier.

Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Van der Laan, A. (2015^a). *Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experience*. *International Journal of Design*, 9(2), 35–54

Karana, E., Giaccardi, E., Nimkulrat, N., Niedderer, K., & Camere, S. (2017b). *Five Kingdoms of DIY-Materials for Design*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/318787525>

Maloney, T. (1996). *The Family of Wood Composite Materials*. *Forest Products Journal, USA*. 46(2), 19-26.

Maminski, M., & Toczylowska, R. (2017). *Handbook of Composites from Renewables Materials*. In V. Thakur, M. Thakur, & M. Kessles (Eds.), *Handbook of Composites from Renewables Materials* (pp. 151–188). New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

Mamtaz, H., Fouladi, M. H., Al-Atabi, M., & Narayana Namasivayam, S. (2016). *Acoustic Absorption of Natural Fiber Composites*. *Journal of Engineering*, 2016, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2016/5836107>

Mariusz, L., & Toczylowska, R. (2017). *Bio-Derived Adhesives and Matrix Polymers for Composites*. In V. Thakur, M. Thakur, & M. Kessles (Eds.), *Handbook of Composites from Renewables Materials* (pp. 151–188). New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

Mejía, C. (2010). *Materiales en el diseño industrial*. *Iconofacto*, 6(No 7), 108–117.

Ministerio del Medio Ambiente (2015) *Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*, Pub. L. No. Ley No20.920.

Ministerio del Medio Ambiente. (2012). *Informe del Estado del Medio Ambiente 2011*. Santiago de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2018, 9 agosto). *Corfo, Economía y Medio Ambiente lanzan programa de innovación en economía circular pionero en América Latina – MMA*. Recuperado 10 diciembre, 2018, de <http://portal.mma.gob.cl/corfo-economia-y-medio-ambiente-lanzan-programa-de-innovacion-en-economia-circular-pionero-en-america-latina/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente*. Santiago de Chile.

Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (2006). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) (Serie M No. 4) (p. 328)*. New York.

ODEPA. (2013). *Cereales*. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de <https://www.odepa.gob.cl/rubros/cereales>

Parisi, S., Rognoli, V., & Sonneveld, M. (2017). Material Tinkering. An inspirational approach for experiential learning and envisioning in product design education. *The Design Journal*, 20(sup1), 1167–1184. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1353059>

Pizarro, R., & Serrano, M. (2017). Tercer Reporte del Estado del Medio Ambiente (Reporte del Estado del Medio Ambiente). Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

Santillan Gavilanez, R. A., & Landin Sarango, W. D. (2017). Economía Circular y Desarrollo Sostenible; retos y oportunidades de la Ingeniería Ambiental (B.S. thesis).

Scherwin, C., & Bhamra, T. (2000) Innovative Ecodesign: An Exploratory Study, *The Design Journal*, 3:3, 45-56, DOI: 10.2752/146069200789390105

Thakur, M., Thakur, V., & Kessler, M. (2017). Handbook of Composites from Renewables Materials. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

Tischner, U., Schmincke, E., & Rubik, F. (2000). How to Do Ecodesign? A Guide for Environmentally and Economically Sound Design. *Art Book Intl.* Universidad de Chile. (2016).

Estado del Medio Ambiente en Chile, comparación 1999-2015 (Informe País). Santiago de Chile.

Vezzoli, C. (2014). The Material Side of Design for Sustainability. In E. Karana, O. Pedgley, & V. Rognoli (Eds.), *Materials Experience; fundamentals of materials and design* (pp. 91–103). Oxford, UK: Elsevier.

What are bioplastics? (2015). Berlin, Alemania: European Bioplastics.

Zhao, X. (2017). Biomass-Based Formaldehyde-Free Bio-Resin for Wood Panel Process. In V. Kumar Thakur, M. Kumari Thakur, & M. Kessler (Eds.), *Handbook of Composites from Renewable Materials* (pp. 129–149). Massachusetts, USA: Scrivener.

anexos

ENSAYO DE ABSORCIÓN ACÚSTICA ACUSONIC

REPORTE DE ENSAYO ABSORCIÓN SONORA SEGÚN NORMA ISO 10534-2

Reporte N°: ABS-12 **Fecha Ensayo:** Stgo, 1 de Octubre de 2018
Solicitada por: Tamara Andrea Schwarz Appelt
Rut: 18.304.663-2

DATOS MUESTRA

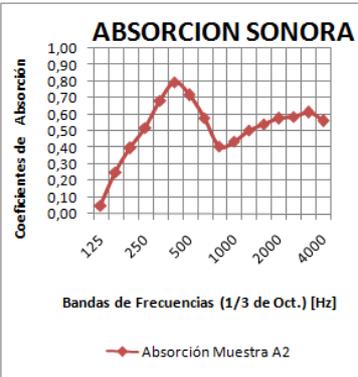
Nombre Comercial : Muestra A2
Descripción Compuesto Aserrín con Almidón Hidrolizado (fibras medias)
Diametro de Muestra: 45 [mm]
Largo 1,5 pulgadas

IMAGEN



COEFICIENTE DE ABSORCION SONORA

Frecuencias (Bandas 1/3 Oct) [Hz]	Coeficientes de Absorción *	
	a [1/3]	a [1 oct]
125	0,05	
160	0,25	
200	0,40	
250	0,52	0,53
315	0,69	
400	0,80	
500	0,72	0,70
630	0,58	
800	0,41	
1000	0,44	0,45
1250	0,50	
1600	0,54	
2000	0,58	0,57
2500	0,59	
3150	0,61	
4000	0,56	



ABSORCION SONORA

—◆— Absorción Muestra A2

Firma



Giovanni Bernini Zamorano
Ingeniero Civil en Sonido y Acústica
Consultor Acústico MINVU

NRC = 0,6
SAA = 0,56

*Absorción de frecuencias en angulo normal 0°

ACUSONIC - Este informe de Inspección ha sido realizado por un Consultor Acústico MINVU, con inscripción vigente, número ROL 2520

FICHAS TÉCNICAS ADHESIVO ITALQUIM





ADHESIVO PG-230

FTVEN034 - 07/17

COMPOSICION

Fórmula propietaria en base a polímeros naturales y coadyuvantes.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARAMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACION
Aspecto	Ninguna	Líquido café claro homogéneo
Viscosidad a 25°C (*)	cps.	1800 – 2200
pH al 10%	Ninguna	8.0 – 9.5
No-volátil	%	28 – 30

(*) Brookfield RVT, spindle 4, 20 rpm, 25°C

PRESENTACION

Adhesivo PG-230 se suministra en:

ENVASE	CONTENIDO NETO (Kg)
Fibrotambor	50
Fibrotambor	100

VIDA UTIL

Usar antes de 6 meses desde la fecha indicada en la etiqueta.

USOS

- Pegado de papel sobre cartón y madera.
- Etiquetado de cajas, cajones y sacos.

APLICACIONES

- Manual con brochas o rodillos.
- Mecanizada, mediante rodillos y ruedas.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

- Almacenar en su envase original bien cerrado.
- Almacenar a temperaturas entre 15 y 30°C.
- Evitar la radiación solar directa.

PRECAUCIONES GENERALES

- Almacenar lejos del alcance de niños o personas no responsables.
- Almacenar lejos de los alimentos.
- Evitar el contacto con la piel u ojos.
- Al manipular usar guantes de goma, mascarilla y anteojos protectores
- No ingerir.
- No exponer al fuego.

Los datos contenidos en esta hoja informativa se proporcionan de buena fe y de manera voluntaria. Química Italquim Ltda. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información, la cual podría ser incompleta o sufrir variaciones.

Camino lo Ruiz 5.200 - Renca • Teléfono: (56-2) 23314480 • www.quimicaitalquim.cl



CERTIFICADO

Quimica Italcuim S. A. por este medio certifica que su producto Adhesivo PG-230 cumple con :

- Decreto Supremo N° 977/2013 actualizado a Julio de 2015 (Reglamento Sanitario de los Alimentos), este producto no contiene polimeros ni monómeros de Estireno, Cloruro de Vinilo, Acrilonitrilo ni otra sustancia utilizada en la fabricación de materias plásticas que puedan ser nocivas para la salud.

- La *Food and Drug Administration (FDA)* no ha establecido restricciones para los aditivos utilizados en este producto.

- Mercosur/GMC/RES N° 27/99 "Reglamento técnico Mercosur sobre adhesivos utilizados en la fabricación de envases y equipamientos Destinados a entrar en contacto con alimentos" teniendo en cuenta que la cantidad de adhesivo es inferior a 100 gramos por kilogramos de papel.

- "*Food and Drug Administration (FDA)*" (21 CFR 175.105) para productos que pueden ser utilizados con seguridad como componente de los artículos previstos para el uso en embalaje, transporte o almacenamiento de alimentos de acuerdo con las condiciones prescritas siguientes:

El adhesivo estará separado del alimento por una barrera funcional o utilizado conforme a las limitaciones adicionales siguientes :

(i) *En alimentos secos* : La cantidad de pegamento que entre en contacto con el alimento seco empaquetado no excederá los límites de las prácticas de buena manufactura.

(ii) *En alimentos grasos y acuosos* :

(a) La cantidad de adhesivo que entre en contacto con los alimentos grasos y acuosos embalados no excederá la cantidad de trazas, en las uniones y en las bordes expuestos de las láminas del envase que puedan existir dentro de los límites de las prácticas de buena manufactura.

(b) Bajo condiciones normales de uso, las uniones o laminas del embalaje seguirán pegadas firmemente sin una separación visible.



- *Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los envases y residuos de envases*, en particular lo normado en el *Artículo 11 "Niveles de concentración de metales pesados en los envases"* por lo que pueden ser usados en la fabricación de envases, siguiendo procedimientos que estén de acuerdo con las prácticas de buena manufactura.

- No contienen Ftalatos o derivados de Ftalatos.

Por lo anterior, si el producto es utilizado bajo procedimientos que estén de acuerdo con las prácticas de buena manufactura y siguiendo las instrucciones entregadas por Quimica Italcuim S. A. no reviste peligro para la salud humana.

Jorge Pérez-Cotapos L.

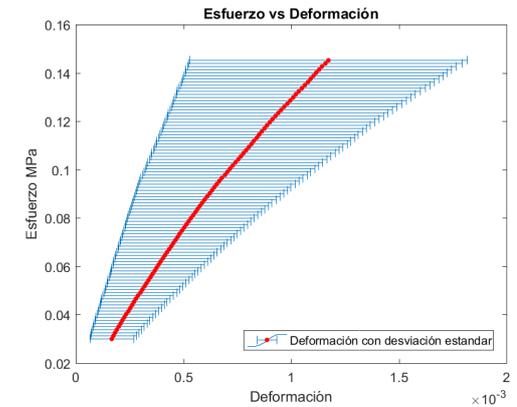
Santiago, 10 de Marzo de 2016.

RESULTADOS

ENSAYOS LABORATORIO BIO MATERIALES USACH

TRACCIÓN

Probeta	Modulo young en GPa	Intercepto en MPa	Coef. Correlacion
1	0.179417888	0.010011157	0.999410606
2	0.053573541	0.01668589	0.998308068
3	0.083234419	0.017437466	0.996610738
4	0.130010679	0.001932832	0.998693944
5	0.153200728	0.011656687	0.999179359
6	0.096485961	0.024321244	0.98600461
7	0.191605571	0.014513951	0.998912757
8	0.237332297	0.036469939	0.997848888
Promedio	0.140607636	0.016628646	0.996871121
STD promedio	0.061582591	0.010298827	0.00447912



FLEXIÓN

Probeta	Esfuerzo Máx Mpa	E prom max inst	E prom max lvdt
1	1.183	0.158293149	0.15712449
2	0.82250914	0.10582843	0.10826515
3	0.63017255	0.09235682	0.09068529
4	0.90766218	0.15388831	0.15731779
5	1.35913847	0.18088287	0.18070993
6	0.63400738	0.06410367	0.06321923
7	0.89830762	0.1337548	0.13934322
8	0.97609531	0.17073767	0.16964521
9	1.10350951	0.18401917	0.18243792
Promedio	0.946044684	0.13820721	0.138749803
STD promedio	0.242035139	0.042263049	0.04220628

