



UNIVERSIDAD
Finis Terrae

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS TEXTILES: UN ENFOQUE HACIA LA FABRICACIÓN DE MUEBLES SOSTENIBLES

JORGE ÁLVAREZ GONZÁLEZ

Trabajo de título presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Finis Terrae,
para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Luis Marcelo Lino Castro

Santiago, Chile

2025

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Situación problema.....	2
1.2	Solución propuesta.....	3
1.3	Objetivos	4
1.3.1	Objetivo General.....	4
1.3.2	Objetivos específicos	4
1.4	Alcance y limitaciones.....	5
1.4.1	Alcances	5
1.4.2	Limitaciones.....	5
2	ESTADO DEL ARTE.....	6
3	MARCO TEÓRICO.....	8
3.1	Aprovechamiento de Residuos Textiles en la Fabricación de Mobiliario ...	8
3.2	Fibra textil	8
3.3	Textiles sus características.....	10
3.4	Reciclaje Mecánico	11
3.5	Materiales compuestos.....	11
3.6	Huella de Carbono.....	12
3.6.1	<i>Enfoques para cuantificar la huella de carbono</i>	12
3.7	Concepto Fast fashion.....	13
3.8	Concepto de Economía Circular	13
3.9	Responsabilidad Extendida del Productor (REP)	14
3.10	Técnica de laminados de material compuesto al vacío	15
3.11	Zona Franca	15
4	METODOLOGÍA.....	17
5	DESARROLLO.	20
5.1	Situación actual.....	20
5.1.1	<i>El impacto ambiental de la industria textil</i>	20
5.1.2	<i>Procesamiento y producción</i>	21
5.1.3	<i>Transporte y distribución</i>	22
5.1.4	<i>Uso del consumidor</i>	23
5.1.5	<i>Fin ciclo de vida</i>	23
5.2	Situación actual en Chile.....	23
5.2.1	Ingreso de prendas en desuso en Chile	24
5.2.2	<i>Zona Franca de Iquique</i>	26
5.2.3	Vertederos y rellenos sanitarios.....	27
5.3	Análisis del impacto medio ambiental producido por la industria textil.....	28
5.3.1	Características de los desechos textiles en Chile.....	28
5.4	Definición de propuesta de solución.....	29
5.5	Estudio técnico.....	30
5.5.1	<i>Ingeniería conceptual</i>	30
5.5.2	<i>Máquinas y equipos</i>	32
5.5.3	<i>Alimentación, cintas transportadoras</i>	33
5.5.4	<i>Cortadora trituradora</i>	33

5.5.5	<i>Transporte y eliminación de impurezas</i>	34
5.5.6	<i>Silo de almacenaje y mezcla automático NODRIX</i>	35
5.5.7	<i>Silo cargador de deshilachadora COMPACTOR</i>	37
5.5.8	<i>Deshilachador</i>	38
5.5.9	<i>Prensado</i>	42
5.5.10	<i>Kit sistemas de vacío</i>	44
5.5.11	<i>Cortadora o enrutadora CNC Fresadora</i>	45
5.5.12	<i>Materiales obtenidos</i>	46
5.5.13	<i>Proyecto conceptual de fabricación mobiliario</i>	47
5.6	Estudio económico	55
5.6.1	Localización de la planta	55
5.6.2	Maquinaria y equipos	57
5.6.3	<i>Materia prima</i>	58
5.6.4	<i>Capital humano</i>	59
5.6.5	Permisos y patentes.....	60
5.6.6	Inversión inicial y financiamiento.....	60
5.6.7	<i>Estrategia de precio</i>	61
5.6.8	<i>Demanda proyectada</i>	62
5.6.9	<i>Potencia eléctrica instalada</i>	63
5.6.10	<i>Consumo de agua</i>	65
5.6.11	<i>Depreciación de maquinaria y equipos</i>	65
5.6.12	Flujo de caja	66
5.6.13	Indicadores económicos.....	66
5.7	Análisis de sensibilidad.....	69
6	DISCUSIÓN	73
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
8	Glosario	76
9	Bibliografía	77
10	ANEXO	81
10.1	Especificaciones técnicas Cortador rotator	81
10.2	Especificaciones técnicas Sistema NODRIX.....	82
10.3	Especificaciones técnicas Alimentación y dosificado al deshilachado. Sistema COMPACTOR.....	83
10.4	Especificaciones técnicas Enrutador CNC.....	84
10.5	Especificaciones técnicas Módulo deshilachador	84
10.6	Moldeo por vacío	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los textiles	10
Tabla 2. Liberación de colorantes según industria.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de la problemática	3
Figura 2 Esquema de economía circular parlamento europeo	14
Figura 3 Ciclo de la Ley REP.....	15
Figura 4 Diagrama proceso industrial textil.....	22
Figura 5 Principales importaciones y exportaciones de textiles en Chile	24
Figura 6 E-Commerce Shop Good-Will	25
Figura 7 Fardos o pacas de ropa de segunda mano.....	25
Figura 8 Mapa demostrativo triple frontera	26
Figura 9 Desierto de Atacama, dunas de ropa.....	27
Figura 10 Caracterización de residuos por comuna de Tarapacá	29
Figura 11 Esquema de planta reciclaje textil	31
Figura 12 Layout flujo en planta.....	32
Figura 13 Cintas transportadora	33
Figura 14 Cortadora trituradora.....	33
Figura 15 Esquema de Cortadora trituradora	34
Figura 16 Ventilador de transporte y dispositivo Z.....	35
Figura 17 Silo de almacenaje	36
Figura 18 Interior máquina NODRIX (Silo de almacenaje).....	36
Figura 19 Silo cargador	37
Figura 20 Vistas generales COMPACTOR	38
Figura 21 Deshilachadoras en conexión	38
Figura 22 Esquema de mesa de sistema de entrada.....	39
Figura 23 Esquema de mesa de sistema de entrada.....	40
Figura 24 Esquema de regulación de alimentación.....	41
Figura 25 Esquema rodillo deshilachador	41
Figura 26 Esquema rodillo deshilachador	42
Figura 27 Vista Prensa	43
Figura 28 Vista lateral y frontal filtro Mod. FA/9	43
Figura 29 Kit sistema de vacío	44
Figura 30 Kit sistema de vacío	44
Figura 31 Cámara de vacío	45
Figura 32 Enrutadora CNC	46
Figura 33 Rellenos	46
Figura 34 Membrana.....	47
Figura 35 Sistema de moldeo al vacío conceptual	49

Figura 36 Sistema de moldeo al vacío conceptual	50
Figura 37 Fresadora CNC.....	51
Figura 38 Diseño conceptual sofá	52
Figura 39 Diseño conceptual sofá	53
Figura 40 Diseño conceptual sofá	53
Figura 41 Relleno textil.....	54
Figura 42 Diseño conceptual sofá	55
Figura 43 Proyecto es el sector Alto Molle.....	56
Figura 44 Proyecto es el sector Alto Molle.....	57
Figura 45 Maquinaria y equipos.....	58
Figura 46 Materias primas	59
Figura 47 Mano de obra	59
Figura 48 Permisos y patentes.....	60
Figura 49 Inversión inicial.....	60
Figura 50 Financiamiento.....	61
Figura 51 Gráfico comparativa de precios.....	61
Figura 52 Proyección de precios.....	62
Figura 53 Mercado de muebles.....	62
Figura 54 Demanda proyectada.....	63
Figura 55 Calculo de potencia.....	64
Figura 56 Consideraciones eléctricas	64
Figura 57 Consumo eléctrico.....	64
Figura 58 Cálculo de consumo de agua	65
Figura 59 Depreciación y amortización de maquinaria y equipos	65
Figura 60 Flujo de caja	66
Figura 61 Formula CAMP.....	67
Figura 62 Formula WACC.....	67
Figura 63 Datos WACC	67
Figura 64 Evolución de los flujos de caja económicos.....	69
Figura 65 Evolución del saldo acumulado.....	69
Figura 66 Sensibilidad en las ventas.....	70
Figura 67 Sensibilidad en el precio de ventas	70
Figura 68 Sensibilidad en los costos de producción.....	71
Figura 69 Sensibilidad en los gastos operacionales.....	71
Figura 70 Cuadro comparativo análisis de sensibilidad.....	72

RESUMEN

La industria textil es una de las más contaminantes a nivel global, generando cerca del 10 % de las emisiones de carbono, el 20 % de las aguas residuales y un consumo energético superior al de los sectores de aviación y transporte marítimo combinados. En Chile, gran parte de la ropa usada importada, principalmente desde Asia, termina como residuo. Se estima que, de las 59.000 toneladas que ingresan anualmente, aproximadamente 39.000 se convierten en desecho textil. Esta acumulación ha provocado impactos ambientales importantes, especialmente en el norte del país, donde se han formado vertederos ilegales que contaminan suelos, afectan la biodiversidad y representan un riesgo de incendios.

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un proceso industrial que permita reutilizar residuos textiles como materia prima para la fabricación de muebles, aportando a la reducción de desechos y fomentando la economía circular. Para ello, se realizó un análisis del consumo y la producción textil a nivel mundial, del impacto medioambiental de esta industria y del ingreso de ropa usada a Chile. Además, se caracterizaron los desechos textiles disponibles, se evaluaron las tecnologías necesarias para su procesamiento y se analizó la viabilidad económica de su reutilización.

Los resultados indican que existe un potencial real para la transformación de residuos textiles en materiales útiles para la industria del mueble, siendo técnica y económicamente viable la implementación de una planta en la región de Atacama. Esta propuesta contribuye a disminuir el impacto ambiental, al mismo tiempo que promueve una alternativa sustentable e innovadora dentro del sector productivo.

Palabras claves

Economía Circular, Reutilización, Valorización de residuos, Industria Textil, Reciclaje.

ABSTRACT

The textile industry is among the most polluting sectors globally, accounting for approximately 10% of carbon emissions, 20% of global wastewater, and consuming more energy than the aviation and maritime transport sectors combined. In Chile, a significant portion of imported second-hand clothing—mainly from Asia—ultimately becomes waste. It is estimated that out of the 59,000 tons entering the country annually, approximately 39,000 tons are classified as textile waste. This accumulation has led to serious environmental impacts, particularly in the northern regions, where illegal dumping sites have emerged, contaminating soil, threatening biodiversity, and increasing the risk of fires.

This project aims to develop an industrial process to repurpose textile waste as raw material for furniture manufacturing, thereby contributing to waste reduction and promoting a circular economy. To achieve this, an analysis was conducted on global textile consumption and production trends, the environmental impact of the industry, and the importation of second-hand garments into Chile. Additionally, the available textile waste was characterized, the necessary technologies for its processing were evaluated, and the economic feasibility of its reuse was assessed.

The findings indicate a strong potential for transforming textile waste into valuable materials for the furniture industry. The implementation of a processing plant in the Atacama Region is both technically and economically feasible. This proposal not only helps reduce environmental impact but also presents a sustainable and innovative alternative for the national industrial sector.

Key words: *Circular Economy, Reuse, Waste recovery, Textile Industry, Recycling.*

1 INTRODUCCION.

La moda rápida, o fast fashion, ha transformado la industria textil al priorizar la velocidad en la producción y distribución para responder de forma inmediata a nuevas tendencias. Marcas como Zara, Topshop y H&M han adoptado este modelo (Cachon & Swinney, 2011), que ha llevado a una producción masiva de prendas, muchas de las cuales son desechadas sin siquiera ser usadas. Esta lógica, sin un enfoque claro en sus consecuencias ambientales, genera un impacto profundo y aún poco visibilizado.

Entre 1996 y 2018, los precios de la ropa en la Unión Europea bajaron más del 30 % en términos reales. Aun así, desde el 2000, el consumo ha aumentado, aunque con menor gasto. La renovación constante de colecciones ha reducido la vida útil de la ropa, y actualmente cada europeo desecha alrededor de 11 kg de textiles al año. La mayor parte se incinera o termina en vertederos, mientras el reciclaje sigue siendo mínimo.

Según EAE Business School, entre 2009 y 2016 el gasto mundial en vestuario creció un 18,75 %, con China, Polonia, Israel y Rumanía a la cabeza (EAE Business School, 2017). Para 2020, cinco países —China, Estados Unidos, Japón, Reino Unido y Alemania concentraban casi el 74 % del gasto global. En este contexto, la gestión del conocimiento es clave para avanzar hacia una industria más responsable (Barney, 1991).

En España, cerca del 90 % de los residuos textiles termina en vertederos, y solo un 5–8 % se recicla o reutiliza (CONAMA, 2018). Esta situación refleja la urgencia de soluciones sostenibles: los textiles tardan siglos en degradarse, contaminan aire, suelos y aguas, y representan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.

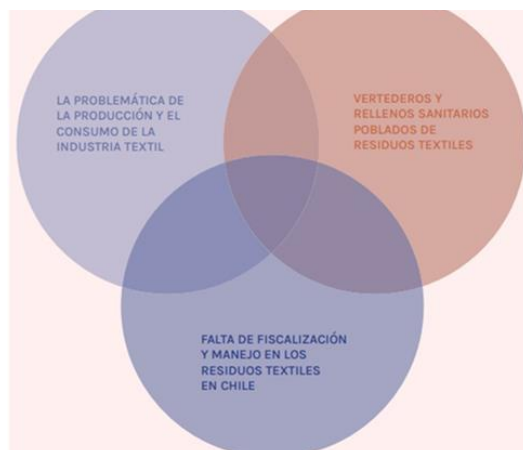
1.1 ***Situación problema***

Esta acumulación masiva de residuos textiles genera múltiples consecuencias negativas que afectan tanto al medio ambiente como a la calidad de vida de las comunidades cercanas. En primer lugar, desde el punto de vista ambiental, la ropa descartada no es biodegradable en su mayoría, ya que muchas prendas están compuestas por fibras sintéticas derivadas del petróleo, como el poliéster, las cuales pueden tardar cientos de años en descomponerse. Esto genera una carga persistente sobre los ecosistemas donde se depositan, afectando la estructura del suelo, alterando procesos naturales y liberando microplásticos y sustancias químicas al entorno.

Además del impacto sobre el suelo, estos vertederos textiles ilegales se convierten en focos de contaminación visual y sanitaria. La acumulación descontrolada de ropa puede favorecer la proliferación de vectores infecciosos, como roedores e insectos, y aumentar significativamente el riesgo de incendios debido a la inflamabilidad de los materiales textiles, lo que representa una amenaza directa a la seguridad de las personas y al entorno natural.

En términos territoriales, esta situación afecta principalmente al norte de Chile, en zonas como Alto Hospicio, donde la presencia de grandes montañas de ropa desechada altera el paisaje, degrada el entorno urbano y genera conflictos sociales y ambientales. Según datos de la Zofri, en 2021 ingresaron al país 59 mil toneladas de ropa usada, de las cuales aproximadamente 39 mil toneladas no lograron ser comercializadas y terminaron como residuo textil, evidenciando la magnitud del problema y la falta de sistemas eficaces de gestión y valorización de este tipo de desechos (Reyes Packe, 2023).

Figura 1 Diagrama de la problemática



Nota. Diagrama muestra el conflicto entre problemáticas existentes

1.2 ***Solución propuesta.***

Esta propuesta plantea un proceso industrial para dar una nueva vida a los desechos textiles, transformándolos en materiales útiles para la fabricación de muebles. A través del reciclaje mecánico, se busca convertir estos residuos en materias primas que puedan reintegrarse a un modelo de producción más sostenible.

El proceso comienza con la selección y clasificación de los textiles según su composición. Luego, los materiales se trituran para obtener fibras de distintos tamaños, que serán tratadas en fases posteriores. Según sus propiedades, estas fibras se convertirán en aglomerados o se utilizarán como refuerzo en materiales compuestos. Finalmente, se mezclarán con resina epoxi para crear nuevos compuestos resistentes, duraderos y estéticamente atractivos, ideales para muebles de alto rendimiento.

Más allá de su valor técnico, esta solución contribuye a reducir el volumen de residuos textiles y ofrece una alternativa sostenible para la industria del mobiliario.

1.3 **Objetivos**

Los objetivos que guiarán el desarrollo de este proyecto se presentan a continuación en el punto 1.3.1 y punto 1.3.2.

1.3.1 **Objetivo General**

El objetivo general de este proyecto es desarrollar un proceso industrial para transformar desechos textiles en materia prima para la fabricación de muebles, contribuyendo así a la reducción de residuos textiles.

1.3.2 **Objetivos específicos**

- **Analizar los antecedentes del consumo textil a nivel mundial:** Estudiar las tendencias de consumo y producción textil globales para entender la magnitud del problema de los desechos textiles.
- **Evaluar el impacto medioambiental de la industria textil:** Realizar un análisis detallado de cómo la industria textil afecta el medio ambiente, con especial énfasis en los desechos generados.
- **Examinar la situación actual en Chile en cuanto al ingreso de prendas textiles:** Evaluar la cantidad y origen de las prendas textiles que ingresan al país y su contribución al volumen de desechos textiles.
- **Caracterizar los desechos textiles en Chile:** Identificar y clasificar los tipos de desechos textiles presentes en el país, evaluando su cantidad, calidad y potencial de reutilización como materia prima en procesos industriales.
- **Diseñar un proceso técnico-industrial para la reutilización de residuos textiles:** Identificar y analizar tecnologías y maquinarias adecuadas para el manejo y transformación de residuos textiles, incluyendo etapas como extrusión, corte, deshilachado, tamizado y prensado, con el fin de obtener materiales aptos para su posterior conformación. Este objetivo contempla la adaptación de líneas productivas y la selección de equipos específicos para desarrollar una planta de procesamiento que permita transformar los residuos textiles en insumos para la fabricación de mobiliario.
- **Realizar un análisis y evaluación económica:** Determinar la viabilidad económica de la reutilización de desechos textiles para la fabricación de materia prima para muebles, mediante el análisis de costos de procesamiento.

1.4 ***Alcance y limitaciones***

1.4.1 Alcances

- La investigación abarca únicamente al estudio técnico-económico de un proceso industrial de reutilización de desechos textiles.
- El estudio explorará el impacto medioambiental producido por toda la cadena de la industria textil.

1.4.2 **Limitaciones**

- Falta de actualización de datos y registros de la cantidad real actual de desechos textiles. Capacidad de procesamiento versus el desecho producido.
- Falta de conciencia en la población con respecto al manejo de sus desechos.

2 ESTADO DEL ARTE.

Desde 2010, la Ellen MacArthur Foundation ha impulsado con fuerza el concepto de economía circular, especialmente en la industria textil. Esta perspectiva considera los residuos como recursos valiosos, dada la creciente escasez de materias primas y el exceso de desechos generados globalmente. En este modelo, los textiles de alta calidad pueden prolongar su vida útil mediante reparación, reventa o upcycling, mientras que aquellos sin valor de reuso, como los provenientes del fast fashion, deben destinarse al reciclaje (Weetman, 2016).

Como respuesta, han surgido diversas iniciativas que apuntan a transformar la industria. En 2019, el Fashion Pact, presentado en la Cumbre del G7, marcó un hito. Este acuerdo, promovido por Emmanuel Macron y François-Henri Pinault, busca combatir el cambio climático, restaurar la biodiversidad y proteger los océanos. A él se han sumado marcas de lujo como Hermès y Chanel, y también grandes del mercado masivo como H&M, Inditex y Adidas. Estas empresas han iniciado acciones como eliminar la incineración de excedentes (Burberry), cambiar materiales (Adidas), o impulsar investigaciones en sostenibilidad (Inditex, MIT). Otras iniciativas incluyen campañas de consumo responsable como “Piensa. Luego Compra” (Adolfo Domínguez), la reutilización de neumáticos (Victoria), o la recolección de residuos marinos para crear hilo reciclado (ECOALF, Greenpeace, 2019).

Gracias a estos esfuerzos, las emisiones de CO₂ de la industria textil europea bajaron de 11.464 millones de toneladas en 2008 a 8.699 en 2017. Sin embargo, el desafío persiste. La ONU, junto a Kerry Bannigan, lanzó la Conscious Fashion Campaign, y también la Fashion Industry Charter for Climate Action, que busca emisiones netas cero al 2050, abordando temas como descarbonización, logística y nuevos materiales (Juárez, 2018).

El upcycling ha ganado espacio en las grandes pasarelas. Durante la temporada otoño-invierno 2020, diseñadores como Gabriela Hearst, Marine Serre y Maison Margiela presentaron colecciones con materiales reciclados o reutilizados, marcando

una nueva pauta para la moda sostenible. Iniciativas como el Reto para el Futuro de la Moda Sostenible de Vogue Italia y Yoox refuerzan esta línea (Chan, 2020).

Organizaciones como Textile Exchange, formada por más de 400 compañías, también lideran este cambio, ofreciendo herramientas y estándares para fomentar el uso de fibras sostenibles desde 2002. En este mismo marco, la innovación tecnológica ha abierto nuevas vías. Por ejemplo, la empresa australiana Nanollose Ltda desarrolló un proceso que convierte residuos orgánicos en celulosa microbiana, evitando el uso de tierras agrícolas, agua y pesticidas (Nanollose Ltda, s.f.).

Por otro lado, instituciones como el Instituto Central de Investigaciones del Cuero y el Consejo de Investigación Científica e Industrial de la India han desarrollado compuestos de resina y nanocompuestos a partir de fibras de polímeros mezclados con residuos de pieles y algodón. Estos materiales ofrecen gran potencial por su ligereza y resistencia, aunque aún se enfrentan al desafío de la estandarización en sus procesos y resultados (Nanollose Ltda, s.f.).

3 MARCO TEÓRICO.

3.1 *Aprovechamiento de Residuos Textiles en la Fabricación de Mobiliario*

El aprovechamiento de residuos textiles en la fabricación de mobiliario representa una solución innovadora y sostenible frente al creciente problema ambiental generado por los desechos de la industria textil. Este enfoque se enmarca dentro del modelo de economía circular, que promueve la reutilización y valorización de materiales para extender su ciclo de vida y minimizar residuos (Muthu, 2014). El proceso de transformación mecánica, que incluye la trituración y clasificación de fibras según sus características, permite la producción de materiales compuestos que combinan fibras recicladas con resinas, generando placas reforzadas con alta resistencia estructural (Cabeza & Moreira, 2020); (Pickering, 2006). Estudios recientes confirman que estos materiales son aptos para la fabricación de muebles funcionales y estéticamente atractivos, contribuyendo a reducir la demanda de recursos vírgenes y la contaminación ambiental (González & Sainz, 2018). Así, este método no solo agrega valor a los residuos textiles, sino que también impulsa prácticas sostenibles en la industria del mueble, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y gestión responsable de recursos.

3.2 *Fibra textil*

Los textiles es todo material solido pero flexible creados a partir de una unidad fundamental, un filamento plegable conocido como fibra. De acuerdo con su origen se pueden clasificar como: Clasificación de las fibras. (Kadolph, 2007)

- **Clasificación de las fibras**

Los textiles pueden ser clasificados en 3 grandes grupos:

- a) **Fibras Naturales:** Son las fibras que la naturaleza proporciona en alguna forma. Las fibras naturales son las que más aportan en cuanto a cantidad. Dentro de esta clasificación se subdivide correspondiente a las fibras naturales.

- Fibras de origen vegetal: Son aquellas fibras provenientes de los vegetales, por lo general celulósicas, estas se subdividen en:
 - Fibras de tallo: lino, cáñamo, ramio
 - Fibras de semillas: algodón, ceiba, cocotero
 - Fibras de hojas: formio, esparto, miraguano
 - Fibras de raíz: agave
- Fibras de origen animal: Fibras provenientes de animales, dentro de ella se puede subdividir en:
 - Fibras de pelo: Dentro de este subconjunto se menciona a la lana como el más importante, esta puede ser proveniente de diversos animales, como, por ejemplo: ovejas, cabras, de diversos camélidos.
 - Fibras de seda: Filamento producido en la naturaleza, elaborado por la larva del gusano de seda.
 - Fibras de origen mineral: Fibras pertenecientes al reino mineral, son inorgánicas como el asbesto, fibra de vidrio, amianto, fibras de oro o de plata o

b) Fibras Artificiales: La principal base de materia prima corresponde a un componente natural, pero el filamento es artificial, se subdivide en:

Fibras proteicas: Derivadas de proteínas animales como el "lanital" de caseína de leche o de fibras vegetales como el "Ardil" del maní.

- Fibras celulósicas Se catalogan como rayón", sustituye artificialmente a la seda, existen diferentes tipos de rayón"; rayón cuproamonio, rayón viscoso, rayón acetato, rayón triacetato, rayón HWM y rayón nitrocelulosa.
- Fibras algínicas Rayón alginato.

c) Fibras sintéticas: Fabricación con materia prima química, se clasifican por la forma de obtención:

- Por policondensación Poliamida como el Nylon, Perlon, Enkalon, PET como My- lar, Melinex y poliéster como Tergal, Terlenka, Terylene, Trevira, Darcon.

- Por polimerización Fibras acrílicas como Acrylan, orlon, leacril, crilenka fibras polivinílicas como el Rhovyl, Thermovyl, Courlene; fibras olefícas, o del polietileno, como saran, o polipropileno; fibras de poliuretano, como el elastano o Lycra.

3.3 *Textiles sus características*

Los textiles se emplean como materia prima o son en sí mismos telas propiamente tal, empleadas para fabricar una amplia gama de productos principalmente ropa, calzados, muebles y otros. Los más comunes se representan en la tabla

Tabla 1. Características de los textiles

Nombre	Clasificación	Característica
Acrílico	Sintético	Suave y poca absorción
Afelpado	Natural	Alta capacidad para absorber
Alpaca	Natural	Fibra ligera y con brillo suave
Batista	Natural o sintética	Ligera fina y transparente
Bouclé	Natural o mixta sintética	Superficie irregular de hilos rizados y áspera
Cambray de lino	Natural o sintética	Fina, ligera y semitransparente
Chalí	Natural o mixta sintética	Ligera, lisa y suave
Chambre	Natural o mixta sintética	Semi-áspera
Cibelina	Natural o mixta sintética	Ligera
Cuero	Natural	Depende del tipo de cuero
Damasco	Natural	Material firme
Dril	Natural	Tipo sarga
Dupioni	Natural o mixta sintética	Brillante con efecto flamé
Elastano (Lycra)	Sintética	Elástica
Espumilla	Natural	Chata, rugosa y semitransparente
Faille	Natural o mixta sintética	Fibra gruesa
Gabardina	Natural o sintética	Terminación rígida, tela fuerte tipo sarga
Gamuza	Sintética	textura suave y homogénea
Gasa	Natural o sintética	Tela fina, semitransparente
Henán	Natural o mixta sintética	Trama lisa y ligera
Jersey	Natural o mixta sintética	Alta elasticidad transversal
Lana	Natural o mixta sintética	Alta capacidad térmica y resistente
Nailon	Sintético	Resistente y no absorbente
Otomán Poliéster	Natural o mixta sintética Sintético	Pesada con líneas transversales Baja capacidad absorción
Rayón	Mixta sintética	Fina y ligera
Terciopelo	Natural o mixta sintética	Felpa corta, textura suave y lustrosa

Vicuña	Natural	Suave, ligera y lustrosa
Vinilo	Sintético	Impermeable y viscoso

Nota. Tipos de textiles naturales, sintéticos y mixtos con sus diferentes características

Fuente. (Playerasmark, s.f.)

3.4 **Reciclaje Mecánico**

El reciclaje mecánico de textiles es un proceso mediante el cual los textiles usados se descomponen en sus componentes básicos, como fibras, para ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos o materiales. Esta técnica permite la recuperación de materiales sin alterar significativamente su composición química, manteniendo su integridad para su posterior uso en diversas aplicaciones industriales. (Hawley, 2006)

3.5 **Materiales compuestos**

Un material compuesto es el resultado de combinar dos o más componentes insolubles con propiedades distintas, con el fin de obtener un nuevo material con características superiores a las de sus elementos por separado. Aunque existen ejemplos en la naturaleza, como la madera o el hueso, la mayoría de estos materiales son desarrollados por el ser humano, combinando elementos cerámicos, metálicos o poliméricos para lograr propiedades como mayor resistencia, rigidez o menor peso. Para considerarse compuesto, el material debe permitir la separación de sus componentes sin alterar su naturaleza, mejorar sus propiedades finales respecto a los materiales originales, contener cada componente en al menos un 5% y presentar un comportamiento anisótropo, es decir, con propiedades que varían según la dirección. A diferencia de los materiales tradicionales, que suelen sacrificar alguna propiedad al potenciar otra, los compuestos permiten combinar resistencia, ligereza y durabilidad de forma equilibrada. Según su composición, pueden clasificarse por el tipo de matriz (polimérica, metálica o cerámica) o por el tipo de refuerzo (fibras, partículas o laminados). Esto les permite adaptarse a un amplio rango de aplicaciones industriales, desde la fabricación de componentes en los sectores aeroespacial, automotriz y de la construcción, hasta el desarrollo de equipos deportivos o tecnologías para energías renovables. Las técnicas de fabricación más comunes incluyen procesos como moldeo por inyección, pultrusión,

laminación o transferencia de resina, dependiendo del tipo de compuesto y su uso final. (Callister & Rethwisch, 2020)

3.6 **Huella de Carbono**

La huella de carbono es un indicador que permite cuantificar el impacto climático de actividades, productos o servicios mediante la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), expresadas en toneladas de CO₂ equivalente. Esta herramienta es clave para identificar acciones que contribuyen al cambio climático y orientar decisiones hacia un uso más eficiente de los recursos. (BSI Group, 2011)

Existen distintos enfoques para su cálculo, cada uno con metodologías reconocidas internacionalmente:

3.6.1 Enfoques para cuantificar la huella de carbono

La huella de carbono puede ser abordada dependiendo del enfoque o alcance específico. Para cada uno de estos enfoques existen diferentes protocolos o metodologías reconocidas internacionalmente. Los enfoques son básicamente los siguientes:

Enfoque corporativo: Cuantifica las emisiones de una organización en un periodo determinado, clasificadas en tres alcances: emisiones directas (fuentes propias), indirectas por consumo energético y otras emisiones indirectas vinculadas a actividades externas como transporte o residuos.

Enfoque de ciclo de vida de un producto o servicio: Analiza las emisiones generadas a lo largo de toda la cadena de valor, desde la extracción de materias primas hasta el fin de su vida útil. Este enfoque es ampliamente utilizado en Europa y Japón, siendo reconocida la metodología del BSI Group solicitada por el gobierno británico.

Enfoque en las personas: Estima la huella de carbono de una persona según sus hábitos de consumo, permitiendo visualizar el efecto de las acciones cotidianas sobre el clima.

Enfoque en Eventos: Considera las emisiones generadas por actividades como transporte, alimentación, electricidad e insumos utilizados en la organización de eventos. Este enfoque busca, en muchos casos, lograr la certificación como "evento carbono neutral" mediante la compra de bonos de carbono. Algunos ejemplos notables incluyen el festival Lollapalooza y la COP 16 en Cancún.

Enfoque Territorial: Calcula las emisiones dentro de un área geográfica definida (comuna, región, isla), permitiendo la formulación de planes de mitigación a escala local. En Chile, han realizado este ejercicio la Isla de Pascua, el archipiélago Juan Fernández y la Región Metropolitana.

Enfoques específicos por Industria: Se enfoca en sectores productivos específicos, evaluando sus emisiones en todas las etapas de producción. Este enfoque puede promover mejoras en eficiencia y competitividad. En Chile, la industria vitivinícola ha sido pionera en su implementación.

3.7 **Concepto Fast fashion**

El fast fashion es un modelo de producción acelerada y masiva de ropa, basado en tendencias efímeras que promueven el consumo constante y la renovación frecuente del vestuario, más por presión del mercado que por una necesidad real del consumidor. Esto genera una enorme cantidad de prendas cada temporada, muchas de las cuales son desechadas tras poco o ningún uso, reflejando un consumo volátil y poco sostenible. Este patrón está estrechamente vinculado a la obsolescencia programada, que limita intencionalmente la vida útil de los productos, ya sea por fallos funcionales, baja calidad o pérdida de valor percibido al quedar fuera de moda. Como resultado, se incrementa la generación de residuos textiles y el uso intensivo de recursos, lo que hace urgente la implementación de estrategias circulares y de reutilización en la industria de la moda. (Joy, Sherry, Venkatesh, Wang, & Wang, 2012)

3.8 **Concepto de Economía Circular**

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas

las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

En la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional. (Ellen MacArthur Foundation, 2019)

Figura 2 Esquema de economía circular parlamento europeo



Nota. El esquema enfatiza la reducción de residuos al reintegrarlos al sistema productivo. Tomada de (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2020)

3.9 **Responsabilidad Extendida del Productor (REP)**

La Ley N 20.920, Ley marco para la gestión de residuos, la Responsabilidad Extendida al Productor y fomento al reciclaje, es el marco legal en materia de residuos y de fomento al reciclaje. Esta Ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y otros instrumentos de gestión de residuos, tales como el Fondo para el reciclaje y nuevas atribuciones al Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. (República de Chile, 2016)

Figura 3 Ciclo de la Ley REP



Nota. Se establece que la empresa que genera residuos es responsable de financiar su propio reciclaje de. Tomada de (El Observador, 2022)

3.10 **Técnica de laminados de material compuesto al vacío**

La técnica del moldeo asistido por vacío consiste en crear presión sobre un laminado durante su ciclo de curado. La presurización del laminado cumple varias funciones. Primera, remueve el aire atrapado entre capas. Segunda, compacta las capas de refuerzo por transmisión de fuerzas, proporcionando laminados más uniformes. Tercera, evita que la orientación del laminado se modifique durante el curado. Cuarta, reduce la humedad. Quinta, y quizás la función más importante, la técnica de vacío optimiza las relaciones refuerzo-matriz en las piezas de materiales compuestos. (Fuentes & López, 2018)

3.11 **Zona Franca**

Las zonas francas en Chile son áreas geográficas delimitadas que operan bajo un régimen especial tributario, aduanero y de comercio exterior, con el objetivo de fomentar el desarrollo económico en regiones extremas del país. Destacan la Zona Franca de Iquique y la de Punta Arenas, con extensiones hacia las regiones de Arica y Parinacota, Aysén, Magallanes y la provincia de Palena.

Entre los beneficios para los residentes de estas zonas se encuentra la liberación del pago de derechos de aduana por menaje, herramientas o vehículos importados, aplicable a quienes se trasladen de forma definitiva tras cumplir ciertos requisitos.

Además, las empresas ubicadas en estas zonas acceden a exenciones de impuestos, como el Impuesto a la Renta de Primera Categoría y el IVA por operaciones realizadas dentro de la zona franca. (Cavada Herrera , 2023)

4 METODOLOGÍA.

Con objeto de poder alcanzar los objetivos expuestos anteriormente, se han seguido los pasos enunciados a continuación:

- **Estudio de la situación actual del sector textil**

En primer lugar, se ha llevado a cabo un estudio de la situación actual del sector textil. Realizando un análisis exhaustivo del consumo textil a nivel mundial, revisando informes, tendencias y estadísticas globales en la producción. Dicho análisis permitió dimensionar la magnitud de la problemática ambiental inmersa en los desechos textiles.

- **Descripción cualitativa del ciclo de vida de los textiles**

Luego, se han descrito de forma cualitativa cada una de las etapas del ciclo de vida de un textil. Este análisis se ha centrado en cada una de las etapas de forma individual, desde la producción de fibras, fabricación y distribución, hasta el consumo y disposición final. Este análisis incluyó una revisión de estudios, informes y fuentes académicas, para identificar los impactos medioambientales asociados a cada una de las etapas, como el uso intensivo de recursos hídricos, emisión de gases de efecto invernadero, y generación de desechos sólidos.

- **Caracterización de los desechos textiles en Chile**

Se realizó un levantamiento de datos para examinar la situación actual en Chile en cuanto a la generación de desechos textiles. Sobre todo, se centra en identificar la cantidad, origen y composición, además de obtener información de puntos críticos de entrada de estos potenciales desechos. Para ello, se recopilaron estadísticas nacionales y regionales, obtenidas principalmente por zonas francas de nuestro país, además de estudios internacionales enfocados en nuestros desiertos de desechos textiles ubicados en el norte de Chile.

- **Estudio del impacto ambiental de la industria textil**

Una vez caracterizado los desechos textiles, se realizó un análisis detallado

de los efectos ambientales asociados. Este análisis incluyó la revisión de investigaciones científicas, estudios de casos y modelos cuantitativos para estimar el impacto del sector en términos de contaminación emisiones de carbono, y uso de recursos naturales.

– **Identificación de tecnologías y maquinaria para reutilizar desechos textiles**

En primera instancia se llevó una investigación técnica para identificar tecnologías adecuadas para el manejo de desechos textiles, dentro de las investigaciones se dio un fuerte referente dentro de la industria de reutilización de recursos se adaptaron varias líneas de productos para dar finalmente con una planta de residuos textiles, que se basa en la extrusión del material textil para ir cortándolo, posteriormente ir deshilachando, para que este pueda ser tamizado finamente y prensado para ser utilizado en todas su fases como materiales propicios para otras fabricaciones. En su fase posterior se investigó los elementos y técnicas para llevar dichos materiales a una forma concreta.

– **Evaluación económica**

Para determinar la viabilidad económica del proyecto, se realizó un análisis financiero basado en un caso base y diversos escenarios. Se evaluaron costos de inversión, operación y mantenimiento de la tecnología de reutilización de desechos textiles, así como posibles ingresos generados por la comercialización de los productos finales. Además, se consideraron distintos escenarios de mercado. Esta evaluación permitió estimar la rentabilidad y sostenibilidad económica de la operación.

– **Propuesta de reutilización de desechos textiles**

Finalmente, se desarrolló una propuesta para dar una segunda vida a los desechos textiles mediante su reutilización como materia prima para la fabricación de muebles.

Esta propuesta incluye un concepto de idea innovadora, en donde se realiza

un bosquejo de cómo se podría utilizar estas tecnologías para dar una inmersión en la contribución con el planeta.

5 DESARROLLO.

A continuación, se presentan los principales puntos para el desarrollo de los objetivos que han guiado este trabajo de investigación.

5.1 Situación actual

- **Antecedentes de consumo a nivel mundial**

Las necesidades que tiene por naturaleza el humano se ven reflejado en el impulso de satisfacer necesidades psicológicas y fisiológicas, las primeras aristas de estas necesidades son completamente de necesidades básicas, pero luego estas son creadas fruto a la producción y al consumismo (Baudrillard, 1970).

Hoy por hoy se le denomina canal invertido donde las empresas de producción controlan los comportamientos del mercado, al dirigir y modelar las actividades sociales y sus necesidades (Baudrillard, 1970)

5.1.1 El impacto ambiental de la industria textil

La industria textil depende de materias primas que generan un alto impacto ambiental. El algodón, que representa más del 43 % de las fibras utilizadas en la ropa del mercado de la UE (Europa, 2024), demanda grandes cantidades de tierra, agua, fertilizantes y pesticidas. Aunque el algodón biológico reduce significativamente estos impactos, su adopción es aún limitada.

El poliéster, fabricado a partir de combustibles fósiles, es no biodegradable. Según el Plan de Acción Europeo sobre la Confección (ECAP), una carga de ropa de poliéster puede liberar hasta 700.000 microfibras plásticas que contaminan el medio ambiente y pueden llegar a la cadena alimentaria. Se estima que unas 500.000 toneladas de estas microfibras acaban en los océanos cada año.

Por su parte, las fibras celulósicas artificiales (MMC), como la viscosa o rayón, se derivan de pulpa de madera y, aunque son biodegradables y renovables, su producción ha más que duplicado desde 1990, generando preocupación por el abastecimiento sostenible de celulosa.

5.1.2 **Procesamiento y producción**

La preparación de materias primas, hilar, trenzar, dar brillo, o acabados como la pigmentación, todos estos procesos consumen mucha energía en los que se utilizan grandes cantidades de agua, aguas que luego cambian su estatus a aguas residuales, estas contienen una gran parte de contaminantes de diferente naturaleza. Principalmente se destacan los colorantes, asciende a cercano los 10.000 pigmentos utilizado en el proceso de teñido. La principal fuente emisora de colorantes es la industria textil (Solis, y otros, 2013).

A continuación, se presenta tabla de comparación en la liberación de colorantes en el ambiente en las principales industrias:

Tabla 2. Liberación de colorantes según industria.

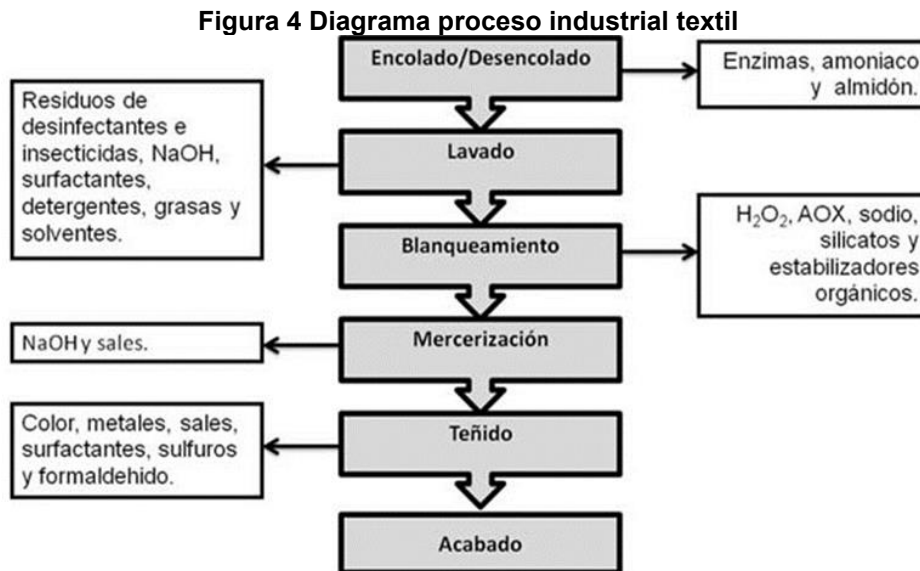
Industria	Cantidad de agua generada(m3/Ton)	Concentración de color (Und. Hazen)
Textil	120 m3/Ton de fibra	1100-1300
Curtido	28 m3/Ton de piel	400-500
Destilería	12 m3/Ton de alcohol producido	200-300
Azucarera	0.4 m3/Ton caña triturada	150-200
Cervecería	0.25 m3/Ton cerveza producida	200-300

Fuente. (Solis, y otros, 2013).

Algunas causas de la toxicidad acuática son las sales como NaCl y Na₂SO₄ (provenientes del teñido), agentes surfactantes como fenoles, metales pesados que están presentes en los colorantes, compuestos orgánicos como solventes clorados (provenientes del lavado y la limpieza de máquinas), biocidas como el pentaclorofenol (proveniente de fibra de lana contaminada) y aniones tóxicos como el sulfuro (presente en algunos colorantes), entre otros (Cortazar, Coronel, Escalante, & González).

A continuación, se muestra parte del proceso que se lleva a cabo en la industria textil y los contaminantes que se generan (Dos-Santos, Cervantes , & Van-Lier, 2007.). En el proceso de teñido se generan una gran cantidad de efluentes con colorantes ya que alrededor del 30 % de estos compuestos se pierden debido a las

ineficiencias del proceso de teñido y son descargados a los efluentes. El uso de una amplia variedad de colorantes químicos da origen, en periodos cortos de tiempo, a efluentes extremadamente variados en su composición, que requieren de un tratamiento de aguas muy complejo (Nigam, Banat, Singh, & Marchant, 1996).



Nota. Liberación de residuos químicos en las diferentes etapas del proceso de fabricación textil. Adaptado de (Días, Sampaio, & Bezerra, 2007).

El colorante Azul 19 presenta una vida media de 46 años a 25 °C y pH 7.0, lo que evidencia su alta persistencia ambiental (Hao, Kim, & Chang, 2000). Los colorantes en general muestran baja fijación a las telas, con concentraciones en efluentes que pueden superar los 1.500 mg/L. Además, más del 90 % de ellos resiste tratamientos convencionales como los lodos activados, debido a sus estructuras químicas estables frente a la luz solar, agentes químicos y degradación microbiana (Días, Sampaio, & Bezerra, 2007). Algunos colorantes azo y sus productos de degradación, como las aminas aromáticas, han sido identificados como potencialmente carcinogénicos y mutagénicos (Brown & De Vito, 1993; Chung & Stevens, 1993).

5.1.3 Transporte y distribución

Aunque la mayoría de las materias primas y productos textiles se importan a la UE mediante largas rutas de transporte, esta etapa representa solo el 2 % del impacto climático total del sector gracias a la optimización logística de grandes empresas

(Pulse of the Fashion Industry, 2017–2019). No obstante, genera residuos considerables como envases, etiquetas, perchas y bolsas, además de una alta proporción de productos no vendidos que son finalmente desechados.

5.1.4 Uso del consumidor

Según el estudio del CCI (Cámara de Comercio Internacional) (CCI, s.f.), tiene la mayor huella medioambiental en el del ciclo de vida de la ropa, debido al agua, la energía y los productos químicos (principalmente detergentes) utilizados en el lavado, secado y planchado, y los micro-plásticos que se desprenden del agua.

5.1.5 Fin ciclo de vida

Los datos sobre el destino final de la ropa desechada en la UE son escasos y poco actualizados. Se estima que entre el 15 % y el 20 % de los textiles fueron recogidos para su reutilización o reciclaje en 2005, mientras que la mayoría aún se incinera o termina en vertederos, liberando metano (Asociación Ibérica de Reciclaje Textil, s.f.). Un informe de ECAP (2019) destaca grandes variaciones entre países, con tasas de recolección del 11 % en Italia (2015) frente al 70 % en Alemania (2011). Actualmente, la oferta de ropa de segunda mano supera la demanda en la UE, y gran parte es exportada a Asia o África, lo que ha generado críticas por su posible impacto en las industrias locales. No obstante, se concluye que la ropa usada no sustituye significativamente la producción local, y que los residuos textiles europeos no se exportan como desechos.

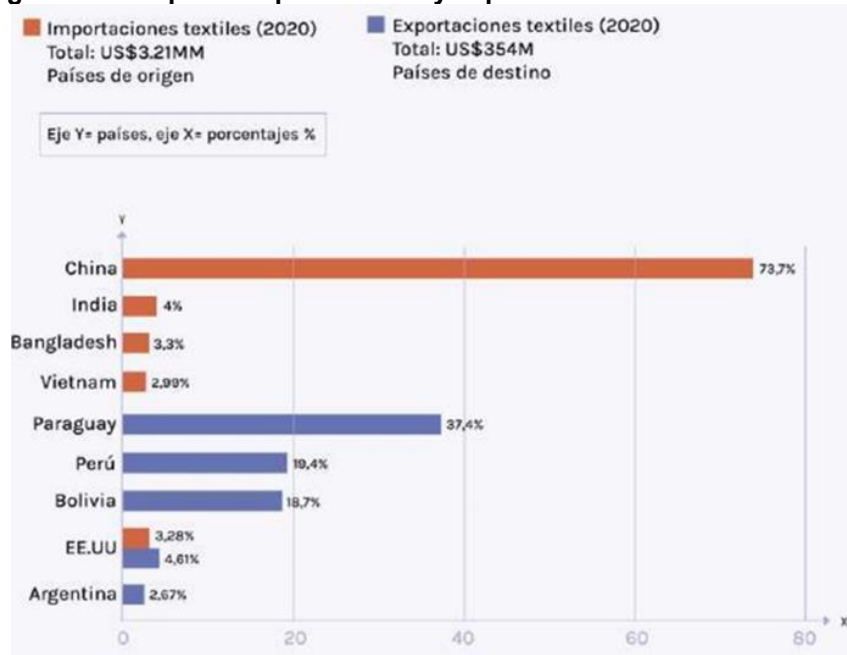
5.2 Situación actual en Chile

En cuanto al comercio en Chile, en el año 2020 importó \$3,4 miles de millones de dólares en textiles, ubicándose en el puesto 46 como el importador más grande en el mundo. En ese mismo año, los textiles se ubicaron en el puesto 6 como el producto más importado en el país. En el caso de las exportaciones, durante el mismo año alcanzaron \$354 millones de pesos, ubicándose en el puesto 83 como el exportador más grande en el mundo, y a los textiles como el 13 producto más exportado en el país (The Observatory of Economic, 2022).

Esto quiere decir que Chile importa más cantidades de textiles en comparación a las cantidades que exporta, por ende, existe una diferencia importante que circula dentro del país una vez que ingresa, en donde se encuentra la ropa de segunda mano.

En el siguiente gráfico de la figura 1, se muestran los principales países desde los cuales Chile importa una mayor cantidad de textiles, es decir, prendas nuevas. Se encuentra primeramente China (US\$2,37 Miles de Millones), luego India (US\$129 Millones), Bangladesh (US\$106 Millones), EE.UU (US\$105 Millones), y Vietnam (US\$96,1 Millones). En el caso de los principales destinos de exportación, se encuentra Paraguay (US\$133 Millones). Perú (US\$68.8 Millones). Bolivia (US\$66.4 Millones). EEUU (US\$16.3 Millones). y Argentina (US\$9.45 Millones) (OEC,2020).

Figura 5 Principales importaciones y exportaciones de textiles en Chile

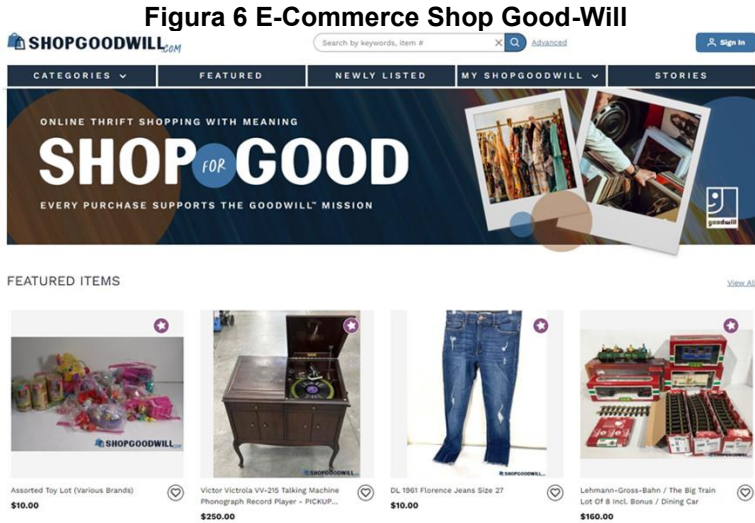


Nota. Gráfico que evidencia orígenes de las importaciones. Tomado de (The Observatory of Economic, 2022)

5.2.1 Ingreso de prendas en desuso en Chile

En Chile, se importan anualmente grandes volúmenes de ropa usada, mayoritariamente desde EE. UU. y Europa, para luego ser redistribuidos a países latinoamericanos como Perú, Bolivia y Brasil. Aunque muchas de estas prendas

proviene originalmente de países como Tailandia, Bangladesh o Haití, su comercialización ha cobrado fuerza desde fines del siglo XX, impulsada por ONG que recaudan donaciones con fines sociales, como capacitación laboral o apoyo a grupos vulnerables (Hernández & Louleiro, 2017). Un ejemplo destacado es la organización sin fines de lucro estadounidense GoodWill, con más de 120 años de trayectoria y presencia en 156 localidades, que recibe donaciones de artículos usados en buen estado para su venta, generando empleo inclusivo y sostenible (Shop Good-Will, 2024).



Nota. Captura de la web de Shop Good Will, donde se puede apreciar la venta de ropa de segunda mano. Tomada de (Shop Good-Will, 2024)

La mayoría de la ropa donada a ONG proviene de países como Estados Unidos, Alemania, Canadá, Bélgica y los Países Bajos. Estas prendas se recolectan, clasifican y empaican en fardos para luego ser exportadas, por tierra o mar, a destinos como Chile.



Nota. Fardos o pacas dispuestas para la distribución. Tomada de (Ropa Usada Web, 2024)

Entre 2011 y 2016, las importaciones de ropa usada en Chile aumentaron cerca de un 2,8 %, según Data Chile. La legislación vigente desde 1975 permite la entrada de diversos productos, excepto aquellos que comprometan la seguridad, la moral o la salud. En zonas francas como Iquique y Punta Arenas, las mercancías se consideran extranjeras, están libres de impuestos y pueden reexportarse sin restricciones. Las donaciones de ropa ingresan mayoritariamente por el norte del país, donde se comercializan localmente o se envían a otros destinos en América Latina.

5.2.2 Zona Franca de Iquique

En la Zona Franca de Iquique, al norte de Chile, el comercio de ropa usada ha crecido gracias a su ubicación estratégica y la facilidad de circulación fronteriza, permitiendo que inmigrantes trabajen clasificando estas prendas (Icarte Ahumada, Torres Torres, & Ramos Rodríguez, 2018). En el caso de Perú, este comercio está prohibido por razones sanitarias y de protección al consumidor, lo que ha impactado negativamente a su industria textil (Sarango, 2018). Aun así, en Tacna existe un mercado ilegal tolerado que se abastece desde Arica, donde llega ropa de cadenas globales (Dilla & Álvarez, 2018).

Figura 8 Mapa demostrativo triple frontera



Nota. Diagrama triple frontera entre Chile, Bolivia y Perú. Modificada de (Foro económico mundial)

5.2.3 Vertederos y rellenos sanitarios

El número de veces que una prenda es utilizada antes de ser descartada ha disminuido en un 36 % en los últimos 15 años, lo que refleja una tendencia hacia un consumo textil más acelerado y descartable, mientras que la producción de ropa sigue un patrón de crecimiento continuo y lineal (Larios, 2019). Esta dinámica incrementa significativamente la generación de residuos textiles.

En Chile, cuyo comportamiento de consumo es similar al de los países desarrollados, se estima que el 7 % de los 401,5 kg de basura que genera anualmente cada persona corresponde a textiles (Calvo & Williams, 2019). Aunque no existe una categorización clara de estos residuos, un levantamiento realizado en 2018 reveló que el país importa alrededor de 60.000 toneladas de ropa usada al año, de las cuales cerca de 29.000 toneladas terminan desechadas en el norte, especialmente en el desierto de Atacama, en la región de Tarapacá (Mora, 2021).

Estos residuos suelen acumularse en vertederos ilegales o rellenos sanitarios, generalmente ubicados en comunas de bajos ingresos. Esto genera impactos ambientales como la contaminación de suelos, aire y aguas superficiales, además de problemas sociales, como la exposición de las comunidades vecinas a enfermedades y la devaluación de las propiedades cercanas (MMA, 2021).

Figura 9 Desierto de Atacama, dunas de ropa



Nota. Verdaderos vertederos de desechos textiles ubicados en el desierto de Atacama. Tomada de (BBC News Mundo, 2022)

5.3 *Análisis del impacto medio ambiental producido por la industria textil.*

La industria textil ha generado un fuerte impacto ambiental en zonas como Alto Hospicio, posicionándose como uno de los principales focos de contaminación en Chile. El problema central es la acumulación de residuos textiles, que afecta no solo el paisaje, sino también el entorno natural.

Entre los impactos ambientales destacan: la contaminación de suelos y aguas subterráneas por químicos liberados al descomponerse las telas; la emisión de gases de efecto invernadero como metano y CO₂; el riesgo de incendios en vertederos; la alteración de la biodiversidad local; y los riesgos para la salud humana, incluyendo enfermedades respiratorias y dermatológicas. Además, la acumulación de textiles representa una pérdida de recursos valiosos que podrían ser reciclados.

Este escenario resalta la necesidad urgente de políticas de gestión de residuos que promuevan la reducción, reutilización y reciclaje, junto con una mayor conciencia pública sobre las consecuencias ambientales de desechar textiles de forma inadecuada.

5.3.1 Características de los desechos textiles en Chile.

Respecto a la caracterización de residuos, en la comuna de Tarapacá, la comuna de Alto Hospicio posee aproximadamente un 16% de residuos textiles, seguida por Colchane con un 13,9%. A pesar de que la mayoría de los residuos corresponden a materia orgánica, la cantidad de residuos textiles los posiciona en el segundo o tercer lugar (Mnisterio Vivienda y Urbanismo, 2019).

Figura 10 Caracterización de residuos por comuna de Tarapacá

Tipos de residuo	Porcentajes (%)						
	Iquique	Alto Hospicio	Pozo Almonte	Pica	Huara	Colchane	Camiña
Metal	0,9%	1,9%	2,0%	3,1%	4,2%	1,2%	3,2%
Materia orgánica	45,3%	37,5%	43,5%	65,2%	28,9%	62,6%	48,4%
Plástico	16,5%	18,5%	11,7%	9,2%	11,8%	5,1%	20,4%
Cartón/papel	17,7%	16,0%	7,6%	9,6%	30,7%	2,8%	10,3%
Vidrio	2,1%	3,8%	8,5%	4,8%	7,9%	6,8%	2,4%
Textil	11,0%	16,0%	10,2%	4,1%	13,0%	13,9%	4,9%
Pañales	4,4%	3,5%	3,4%	2,2%	1,1%	7,1%	9,6%
Pilas y baterías	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%
Material eléctrico	0,8%	1,9%	0,0%	0,2%	2,0%	0,0%	0,7%
Madera	1,3%	0,8%	12,1%	1,6%	0,1%	0,5%	0,0%
Cerámica	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%

Nota. Evaluación de los componentes en vertederos. Tomada de (Ministerio Vivienda y Urbanismo, 2019).

Según el informe de Fashion for Good en el marco del proyecto Sorting for Circularity Europe, se utilizó tecnología de infrarrojo cercano (NIR) para analizar la composición de 21 toneladas de ropa postconsumo recolectada en 2022. Se identificó al algodón como la fibra predominante (42 %), seguido por mezclas textiles (32 %), destacando el polialgodón (12 %) como una fracción significativa. Basado en criterios como composición, y presencia de elementos como botones o cremalleras, se determinó que el 21 % de los textiles son aptos para reciclaje mecánico y el 53 % para reciclaje químico (Fashion for Good).

La caracterización evidenció que muchos de estos residuos aún tienen valor, lo que permite su reaprovechamiento. Esto incluye fibras naturales, sintéticas y mixtas, que pueden reintegrarse a nuevos ciclos productivos.

5.4 Definición de propuesta de solución

La creciente generación de desechos textiles industriales y domésticos representa un desafío ambiental urgente. Este proyecto propone un sistema industrial basado en reciclaje mecánico para transformar estos residuos en materia prima para muebles, evitando el uso de tratamientos químicos agresivos. El proceso contempla

etapas de trituración, compactación e integración con resinas epóxicas para obtener un material apto para aplicaciones mobiliarias.

Como prueba de concepto, se diseñó un sofá de dos cuerpos, demostrando la funcionalidad del material reciclado. Esta metodología puede extenderse a otros productos como mesas, sillas o paneles, lo que amplía su potencial comercial. Así, se plantea un modelo de producción eficiente que revaloriza residuos textiles, promoviendo una industria del mueble más sostenible.

5.5 Estudio técnico

La generación masiva de desechos textiles industriales y domésticos plantea un grave problema ambiental. Este proyecto propone un proceso industrial de reciclaje mecánico, enfocado en algodón y poliéster, para convertir estos residuos en materia prima útil para fabricar muebles. El método incluye trituración, compactación e integración con resinas epóxicas, lo que mejora las propiedades del material sin necesidad de procesos químicos agresivos.

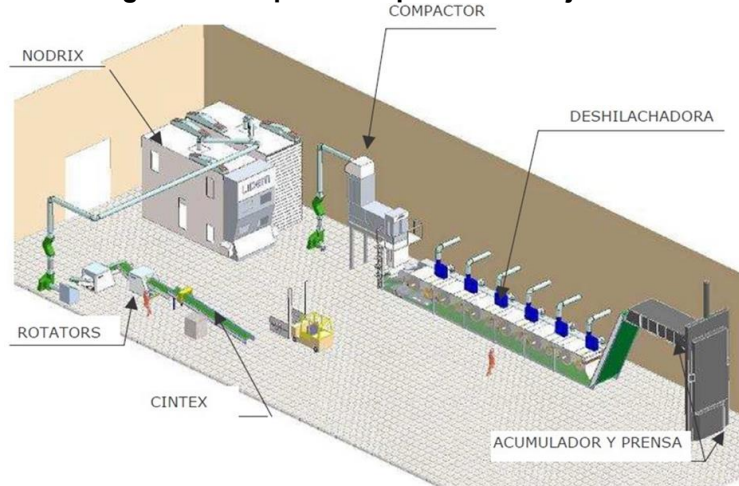
Para validar su viabilidad, se analizaron las características estructurales del material reciclado y se diseñó un sofá de dos cuerpos como prueba de concepto. El proceso es adaptable a otros productos como mesas, sillas o paneles, lo que amplía su aplicabilidad en la industria.

Este enfoque promueve la economía circular en el sector del mobiliario, ofreciendo una solución sostenible que evita que estos residuos terminen en vertederos y contribuye a una producción más responsable.

5.5.1 Ingeniería conceptual

En la siguiente imagen se observa un esquema general de una línea industrial de un sistema de reciclado textil.

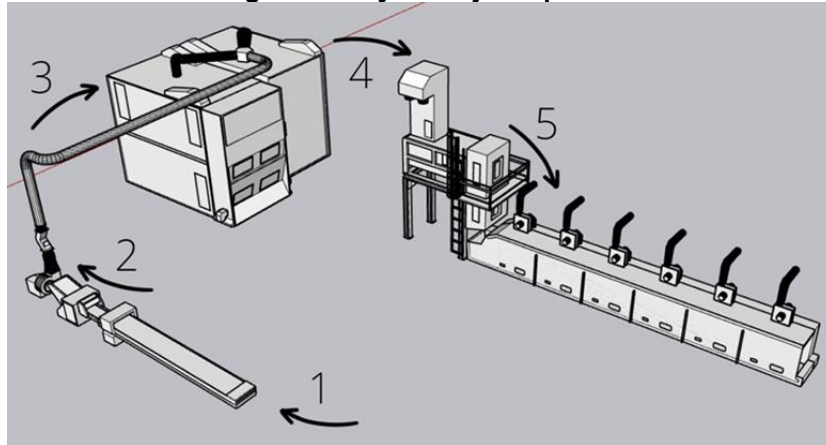
Figura 11 Esquema de planta reciclaje textil



Nota. Render de la planta propuesta por Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

El reciclaje textil comienza con el corte o triturado de los materiales, proceso facilitado por bandas transportadoras equipadas con detectores de metales para evitar la entrada de elementos no deseados. El material triturado debe alcanzar un tamaño específico antes de ser deshilachado, lo que se logra mediante trituradoras rotativas dispuestas en ángulo de 90 grados, que permiten una evacuación eficiente y un tamaño uniforme al pasar por una segunda trituración. Luego, el material se almacena en silos encargados de mezclarlo de manera homogénea antes de ser transferido, mediante cintas neumáticas, al silo cargador de la deshilachadora-compactor. Desde allí, se alimenta al tambor deshilachador, equipado con miles de púas de acero que, girando a alta velocidad, desmenuzan las fibras textiles. Este proceso se repite en distintos módulos, variando únicamente en la densidad de las púas, que aumenta progresivamente para lograr un deshilachado más fino. Finalmente, el material pasa al proceso de prensado, donde prensas hidráulicas lo transforman en placas textiles mediante bandas elevadoras.

Figura 12 Layout flujo en planta



Nota. Flow-work de planta

Pasos en el flujo

- 1) Entrada de la materia prima seleccionada por los operarios, a través de la cinta transportadora
- 2) Trituración de la materia prima
- 3) Transporte neumático hacia el silo de almacenaje
- 4) Transporte desde el silo de almacenaje al silo cargador
- 5) transporte del silo cargador a las deshilachadoras
- 6) Prensa hidráulica
- 7) Fabricación de paneles y componentes

5.5.2 Máquinas y equipos

Para el diseño de la planta se toma como referencia la empresa LIDEM, especializada en el desarrollo de maquinaria para la industria textil y con más de 30 años de experiencia en diseño, construcción y mantenimiento de equipos (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024). A lo largo del proyecto se detallan los procesos involucrados en el reciclaje textil, así como las máquinas utilizadas en cada etapa. Además, se incorpora un proceso adicional que permitirá la fabricación de un material compuesto, combinando los productos obtenidos previamente con un sistema de moldaje con resina. Esta integración no solo diversifica los usos del material reciclado, sino que también aumenta su valor y versatilidad.

5.5.3 Alimentación, cintas transportadoras

Diseñadas para el transporte de todo tipo de materias textiles, plásticos, residuos, fibra de vidrio, papel, cartón, RSU (Residuos sólidos urbanos), productos agrícolas y alimentarios, productos acabados o terminados.

Figura 13 Cintas transportadora



Nota. Cinta transportadora marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024

5.5.4 Cortadora trituradora

Máquina para el picado o molido, corte, triturado o desgarrado de todo tipo de materiales textiles y tejidos (de algodón, lino, seda, poliéster, acrílico, licra, nylon, poliamida, felpa, tejano, jeans, mezclilla, piel, stretch, tejido 3D), así como, Non-woven y fieltros (TST, tejido sin tejer, TNT, tejido no tejido), alfombras y moquetas.

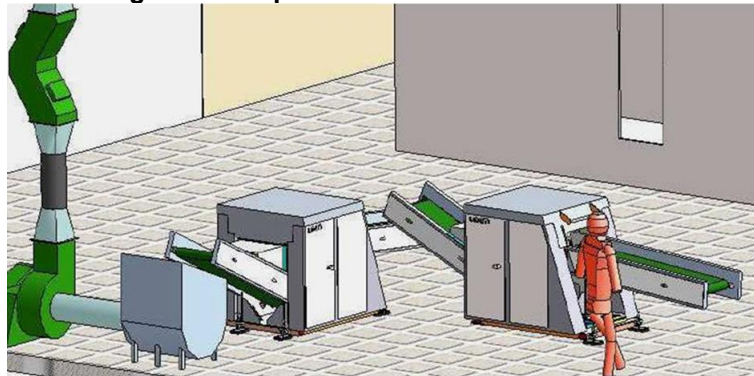
Figura 19: Cortadora trituradora

Figura 14 Cortadora trituradora



Nota. Cortadora trituradora marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024

Figura 15 Esquema de Cortadora trituradora



Nota. Esquema de trituradora cortadora en línea. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.4.1 Proceso de funcionamiento

En un primer paso las materias perfectamente transportadas y mantenidas en todo el ancho de la máquina pasan al sistema de corte rotativo, compuesto de:

- Una cuchilla fijada a la estructura de la máquina.
- Dos cuchillas fijadas sobre la cabeza de corte, que tienen una inclinación en relación con las generatrices, de manera que aseguran el efecto tijera.

El proceso inicia con la alimentación del material a través de una cinta transportadora hacia la unidad de corte, donde se ajusta la longitud mediante un panel de control. El material cortado, con una capacidad de hasta 10.000 kg/h, es evacuado por una banda extractora y transportado neumáticamente por un ventilador. A la salida, un sistema de eliminación de impurezas metálicas con imanes de alta potencia retiene los cuerpos extraños. Finalmente, el material se distribuye a cámaras de acumulación y mezcla mediante un sistema de tuberías y by-passes.

5.5.5 Transporte y eliminación de impurezas

El material cortado se transporta neumáticamente mediante un ventilador que lo aspira tras el corte. Para eliminar impurezas metálicas, se utiliza un pasadizo en forma de Z con imanes de alta potencia que retienen los cuerpos metálicos. Este sistema se instala a la salida del ventilador, y a través de un circuito de tuberías y by-passes, el material se distribuye a distintas cámaras de acumulación y mezcla.

Figura 16 Ventilador de transporte y dispositivo Z



Nota. Ventilador de transporte marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.6 Silo de almacenaje y mezcla automático NODRIX

Los sistemas de almacenaje y mezcla están especialmente diseñados para las operaciones de almacenaje, mezcla y alimentación automática de líneas de deshilachado.

Los objetivos de los sistemas de almacenaje y mezcla NODRIX son entre otros:

- Almacenar materias cortadas
- Reposo del material
- Mezcla de diversos materiales
- Regulación automática del proceso de deshilachado.

El sistema de almacenaje y mezcla está constituido por dos cámaras, un cabezal vaciador y una puerta. Las cámaras están dotadas de una banda que recoge y transporta la materia hacia el cabezal vaciador de forma controlada electrónicamente.

El vaciado y llenado de las cámaras de acumulación siempre se realiza de forma independiente.

Figura 17 Silo de almacenaje



Nota. Silo de almacenaje marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.6.1 Proceso de funcionamiento

La alimentación de las cámaras se realiza por transporte neumático desde la sala de corte. Dos distribuidores rotativos motorizados depositan el material en capas horizontales sobre una robusta banda transportadora de gran tamaño que avanza lentamente, empujando la materia hacia el cabezal vaciador. Este cabezal móvil se desplaza frontalmente para realizar un fresado vertical uniforme, lo que garantiza una mezcla homogénea de los materiales. En su interior, una banda con púas extrae verticalmente las capas depositadas, mientras que una banda transversal transporta el material hacia una tolva de aspiración ubicada justo debajo. Desde allí, un ventilador lo impulsa hacia los silos acumuladores correspondientes a cada línea de producción. El sistema NODRIX incluye una puerta automática que cierra la cámara opuesta a la que opera el cabezal, optimizando así el proceso.

Figura 18 Interior máquina NODRIX (Silo de almacenaje)



Nota. En la imagen se aprecia el interior del silo cargador, este se encuentra con carga. Extraída de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.7 Silo cargador de deshilachadora COMPACTOR

Silo cargador de deshilachadora para la alimentación y dosificación de máquinas deshilachadoras. Máquina cargadora para el almacenamiento, mezcla y alimentación continua y regular de máquinas deshilachadoras.

Figura 19 Silo cargador



Nota. Silo cargador marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

La alimentación del sistema se realiza por transporte neumático desde las unidades de almacenaje y mezcla, depositando la materia en un silo vertical donde se descomprime el aire. Luego, el material pasa a un silo horizontal, donde una banda transportadora ubicada en su base lo traslada hacia el descargador. Este descargador cuenta con una cinta con púas de gran tamaño y resistencia, encargada de transferir el material al compactador. Finalmente, el compactador-dosificador regula el espesor de la materia y la deposita uniformemente sobre la mesa de la máquina deshilachadora.

Figura 20 Vistas generales COMPACTOR

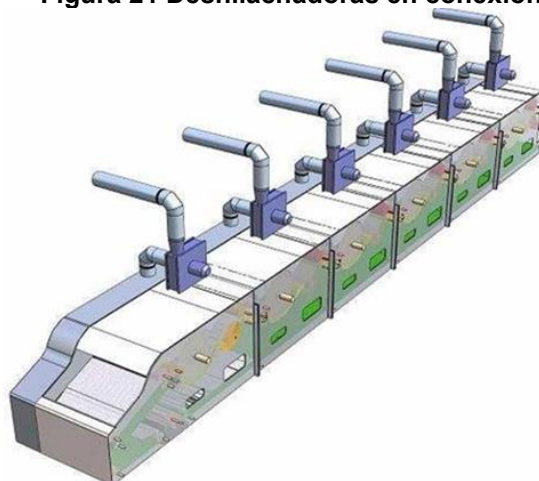


Nota. Imágenes varias para poder apreciar silo cargador. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.8 Deshilachador

La máquina deshilachadora está diseñada para transformar residuos textiles o materiales usados en fibra reutilizable, apta tanto para hilatura como para aplicaciones non-woven. Su configuración multisección, compuesta por varios cuerpos deshilachadores, permite no solo el deshilachado sino también un peinado progresivo del material, lo que da como resultado una fibra uniforme y de alta calidad. La capacidad de procesamiento varía entre 1.000 y 3.000 kilogramos por hora, según el tipo de material y la configuración del equipo. Para un rendimiento óptimo se recomienda el uso de seis cuerpos entrelazados, y en el caso de requerir un acabado más fino como en procesos de hilatura de alta exigencia, es aconsejable incorporar un módulo de peinado al final del proceso, previo al empaquetado.

Figura 21 Deshilachadoras en conexión

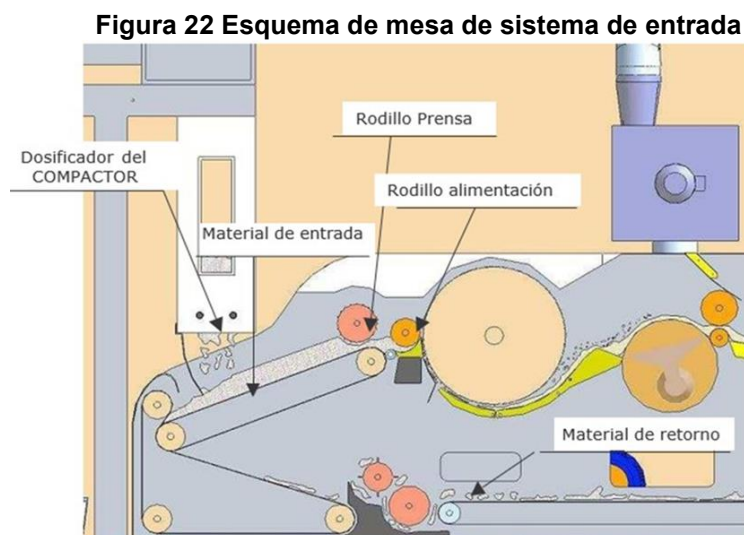


Nota. Diagrama de Deshilachadoras en secuencia. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.8.1 Principales módulos del sistema de deshilachado

- **Módulo de entrada de materia**

La máquina deshilachadora trabaja con dos tipos de material: por un lado, el de nueva producción, que proviene de la fase de corte y otras fuentes descritas en el apartado correspondiente; y por otro, el material de retorno, que se reintegra al proceso desde distintas etapas del deshilachado. Una vez depositado en la mesa de entrada, el material avanza a velocidad regulable controlada desde la terminal hacia el sistema de alimentación. El retorno corresponde a fragmentos que, por su volumen o peso, no pueden pasar a la siguiente fase y deben ser reprocesados, como se detalla en el apartado del rodillo deshilachador.



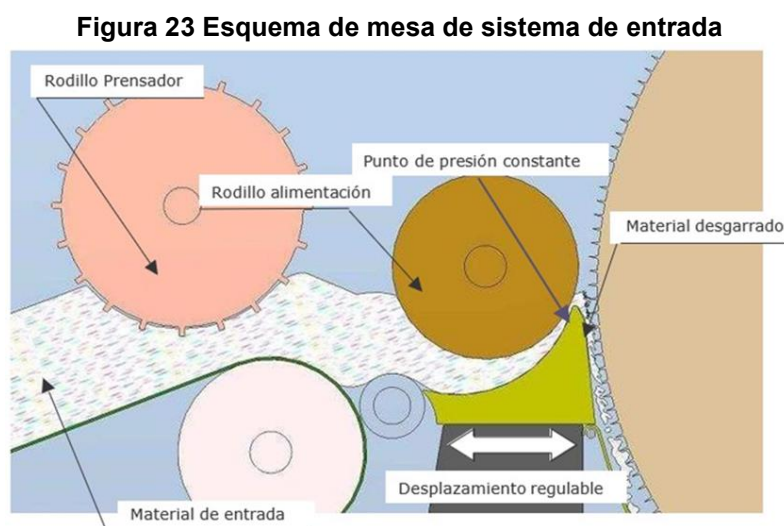
Nota. Diagrama del flujo del material textil pasando por el sistema de entrada de la máquina Deshilachadora. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

- **Módulo de proceso de trabajo**

En la fase inicial del desfibrado, se reduce el volumen del material mediante un rodillo prensador que lo compacta, facilitando su alimentación y optimizando el proceso. La máquina incorpora un sistema inteligente que detecta sobrecargas y ajusta automáticamente la velocidad, se detiene o retrocede si es necesario, evitando bloqueos y asegurando un funcionamiento continuo sin intervención del operario.

- **Módulo de sistema de alimentación**

Tras el prensado, el material es alimentado al sistema de deshilachado mediante una entrada en forma de cuña, formada por una teja y un rodillo de alimentación. Esta configuración asegura la sujeción efectiva del material, permitiendo su entrada controlada y continua al rodillo deshilachador para un tratamiento eficiente.



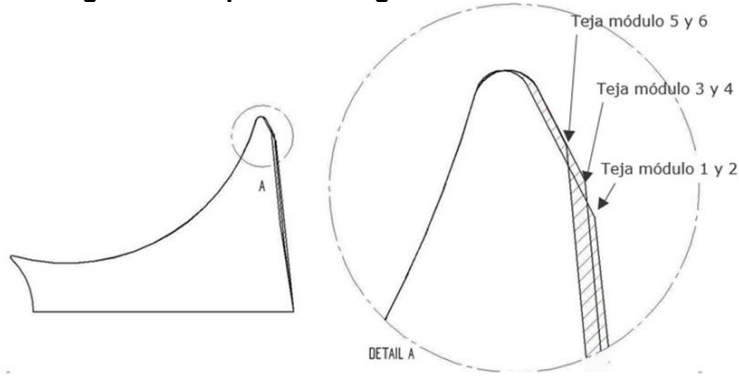
Nota. Diagrama muestra el omento en donde el rodillo de alimentación empuja el material a tambor con agujas para desgarrar y deshilachar el material. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

El rodillo de alimentación ejerce una presión constante y continua, sobre la teja, procedimiento que asegura la sujeción de todo el material introducido. La presión ejercida sobre el material por el rodillo de alimentación es regulable mediante un muelle mecánico de la alta compresión.

- **Módulo de regulación de la alimentación**

La velocidad de entrada del material y la distancia entre el sistema de alimentación y el rodillo desfibrador son regulables, lo que permite adaptar la calidad del deshilachado según el proceso. Esta distancia, controlada electrónicamente con alta precisión desde una consola táctil, varía entre 0,3 y 20 mm. Además, la geometría de la teja se ajusta a cada fase del proceso, siendo más abierta al inicio y estrechándose progresivamente para mejorar el desfibrado y controlar la longitud de la fibra.

Figura 24 Esquema de regulación de alimentación



Nota. Diagrama muestra las diferentes posiciones que puede adoptar la teja, esta depende del material entrante en el módulo. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

- **Módulo de funcionamiento - Rodillo deshilachador**

El rodillo deshilachador es un cilindro de gran diámetro cubierto por miles de puntas de acero que, al girar a alta velocidad, desgarran el material sujetado por el sistema de alimentación. La densidad de puntas varía según la etapa del proceso, comenzando con unas 40.000 y llegando hasta 115.000 en las fases finales, lo que permite pasar de un deshilachado inicial a un peinado fino, obteniendo fibras de mayor calidad.

Figura 25 Esquema rodillo deshilachador



Nota. Esquema muestra y enfatiza en cómo se desgarran el material. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.8.2 Características técnicas

Los rodillos están diseñados para almacenar gran cantidad de energía cinética en su periferia, la cual se libera en momentos de alta demanda, como ante un exceso de material o velocidades elevadas. Esto ayuda a estabilizar el consumo energético, evita sobrecargas y reduce costos. Tras el desgarrado por el rodillo desfibrador, el material sigue distintas rutas según su volumen y calidad: la fibra más ligera es aspirada por una corriente de aire generada por la fuerza centrífuga, mientras que los fragmentos más pesados o no desgarrados son redirigidos mediante una banda hacia la entrada de la máquina para ser reprocesados.

El rodillo desfibrador incorpora un freno de disco accionado neumáticamente en su eje, que permite su detención automática ante la activación de un paro de emergencia.



Nota. Diagrama muestra los diferentes rodillos, tejas y sistemas de evacuación. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.9 Prensado

El acumulador de materia tiene la función de retener el material e ir introduciéndolo en los cajones de la prensa a medida que este va siendo prensado.

Este acumulador cuenta con un sistema de pre-prensado para la introducción de la fibra a la prensa. La prensa tiene la función de prensar el material para su embalado.

Las prensas opcionalmente pueden ir equipadas con uñas de retención, así como con un extractor de balas para la expulsión de la misma una vez, terminada y atada.

Figura 27 Vista Prensa



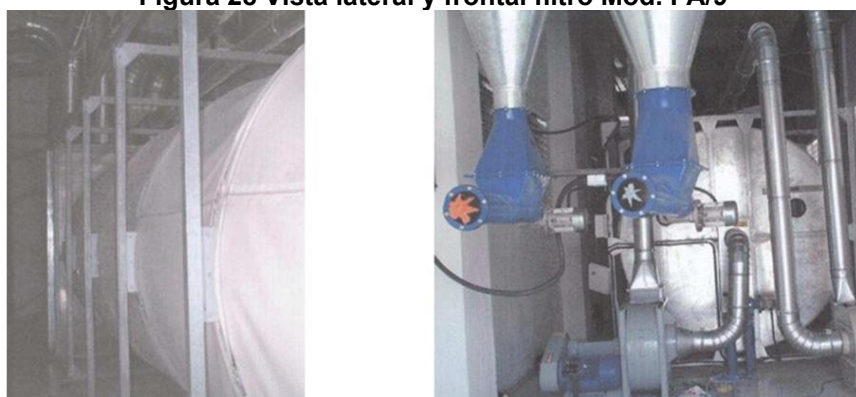
Nota. Prensa hidráulica marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

- **Equipo de filtración de aire**

El sistema de filtrado instalado recoge el polvo y las microfibras generadas en los distintos procesos, como Nodrix, Compactor y la deshilachadora. Este aire es conducido hacia una cámara de descompresión, donde pasa por un ciclón que separa las partículas sólidas.

El aire limpio se devuelve al ambiente de la planta, mientras que el polvo separado es compactado mediante un sistema sinfín y evacuado al exterior.

Figura 28 Vista lateral y frontal filtro Mod. FA/9



Nota. En la imagen se aprecia el acumulador de polvo junto a dos inyectores de aire marca Lidem. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

5.5.10 Kit sistemas de vacío

Los sistemas de vacío son utilizados para desgasificar materiales, tales como siliconas de caucho y resinas epóxicas, cumplen una función fundamental para garantizar la calidad y el rendimiento de los productos, particularmente en industrias como la fabricación de moldes, la creación de prototipos y la fabricación de productos en siliconas y resinas epóxicas.

Figura 29 Kit sistema de vacío



Nota. En la imagen se puede apreciar el kit de vacío, se puede observar que está compuesto cámara de vacío, bomba de vacío y los respectivos lubricantes de la bomba. . Extraída de (PLASTICENTER, s.f.)

La bomba de vacío de 6 CFM((cubic feet per minute), y se utiliza para medir la cantidad de aire que una bomba de vacío puede mover en un minuto.) se utiliza principalmente para eliminar burbujas de materiales de menor tiempo de curado, ya que inicia el proceso de eliminación después de algunos minutos de puesta en marcha.

Figura 30 Kit sistema de vacío



Nota. En la imagen se muestra la bomba de vacío y los respectivos lubricantes de la bomba. . Extraída de (PLASTICENTER, s.f.)

La cámara de vacío para almacenamiento de excedente de resina está diseñada para brindar una solución segura y eficiente en procesos de moldeo al vacío. Fabricada en acero inoxidable resistente y con capacidad de 5 galones (18,9 litros), incorpora una tapa de acrílico transparente que permite visualizar el contenido, y una junta de goma de alta calidad que garantiza un sello hermético, asegurando un vacío estable durante su uso.

Figura 31 Cámara de vacío



Nota. En la imagen se muestra la Cámara de vacío, allí se aprecian sus componentes, tapa acrílica, junta de silicona, manómetro, conjunto de válvulas y manguera de vacío. Extraída de (PLASTICENTER, s.f.)

5.5.11 Cortadora o enrutadora CNC Fresadora

Las máquinas enrutadoras CNC fresadoras son equipos de control numérico computarizado (CNC) que se usan para cortar, tallar, perforar, grabar o mecanizar diferentes materiales como madera, plásticos, acrílicos, metales blandos, espumas y más.

Su funcionamiento se basa en instrucciones digitales (diseños CAD/CAM) que controlan de forma precisa el movimiento de la herramienta de corte (la fresa) sobre el material, permitiendo crear formas complejas, patrones repetitivos y piezas personalizadas con gran exactitud.

Figura 32 Enrutadora CNC



Nota. En la imagen se puede apreciar erutador CNC marca LINTCNC modelo LT-1212., Extraída de (LINTCNC, s.f.)

5.5.12 Materiales obtenidos

Durante el análisis de los materiales obtenidos en cada etapa del proceso de reciclaje textil desarrollado por LIDEM, se observan variaciones importantes en textura y estructura que influyen directamente en la calidad y uso del producto final. En las primeras fases, los materiales presentan texturas más gruesas y estructuras menos homogéneas, resultado de condiciones iniciales como la velocidad de trituración. A medida que el proceso avanza, se obtiene una fibra más fina y uniforme, lo que representa una mejora progresiva en la calidad del material reciclado.

Figura 33 Rellenos



Nota. Se aprecia dos tipos diferentes de rellenos, en el primero se aprecia material solamente triturado y en la segunda imagen material extraído de las primeras fases de la deshilachadora. Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

Figura 34 Membrana



Nota. Material prensado luego de todas las fases de la máquina deshilachadora.

Tomada de (LIDEM Construcciones Mecánicas S.L., 2024)

Propiedades Físicas: La evolución de los materiales a lo largo del proceso de reciclaje también se manifiesta en un cambio en sus propiedades físicas. A medida que los materiales son procesados, es común observar variaciones en la densidad, resistencia y elasticidad de las fibras. Por ejemplo, las fibras trituradas, si bien pueden resultar más manejables, a menudo presentan una pérdida en su resistencia original

5.5.13 Proyecto conceptual de fabricación mobiliario

El proceso se compone de varias fases, cada una con un propósito específico para obtener materiales con características únicas que se aplican en distintas partes del mobiliario.

Recolección y clasificación de los materiales:

El primer paso es la recolección de los desechos textiles, provenientes tanto de excedentes industriales como de ropa descartada. Una vez recolectados, los materiales se clasifican en función de su composición, su estado y su posible uso en el proceso de fabricación.

Durante esta fase, es fundamental eliminar elementos no textiles como botones, cremalleras o adhesivos, asegurando que solo queden fibras reutilizables.

Transformación mecánica del textil en materias primas:

Los residuos textiles pasan por una serie de tratamientos mecánicos que los convierten en materiales útiles para la fabricación de muebles.

El material textil se introduce en una trituradora industrial que lo descompone en fragmentos de distintos tamaños. Tras este proceso, se clasifican las fibras obtenidas en tres categorías:

- a) Fibras gruesas, largas y material semi prensado-prensado: Se emplean en la fabricación de estructuras resistentes.
- b) Fibras de tamaño medio: Se destinan a acolchados y capas intermedias.
- c) Fibras finas y polvo textil: Se utilizan como relleno

1) Compactación y Producción de Placas Reforzadas

Las fibras de mayor tamaño se combinan con resina epóxica para crear un material compuesto de alta resistencia, similar a la fibra de vidrio o al carbono.

El proceso se realiza en varias etapas:

- a) Se disponen tres capas superpuestas:

Capas exteriores: Fibras sin tratar que ayudan a cohesionar el material

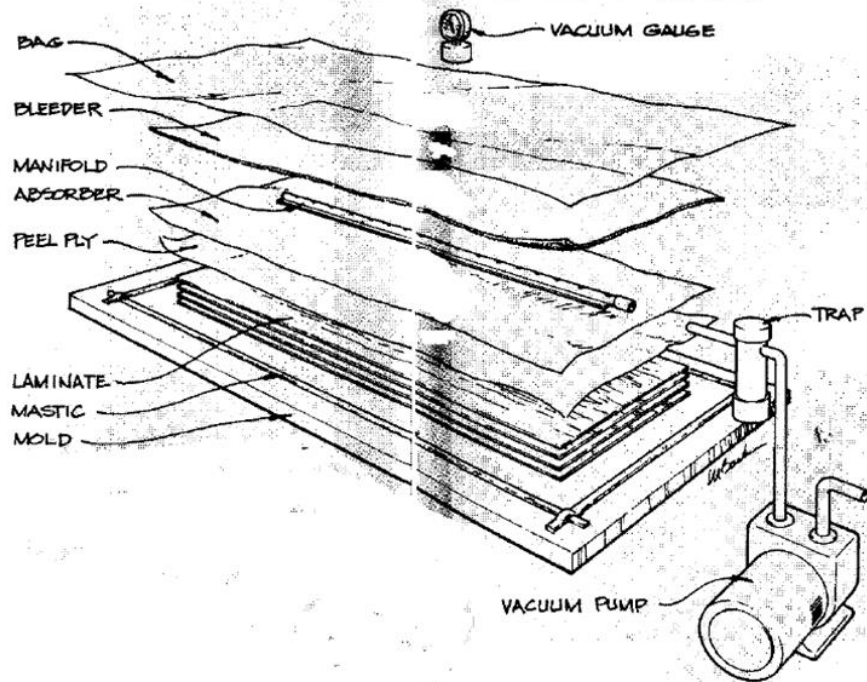
Capa intermedia: Membrana absorbente obtenida del prensado final del proceso industrial de obtención de materiales, esta membrana estabiliza la estructura.

- b) Se impregnan las capas con resina epóxica, asegurando una distribución uniforme del material.

- c) Se somete la estructura al moldeo asistido por vacío, lo que permite:
Eliminar burbujas de aire
Compactar las capas para un mayor densidad y resistencia.

Optimizar la proporción refuerzo y resina.

Figura 35 Sistema de moldeo al vacío conceptual
TYPICAL COMPONENTS OF A VACUUM BAGGING SYSTEM

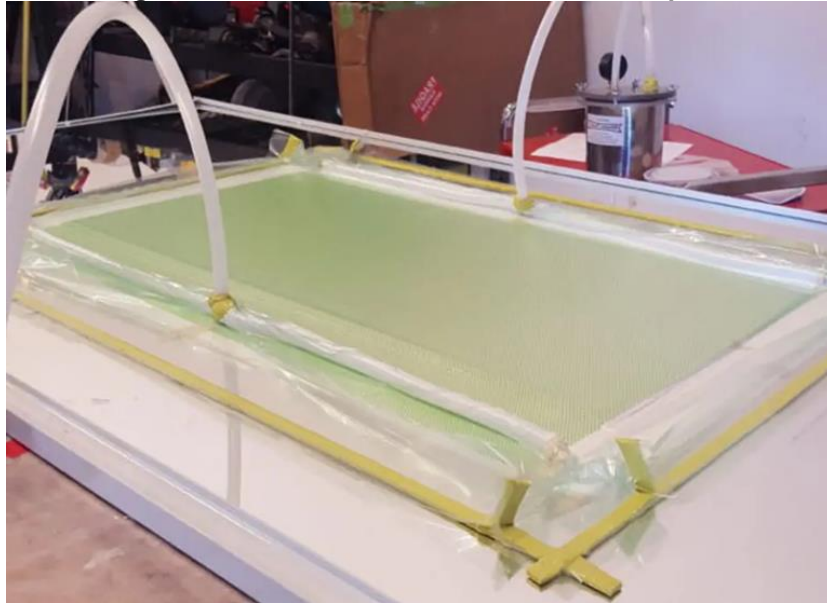


Nota. En el esquema se muestra las diferentes capas y partes necesarias para realizar un moldeo por vacío en fibra. Extraído de (Besednjak, 2009)

Los materiales necesarios son:

- Tejidos pelables (Peel-plies)
- Films separadores y films sangradores desmoldeantes
- Tejidos absorción / aireación (tejidos textiles y membrana)
- Film de Nylon para bolsa vacío
- Masillas de cierre (Tacky-tape)

Figura 36 Sistema de moldeo al vacío conceptual



Nota. En la imagen se aprecia dos kit de sistemas de vacío actuando sobre un molde para obtener una placa, se puede apreciar en este ejemplo que existen dos “Manifold absorber”, quiere decir dos sistemas recolectores de exceso de resina. Se puede observar bien el film de Nylon que actúa como bolsa para cerrar el sistema, esto con ayuda de la masilla amarilla que se puede apreciar en los bordes. Extraída de (sprayidea.com)

- d)** Tras el curado, la placa resultante se deja reposar hasta alcanzar su dureza y estabilidad definitivas.

En conclusión, mediante este proceso se logra la fabricación de placas dimensionadas de compuesto textil-resina, listas para su uso en la construcción de mobiliario. La combinación de capas de fibras recicladas y membrana absorbente, junto con la impregnación de resina epóxica y el moldeo asistido por vacío, garantiza un material compacto, resistente y estable. Tras el curado, estas placas pueden ser dimensionadas y cortadas con precisión para su posterior ensamblaje en diversas estructuras.

2) Corte y Ensamblaje de la Estructura del Mueble

Una vez obtenidas las placas de compuesto textil-resina, se inicia la fase de corte y ensamblaje, en la que estas se transforman en piezas estructurales que darán forma al mueble.

Con las placas ya fabricadas, se procede al corte de las piezas que conformarán la estructura del mueble.

a) Corte con maquinaria CNC

Para garantizar precisión en las dimensiones y el ajuste de cada pieza, se emplean máquinas de corte CNC (Control Numérico Computarizado). Este método permite:

- Realizar cortes exactos de acuerdo con diseños predefinidos.
- Optimizar el uso del material, minimizando desperdicios y asegurando una producción eficiente.
- Generar piezas con bordes limpios y acabados uniformes, sin necesidad de procesos adicionales de lijado o pulido.

Figura 37 Fresadora CNC



Nota. En la imagen se aprecia enrutadora CNC frezando en MDF. Extraída de (LTCNC Router Factory Store, s.f.)

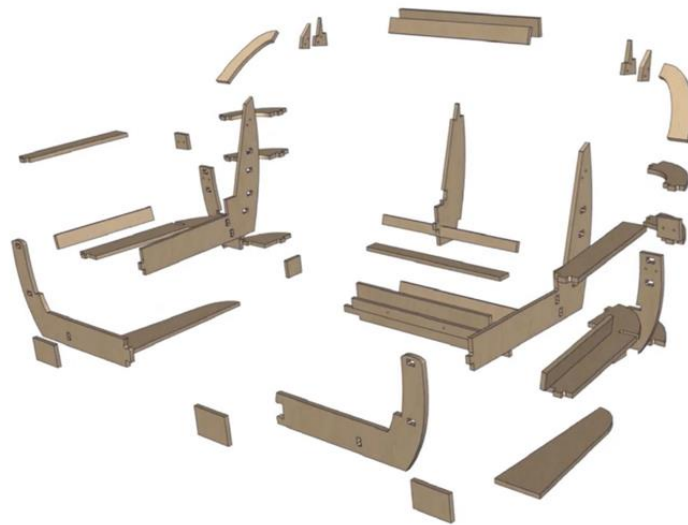
b) Obtención y ensamblaje de piezas encajables

Tras el corte, se obtiene un conjunto de piezas que han sido diseñadas para encajar entre sí, formando la base y el armazón del sofá.

Este diseño modular permite:

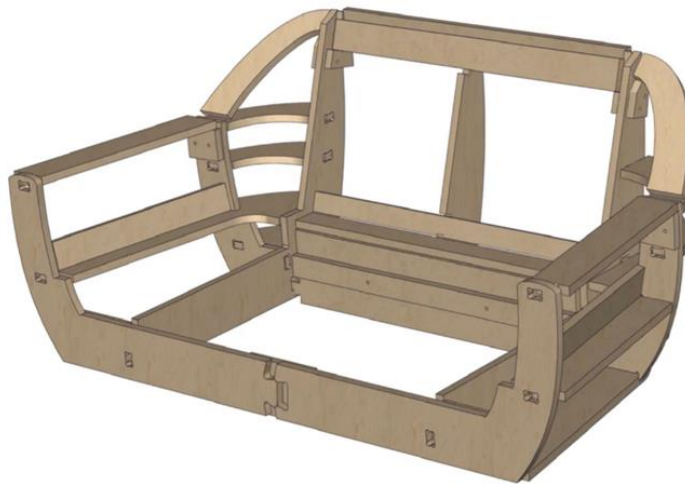
- Facilidad en el ensamblaje, reduciendo la necesidad de adhesivos sintéticos o fijaciones metálicas.
- Mayor resistencia estructural, ya que el sistema de encaje distribuye mejor las cargas y tensiones.
- Adaptabilidad en el diseño, permitiendo variaciones en la forma y dimensiones del mueble sin alterar el proceso productivo.

Figura 38 Diseño conceptual sofá



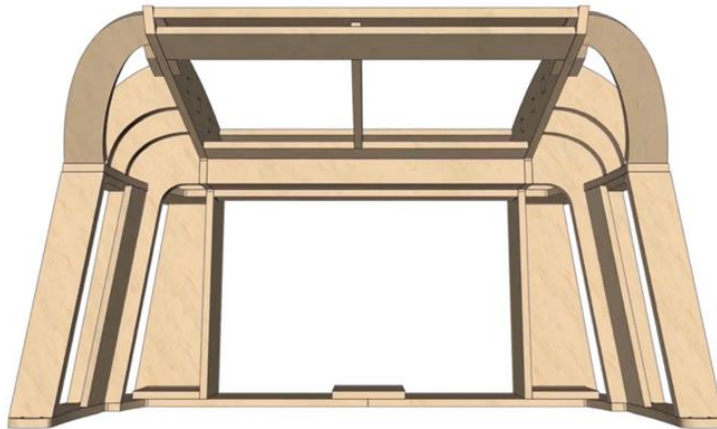
Nota. Este Scribd de corte pertenece a Alexandr Trubnikov, quien comparte diseños de muebles para ser cortados en madera a través de máquinas o enrutadores de corte CNC. Se aprecia cada una de las piezas modelas en cortes “2D” para formar en conjuntas la estructura 3D del sillón. Extraída de (Trubnikov, 2024)

Figura 39 Diseño conceptual sofá



Nota. En la imagen se aprecia una vista frontal inclinada a izquierda de todas las piezas ensambladas, formando una sola estructura. Extraída de (Trubnikov, 2024)

Figura 40 Diseño conceptual sofá



Nota. En la imagen se aprecia una vista aérea de todas las piezas ensambladas, formando una sola estructura. Extraída de (Trubnikov, 2024)

3) Preparación del Relleno

Para proporcionar acolchado y confort a los muebles, se aprovechan los fragmentos más pequeños de textil obtenidos en la etapa final del deshilachado. Estos residuos se procesan mediante desmenuzado y deshilachado, generando distintos tipos de relleno. Según el grado de compactación, se obtienen texturas más suaves ideales para asientos o más densas aptas para respaldos. Finalmente, el material se encapsula en fundas de membrana compactada, lo que garantiza uniformidad, resistencia y estabilidad en el uso.

Figura 41 Relleno textil

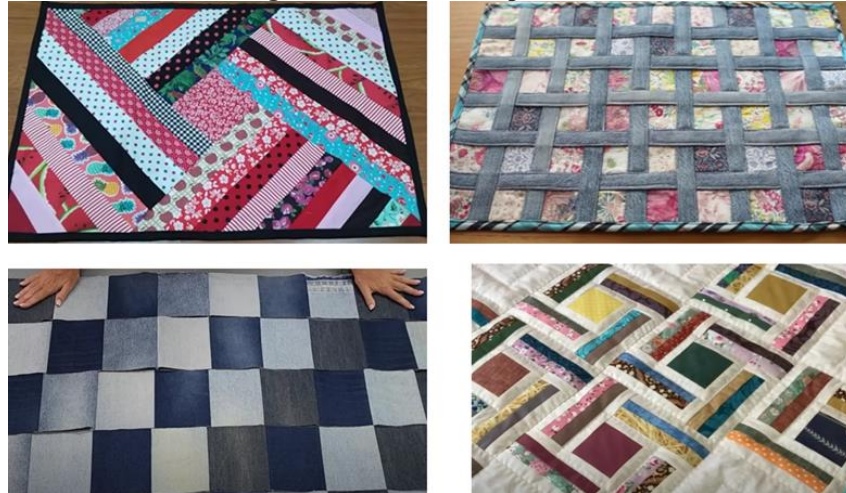


Nota. Imagen de relleno de textil reciclado por la empresa Ecocitex. Extraída de (Ecocitex, s.f.)

4) Confección del Forro con Textiles Reciclados

El forro del mueble se elabora a partir de retazos de tela reciclada, reutilizados mediante técnicas de entretejido artesanal que proporcionan un acabado distintivo. Los fragmentos seleccionados se cortan en formas útiles y se ensamblan con costuras reforzadas para lograr un diseño resistente y visualmente atractivo. Finalmente, se adaptan al mueble mediante técnicas de tapicería, garantizando un ajuste preciso y funcional.

Figura 42 Diseño conceptual sofá



Nota. Trabajos artesanales que muestran la cohesión de diferentes materiales textiles para así formar solo una pieza. Extraído de imágenes de internet.

5) Ensamblaje Final y Acabados

En la fase final, todas las piezas del mueble (estructura, acolchado y forro) se ensamblan cuidadosamente para conformar el producto terminado. Durante este proceso se realizan ajustes que aseguran la estabilidad y la ergonomía del mueble, garantizando su funcionalidad y comodidad.

5.6 Estudio económico

Este capítulo analiza la viabilidad económica de una planta de reciclaje textil para fabricar muebles. Se evalúan costos de inversión, operación y mantenimiento, así como la rentabilidad del proyecto. También se consideran fuentes de financiamiento y estrategias de optimización para asegurar que sea viable y competitivo en el mercado.

5.6.1 Localización de la planta

Uno de los puntos clave en este análisis es la elección del lugar donde se establecerá la planta. Tras una evaluación detallada, se ha determinado que la mejor opción para llevar a cabo este proyecto es el sector Alto Molle, en Alto Hospicio. Se trata de una zona industrial en pleno crecimiento, que ya cuenta con más de 40

empresas en funcionamiento. Entre ellas destacan compañías de renombre como Teck Quebrada Blanca, Constructora ACL, Elecon, Constructora BRI, Grúas Vargas y Grumax, además de varias importadoras de la Zona Franca.

Este sector dispone de infraestructura adecuada para el desarrollo de nuevas empresas, con acceso a electricidad, redes de agua establecidas y la posibilidad de conexión al sistema de alcantarillado. Estas condiciones facilitan la instalación de la planta y optimizan los costos operativos.

Figura 43 Proyecto es el sector Alto Molle



Nota. Imagen aérea, que evidencia el tamaño de las avenidas del proyecto sector Alto Molle. Extraído de (Soc. Comercial e Industrial Trein SPA)

Otro factor determinante es su ubicación estratégica. Al estar en la periferia de Alto Hospicio y a solo cinco minutos de una vasta zona desértica donde se acumulan grandes volúmenes de desechos textiles, se reduce significativamente el costo y tiempo de transporte de la materia prima. Además, la conectividad con avenidas principales y carreteras permite una distribución eficiente del material reciclado tanto a nivel local como nacional.

Figura 44 Proyecto es el sector Alto Molle



Nota. Imagen satelital del sector, que muestra como el proyecto tiene cercanía con sectores como Alto Hospicio. Extraído de (Soc. Comercial e Industrial Trein SPA)

En conclusión, la decisión de establecer la planta en Alto Molle no solo responde a razones económicas y técnicas, sino que también es una estrategia clave para mejorar la eficiencia y competitividad del proyecto.

5.6.2 Maquinaria y equipos

Uno de los aspectos fundamentales dentro del estudio económico es la inversión necesaria para la adquisición de maquinaria y equipos. Estos activos representan un componente clave en la estructura de costos, ya que su eficiencia y capacidad determinarán el rendimiento y viabilidad del proceso industrial.

En el siguiente cuadro se presentan los costos estimados de los equipos requeridos para la operación de la planta:

Figura 45 Maquinaria y equipos

Maquinaria y Equipo

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
PESA	1	\$2.000.000	\$ 2.000.000
CINTA TRANSPORTADORA	1	\$27.500.000	\$ 27.500.000
DESHILADORAS EN CONEXIÓN	1	\$7.500.000	\$ 7.500.000
KIT DE SISTEMA AL VACIO	12	\$120.000	\$ 1.440.000
CORTADORA	1	\$5.000.000	\$ 5.000.000
FRESADORA CNC	2	\$5.750.000	\$ 11.500.000
EQUIPO DE FILTRACIÓN DE AIRE	2	\$5.250.000	\$ 10.500.000
PRENSA	1	\$6.500.000	\$ 6.500.000
TRITURADORA	1	\$10.000.000	\$ 10.000.000
VENTILADOR DE TRANSPORTE Y DISPO	4	\$250.000	\$ 1.000.000
SILO DE ALMACENAJE Y MEZCLA AUTOM	1	\$42.176.200	\$ 42.176.200
SILO CARGADOR DE DESHILADORA	1	\$34.000.000	\$ 34.000.000
Total			\$ 159.116.200

Muebles y Equipo de Oficina

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Computadoras laptop	4	\$ 749.000	\$ 2.996.000
Computadoras de escritorio	4	\$ 559.950	\$ 2.239.800
Impresoras	1	\$ 558.000	\$ 558.000
Escritorio ejecutivos	3	\$ 327.000	\$ 981.000
Escritorio secretarial	2	\$ 169.000	\$ 338.000
Silla, Ejecutiva	2	\$ 127.000	\$ 254.000
Silla, Semi Ejecutiva	4	\$ 79.000	\$ 316.000
Total			\$ 7.682.800

Nota. Imagen de tabla muestra el equipo necesario y el costo de cada uno, tanto como equipos, maquinaria y muebles. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.3 Materia prima

Uno de los factores más favorables para la viabilidad económica del proyecto es el acceso a materia prima de muy bajo costo: desechos textiles abundantes en la región, muchos de los cuales forman parte de vertederos ilegales. Al no tener valor comercial y representar un problema ambiental, se propone un acuerdo con el municipio para que se encargue de su recolección, garantizando así un suministro constante sin costos significativos.

Este enfoque no solo reduce el gasto en insumos, sino que también contribuye a mitigar un impacto ambiental crítico. Además, al minimizar la inversión en materia prima, se liberan recursos para mejorar los procesos productivos, innovar en diseño y fortalecer la comercialización, aumentando la rentabilidad general del proyecto.

Figura 46 Materias primas

Materia Prima			
Descripción	Cantidad (l)	Costo unitario	Costo Total
Desechos textiles		14.812,00	14.812,00
Retardante para fuegos (Litro)		10.109,31	10.109,31
Resina epoxi		11.109,31	11.109,31
Pegamento industrial		1.000,00	1.000,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
Total			37.030,61

Componentes Secundarios			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Cubre bocas desechables	50	\$95,00	\$ 4.750
Guantes de látex	50	\$45,00	\$ 2.250
Cofias	50	\$45,00	\$ 2.250
Batas	4	\$7.000,00	\$ 28.000
Botas de látex	4	\$10.000,00	\$ 40.000
Bota Industrial	4	\$25.000,00	\$ 100.000
Film	5	\$7.400,00	\$ 37.000
Detergente industrial	2	\$4.000,00	\$ 8.000
Desinfectantes	2	\$4.000,00	\$ 8.000
Escobas	4	\$1.455,00	\$ 5.820
Cepillos industriales	4	\$2.000,00	\$ 8.000
Total			\$ 244.070

Nota. Imagen de tabla muestra la materia prima requerida para la producción, a su vez muestra los componentes y materiales secundarios. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.4 Capital humano

Los costos asociados a la mano de obra directa e indirecta para la ejecución del proyecto. Se incluyen los montos correspondientes a salarios, beneficios y otros gastos laborales, permitiendo una visión clara de la inversión en recursos humanos. A continuación, se presentan los valores correspondientes a los costos de mano de obra directa e indirecta:

Figura 47 Mano de obra

Descripción	Cantidad	Salario Mensual	Total	Salario anual	Vacaciones	Decimo Tercer mes	Total Aguinaldos
Gerente General	1	\$ 960.000	\$ 960.000	\$ 11.520.000	\$ 960.000	\$ 320.000	\$ 1.280.000
Jefe de adquisición	1	\$ 864.000	\$ 864.000	\$ 10.368.000	\$ 864.000	\$ 288.000	\$ 1.152.000
Jefe de producción	1	\$ 864.000	\$ 864.000	\$ 10.368.000	\$ 864.000	\$ 288.000	\$ 1.152.000
Jefe de logística	1	\$ 864.000	\$ 864.000	\$ 10.368.000	\$ 864.000	\$ 288.000	\$ 1.152.000
Jefe de ventas	1	\$ 864.000	\$ 864.000	\$ 10.368.000	\$ 864.000	\$ 288.000	\$ 1.152.000
Jefe Administrativo	1	\$ 864.000	\$ 864.000	\$ 10.368.000	\$ 864.000	\$ 288.000	\$ 1.152.000
Dep. Compras	1	\$ 652.800	\$ 652.800	\$ 7.833.600	\$ 652.800	\$ 217.600	\$ 870.400
Distribución	1	\$ 652.800	\$ 652.800	\$ 7.833.600	\$ 652.800	\$ 217.600	\$ 870.400
Atencion al cliente	1	\$ 652.800	\$ 652.800	\$ 7.833.600	\$ 652.800	\$ 217.600	\$ 870.400
Finanzas	1	\$ 652.800	\$ 652.800	\$ 7.833.600	\$ 652.800	\$ 217.600	\$ 870.400
Recursos Humanos	1	\$ 652.800	\$ 652.800	\$ 7.833.600	\$ 652.800	\$ 217.600	\$ 870.400
Total			\$ 8.544.000	\$ 102.528.000	\$ 8.544.000	\$ 8.544.000	\$ 17.088.000

Total Anual \$ 119.616.000

Mano de Obra Directa

Descripción	Cantidad	Salario Mensual	Total	Salarios Anuales	Vacaciones	Decimo Tercer mes	Total Aguinaldos
Operarios y/o Ensambladores	6	\$ 652.800	\$ 3.916.800	\$ 47.001.600	\$ 652.800	\$ 217.600	\$ 3.481.600
Total			\$ 3.916.800	\$ 47.001.600	\$ 3.916.800	\$ 3.916.800	\$ 7.833.600

Total Anual \$ 54.835.200

Nota. Imagen de tabla muestra la mano de obra directa e indirecta del proyecto.
Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.5 Permisos y patentes

Los costos asociados a permisos y patentes necesarios para llevar a cabo el proyecto. La tabla muestra los valores de tasas, licencias y otros gastos administrativos, ofreciendo una visión clara de la inversión en regulaciones y autorizaciones.

Figura 48 Permisos y patentes

Descripción	Costo Total
Tasa Registro Sanitario	\$ 150.000
Gasto Notarial	\$ 500.000
Inscripción en Registro Público	\$ 55.000
Aviso de Operación	\$ 55.000
Sub-Total 1	\$ 760.000
Compra de Marca	
Derecho de protección	\$ 50.000
Inscripción	\$ 104.500
Tasa del trámite (Marca)	\$ 36.000
Sub-Total 3	\$ 190.500
Patente	
Solicitud de Patente	\$ 1.285.000
Certificado de Garantía	\$ 100.000
Vigencia a 5 años	\$ 78.500
Abogado Anual	\$ 1.000.000
Sub-Total 3	\$ 2.463.500
Total	\$ 3.414.000

Nota. Imagen de tabla muestra los diferentes tipos de permisos y patentes para operar como una empresa constituida. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.6 Inversión inicial y financiamiento

A continuación, se presentan los costos asociados a la inversión inicial del proyecto, especificando los recursos requeridos para su implementación. Asimismo, se detallan las fuentes de financiamiento previstas, garantizando una planificación financiera clara y sostenible para su ejecución

Figura 49 Inversión inicial

Inversión Inicial			
Descripción	Costo total	Financiamiento	Aporte de Capital
Edificaciones	\$ 20.000.000	\$ -	\$ 20.000.000
Terrenos	\$ 90.000.000	\$ 60.000.000	\$ 30.000.000
Muebles y Equipo de Oficina	\$ 7.682.800	\$ 6.682.800	\$ 1.000.000
Maquinaria y Equipo	\$ 159.116.200	\$ 146.616.200	\$ 12.500.000
C. Otros Activos	\$ 3.414.000	\$ 2.414.000	\$ 1.000.000
Total	\$ 280.213.000	\$ 215.713.000	\$ 64.500.000

Nota. Imagen de tabla muestra la glosa de la inversión inicial, cabe destacar que el punto de edificación es toda la implementación de la maquinaria y puesta en marcha de la fábrica. Extradido de Excel cálculo del proyecto

El modelo del proyecto centra su inversión inicial con financiamiento a 5 años con una tasa del 4,37%, la siguiente tabla muestra detalles del financiamiento:

Figura 50 Financiamiento

Términos y Condiciones de Financiamiento

Monto a financiar	\$ 215.713.000
Tasa de Interés	4,37%
Períodos de pago	5 años
Formas de pago	Pagos iguales anuales

Financiamiento

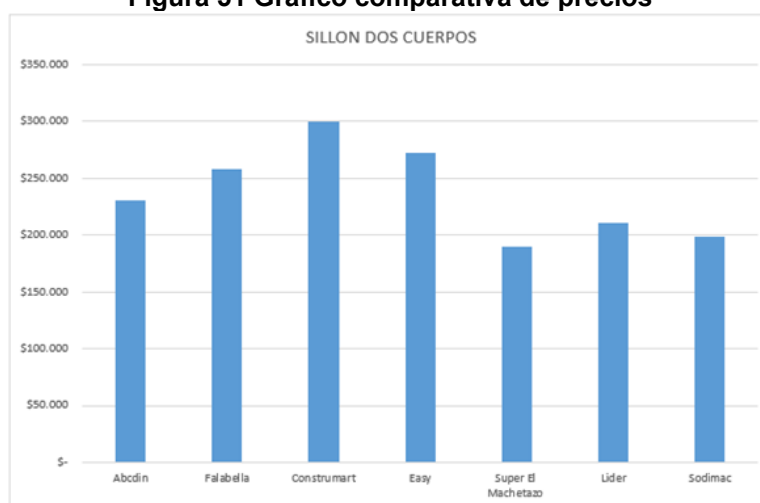
Año	Saldo inicial	Interés	Capital	Pago	Saldo final
1	\$ 215.713.000	\$ 9.426.658	\$ 39.533.088	\$ 48.959.746	\$ 176.179.912
2	\$ 176.179.912	\$ 7.699.062	\$ 41.260.684	\$ 48.959.746	\$ 134.919.228
3	\$ 134.919.228	\$ 5.895.970	\$ 43.063.776	\$ 48.959.746	\$ 91.855.452
4	\$ 91.855.452	\$ 4.014.083	\$ 44.945.663	\$ 48.959.746	\$ 46.909.789
5	\$ 46.909.789	\$ 2.049.958	\$ 46.909.789	\$ 48.959.746	\$ -

Nota. Imagen de tabla muestra la condición que se propone del financiamiento, siendo financiado por 5 años. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.7 Estrategia de precio

A continuación, se presentan los precios establecidos para el proyecto, los cuales se determinaron a partir de un análisis del valor de mercado. En particular, se realizó un promedio de los precios de sillones de dos cuerpos, asegurando una estrategia de precios competitiva y acorde a las condiciones del mercado

Figura 51 Gráfico comparativa de precios



Nota. Comparación de precios en el mercado. Estudio de mercado en la venta de sillones 2 cuerpos. Extradido de Excel cálculo del proyecto

Como resultado de nuestra comparativa se establece un precio promedio de \$237.376

A continuación, se presenta la tabla con el precio calculado en promedio, asumido a un período de 5 años considerando la inflación. Este análisis permite proyectar una estrategia acorde a la evolución del mercado en el tiempo.

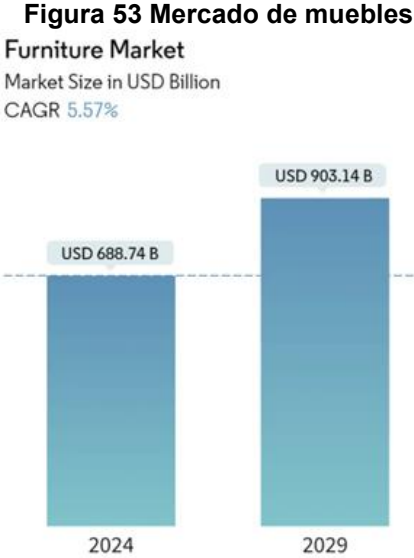
Figura 52 Proyección de precios

AÑO	INFLACIÓN	PRECIO OPTIMISTA	INFLACIÓN	PRECIO PESIMISTA
		\$ 237.375,71		\$ 237.375,71
1	4	\$ 246.870,74	5,68	\$ 250.858,65
2	3,56	\$ 255.659,34	5,73	\$ 265.232,86
3	3	\$ 263.329,12	5,03	\$ 278.574,07
4	3,9	\$ 273.598,96	5,25	\$ 293.199,21
5	2,8	\$ 281.259,73	6,14	\$ 311.201,64

Nota. Imagen de tabla muestra la inflación proyectada influyendo en el precio.
Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.8 Demanda proyectada

El mercado global de muebles se proyecta en crecimiento debido a factores como la urbanización, el aumento de construcciones residenciales y comerciales, y la demanda de mobiliario ligero, adaptable y con almacenamiento. También influyen el incremento de familias nucleares, la preferencia por diseños ergonómicos y el auge de las compras en línea, especialmente en Asia-Pacífico. El mercado, dividido por aplicación y canal de distribución, cuenta con actores clave como IKEA, Ashley Furniture e HNI Corp. (Mordor Intelligence).



Nota. Proyección del mercado de muebles por la empresa Mordor Intelligence, dedicados a la inteligencia de mercados. Extraído de (Mordor Intellinence).

Considerando el crecimiento del mercado a nivel mundial y considerando el crecimiento del país, se establece una tasa de crecimiento de un 1,21% compuesta a la demanda anual llevada a 5 años.

Figura 54 Demanda proyectada

AÑO	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Demanda	244.800	258.019	271.952	286.637	300.969	316.619	332.133
Oferta	95.700	102.451	108.876	115.301	121.725	128.151	134.430
Demanda potencial insatisfecha	149.100	155.568	163.076	171.336	179.244	188.468	197.703

Nota. Imagen de tabla muestra la proyección estimada, el proyecto busca satisfacer el 30% de la demanda insatisfechas. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.9 Potencia eléctrica instalada

Siendo una instalación con requerimientos eléctricos elevados, a continuación, se va a proceder al detalle en cada una de las fases del regenerado de las potencias eléctricas requeridas para una instalación completa de regenerado de tejidos. Estas potencias se han calculado sobre una planta con una máquina deshilachadora de 6 cuartos y ancho de 1.500mm.

Alimentación al corte ----- 3 CV - 380 V III – 50 HZ

El corte ----- 26 CV - 380 V III – 50 HZ

El transporte de materias ----- 60 CV - 380 V III – 50 HZ

El ensimaje ----- 2 CV - 380 V III – 50 HZ

Almacenado mediante sistema NODRIX -----16 CV - 380 V III – 50 HZ

Almacenado por cuartos de obra civil----- 3 CV – 380 V III – 50 HZ

Alimentación y dosificado al deshilachado----- 7 CV - 380 V III – 50 HZ

El deshilachado-----768 CV – 380 V III – 50 HZ

El prensado y embalaje----- 64 CV - 380 V III – 50 HZ

Equipos de filtración de aire----- 36 CV - 380 V III – 50 HZ

Figura 55 Calculo de potencia

Equipo	Unidades	Núm. Motores	HP del motor	Consumo kw/h/motor	Consumo kw/h total	Consumo kw/h total	Consumo kw/h total
PESA	1	1	5,70	0,50	0,50	2,85	1,43
CINTA TRANSPORTADORA	1	1	6,00	1,27	1,27	7,62	9,68
DESHILACHADORAS EN CONEXIÓN	1	1	5,90	1,10	1,10	6,49	7,14
CORTADORA	1	1	4,00	1,50	1,50	6,00	9,00
FRESADORA CNC	1	2	3,90	0,75	1,50	5,85	4,39
EQUIPO DE FILTRACIÓN DE AIRE	1	1	5,40	3,50	3,50	18,90	66,15
PRENSA	1	1	7,75	3,50	3,50	27,13	94,94
TRITURADORA	1	1	8,00	0,95	0,95	7,60	7,22
VENTILADOR DE TRANSPORTE Y DISPOSITIVO Z	1	2	8,00	3,75	7,50	60,00	225,00
SILO DE ALMACENAJE Y MEZCLA AUTOMÁTICO. NOC	1	2	9,00	3,75	7,50	67,50	253,13
SILO CARGADOR DE DESHILACHADORA COMPACTO	1	1	4,75	3,25	3,25	15,44	50,17
FRESADORA CNC	1	1	1,00	3,00	3,00	3,00	9,00
EQUIPOS DE MOLDEO AL VACIO	2	1	1,00	3,50	3,50	3,50	12,25
CONSUMO DIARIO TOTAL							750 KW

Nota. Cálculo de la potencia, descripción del consumo de cada máquina. Extradido de Excel cálculo del proyecto

El total de la potencia instalada para una línea de reciclado textil totalmente automática asciende a un total de 985 CV, que aproximadamente son unos 750 KW.

Figura 56 Consideraciones eléctricas

Imprevistos	5% adicional
1 año	300 días
1 año	12 meses
1 mes	24 días
1 día	8 horas
Demanda concentrada	80% de la carga total
Cargo por mantenimiento	25% adicional sobre la carga total
Cargo por alumbrado público	6% adicional sobre la carga total

Nota. Imagen de tabla muestra cada consideración eléctrica para el proyecto. Extradido de Excel cálculo del proyecto

Dado las consideraciones:

Figura 57 Consumo eléctrico

CONSUMO ANUAL	224.920 Kw-h/año
CONSUMO TOTAL	281.150 Kw-h/año
CARGA TOTAL POR HORA	122,03 Kw/h
DEMANDA CONCENTRADA	97,62 Kw/h
CARGA TOTAL NETA	372.524 kw/año
Costo	\$ 195 Kw/h
Horas por año	2.400 h
COSTO ANUAL	\$ 45.686.871
COSTO ANUAL MAS MANTE.	\$ 11.421.718
COSTO ANUAL MAS ALUM.	\$ 2.741.212
COSTO ANUAL TOTAL	\$ 59.849.802

Nota. Imagen de tabla muestra el consumo total anual. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.10 Consumo de agua

A continuación, se presenta la tabla con el consumo de agua de la fábrica. Este registro permite analizar el uso del recurso a lo largo del tiempo, facilitando una gestión eficiente.

Figura 58 Cálculo de consumo de agua

LIMPIEZA DIARIA DEL EQUIPO DE PRODUCCIÓN	1000	LITROS
LIMPIEZA DIARIA GENERAL DE LA EMPRESA	5000	LITROS
RIEGO DE ÁREAS VERDES	3000	LITROS
AGUA DISPONIBLE PARA EL PERSONAL	5000	LITROS
LAVADO	8000	LITROS
CONSUMO DIARIO TOTAL	22000	LITROS/DÍA
CONSUMO ANUAL	6930000	L/año
COSTO TOTAL ANUAL \$ 13.860.000		

Tarifa \$ 2

Nota. Imagen de tabla muestra el consumo de agua, describiendo cada uno de los puntos clave para la operación. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.11 Depreciación de maquinaria y equipos

A continuación, se presenta la tabla con los valores de depreciación de maquinaria y equipos. Este cálculo permite estimar la pérdida de valor de los activos a lo largo del tiempo, asegurando una planificación financiera adecuada.

En Chile, el Servicio de Impuestos Internos (SII) establece vidas útiles y tasas de depreciación para distintos tipos de activos fijos. Para maquinaria industrial, como la que se usaría en una fábrica textil, la vida útil tributaria más comúnmente aceptada es de 15 años (SII, s.f.)

Figura 59 Depreciación y amortización de maquinaria y equipos

DEPRECIACION NORMAL									
	VALOR BRUTO INICIAL	SALDO A DEPRECIAR	VIDA UTIL TOTAL	MESES OCUPADOS	DEPREC DEL PERIODO	VALOR BRUTO 31.12.2019	DEPREC ACUM AL 31.12.2019	VALOR LIBRO	
Muebles y Equipo de Oficina	7.682.800	7.682.800	36	36	7.682.800	7.682.800	7.682.800	0	
Maquinaria y Equipo	159.116.200	159.116.200	180	60	53.038.733	159.116.200	53.038.733	106.077.467	
					60.721.533	166.799.000		106.077.467	

Nota. Imagen de tabla que muestra la depreciación de maquinaria y equipos tanto como de la planta como la administrativa proyectada a 5 años. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.12 Flujo de caja

A continuación, se presenta la tabla con el flujo de caja del proyecto. Este análisis refleja los ingresos y egresos previstos a lo largo del tiempo, permitiendo evaluar la viabilidad financiera y la liquidez del proyecto

Figura 60 Flujo de caja

Ingreso por ventas										
Cantidad sillones (100%)		395		494		593		692		791
Precio	\$	246.871	\$	255.659	\$	263.329	\$	273.599	\$	281.260
Total IB(Sillones)	\$	97.614.139	\$	126.361.503	\$	156.182.818	\$	189.319.606	\$	222.423.492
TOTAL INGRESO	\$	97.614.139	\$	126.361.503	\$	156.182.818	\$	189.319.606	\$	222.423.492
Egresos operacionales										
Costos de producción	\$	-39.045.656	\$	-50.544.601	\$	-62.473.127	\$	-75.727.842	\$	-88.969.397
Gastos de administración y ventas	\$	-1.952.283	\$	-2.527.230	\$	-3.123.656	\$	-3.786.392	\$	-4.448.470
Depreciación y amortización		-13.168.680		-13.168.680		-13.168.680		-13.168.680		-121.807.080
Utilidad antes de impuestos		43.447.521		60.120.992		77.417.355		96.636.692		7.198.545
Impuestos		10.861.880		15.030.248		19.354.339		24.159.173		1.799.636
Utilidad neta		32.585.641		45.090.744		58.063.016		72.477.519		5.398.909
Inversiones		-280.213.000								
Capital de trabajo		66.519.731		0		0		0		-66.519.731
Depreciación y amortización	\$	-7.682.800		13.168.680		13.168.680		13.168.680		121.807.080
Flujo de caja económico	\$	-221.376.069	\$	45.754.321	\$	58.259.424	\$	71.231.696	\$	85.646.199
										60.686.258

Nota. Imagen de tabla muestra flujo de caja económico del proyecto según el caso establecido junto con los parámetros. Extradido de Excel cálculo del proyecto

5.6.13 Indicadores económicos

Cálculo de VAN y TIR

Para iniciar con el cálculo de los indicadores económicos de nuestro proyecto, es necesario primero determinar la tasa de descuento, ya que esta permite valorar los flujos de caja futuros en términos presentes. Para ello, se calcula el WACC (Costo Promedio Ponderado de Capital), que refleja el costo de financiamiento del proyecto considerando tanto el capital propio como la deuda. Este valor será clave para evaluar la rentabilidad y viabilidad económica a través de indicadores como el VAN, TIR

Se determina la tasa de descuento utilizando el modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model). Este modelo permite estimar la rentabilidad mínima que los inversionistas exigirían para invertir en el proyecto, considerando el riesgo del mercado y el propio del negocio.

Figura 61 Formula CAMP

$$CAPM = E(Ri) = Rf + \beta^{s/d} * [E(Rm) - Rf]$$

Nota. Fórmula para obtener la tasa CAMP

En este caso:

- La Tasa libre de riesgo (RF) es de 2,36%, representando una inversión sin riesgo, esta se obtiene en el promedio de las tasas registradas “Licitación de Bonos de la Tesorería General de la República en Unidades de Fomento” (BTU - 5, s.f.)
- La rentabilidad del mercado (RM) es 12,38%. (S&P CLX IGPA, s.f.)
- El Beta apalancado (Bs/d) es 0,79, lo que refleja la sensibilidad del proyecto frente a los movimientos del mercado, según el sector económico bajo el título “Furn/Home Furnishings” (DAMODORAM , s.f.)
- No se consideró un ajuste por riesgo de liquidez Pyme.

Con estos valores, se obtiene una Tasa CAPM anual del 59,29%

La tasa CAMP nos permitirá conocer la tasa de nuestro proyecto a través de WACC o CPPC

Figura 62 Formula WACC

$$CPPC = C * R_s + D * R_d * (1 - t)$$

Fórmula para obtener la tasa WACC

Figura 63 Datos WACC

TASA WACC O CPPC	
Rs	59,29%
Capital	2,00%
Deuda	98,00%
Rd Tasa Banco	4,37%
T(impuesto)	25%
WACC	4,40%

Nota. Datos y resultado de la tasa

VAN	TIR
59.528.276	12,93%

¿Es el Proyecto rentable?

El análisis financiero del proyecto muestra un Valor Actual Neto (VAN) positivo de \$59.528.276 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12,93%, lo que indica rentabilidad y recuperación de la inversión. Aunque el primer año presenta un flujo negativo por la inversión inicial, los años siguientes generan ingresos constantes. Con una TIR superior al costo de capital, el proyecto se considera financieramente viable, rentable y atractivo incluso ante posibles cambios en las condiciones.

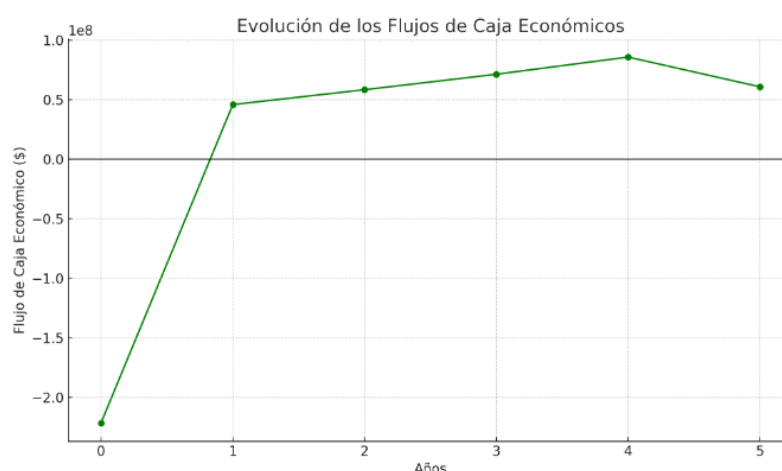
Payback

El Payback es una herramienta clave para conocer en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial, lo que ayuda a medir el riesgo de forma sencilla. En este proyecto, la inversión inicial de \$221,4 millones se realiza completamente en el año 0, y desde el primer año ya se generan flujos de caja positivos, que van creciendo con el tiempo.

Durante los primeros cuatro años, los ingresos aumentan progresivamente, y en el quinto año se logra recuperar por completo la inversión. El plazo estimado de recuperación es de 4,76 años, lo cual resulta razonable considerando la escala del proyecto.

Este comportamiento refleja una evolución financiera saludable, y da señales claras de que el proyecto no solo es sostenible, sino también atractivo para quienes buscan un retorno seguro en un plazo moderado.

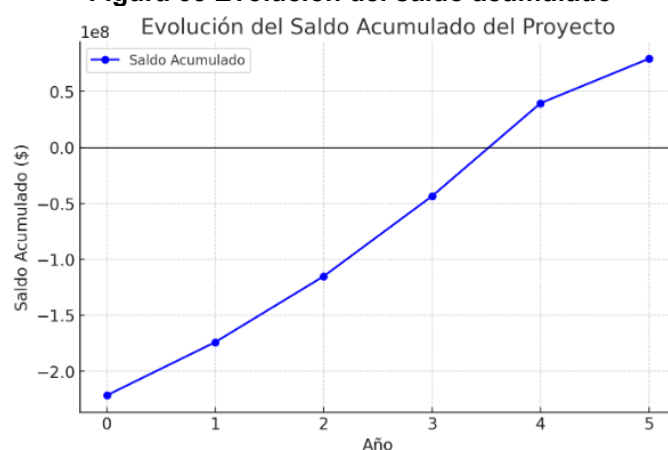
Figura 64 Evolución de los flujos de caja económicos



Nota. Flujo de caja económico decaiga del año 4 al 5 podría ser la necesidad de realizar inversiones adicionales o mayores gastos operativos

El saldo acumulado muestra cómo se va recuperando la inversión inicial a lo largo del tiempo. En los tres primeros años, el saldo permanece negativo, lo que indica que aún no se ha alcanzado el punto de equilibrio. Durante el cuarto año, la recuperación avanza, acercándose al equilibrio, aunque sin superarlo. Es recién en el quinto año cuando el saldo se vuelve positivo, alcanzando cerca de \$39,5 millones. Esto marca el momento en que se recupera totalmente la inversión, y a partir de ahí, el proyecto comienza a generar utilidades reales y sostenidas.

Figura 65 Evolución del saldo acumulado



Nota. Gráfico de contraste de evolución de saldos acumulados

5.7 **Análisis de sensibilidad**

Una vez realizadas las proyecciones financieras y determinado que el proyecto es rentable mediante el Valor Presente Neto (VPN), es fundamental llevar a cabo un

análisis de sensibilidad. Este análisis permite evaluar cómo los posibles cambios en las variables clave pueden afectar los resultados del proyecto, especialmente los flujos de caja. Considerando que estas variables pueden variar por múltiples razones externas o internas, se plantean distintos escenarios para reducir la incertidumbre y facilitar una toma de decisiones más informada.

Sensibilidad ante cambios en las Ventas (Q)

Se evaluó el impacto de aumentar o disminuir el volumen de ventas en un rango del 70% al 130%. Los resultados muestran lo siguiente:

Figura 66 Sensibilidad en las ventas

	VAN	TIR
	59.528.276,11	12,9%
130%	234.205.576,30	33,2%
120%	175.979.809,57	27,0%
110%	117.754.042,84	20,3%
100%	59.528.276,11	12,9%
90%	1.302.509,39	4,6%
80%	-56.923.257,34	-5,5%
70%	-115.149.024,07	-19,6%

Nota. Valores sensibilizados

Conclusión: El proyecto es altamente sensible a las ventas. Un aumento en las cantidades genera mejoras significativas en el VPN y TIR, mientras que una disminución del 30% aún permite que el proyecto sea viable, pero con un margen más reducido de rentabilidad.

Sensibilidad ante cambios en el Precio de Venta (\$)

Al igual que con el volumen, se analizó la sensibilidad frente a variaciones en el precio de venta.

Figura 67 Sensibilidad en el precio de ventas

	VAN	TIR
	59.528.276,11	12,9%
130%	234.205.576,30	33,2%
120%	175.979.809,57	27,0%
110%	36.237.969,42	9,7%
100%	59.528.276,11	12,9%
90%	1.302.509,39	4,6%
80%	-56.923.257,34	-5,5%
70%	-115.149.024,07	-19,6%

Nota. Valores sensibilizados

Conclusión: Un incremento en el precio de venta genera beneficios similares al aumento en las ventas. La rentabilidad del proyecto mejora considerablemente, demostrando que el precio es una variable clave en la viabilidad económica.

Sensibilidad ante cambios en los Costos de Producción (%)

Aquí se evaluó el efecto de aumentar o disminuir los costos operativos de producción:

Figura 68 Sensibilidad en los costos de producción

	VAN	TIR
	59.528.276,11	12,93%
130%	-10.342.643,96	2,8%
120%	12.947.662,73	6,4%
110%	36.237.969,42	9,7%
100%	59.528.276,11	12,9%
90%	82.818.582,81	16,0%
80%	106.108.889,50	18,9%
70%	129.399.196,19	21,6%

Nota. Valores sensibilizados

Conclusión: El proyecto muestra sensibilidad a los costos de producción. Un aumento del 30% reduce considerablemente la rentabilidad, aunque el proyecto sigue siendo viable. Por otro lado, una reducción en estos costos incrementa notablemente el VPN y la TIR, haciéndolo mucho más atractivo.

Sensibilidad ante cambios en los Gastos Operacionales (%)

Finalmente, se analizó cómo impactan los cambios en los gastos operacionales:

Figura 69 Sensibilidad en los gastos operacionales

	VAN	TIR
	59.528.276,11	12,93%
130%	56.034.730,11	12,46%
120%	57.199.245,45	12,62%
110%	58.363.760,78	12,77%
100%	59.528.276,11	12,93%
90%	60.692.791,45	13,08%
80%	61.857.306,78	13,24%
70%	63.021.822,12	13,39%

Nota. Valores sensibilizados

Conclusión: La rentabilidad del proyecto no se ve significativamente afectada por cambios en los gastos operacionales. Esto indica una baja sensibilidad a esta variable, lo cual es positivo en términos de estabilidad financiera.

Cuadro comparativo de sensibilidad que resume los valores mínimos, base y máximo de VAN y TIR para cada variable analizada:

Figura 70 Cuadro comparativo análisis de sensibilidad

VARIACION	VARIABLES SENSIBILIZADAS			
	ventas	precio	Cost prod uni	Gast oper
130%	234.205.576,30	234.205.576,30	-10.342.643,96	56.034.730,11
120%	175.979.809,57	175.979.809,57	12.947.662,73	57.199.245,45
110%	117.754.042,84	36.237.969,42	36.237.969,42	58.363.760,78
100%	59.528.276,11	59.528.276,11	59.528.276,11	59.528.276,11
90%	1.302.509,39	1.302.509,39	82.818.582,81	60.692.791,45
80%	-56.923.257,34	-56.923.257,34	106.108.889,50	61.857.306,78
70%	-115.149.024,07	-115.149.024,07	129.399.196,19	63.021.822,12

Nota. Tabla de valores

Se realizó un análisis de sensibilidad para conocer cómo afectan al resultado del proyecto las variaciones en algunas variables clave, como las ventas, el precio de venta, el costo de producción por unidad y los gastos operativos. Al modificar cada una de estas variables en un rango del $\pm 30\%$, se observó que tanto las ventas como el precio tienen un impacto muy significativo en la rentabilidad: al aumentar en un 30%, el Valor Actual Neto (VAN) alcanza cifras cercanas a los \$234 millones, mientras que al disminuir en ese mismo porcentaje, el VAN cae a valores negativos cercanos a los -\$115 millones. En el caso de los gastos operativos, el efecto es más leve, ya que incluso con aumentos del 30%, el proyecto sigue arrojando un VAN positivo. Sin embargo, el comportamiento del costo de producción por unidad resulta llamativo: cuando este disminuye en un 30%, el VAN se vuelve negativo, lo cual podría indicar un problema en la formulación del modelo o en los supuestos iniciales de costos. En resumen, el análisis evidencia que el proyecto es viable siempre que se mantengan estables las condiciones comerciales, y destaca la importancia de controlar especialmente los precios de venta y los niveles de producción para asegurar su sostenibilidad en el tiempo.

6 DISCUSIÓN

Este proyecto representa una alternativa viable para enfrentar el problema de los desechos textiles en Chile, con indicadores financieros positivos que demuestran rentabilidad. No obstante, su éxito depende de varios factores clave.

Uno de los principales desafíos es asegurar la disponibilidad, calidad y acceso a los textiles desechados, que hoy se concentran en lugares como Alto Hospicio. Para mitigar riesgos, se plantea establecer alianzas con municipios y organizaciones locales, lo que facilitaría la recolección y reduciría costos operativos.

En cuanto al mercado, si bien el interés por productos reciclados está creciendo, aún es incierta la aceptación de muebles fabricados con textiles reutilizados. Factores como el diseño, la calidad y el precio serán determinantes para conquistar a los consumidores.

Desde el punto de vista técnico, la mezcla de textiles reciclados con resina epoxi ofrece una solución innovadora, pero presenta desafíos en durabilidad y sostenibilidad. Mejoras en procesos y materiales podrían fortalecer el proyecto a futuro.

El primer año negativo en flujo de caja refleja la inversión inicial necesaria, lo que exige una sólida planificación financiera. Retrasos en ventas o escasez de capital podrían afectar el cronograma estimado.

En resumen, el proyecto es técnica y económicamente viable, pero requiere una gestión eficiente de residuos, adaptación técnica, aceptación del mercado y trabajo colaborativo con actores locales para consolidarse como una solución sostenible.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El problema de los residuos textiles se ha vuelto una preocupación urgente en todo el mundo, y Chile no es la excepción. En el norte del país, la acumulación de ropa usada en vertederos ilegales ha generado un impacto ambiental alarmante. Frente a esta situación, este proyecto propone una alternativa innovadora y sustentable: un proceso industrial que permita transformar estos desechos en materia prima útil para la fabricación de muebles.

Tras un análisis técnico y económico, se confirmó que instalar una planta en la región de Atacama, particularmente en Alto Molle, no solo es posible desde el punto de vista operativo, sino también rentable. Aprovechar residuos textiles, que hoy en día no tienen valor económico y generan un problema ambiental serio, representa una oportunidad estratégica. Además, la ubicación propuesta permitiría reducir los costos logísticos, lo que se traduce en una ventaja importante para la viabilidad del proyecto.

Desde el punto de vista financiero, los resultados son positivos. El proyecto arroja un Valor Actual Neto (VAN) de \$59.528.276 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12,93%, cifras que superan el costo de capital y respaldan la inversión. El retorno estimado en 4,76 años refuerza esta conclusión. Incluso al someter el modelo a escenarios menos favorables, los resultados siguen siendo viables, lo que demuestra que es un proyecto sólido y resistente ante cambios del mercado.

Más allá de los números, esta iniciativa tiene un impacto real: da una segunda vida a lo que antes se consideraba basura, contribuye a reducir la contaminación y promueve un enfoque de economía circular que podría ser replicado en otros contextos. Convertir desechos textiles en muebles no solo ofrece una solución práctica, sino que también impulsa la innovación en el sector y abre nuevas posibilidades para una industria más sustentable.

Para que el proyecto alcance todo su potencial, se sugieren algunas recomendaciones clave. Primero, es fundamental asegurar un suministro constante

de materiales. Para eso, sería ideal establecer convenios formales con municipios como Alto Hospicio e Iquique, además de colaborar con organizaciones locales y ONGs que ya trabajan con reciclaje o gestión de residuos. También se podría implementar un sistema de trazabilidad, lo que ayudaría a mejorar la clasificación y el aprovechamiento de la materia prima.

Otra recomendación importante es diversificar los productos y sus aplicaciones. Aunque el enfoque principal está en la fabricación de muebles, se podrían explorar otros usos, por ejemplo, en la construcción como aislantes, o incluso en la industria automotriz. Esto no solo ampliaría el mercado, sino que disminuiría la dependencia de un solo rubro. Además, invertir en diseño y en la creación de productos atractivos y funcionales permitiría destacar aún más frente a la competencia.

En cuanto a la comercialización, obtener certificaciones ambientales y de economía circular sería un gran paso para generar confianza y diferenciarse en el mercado. Contar la historia detrás de cada producto, desde su origen como residuo hasta su transformación en mueble, puede ser una herramienta muy efectiva para conectar con consumidores conscientes. También sería útil generar alianzas con grandes tiendas o distribuidores que ya trabajan con productos sustentables.

Finalmente, para que el proyecto se mantenga en el tiempo, es necesario optimizar los procesos y controlar los costos de manera continua. Evaluar el uso de energías renovables en la planta podría reducir los gastos operativos y la huella ambiental. Asimismo, capacitar al personal en temas técnicos, de calidad y sostenibilidad asegurará un funcionamiento eficiente y alineado con los principios del proyecto.

8 **Glosario**

1. Azo: Un grupo azo es un grupo funcional del tipo $R-N=N-R'$, en donde R y R' son grupos que contienen átomos de carbono, y los átomos de nitrógeno están unidos por un enlace doble. Los compuestos que contienen el enlace $-N=N-$ se denominan azoderivados, compuestos azoicos, o azocompuestos.

9 Bibliografía

10 Bibliografía

- Asociación Iberica de Reciclaje Textil.* (s.f.). Obtenido de <https://www.asirtex.org/>
- Barney, J. (1991). *Firm resources and sustained competitive advantage.* Journal of management.
- Baudrillard, J. (1970). *La sociedad de consumo.* Francia : Editions Denoel.
- BBC News Mundo. (2022). *"Hemos transformado nuestra ciudad en el basurero del mundo": el inmenso cementerio de ropa usada en el desierto de Atacama en Chile.* Obtenido de BBC Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-60024852>
- Besednjak, A. (2009). *Materiales Compuestos.* Univ. Politèc. de Catalunya.
- Brown, M., & De Vito, S. (1993). Predicting azo dye toxicity. Crit. Rev. Environ.Sci. Technol.
- BSI Group. (2011). *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.* British Standards Institution. <https://www.bsigroup.com>.
- BTU - 5. (s.f.). Obtenido de <https://old.hacienda.cl/oficina-de-la-deuda-publica/estadisticas/resultados-historicos-licitacion-de/btu-5.html>
- Cabeza, L., & Moreira, M. (2020). *Textile Recycling and Waste Management.* Elsevier.
- Cachon, G. P., & Swinney, R. (2011). The Value of Fast Fashion: Quick Response, Enhanced Design, and Strategic Consumer Behavior. *Management Science*, Vol. 57, No. 4.
- Callister, W., & Rethwisch, D. (2020). *Materials science and engineering: An introduction.* Wiley.
- Calvo, S., & Williams, G. (2019). *Reutilización de residuos textiles.* Biblioteca del Congreso Nacional Chile. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27453/1/BCN_reciclaje_ropa_antecedentes_y_comparada.pdf
- Cavada Herrera, J. (2023). *Zonas Francas.* Biblioteca Nacional de Chile BCN.
- CCI. (s.f.). Obtenido de <https://www.icc-chile.cl/index.php/que-es-la-camara-de-comercio-internacional-icc/>
- Chan, E. (09 de Marzo de 2020). *Vogue.* Obtenido de Propuestas sostenibles que quizá te perdiste durante el mes de la moda: <https://www.vogue.es/moda/articulos/sostenibilidad-semana-de-la-moda-otono-invierno-2020-2021-desfiles-reciclaje-vintage>
- Chung, K., & Stevens, S. (1993). Decolourisation of azo dyes by environmental microorganisms and helminthes. Environ. Toxicol. Chem.
- CONAMA, F. (2018). *Residuos del sector textil (ST-25).* Congreso nacional medioambiente, España. Obtenido de <http://www.conama2018.org/web/generico.php?idpaginas=&lang=es&menu=370&id=43&op=view>
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (2020). *Innovación desde la Economía Circular.* Obtenido de CDT: <https://www.cdt.cl/innovacion-desde-la-economia-circular/>
- Cortazar, A., Coronel, C., Escalante, A., & González, C. (s.f.). *Contaminación generada por colorantes de la industria textil.* universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- DAMODORAM, D. (s.f.). Obtenido de https://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/data.html
- Días, A., Sampaio, A., & Bezerra, R. (2007). Environmental Bioremediation Technologies. En *Environmental applications of fungal and plant systems: decolourisation of textile wastewater and related dyestuffs* (págs. 445-463). Singh S.N. y Tripathi R.D.
- Dilla, H., & Álvarez, C. (2018). *ARICA/TACNA: LOS CIRCUITOS ECONÓMICOS DE UN.*

- Dos-Santos, A., Cervantes, F., & Van-Lier, J. (s.f.). Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology. *Bioresour. Technol.*
- ECAP. (2019). *The European Clothing Action Plan*. Obtenido de <http://www.ecap.eu.com/>
- Ecocitex. (s.f.). *Colección de rellenos de textil reciclado*. Obtenido de <https://www.ecocitex.cl/collections/relleno-textil>
- El Observador. (2022). *Ley de reciclaje: 5 cosas que tu empresa necesita saber*. Obtenido de Periodico El Observador: <https://www.observador.cl/ley-de-reciclaje-5-cosas-que-tu-empresa-necesita-saber/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *What is the circular economy?*
- Europea, U. (2019). *The European Clothing Action Plan*. Obtenido de <http://www.ecap.eu.com/>
- Europeo, D. G. (2024). *El impacto de la producción textil y de los residuos*. Europa. Fashion for Good. (s.f.). Obtenido de <https://fashionforgood.com/>
- Foro económico mundial. (s.f.). Obtenido de <https://es.weforum.org/stories/2018/10/la-compleja-relacion-de-peru-bolivia-y-chile-una-herencia-de-la-guerra-del-pacifico/>
- Fuentes, J., & López, A. (2018). Técnicas avanzadas de fabricación de materiales compuestos: Moldeo asistido por vacío. *Revista Iberoamericana de Compuestos y Materiales Avanzados*.
- Gavilanez, M., & del Cisne, K. (s.f.). *Análisis de los procesos de reciclaje de prendas en desuso en la ciudad*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato.
- González, D., & Sainz, M. (2018). *Valorization of textile waste as a resource for furniture manufacturing*. *Journal of Cleaner Production*.
- Greenpeace. (6 de Junio de 2019). Obtenido de Copenhagen Fashion Summit: How NOT to make the fashion industry more sustainable: <https://www.greenpeace.org/international/story/7575/copenhagen-fashion-summit-how-not-to-make-the-fashion-industry-more-sustainable/>.
- HACIENDA, M. D. (1975). *Decreto Ley 1055*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Hao, O., Kim, H., & Chang, P. (2000). Decolorization of wastewater. *Crit. Rev. Env. Sci. Technol.*
- Hasen, K. (2004). *The World in Dress: Anthropological Perspectives on Clothing, Fashion, and Culture*. *Annual Review of Anthropology*. Obtenido de <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.anthro.33.070203.143805>
- Hawley, J. (2006). *Textile recycling: A system perspective*. *Clothing and Textiles Research Journal*.
- Hernández, A., & Louleiro, F. (2017). *Ropas americanas: Comercio, contrabando*. Corumbá.
- Icarte Ahumada, L., Torres Torres, N., & Ramos Rodriguez, R. (2018). *The Free Trade Zone of Iquique and its impact on informal work of of border migrant women*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.32735/s0718-6568/2018-n51-1350>.
- Intelligence, M. (s.f.). *Tamaño del mercado de muebles y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/furniture-market>
- INTERNOS, S. I. (s.f.). *NUEVA TABLA DE VIDA ÚTIL DE LOS BIENES FÍSICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO*. Obtenido de https://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm
- Joy, A., Sherry, J., Venkatesh, A., Wang, J., & Wang, R. (2012). *Fast fashion, sustainability, and the ethical appeal of luxury brands*. *Fashion Theory*.

- Juárez, C. (05 de Octubre de 2018). *Modaes*. Obtenido de El lujo gana la carrera al ‘fast fashion’ entre las marcas mejor valoradas.: <https://www.modaes.es/back-stage/el-lujo-gana-la-carrera-al-fast-fashion-entre-las-marcas-mejor-valoradas.html>.
- Kadolph, S. (2007). *Textiles*. Pearson Prentice Hall.
- LA CÁMARA DE COMERCIO INTERNACIONAL. (s.f.). Obtenido de <https://www.icc-chile.cl/index.php/que-es-la-camara-de-comercio-internacional-icc/>
- Larios, R. (2019). *El reto de la sostenibilidad en la industria textil y de la moda*. Mundo Textil. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10185>
- LIDEM Construcciones Mecánicas S.L. (2024). *ROTATOR cutting models*. Obtenido de LIDEM: <https://www.lidem.com/ing/rotator-cutting-models/>
- LIDEM Construcciones Mecánicas S.L. (2024). *Bandas de transporte y alimentación Cintex*. Obtenido de <https://lidem.com/tag/bandas-de-transporte/>
- LIDEM Construcciones Mecánicas S.L. (2024). *Portafolio*. Obtenido de LIDEM: <https://lidem.com/empresa-lidem/>
- LINTCNC. (s.f.). Obtenido de https://es.aliexpress.com/item/1005006356827028.html?src=google&pdp_npi=4%40dis!CLP!2635312!2635312!!!!!!%40!12000036874230860!ppc!!!&src=google&albch=s hopping&acnt=298-731-3000&isdl=y&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google_7_shopping&aff_platform=google&aff_shor
- LTCNC Router Factory Store. (s.f.). Obtenido de https://es.aliexpress.com/item/1005006356827028.html?src=google&pdp_npi=4%40dis!CLP!2635312!2635312!!!!!!%40!12000036874230860!ppc!!!&src=google&albch=s hopping&acnt=298-731-3000&isdl=y&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google_7_shopping&aff_platform=google&aff_shor
- Ltda, N. (s.f.). *Nanollose*. Obtenido de <https://nanollose.com/technology/our-technology/>
- Melgarejo, V. (2019). Economía Circular y la Industria Textil en el Paraguay. *Poblac.Desarro. vol.25 no.49 SAN LORENZO*, 25(49), 143-150. <https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2019.025.49.143-150>.
- Millán, V. (04 de Mayo de 2021). *Galio*. Obtenido de El upcycling es el futuro (y no solo de la moda): <https://galio.cl/2021/05/04/el-upcycling-es-el-futuro-y-no-solo-de-la-moda/>
- Mira, D. (2018). ¿Qué es el ‘fast fashion’ y por qué está haciendo de la moda un negocio insostenible? *Contreebute*.
- Mira, D. (2018). ¿Qué es el ‘fast fashion’ y por qué está haciendo de la moda un negocio insostenible? *Contreebute*.
- MMA. (2021). *RESIDUOS. Sinia. Retrieved*. Ministerio Medio Ambiente.
- Mnisterio Vivienda y Urbanismo. (2019). Obtenido de <https://documentos.minvu.cl/regionI/serviu/oficios/Documentos/Presentaci%C3%B3n.pdf>
- Mora, V. (2021). *El desconocido mercado del reciclaje textil en Chile*. Diario Financiero. Obtenido de <https://www.df.cl/df-lab/cambio-climatico/el-desconocido-mercado-del-reciclaje-textil-en-chile>
- Mordor Intellinence. (s.f.). *Tamaño del mercado de muebles y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/furniture-market>
- Muthu, S. (2014). *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing: Environmental and Social Aspects of Textiles and Clothing Supply Chain*. Springer.

- Nigam, P., Banat, I., Singh, D., & Marchant, R. (1996). En *Microbial process for the decolorization of textile effluent containing azo, diazo and reactive dyes* (págs. 31, 435–42). Process Biochem.
- Parlamento Europeo. (2024). *El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente>
- Pickering, S. (2006). *Recycling technologies for thermoplastic composites*.
- PLASTICENTER. (s.f.). *plasticenter.cl*. Obtenido de <https://www.plasticenter.cl/product/sistema-de-vacio-6-cfm-5-galones>
- Playerasmark. (s.f.). Obtenido de www.playerasmark.com: <https://www.playerasmark.com/conoce-los-tipos-y-caracteristicas-de-las-fibras-textiles/>
- Pulse of the Fashion Industry*. (2017-2019). Obtenido de <https://globalfashionagenda.org/>: <https://globalfashionagenda.org/pulse-of-the-industry/>
- República de Chile. (2016). *Ley N° 20.920, Ley marco para la gestión de residuos, la Responsabilidad Extendida al Productor y fomento al reciclaje*. Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1087316>
- Reyes Packe, S. (2023). *Adiós al Fast Fashion!... ¡Bienvenida Moda Sostenible*. Seremi del Medio Ambiente RM.
- Romero Caro, C. (2021). u.
- Romero Caro, C. (s.f.). *NEO-EF*. Universidad de Chile, Santiago.
- Ropa Usada Web. (2024). *Portafolio*. Obtenido de ropasusada.com: <https://ropasusada.com/>
- S&P CLX IGPA. (s.f.). Obtenido de <https://es.investing.com/indices/igpa-historical-data>
- Sarango, J. (s.f.). *Desarrolló e implementación*. Distrito de Desaguadero .
- School, E. B. (2017). *El sector textil y el gasto en prendas de vestir en 2017*. Madrid.
- Shop Good-Will. (2024). *Página de inicio*. Obtenido de <https://shopgoodwill.com/home>
- SII, N. (s.f.). Obtenido de https://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm
- Soc. Comercial e Industrial Trein SPA. (s.f.). *Portal Inmobiliario*. Obtenido de <https://www.portalinmobiliario.com/MLC-2850447326-sitios-desde-2500m2-en-barrio-industrial-alto-molle-JM>
- Solis, M., Gill, J., Solis, A., Pérez, H., Manjarrez, N., & Perdomo, M. (2013). *EL PROCESO DE SEDIMENTACION COMO UNA APLICACION SENCILLA PARA*. Revista Mexicana de Ingeniería Química.
- sprayidea.com. (s.f.). *Dominar el proceso de infusión al vacío*. sprayidea.com.
- Textileexchange. (s.f.). Obtenido de Climate action starts at the source of the materials we choose: <https://textileexchange.org/>
- The Observatory of Economic. (22 de Junio de 2022). *Textiles in Chile*. Obtenido de <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/textiles/reporter/chl>
- Trubnikov, A. (2024). *alexandrtrubnikov5480*. Obtenido de <https://www.youtube.com/@alexandrtrubnikov5480/shorts>
- Weetman, C. (2016). *A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains: Repair, Remake, Redesign, Rethink*. New York: Kogan Page Ltd.

11 ANEXO

11.1 Especificaciones técnicas Cortador rotator

	CRS 5 Ref. 10NA	CRD 5 Ref. 10NA
Telera de entrada		
Calidad banda	2M8	
Ancho útil de trabajo	500 mm	500 mm
Protección total contra el polvo y los hilos en los elementos de rodadura		
Módulo de alimentación		
Ø rodillo de alimentación pisador	300 mm	
Calidad rodillo alimentación pisador	Engomado FLT-280B, rectificado y estriado	
Ø del 2º rodillo de alimentación pisador	310 mm	
Calidad del 2º rodillo alimentación pisador	Engomado FLT-280B, rectificado liso	
Ø rodillo de alimentación base	80 mm	
Calidad rodillo alimentación base	Acero F-114 cromado	
Módulo cortante (tambor de corte, cuchillas)		
Regulación de corte	de 20 a 140 mm	de 10 a 110 mm
Sistema de corte	rotativo	
Velocidad de corte	616 cortes/min.	
Nº cuchillas	2 rotativas + 1 contracuchilla fija (reversible a 4 caras)	
Material cuchillas	Acero 8% Cr	
Ø tambor	734 mm	
Un volante de inercia para ahorro	420 kg	
Motor movida Tambor de corte	7.5 KW	
Telera de salida		
Producción	hasta 6.500 Kg/h	hasta 3.000 Kg/h
Ancho útil telera de salida	700 mm	700 mm
Calidad banda	2M12	
Panel de mandos		
Paro, marcha, retroceso y paro de emergencia.		
Un motor-reductor para la movida de la banda de alimentación, para la unidad de alimentación y para la banda de extracción de material.		
Acabado exterior	Pintura epoxi sobre imprimación epoxi	
Sistemas de cierres de seguridad		
Cumplimiento normas europeas en seguridad		
Regulación de la longitud de corte desde el variador de frecuencia		
Opcional	Detector de cuerpos metálicos	
Material a cortar	Fibras naturales y sintéticas (algodón, yute, nylon, poliéster, acrílico, lino, etc.)	

DIMENSIONES

	CRS 5 Ref. 10NA	CRD5 Ref. 10NA
Anchura	1415 mm	
Longitud	5000 mm	
Altura	1505 mm	
Peso aprox.	4000 Kg	

11.2 Especificaciones técnicas Sistema NODRIX

	SAM 3 Ref. V84/84	SAM 4 Ref. V112/112
Cámaras de contención		
N.º cámaras de contención	2	
Ancho útil de trabajo	3000 mm	4000 mm
Calidad bandas	3M18-UO-V15	
Volumen de las cámaras de contención neto	84 m ³	112 m ³ c/u
Volumen de las cámaras de contención bruto	98 m ³	131 m ³ c/u
Distribuidores rotativos con movimiento alterno (llenado homogéneo de las cámaras de contención)		
Motor-reductor distribuidores rotativos	2 x 0.37 KW	
Motor-reductor puerta de cierre	0.75 KW	
Motor-reductor mesas	2 x 0.55 KW	2 x 0.75 KW
Cabezal vaciador móvil		
Telera de púas	3M18-UO-V15, listones de polipropileno y clavos de Ø5x60	
Cabezal vaciador desplazable a las 2 cámaras de contención		
Motor-reductor movimiento cabezal vaciador	1.1 KW	
Motor-reductor telera púas	5.5 KW	
Telera de evacuación de material		
Producción	Adaptada según las necesidades de producción	
Motor-reductor cilindro limpiador	1.5 KW	
Motor-reductor telera transversal	0.55 KW	
Ventilador para extracción	22 KW	
Panel de mandos		
Control de nivel de carga		
Cierre de cámaras automático		
Maniobras controladas mediante fotocélulas eléctricas		
Control de funcionamiento de procesos mediante señalización de panel de mandos		
Control de velocidad de trabajo de la telera plana de las cámaras de contención y de la telera de púas del cabezal vaciador mediante potenciómetros y variadores de frecuencia (permitiendo el trabajo en cualquier tipo de material)		
Acabado exterior		
Acabado exterior	Pintura epoxi sobre imprimación epoxi	
Cumplimiento normas europeas en seguridad		

DIMENSIONES

Anchura	8230 mm	10230 mm
Longitud	9120 mm	9120 mm
Altura	5575 mm	5575 mm

11.3 Especificaciones técnicas Alimentación y dosificado al deshilachado. Sistema COMPACTOR

	SAD 1 REF. 5.6	SAD 1.5 REF. 8.5	SAD 2 REF. 12
Módulo de descompresión de aire			
Volumen módulo de descompresión	1.2 m ³	1.9 m ³	2.4 m ³
2 bocas de salida para filtros			
Depósito vertical			
Volumen Deposito Vertical	2.8 m ³	5.1 m ³	6.8 m ³
Depósito horizontal			
Volumen Deposito Horizontal	2.8 m ³	3.9 m ³	5.2 m ³
Banda de alimentación F/30NF lisa y empalme sinfín			
<u>Motor-reductor</u> movida telera plana	0.75 KW	1.5 KW	2.2 KW
Descargador			
Calidad banda mezcladora de materias	F/30NF empalme sinfín, guías para evitar desplazamiento, con pivotes de aluminio		
Ø Rodillos de arrastre	180 mm recubiertos de goma EH-70N		
<u>Motor-reductor</u> telera de púas	1.5 KW	2.2 KW	2.2 KW
Compactador/regulador de espesor			
Ancho útil de trabajo	1000 mm	1500 mm	2000 mm
Espesor de salida de materia	50 mm		
Producción	Adaptadas según las necesidades de la línea de producción		
Ø rodillos nervados extractores	146 mm		
<u>Motor-reductor</u> rodillos alimentación	0.75 KW	1.5 KW	1.5 KW

Panel de mandos			
Maniobras controladas mediante fotocélulas eléctricas			
Capacidad total de almacenaje	5.6 m ³	8 m ³	12 m ³
Ventanas de registro y visores de nivel en todos los módulos			
Acabado exterior	Pintura de epoxi sobre imprimación epoxi		
Cumplimiento normas europeas en seguridad			
Material de trabajo	Fibras naturales y sintéticas (algodón, yute, nylon, poliéster, acrílico, lino, etc.)		

11.4 **Especificaciones técnicas Enrutador CNC**

Modelo	Enrutador CNC LT-1212
Área de trabajo eficaz	1200*1200*200mm
Estilo de mesa	Mesa con ranura en T de aluminio y PVC.
Carril guía	Riel guía cuadrado lineal Hiwin
Modo de conducción	Husillo de bolas TBI original de Taiwán
Husillo	Husillo de refrigeración por agua de 1,5 kW
Invertir	Totalmente invertido
Recoger tamaño	ER16
Velocidad del husillo	0-24000rpm
Motores y controladores	Motores paso a paso 86BYG-450B y controladores Leadshine MA860H
Controlar el sistema	Ncstudio
Tensión de trabajo	AC220V, monofásico, 50-60hz
Software estándar	Artcam2010
Software compatible	TIPO3/Artcam
Piezas opcionales	1.Eje giratorio 2.Tanque de agua de acero inoxidable 3.4 ruedas. 4.Servocontrolador y servomotores

11.5 **Especificaciones técnicas Módulo deshilachador**

Principales ventajas de la máquina deshilachadora

- Sistema de alimentación inteligente con autorregulación que evita paradas innecesarias debido a cortes y atascos de materia.
- Rodillo prensa para la pre-introducción de materia que facilita la alimentación.
- Posicionamiento electrónico del sistema de alimentación, con la máquina en marcha.
- Rodillos desfibradores con gran masa de inercia que generan ahorro de energía
- Sistema de aspiración volumétrico de alta precisión para una mejor calidad en la napa obtenida del desfibrado
- Circuito de circulación de aire perfectamente dimensionado.
- Regulación electrónica de la cantidad de materia retorno.
- Motorización de rodillo napador independiente y sincronizada con el introductor del cuerpo siguiente.
- Sistema de detección de fuegos electrónico para una mayor seguridad de la maquina y de sus operarios.

- Terminales táctiles independientes de programación para controlar los diferentes parámetros de la máquina.
- Instalación sin necesidad de realizar ningún tipo de obra civil.

Características técnicas

La máquina deshilachadora está perfectamente dimensionada, de forma que es totalmente accesible para los operarios, tanto para su limpieza como para labores de mantenimiento. La altura existente entre la banda de realimentación y la cuna inferior del rodillo desfibrador, es la considerada oportuna para que un operario de mantenimiento pueda acceder perfectamente a todas las partes móviles de la máquina.

La máquina está dotada de:

- Terminales táctiles para programación y ajuste en cada uno de los diferentes módulos.
- PLC para control de los terminales, este determina en todo momento el óptimo funcionamiento de todos sus módulos.
- Sistema de detección de fuegos, compuesto por:
 - Sonda termopar de respuesta rápida, ajustada electrónicamente a una temperatura media de 85°C, situada estratégicamente en la salida de aspiración del rodillo napador.
 - Avisadores acústicos y luminosos para advertir a los operarios.
 - Preinstalación para el apagado de posibles fuegos mediante batería de extintores de CO2.
- Circuito de paros de emergencia.
- Interruptores de posición y detección distribuidos en varios puntos de la máquina que evita el acceso a partes móviles de la máquina en funcionamiento.
- Módulo de entrada.
- Modulo deshilachador.
- Sistema de aspiración.
- Módulo de recirculación de materia.

11.6 Moldeo por vacío

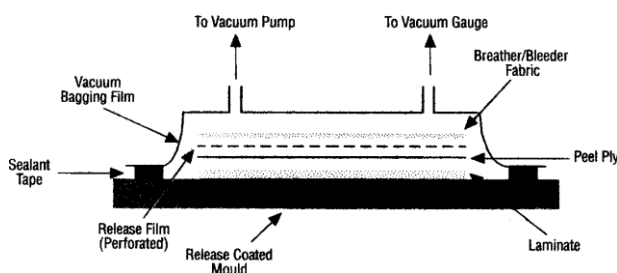
Moldeo por Vacío

Por A. Besednjak

La técnica del moldeo asistido por vacío consiste en crear presión sobre un laminado durante su ciclo de curado. La presurización del laminado cumple varias funciones. Primera, remueve el aire atrapado entre capas. Segunda, compacta las capas de refuerzo por transmisión de fuerzas, proporcionando laminados más uniformes. Tercera, evita que la orientación del laminado se modifique durante el curado. Cuarta, reduce la humedad. Quinta, y quizás la función más importante, la técnica de vacío optimiza las relaciones refuerzo-matriz en las piezas de materiales compuestos. Todas estas ventajas han sido utilizadas durante años para maximizar las propiedades físicas de los materiales compuestos, tanto en campos como la aviación así como en industrias de componentes para competición.

El concepto fundamental

Este método es básicamente una extensión del método de moldeo por contacto – laminado manual, donde la presión es aplicada al laminado una vez éste se ha realizado al completo pero encontrándose todavía en un estado previo al gel (Fase A), para su consolidación. Se consigue mediante una bolsa plástica colocada sobre el laminado; El aire del interior de la bolsa es extraído mediante un sistema de vacío, consiguiendo así presiones de hasta casi una atmósfera para la consolidación del laminado.



El moldeo por contacto asistido por vacío surgió entonces como una evolución del método

de laminado manual, buscando solucionar los problemas de bajos contenidos de refuerzos en su composición.

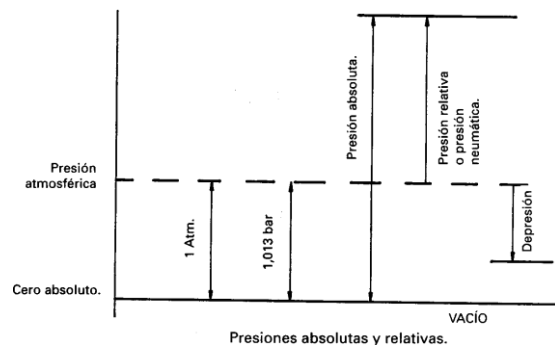
Esta antigua y sencilla técnica es hoy en día la preferida para los constructores navales que buscan estructuras sumamente livianas y con requerimientos estructurales elevados.

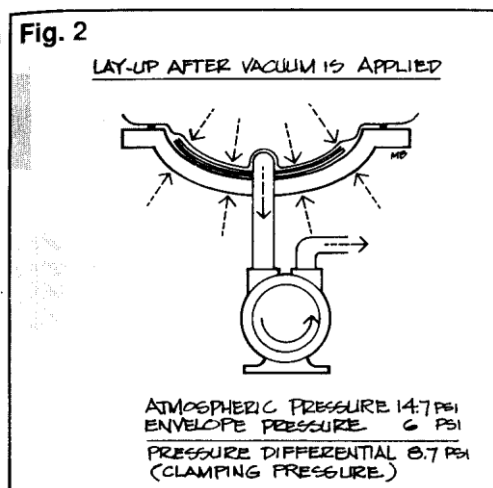
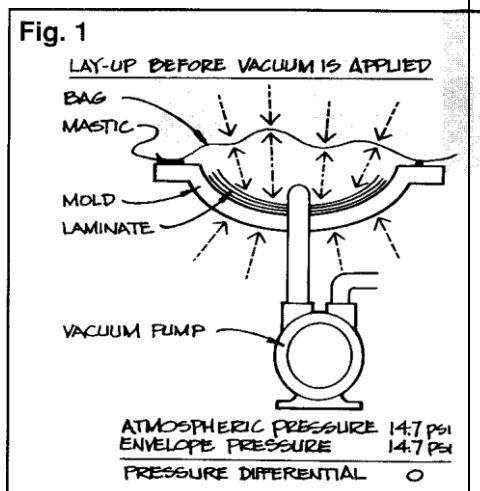
El vacío¹

Se denomina vacío a los estados de presión de aire que se encuentran por debajo de la presión atmosférica. Aunque de una forma estricta, la denominación de vacío total corresponde a la ausencia total de presión, es evidente que se trata de estados relativos en los cuales la presión atmosférica normal es la que se toma como presión de referencia.

En la técnica de vacío se emplean depresiones de hasta $-0,98$ bar, medidas desde la presión atmosférica, que en este caso sería la presión de referencia. En otras palabras, en los casos más extremos, se trabaja cerca de la presión absoluta de valor cero o del vacío total mencionado.

Los medios empleados para producir vacío son diversos: extractores clásicos para depresiones muy pequeñas, bombas de vacío accionadas por motores eléctricos, y los más modernos, generadores de vacío de aire comprimido.





Formas de obtención del vacío

Existen numerosas máquinas que nos permiten obtener vacío, siendo las más conocidas las bombas. El trabajo de la bomba consiste en bombear gases o vapores, aspirándolos de un recipiente cerrado y expulsándolos al exterior. Cada tipo de bomba se distingue de las demás por la presión mínima que puede alcanzar (cerca del cero absoluto), presión que queda limitada por las características constructivas de la misma.

En los sistemas de obtención de vacío más comunes utilizados para moldeo por vació mencionaremos tres tipos:

- A) Bombas de paletas flexibles (surpresores)
- B) Bombas de anillo líquido
- C) Generadores de vacío

Las bombas de vacío de paletas flexibles generan vacío mediante la utilización de un motor eléctrico convencional. Se emplean cuando son necesarios elevados caudales de aspiración.

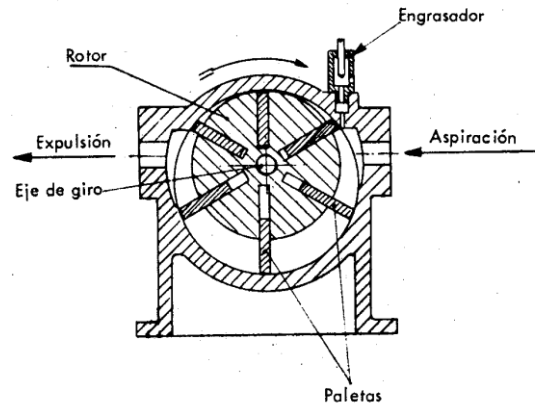


Fig. 2-4. — Bomba de paletas para vacío medio

La bomba consiste en un rotor, que gira excéntrico en el interior de un estator, provisto de 6 u 8 paletas dispuestas en forma radial. Por efecto de la fuerza centrífuga, las paletas son proyectadas hacia el exterior adaptándose a la superficie interior del estator. Las lumbreras de aspiración y expulsión van dispuestas lateralmente y cada vez que una paleta pasa por delante de la lumbrera de aspiración, aspira cierta cantidad de gas y lo traslada a la zona de expulsión, donde al ser comprimido, el gas se escapará por la lumbrera correspondiente. Como existen varias paletas, no hay oscilaciones de flujo, siendo por lo tanto continuo. El engrase de este tipo de bombas se efectúa por goteo, mediante un engrasador tipo regulable instalado precisamente en la cámara de aspiración, ya que es la misma aspiración la que produce la depresión necesarias para que el aceite caiga.

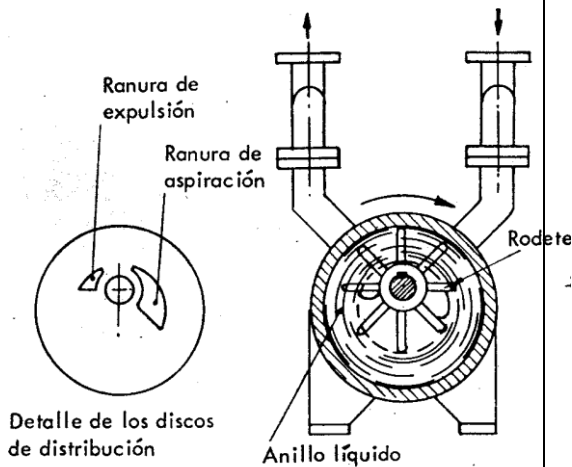
Las bombas que producen vacío denominadas de anillo líquido consisten en un rodete compuesto de varias palas que gira excéntrico en el interior de un estator, y queda limitado lateralmente por dos discos de distribución que son los que regulan la aspiración y la expulsión, a través de unas ranuras.

En el interior de la bomba hay una cierta cantidad de agua que, al girar el rodete y por efecto de la fuerza centrífuga, adopta la forma de un anillo líquido concéntrico con el estator. Entre este anillo, las palas y el

núcleo del rodete o rotor, se forma un espacio libre o cámara, en el que tiene lugar la aspiración y posterior expulsión de gas. El proceso es continuo, ya que

hay siempre palas que aspiran mientras que otras expulsan.

Representación esquemática de un eyector

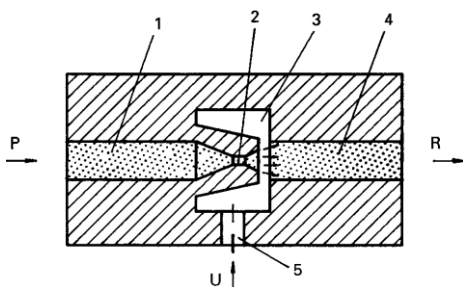


La principal ventaja de esta bomba estriba en que, por no existir roce entre el rotor y el estator, ya que el anillo de agua es el que roza con ambos, no hay prácticamente desgaste entre las piezas. El mismo anillo hace de lubricante y refrigerante. Como inconveniente presenta el calentamiento y evaporación del líquido, por lo que cada bomba consume una cierta cantidad de agua.

Tanto las bombas de paletas como las de anillo líquido utilizan motores eléctricos, por lo que resultan más costosas que otros sistemas generadores de vacío. Los rangos de capacidades de succión para estas bombas pueden oscilar entre 6 m³ hora hasta 1600 m³ hora.

Si los volúmenes de aire a evacuar no son excesivamente grandes ni los niveles de vacío a alcanzar demasiado elevados, se puede recurrir al uso de los generadores de vacío.

Los generadores de vacío o también conocidos como eyectores, son elementos que producen vacío o depresión de aire, y a diferencia de las bombas, no utilizan motores eléctricos, aprovechándose del denominado efecto físico conocido como efecto Venturi.



El aire a presión entra en el eyector procedente de la red (1)(dependiendo del grado de vacío, dicha presión puede oscilar entre 1,5 bares hasta 8 bares). Al llegar al punto (2), el aire se estrangula, aumentando considerablemente la velocidad. Ese aumento de velocidad crea una depresión en la cámara central (3) y en el conducto de vacío (5), que se aprovecha para realizar la extracción. Por último, el aire extraído sale por (4) junto con el aire a presión generador del vacío.

Los generadores de vacío son elementos de pequeñas dimensiones, no requieren de partes móviles (facilita el mantenimiento) y su instalación no presenta dificultad alguna. El único requisito necesario es conectarlo a una línea de aire comprimido.

Accesorios para el vacío

En el laminado asistido por vacío, los elementos conectores de vacío (normalmente ventosas) son los encargados de extraer el aire encerrado en la bolsa, y conectan el sistema de extracción exterior (bombas o generadores de vacío) con el interior de la bolsa. Son elementos que deben ser seleccionados con sumo cuidado, ya que una ventosa inadecuada o con defectos de estanqueidad puede estropear nuestro trabajo. Normalmente constan de una placa base, una arandela de estanqueidad (de elastómero), y una placa de cierre.

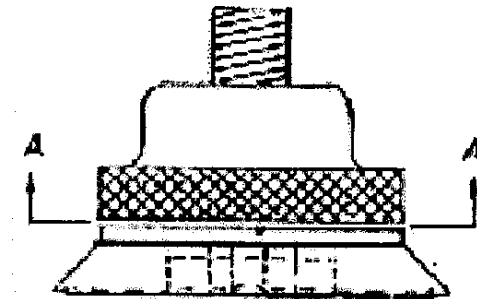
La placa de base presenta anillos concéntricos en relieve, que permiten una mayor estanqueidad con la junta.

V
e
n
t
o
s
a

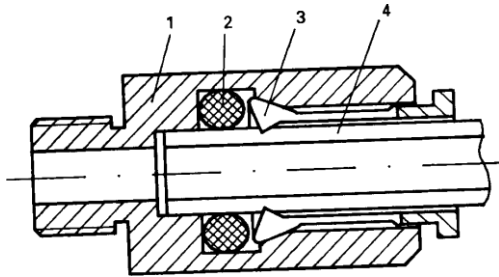
La ubicación de las ventosas en el molde es otro aspecto a tener en cuenta, y deberán, en la medida de lo posible, colocarse en zonas donde posibles fallos queden ocultos.

Las mangueras que conectan las ventosas con el equipo de vacío deben poseer un diámetro acorde al volumen de

aire que deseamos extraer, así como criterios de resistencia a altas temperaturas deben ser considerados si la pieza requiere de curado o postcurado. Las más utilizadas son aquellas construidas con mallas helicoidales de acero inoxidable o kevlar



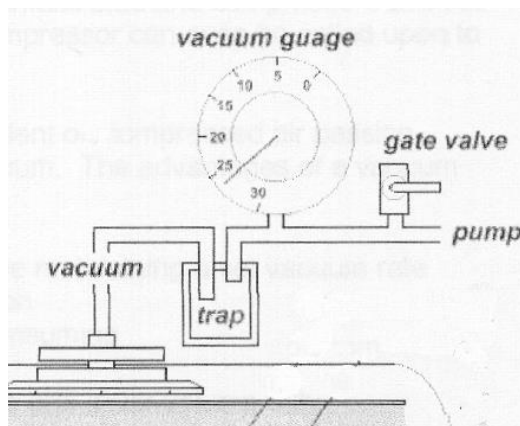
trenzado, recubiertas de silicona, y con condones de los extremos.



Esquema de conector rápido

Los vacuómetros se utilizan para controlar el nivel de vacío en el interior de la bolsa; Las escalas utilizadas son bares o milímetros de mercurio. Existen modelos con glicerina en su interior para proteger la aguja de variaciones bruscas de movimiento. Tanto los vacuómetros secos como los que poseen glicerina en su interior no son aptos para trabajar a temperaturas superiores a 60°C, ya que sus componentes internos sufren dilataciones que pueden inducir a medidas erróneas del nivel de vacío. Si deseamos obtener lectura de los niveles de vacío por encima de dichas temperatura la solución pasa por utilizar sondas de lectura a distancia o un sistema de capilares.

Por último, las trampas de resina o filtros decantadores son mecanismos que evitan que los excesos de resina que fluyen por las mangueras lleguen al sistema de vacío, previniendo su inutilización. Normalmente se suelen construir en acero, y luego de cada laminado se limpian por si hubiesen quedado restos de resina en su interior.

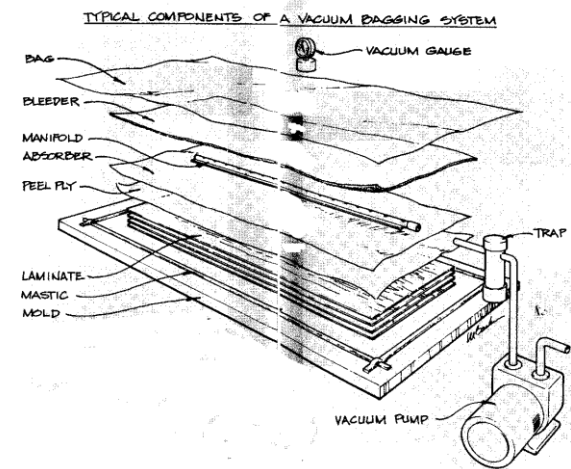


Una vez finalizado el laminado manual por contacto, y con suficiente tiempo antes de que comience el proceso de gelificación de la matriz polimérica (fase A), se disponen sobre el laminado los materiales que nos permitirán realizar el compactado, extraerán los excesos de resina, evitarán que dichos materiales se queden adheridos a la pieza, facilitarán el desmoldeo y disminuirán las emisiones de elementos volátiles orgánicos al ambiente.

Estos materiales conjuntamente con su correcta utilización constituyen el secreto de la técnica. Estos son:

- Tejidos pelables (Peel-plies)
- Films separadores y films sangradores desmoldeantes
- Tejidos absorción / aireación (manta)
- Film de Nylon para bolsa vacío
- Masillas de cierre (Tacky-tape)

En la gráfica que sigue se puede observar su distribución sobre el laminado.



Tejidos pelables

Los tejidos pelables son generalmente aplicados como último material en la secuencia del laminado. Están diseñados para ser extraídos de la superficie del laminado con suma facilidad, facilitando los procesos posteriores de adhesión secundaria, masillado o pintado, sin necesidad de abrasión mecánica previa.

Los tejidos pelables o peel plies, son tejidos que luego de su proceso textil, son tratados para ofrecerlos libres de impurezas, permitiéndonos utilizarlos en contacto directo con el laminado, sin problemas de contaminación posterior.

Constituidos normalmente de poliamidas (nylon) o fibras de poliéster, suelen dejar una

superficie ligeramente rugosa ideal para piezas que necesitan de un procesado posterior.

Dichos tejidos actúan como protectores superficiales del laminado, y se recomienda retirarlos solamente cuando sea necesario.

Suelen presentarse en formatos comerciales de entre 60 y 80 g/m², y deben seleccionarse de acuerdo al criterio de temperatura del proceso productivo. Existen en forma de rollos y cintas de diferentes anchos, y normalmente poseen un hilo de color que permite su identificación sobre la pieza una vez curada.

La mayoría de los tejidos pelables de poliamidas (nylon) tienen problemas con sistemas de matrices fenólicas, debido a la emisión de agua que producen las mismas, por lo que se recomienda el uso de los tejidos de poliéster.

Films separadores y sangradores

desmoldeantes Los films separadores

son utilizados para separar el laminado del resto de materiales del proceso de vacío (desmoldeante).

Los films sangradores son los mismos films separadores pero perforados, siguiendo un patrón establecido, que permiten salir al exceso de resina que haya en el laminado.

Los patrones de perforado se establecen de acuerdo al método productivo seleccionado. El diámetro de perforado va en función del flujo de resina excedente y dependerá de: la temperatura de curado, el sistema de matriz, la viscosidad de la resina, el tiempo de trabajo, la presión de compactación.

Todas estas consideraciones permitirán seleccionar el film sangrador adecuado que permita “salir” al exceso de resina y al aire que hubiese quedado atrapado entre capas de laminado. Si su elección no se hace correctamente, podemos obtener malos resultados como laminados con alta tasa de porosidad (poca evacuación de aire, film sangrador con pocos agujeros) o bien laminados demasiado “secos” (film sangrador con demasiados agujeros o excesivamente grandes).

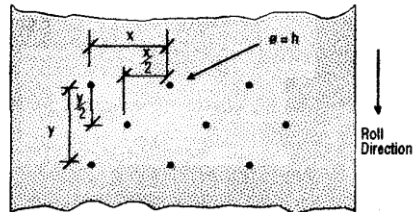
También hay films sangradores perforados que permiten salir solamente el flujo de gases pero restringen el paso de la resina, aunque esta fuese de baja

viscosidad.

Entre otras características importantes acerca de estos films podemos mencionar su resistencia a altas temperaturas (de acuerdo al proceso de curado o postcurado), no aportan ningún tipo de contaminación al laminado, no dejan marcas, poseen alta elongación (acorde a la elongación del film de bolsa de vacío) y su coste es reducido.

Explanation of Perforated Pitch:

Perforation Reference	Nominal Hole Size (h)	Pitch (x) (mm)	Pitch (y) (mm)	Bleed Characteristics
P	0.4	3	3	High
P3	0.4	12.7	12.7	Medium
P90	0.4	15	30	Low



podemos mencionar:

- Alta elongación (350%, 400%, hasta 750%), que ayuda a mejorar la calidad del laminado (mejor distribución de la presión).
- Resistencia a altas temperaturas.
- Compatibilidad con amplia gama matrices.
- Resistencia a los ataques por gases químicos durante el ciclo de curado.
- Adaptabilidad a formas complejas.

Tejidos de absorción /aireación

Los tejidos de absorción y aireación son tejidos sintéticos no entramados, normalmente constituidos de fibras de poliéster recicladas, razón por la cual presentan imperfecciones en su superficie.

Cumple básicamente dos funciones principales: la de permitir circular el aire atrapado por todo el interior de la bolsa, y la actuar como absorbente del exceso de resina que emana por acción de la presión de consolidación.

Atendiendo a criterios de presión y temperatura de trabajo, existe una extensa gama, que permite obtener tejidos desde presiones de trabajo de 1 bar hasta 14 bares, y temperaturas de hasta 430°C.

De bajo peso (alrededor de 140 gr/m²) y gran adaptabilidad, permiten adaptarse a formas complejas. No tiene propiedades desmoldeantes, por lo que deben ser separados del laminado mediante un tejido sangrador o película separadora perforada.

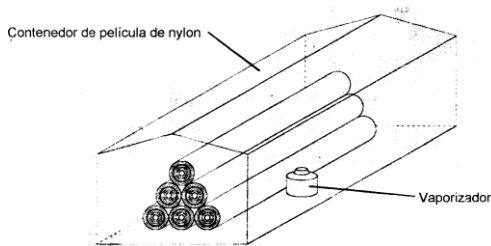
Films de nylon para bolsa de vacío

Los films de bolsa de vacío son lo encargados de sellar todo el laminado de materiales compuestos, incluidos el resto de fungibles de vacío anteriormente mencionados. Una vez sellado, se aplica vacío al laminado para que actúe externamente la presión atmosférica.

Entre las características principales de dichos films

Los films de vacío de nylon son higroscópicos, y el contenido de humedad actúa sobre ellos como un plastificante, teniendo influencia sobre sus propiedades mecánicas. Cuando su contenido de humedad es bajo, el film se vuelve rígido y quebradizo, y sus propiedades de alargamiento se deterioran. El film debe almacenarse en una sala donde la humedad relativa sea mayor del 55%; a valores inferiores de humedad, el film tiende a perder "su" humedad, y con un 40% de humedad ambiente, el film perderá toda su humedad en menos de 24 horas.

Para recuperar y acondicionar de nuevo un film que ha perdido sus niveles óptimos de humedad, el rollo debe ser colocado en un ambiente húmedo durante 48 horas. Además, para un correcto almacenaje, la temperatura ambiente debe ser de 25°C como máximo, deben almacenarse lejos de fuentes de calor, y proteger siempre que sea posible el rollo envolviéndolo bajo un plástico que evite la pérdida de su contenido húmedo.



Masillas de cierre

Las masillas de cierre se utilizan para proveer una junta entre el molde y la bolsa de vacío, que asegure estanqueidad.

Constituidas de una mezcla de caucho sintético combinado con cargas inertes, pastificantes y aditivos que les proporcionan adhesividad, deben ser formuladas para que su extracción del molde sea fácil y no deje impurezas ni residuos en el mismo después del ciclo de curado.

La selección de dichas masillas se realiza en función de la temperatura de curado y la presión de trabajo.

4 – El ambiente de trabajo

Los beneficios que se obtienen del método son numerosos. Las emisiones de estireno y elementos volátiles orgánicos se reducen considerablemente debido a que el laminado se encuentra confinado en una bolsa cerrada. Sólo se producen emisiones en la fase dinámica de impregnación, aunque debido a la metodología del proceso, dicha exposición es mínima comparada con los métodos tradicionales de laminado manual por secuencias y proyección simultánea.

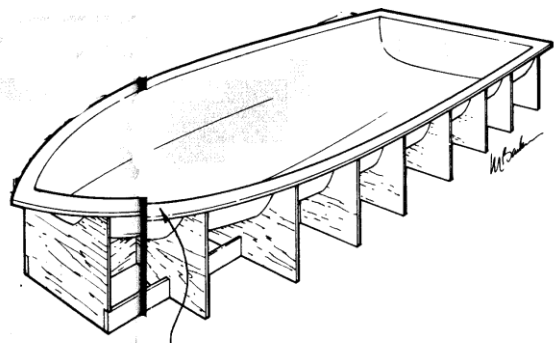
No dejar de mencionar, sin embargo, que el ambiente de trabajo deberá cumplir con los requisitos mínimos establecidos por los fabricantes de los materiales respecto de temperatura y humedad ambiente, así como renovaciones de aire, iluminación e higiene del lugar de trabajo.

5 – Los moldes

Existen infinidad de moldes que son aptos para la técnica de laminado por vacío. Los moldes pueden ser simples, planos, tableros rigidizados, o formas complejas con curvas compuestas. La mayoría de los moldes diseñados para otros métodos productivos son aptos para este método.

Las únicas consideraciones a tener en cuenta, ya sea para moldes nuevos o moldes recuperados, es que deben ser estancos (sin fugas) y deben poseer espacio suficiente (brida o pista de vacío) para poder cerrar la bolsa de vacío a una distancia que no comprometa el laminado.

Respecto de la presión atmosférica, decir que actúa equilibradamente en ambas caras del molde, por lo que no necesita refuerzos especiales, simplemente nos bastará con que el molde sea lo suficientemente rígido para soportar el peso del laminado.



5 – Ventajas del sistema

Entre las ventajas más importantes que proporciona el método podemos citar:

- Obtención de altos porcentajes de refuerzo comparado con los métodos tradicionales.
- Mayor densidad del laminado.
- Baja tasa de porosidad (contenido de burbujas).
- Mejor impregnación de las fibras debido a la presión y al flujo de resina a través de las fibras, con excesos retenidos en los materiales fungibles.
- Reducción de las emisiones de elementos volátiles emitidos durante el curado.
- Inversión relativamente baja en equipos.
- Adaptación de la mayoría de los moldes concebidos para otros procesos de fabricación.
- Las superficies interiores del laminado presentan mejor acabado superficial, con el consecuente ahorro de tiempo de preparación para operaciones posteriores.

6 - Desventajas del sistema

Sin embargo, el método también tiene una serie de inconvenientes:

- El coste de los materiales fungibles y de la mano de obra extra.
- Un alto nivel de habilidades es requerido por parte de los operarios.
- Mezclas y controles de contenido resina son aún determinados por la habilidad del operario.
- Dependiendo del tamaño de la pieza y del sistema de matriz utilizado, pueden presentarse problemas de tiempos de proceso (que no exista suficiente tiempo para impregnar toda la pieza sin que antes aparezcan zonas gelificadas).
- Si existe curado, para sistemas de matrices poliéster y viniléster se pueden presentarse problemas por niveles de vacío mayores de $-0,33$ bares (-254 mm Hg), debido a que el punto de inflación del estireno (diluyente principal) baja considerablemente bajo los efectos del vacío.
- Un exceso de evacuación de estireno modificará las propiedades físicas del laminado, por lo que debe prestarse atención especial al ciclo de vacío.

Por las razones expuestas anteriormente, es fundamental planificar previamente el trabajo con minuciosidad y realizar pruebas previas para obtener resultados satisfactorios.

7 - Los resultados

La técnica del moldeo por vacío permite obtener materiales compuestos con mejores propiedades físicas y mayor calidad de estratificado que sus métodos predecesores. Así, los porcentajes de refuerzo-matriz obtenidos son más elevados que los obtenidos mediante métodos como laminado manual y la proyección simultánea. Las tasas de porosidad (contenido de burbujas en el interior del laminado) también se ven notablemente reducidas.

Por lo tanto, dependiendo del grado de vacío conseguido, podremos alcanzar porcentajes de refuerzo del orden del 55% en la composición del laminado. No obstante, la técnica requiere un conocimiento profundo de la misma, ya que un vacío excesivamente elevado sin controles adecuados podría dar lugar a fallos de falta de impregnación o zonas “secas” del laminado.

Por último, decir que la técnica del moldeo por vacío se utiliza en la actualidad en la construcción de grandes barcos de crucero y competición, así como en la adhesión de núcleos de estructuras sándwich para embarcaciones de producción.

Referencias

¹ Según A. Serrano Nicolás, en su libro “Neumática” editorial paraninfo, Madrid, 2000.

Bibliografía

SP Systems – Guide to composites,
www.spsystems.com

Vacuum bagging Equipment & Techniques, www.fibreglast.com

Airtech advanced Materials group , www.airtechonline.com

Bacuum Bagging, Ted Hugger, Professional Boatbuilder Magazine, Issue Number 1 Oct/Nov 1989.

Neumática, A. Serrano Nicolás, editorial paraninfo, Madrid, 2000.

INP 96 S.L., Catálogo comercial, Madrid, 2000. Equipos de vacío industrial

Busch SA, www.busch.es

Basic vacuum Bagging , Patrick McCrary, www.bertram31.com