

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**DESARROLLO DE MOLDE DE EXTRUSIÓN PARA TEJAS
DE PLÁSTICO RECICLADO**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERO EN FABRICACIÓN Y
DISEÑO INDUSTRIAL.

Alumno:

Sebastián Francisco Sanhueza Pinnola.

Profesor Guía:

Santiago Geywitz Bernal

RESUMEN

KEYWORD: TEJAS SOSTENIBLES - PLÁSTICO RECICLADO – EXTRUSIÓN - MOLDES DE EXTRUSIÓN.

En este proyecto, se presenta un exhaustivo análisis y desarrollo de tejas sostenibles fabricadas a partir de plástico reciclado, destacando especialmente el diseño del molde de extrusión como elemento central del proceso. La propuesta no solo se adentra en el modelado 3D y evaluaciones técnicas, sino que también aborda aspectos cruciales como la viabilidad económica, haciendo hincapié en la manufactura de moldes por parte de Revalora, una empresa con capacidades técnicas y operativas demostradas.

El proyecto se orienta a capturar una cuota significativa del mercado en las regiones de Santiago y Valparaíso, buscando un 2% en los primeros dos años. Este ambicioso objetivo se fundamenta en una estrategia de penetración sólida respaldada por un análisis demográfico detallado. Además, se subraya la ventaja competitiva de utilizar plástico reciclado, alineándose con principios de sostenibilidad y economía circular.

El análisis financiero revela la robustez del proyecto, mostrando la capacidad de generar rendimientos positivos en diversas configuraciones financieras. La inclusión de Revalora en la fabricación de moldes se presenta como un componente clave para la eficiencia operativa y la capacidad de adaptarse a la producción a mayor escala.

En conclusión, esta propuesta no solo representa un avance técnico en la fabricación de tejas sostenibles, sino que también demuestra ser un proyecto económicamente sólido con un enfoque sostenible que puede impulsar el crecimiento de Revalora y contribuir al paradigma de economía circular.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	3
1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	4
1.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO DEL PROYECTO	4
1.1.1. Antecedentes relevantes	4
1.1.2. Avances tecnológicos	7
1.1.3. Modelos de utilidad	13
1.1.4. Desarrollo académico.....	13
1.2. DEFINICION DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDAD	14
1.3. CONTEXTO DE LA OPORTUNIDAD DE DISEÑO.....	15
1.3.1. Restricciones y obligaciones legales y ambientales	16
1.4. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA (PORTER).....	17
1.4.1. Amenaza de nuevos competidores.....	17
1.4.2. Poder de negociación de los proveedores	18
1.4.3. Poder de negociación de los clientes	18
1.4.4. Amenaza de productos sustitutos.....	18
1.4.5. Rivalidad entre competidores existentes.....	19
1.5. COMPRESION DEL MERCADO	20
1.5.1. Definición del modelo de negocio	20
1.5.2. Definición del mercado usuario y/o cliente	22
1.5.3. Cuantificación estimada del mercado.....	23
1.6. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	24
1.6.1. Análisis y definición funcional	24
1.6.2. Diseños preliminares.....	26
1.6.3. Propuestas de alternativas morfológicas.....	27
1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO	28
1.7.1. Objetivo general.....	29
1.7.2. Objetivos específicos.....	29
CAPITULO II. DISEÑO DE INGENIERÍA	31
2. DISEÑO DE INGENIERÍA.....	32
2.1. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES.....	32
2.1.1. Objetivos del producto a diseñar (cualitativas)	32
2.1.2. Definición del producto (especificaciones finales).....	34
2.2. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS MORFOLÓGICAS	36
2.3. DESARROLLO DE PIEZA Y DEFINICIÓN DE MATERIALES	37
2.3.1. Análisis detallado de proceso de manufactura y/o fabricación.....	37
2.3.2. Análisis técnico y estructural (teórico en base a software)	38
2.4. DISEÑO PARA FABRICABILIDAD RESUELTO CON MODELOS 3D	42

2.5.	ANÁLISIS DE PROCESO DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN.....	43
2.5.1.	Definición del proceso general (ideal).....	43
2.5.2.	Definición del layout ideal.....	44
2.5.3.	Estimación de tiempos productivos y costos de manufactura.....	45
2.6.	MVP O PROPUESTA DE FABRICACIÓN DE PROTOTIPO.....	47
2.7.	GUÍA DE USO DE MVP.....	48
CAPITULO III. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....		53
3.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	54
3.1.	EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PROTOTIPO SEGÚN TRL 4-7.....	54
3.1.1.	Nivel TRL 4: Componentes básicos integrados.....	54
3.1.2.	Nivel TRL 5: Configuración de sistema similar a aplicación final.....	54
3.1.3.	Nivel TRL 6: Prototipo piloto para escalamiento.....	55
3.1.4.	Nivel TRL 7: Prototipo completo en ambiente real.....	55
3.2.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	55
3.2.1.	Análisis de costos de fabricación.....	55
3.3.	EVALUACIÓN DE MERCADO Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	56
3.3.1.	Procedimiento de estimación de la demanda.....	57
3.3.2.	Establecer el mercado relevante.....	57
3.3.3.	Establecer la cuota de mercado a la que se aspira.....	57
3.4.	EVALUACIÓN FINANCIERA DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	57
3.4.1.	Desarrollo de flujos de caja al horizonte de vida del proyecto.....	58
3.4.2.	Análisis de los indicadores de rentabilidad.....	61
3.4.3.	Identificación de variables críticas y optimización del proyecto.....	61
3.4.4.	Establecimiento de la tasa de descuento de su proyecto.....	62
3.4.5.	Análisis de sensibilidad.....	62
3.5.	ANÁLISIS.....	63
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....		67
BIBLIOGRAFÍA.....		69
ANEXOS.....		73
A.	PRESENTACIÓN TEJA.....	73
B.	PLANOS MOLDE.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Ficha técnica Teja de arcilla.....	5
Figura 1-2.	Ficha técnica Teja de metal.....	6
Figura 1-3.	Diagrama de extrusora de plástico.....	12
Figura 1-4.	5 Fuerzas de Porter.....	19

Figura 1-5. Lean Canvas.	21
Figura 2-1. Modelado de la propuesta de Teja.	36
Figura 2-2. Modelado de escena.....	38
Figura 2-3. Desplazamiento resultante de análisis 1.	39
Figura 2-4. Gradiente térmico resultante de análisis 2.....	39
Figura 2-5. Desplazamiento resultante de análisis 3.	40
Figura 2-6. Desplazamiento resultante de análisis 4.	41
Figura 2-7. Presentación del molde para teja.....	42
Figura 2-8. Resultado análisis de esfuerzo a molde con presión interna de 2MPa.	43
Figura 2-9. Layout zona de producción de empresa Revalora.....	45
Figura 2-10. Molde con la tapa abierta.....	48
Figura 2-11. Posicionamiento del molde.	49
Figura 2-12. Apertura del molde después del enfriamiento.....	49
Figura 2-13. Retirado de perfil rectangular.....	50
Figura 2-14. Extracción de la teja.....	50
Figura 3-1. Grafico de sensibilidad respecto a los ingresos.....	63

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1-1. Desgarradora de plástico.....	9
Imagen 1-2. Cuchilla desgarradora de plástico.....	9
Imagen 1-3. Cuchilla molino de plástico.	10
Imagen 1-4. Mezcladora de plástico.....	11
Imagen 1-5. Sketch propuesta 1.	26
Imagen 1-6. Sketch propuesta 2.	27
Imagen 1-6. Modelado 3D de propuesta 1.	28
Imagen 1-7. Modelado 3D propuesta 2.....	28
Imagen 2-1. Ilustración de un techo.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Tipos de Plásticos.	7
Tabla 2-1. Costos de producción por extrusora y color.....	47
Tabla 3-1. Costos de Materiales para la fabricación de 1 molde.....	56
Tabla 3-2. Costos de Materiales para la fabricación de 16 moldes.	56
Tabla 3-3. Consideraciones básicas para calcular ingresos por venta de tejas.	58
Tabla 3-4. Estimación de Ventas por año.	58
Tabla 3-5. Flujo de Caja Puro.	59
Tabla 3-6. Flujo de Caja Financiado al 25%.	60
Tabla 3-7. Flujo de Caja Financiado al 50%.	60

Tabla 3-8. Flujo de Caja Financiado al 75%. 60

Tabla 3-9. Análisis de indicadores. 61

Tabla 3-10. Análisis de sensibilidad respecto a los ingresos. 62

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

PET	:	Tereftalato de Polietileno
HDPE	:	Polietileno de alta densidad
PVC	:	Policloruro de vinilo
LDPE	:	Polietileno de baja densidad
PP	:	Polipropileno
PS	:	Poliestireno
USD	:	Dólares americanos
PIB	:	Producto interno bruto
INE	:	Instituto Nacional de Estadísticas
UF	:	Unidad de Fomento (unidad de cuenta chilena).
TRL	:	Technology Readiness Level
MVP	:	Producto Mínimo Viable
VAN	:	Valor Actual Neto
TIR	:	Tasa Interna de Retorno
PRI	:	Período de Recuperación de la Inversión
WACC	:	Costo Promedio Ponderado de Capital
CAMP	:	Modelo de Valoración de Activos Financieros

B. SIMBOLOGIA

mm	:	Milímetros
cm	:	Centímetros
kg	:	Kilogramos
ton	:	Toneladas
MPa	:	Mega Pascales
°C	:	Grados Celsius

INTRODUCCIÓN

En el contexto de una sociedad cada vez más consciente de su impacto ambiental, el presente proyecto emerge como una respuesta innovadora y sostenible en el ámbito de la construcción. El enfoque principal radica en el diseño y desarrollo de tejas fabricadas a partir de plástico reciclado, material que, tradicionalmente, representa un desafío ambiental significativo. Este proyecto no solo busca mitigar la huella ecológica asociada con el plástico de un solo uso, sino que también aspira a establecer un estándar en la construcción sostenible.

El origen de este proyecto se encuentra en la comprensión profunda de la necesidad crítica de adoptar prácticas más amigables con el medio ambiente en el sector de la construcción. La escalada de desafíos ambientales exige una reevaluación de los materiales y procesos utilizados en la industria, y es en este contexto que surge la iniciativa de desarrollar tejas sostenibles de plástico reciclado.

La elección de utilizar plástico reciclado como materia prima principal no es meramente una solución técnica, sino una declaración de compromiso con la economía circular. El proyecto se propone cerrar el ciclo de vida del plástico, transformándolo de un residuo contaminante a una materia prima valiosa y funcional. En este proceso, se busca no solo aprovechar las características técnicas del plástico reciclado, sino también demostrar que la sostenibilidad no implica compromisos en términos de calidad y rendimiento.

La colaboración estratégica con Revalora, una entidad reconocida por su experiencia en la fabricación de productos mediante extrusión de plásticos reciclados añade una capa adicional de solidez técnica al proyecto. La selección de Revalora no solo se basa en su experiencia técnica, sino también en su compromiso con prácticas operativas sostenibles. Este aspecto subraya la coherencia del proyecto con los principios de sostenibilidad en todas las etapas de la cadena de producción.

Más allá de la mera ingeniería de producto, este proyecto se sumerge en la evaluación profunda de su impacto ambiental, la viabilidad económica y las oportunidades de mercado. No solo se trata de crear un producto sostenible, sino de posicionarlo estratégicamente en el mercado, identificar su nicho y establecer un modelo de negocio robusto y escalable.

El proyecto establece el marco para un análisis detallado y exhaustivo de cada fase de este. Desde el diseño y desarrollo técnico hasta la evaluación económica y de mercado, cada componente se presenta como un elemento esencial en la creación de un producto que no solo responde a las demandas actuales de sostenibilidad, sino que también anticipa y lidera la evolución de la construcción hacia prácticas más responsables y ecoeficientes.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El proyecto surge de manera proactiva como respuesta a la imperante necesidad de reducir el impacto ambiental asociado con la industria de la construcción. La acumulación de residuos plásticos ha sido un desafío significativo, y Revalora, como líder comprometido con la sostenibilidad, ha decidido abordar este problema de manera innovadora. El objetivo es transformar materiales plásticos reciclados en tejas que no solo cumplan con los rigurosos estándares técnicos y estéticos de la industria, sino que también encarnen los principios fundamentales de la economía circular y la responsabilidad ambiental. Este enfoque refleja la misión central de Revalora: catalizar cambios positivos en la industria de la construcción, impulsando la innovación y la responsabilidad ambiental como pilares fundamentales de su compromiso duradero con un futuro sostenible.

1.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO DEL PROYECTO

En este apartado se profundiza en los antecedentes y el contexto que rodea al proyecto de tejas sostenibles de plástico reciclado. Se examinan aspectos relevantes de la industria de la construcción y se destacan los desafíos ambientales asociados con la acumulación de residuos plásticos. Asimismo, se explora el compromiso de Revalora con la sostenibilidad y su decisión estratégica de abordar estos desafíos de manera innovadora. Se analizan los principios de la economía circular y la responsabilidad ambiental como pilares fundamentales del proyecto, que busca transformar materiales plásticos reciclados en tejas que cumplan con altos estándares técnicos y estéticos. Este enfoque refleja la visión de Revalora de catalizar cambios positivos en la industria de la construcción, impulsando la innovación y la sostenibilidad como parte de su compromiso a largo plazo con un futuro más sostenible.

1.1.1. Antecedentes relevantes

En este punto, se describen los conceptos clave que se mencionarán en el proyecto, centrándose en los elementos más relevantes de cada uno. Se explora el término "tejas", resaltando su función fundamental y su importancia en la construcción, así como el "reciclaje de plástico", que aborda cómo esta práctica puede contribuir significativamente a la reducción de residuos y la promoción de una economía circular. Estos antecedentes sentarán las bases para comprender cómo la combinación de estos dos contextos puede resultar en un producto innovador y beneficioso tanto en términos técnicos como ambientales.

1.1.1.1. Tejas

Las tejas son un elemento fundamental en la construcción de viviendas y edificios. Su origen se remonta a la antigua Grecia, donde se utilizaban tejas de terracota. A lo largo de los años, se han desarrollado diferentes tipos de tejas, como las tejas de asfalto, las tejas de hormigón, las tejas metálicas, entre otras.

En Chile, las tejas de arcilla han sido el material predominante en la construcción de techos durante décadas. Sin embargo, con el avance de la tecnología y la necesidad de innovar en la industria de la construcción, se ha comenzado a utilizar otros materiales para la fabricación de tejas, como el metal, la fibra de vidrio y el plástico.

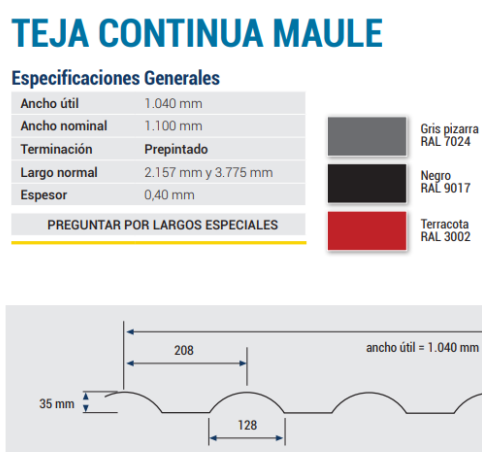
Según el Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC, 2021), en Chile se venden alrededor de 30 millones de tejas al año. En cuanto a sus medidas, estas varían según el material utilizado, el tipo de teja y el diseño. En el caso de las tejas de arcilla, por ejemplo, las medidas suelen ser de aproximadamente 40 cm de largo por 20 cm de ancho, con un espesor que varía entre 1,5 y 3 cm [Figura 1-1]. En cambio, las tejas metálicas pueden tener una longitud de hasta 6 metros, con un ancho que varía según el modelo [Figura 1-2].

Figura 1-1. Ficha técnica Teja de arcilla.



Fuente: Recuperado de Arcillas Linares, 2021. <https://arcillaslinares.cl/tejas.html>.

Figura 1-2. Ficha técnica Teja de metal.



Fuente: Recuperado de Acenor Chile, catalogo 2023. <https://acenorchile.com/wp-content/uploads/2023/01/catalogo-acenor-2023.pdf>

En cuanto al uso de las tejas, estas son elementos indispensables en la construcción de techos y cubiertas, ya que permiten proteger la estructura de los agentes climáticos, tales como la lluvia, la nieve y el sol. Además, las tejas pueden aportar una estética particular a la construcción, permitiendo la creación de diferentes diseños y acabados.

1.1.1.2. Reciclaje de plástico

El reciclaje de plástico es un proceso importante en la reducción de la cantidad de desechos que se generan en el mundo, especialmente considerando que los plásticos son materiales altamente resistentes y tardan mucho tiempo en degradarse en el medio ambiente. La historia del reciclaje de plástico comienza en la década de 1970, cuando la conciencia ambiental comenzó a crecer y se hizo evidente la necesidad de reducir la cantidad de residuos que se generan. En Chile, el reciclaje de plástico ha crecido en los últimos años, con un aumento del 26% en la cantidad de residuos plásticos reciclados entre 2017 y 2019, pero aún queda mucho por hacer para lograr un sistema de reciclaje más eficiente.

Existen diferentes tipos de plásticos que se pueden reciclar, como el PET, HDPE, LDPE, PP, PVC, PS y otros. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados, ya que algunos son demasiado complejos o contaminados para ser procesados. Además, el proceso de reciclaje varía según el tipo de plástico, ya que cada uno tiene diferentes propiedades y características [Tabla 1-1].

Los beneficios del reciclaje de plástico son múltiples. En primer lugar, se reduce la cantidad de desechos que se generan, lo que a su vez reduce la contaminación y la emisión de gases de efecto invernadero. Además, el reciclaje de plástico reduce la necesidad de extracción de petróleo, materia prima utilizada para la fabricación de plásticos. También se puede ahorrar energía en el proceso de producción, ya que reciclar

plástico requiere menos energía que producir plástico nuevo. Según un informe del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, en 2019 se reciclaron aproximadamente 168.000ton de plásticos, lo que representó un ahorro de más de 568.000 barriles de petróleo.

Sin embargo, también hay desafíos en el reciclaje de plástico, como la falta de infraestructura y tecnología para el procesamiento de ciertos tipos de plásticos y la falta de incentivos económicos para las empresas que utilizan plásticos reciclados.

En consecuencia, el reciclaje de plástico es una práctica esencial para reducir el impacto ambiental de la producción y eliminación de plásticos. A pesar de los desafíos, el reciclaje de plástico ha experimentado un crecimiento significativo en Chile en los últimos años, y se espera que siga creciendo en el futuro.

Tabla 1-1. Tipos de Plásticos.

Siglas	Usos	Características	Resistencia a la tracción [Mpa]	Producción global [ton]	Reciclaje en Chile [ton]
PET	Botellas de agua, refrescos y envases de alimentos.	Resistente, liviano y reciclable.	55 – 75	30,6 millones (2020)	7.449 (2019)
HDPE	Botellas de leche, bolsas de basura y tuberías.	Fuerte, resistente al agua y al impacto.	25 – 60	49,5 millones (2020)	32.083 (2019)
PVC	Tuberías, suelas de zapatos y cortinas de baño.	Resistente y durable.	45 – 60	40,5 millones (2020)	3.145 (2020)
LDPE	Bolsas de plástico, películas de plástico y envases para alimento.	Flexible y liviano.	10 – 20	23,8 millones (2020)	3.923 (2019)
PP	Envases de alimentos, muebles y juguetes.	Resistente a la humedad y a los productos químicos.	30 – 45	75,8 millones (2020)	17.879 (2019)
PS	Vasos desechables, bandejas de carne y envases de alimentos.	Liviano y rígido.	30 – 50	13,5 millones (2020)	17.000 (2019)

Fuente: Elaboración propia. Con información recuperada de Plastics Europe.

https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2019_AF_web.pdf

1.1.2. Avances tecnológicos

Dentro del marco de este proyecto, impulsado por Revalora, los avances tecnológicos juegan un papel esencial en la creación de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado. Desde la recepción de los plásticos hasta su transformación final en

tejas funcionales y atractivas, cada etapa del proceso se beneficia de tecnologías modernas y eficientes.

El proceso se inicia con la recepción y selección cuidadosa de los plásticos reciclados. El proceso comienza con la recepción y selección meticulosa de los plásticos reciclados. Posteriormente, en la etapa de preparación, se aplican tecnologías especializadas. Una desgarradora descompone los plásticos en trozos manejables, y luego un molino los tritura aún más para garantizar homogeneidad. Una mezcladora asegura que las proporciones de los diferentes plásticos sean uniformes y adecuadas.

Estas fases de preparación son donde se crea la materia prima para los proyectos de la planta. La colaboración entre tecnología avanzada y el enfoque sostenible promovido por Revalora es la base de este proceso.

1.1.2.1. Desgarradora de plástico

La desgarradora de plástico se origina en la necesidad de procesar de manera eficiente y sostenible los plásticos de desecho. Esta máquina descompone los plásticos en fragmentos manejables, facilitando su posterior transformación. Su evolución se basa en la adaptación de maquinaria industrial existente para satisfacer las demandas específicas de fragmentación de plásticos.

Existen diversos tipos de desgarradoras de plástico, cada una diseñada para manejar distintos tipos de plásticos y tamaños. Estas máquinas realizan la tarea crucial de descomponer los plásticos en fragmentos más pequeños, lo que agiliza su proceso posterior. Su alcance se limita a la fase inicial de preparación de los plásticos reciclados para su utilización en procesos posteriores.

En Chile, la adopción de desgarradoras de plástico ha ido en aumento junto con el fortalecimiento de las políticas de reciclaje y la conciencia ambiental. La industria chilena de reciclaje ha experimentado un avance continuo y se ha destacado por adaptar tecnologías para maximizar la eficiencia en la fragmentación de plásticos. Estas máquinas han evolucionado para manejar una variedad de plásticos y tamaños, contribuyendo al desarrollo sostenible en el país.

Las desgarradoras de plástico utilizan tecnología de corte avanzada que garantiza una fragmentación eficiente de los plásticos. En comparación con los molinos, estas máquinas ofrecen ventajas significativas en términos de control del tamaño de los fragmentos y eficiencia energética. La tecnología de las desgarradoras permite una adaptación más precisa a diferentes tipos de plásticos, mejorando así la calidad del material reciclado. En comparación las cuchillas de las desgarradoras pueden ajustarse para producir fragmentos de plástico con dimensiones que oscilan entre 10 mm y 50 mm, en cambio las de los molinos pueden producir fragmentos de plástico con dimensiones que oscilan entre 5 mm y 20 mm [Imágenes 1-1 y 1-2].

Imagen 1-1. Desgarradora de plástico.



Fuente: Foto recuperada de maquinarias iglesias.

<https://maquinariaiglesias.com/maquinaria-industrial/desgarrador-de-dos-ejes/>

Imagen 1-2. Cuchilla desgarradora de plástico.



Fuente: Foto recuperada de Expo21XX.

https://www.expo21xx.com/renewable_energy/17427_st3_wood_combustion/default.htm

1.1.2.2. Molino de plástico

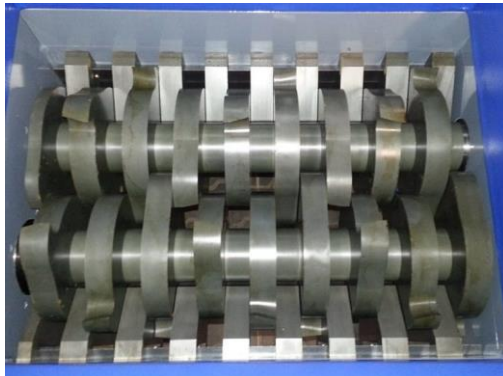
El molino de plástico es un componente esencial en la industria de reciclaje de plásticos. Su origen se remonta a la necesidad de procesar y reducir fragmentos de plástico para su posterior uso. Esta máquina descompone los materiales plásticos en partículas más pequeñas, facilitando su manejo y transformación.

Los primeros molinos de plástico surgieron como una solución para reducir el desperdicio y reutilizar los materiales plásticos. Con el tiempo, han evolucionado para manejar una variedad de tipos de plásticos y cumplir con estándares ambientales y de seguridad más estrictos.

Existen diversos tipos de molinos de plástico, desde los de cuchillas hasta los de rodillos. Cada tipo está diseñado para triturar plásticos específicos. El alcance de esta máquina es procesar plásticos de desecho y convertirlos en fragmentos más pequeños, listos para su posterior uso en diferentes aplicaciones [Imagen 1-3].

En Chile, la adopción de molinos de plástico ha crecido en respuesta a la necesidad de gestionar los desechos plásticos de manera eficiente. Estas máquinas han evolucionado para ofrecer mayor eficiencia y versatilidad en la trituración de diferentes tipos de plásticos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental.

Imagen 1-3. Cuchilla molino de plástico.



Fuente: Foto recuperada de Google.

1.1.2.3. Mezcladora de plástico

La mezcladora de plástico ha surgido como una pieza esencial en la cadena de reciclaje y producción de plásticos en Chile. Su origen se remonta a la necesidad de homogeneizar diversos tipos de plásticos reciclados, permitiendo la creación de mezclas consistentes y de calidad para su posterior procesamiento en distintas industrias.

La necesidad de optimizar el reciclaje de plásticos llevó al desarrollo de las mezcladoras. Su evolución ha estado impulsada por la demanda de obtener mezclas precisas y uniformes, esenciales para la fabricación de productos de alta calidad a partir de plásticos reciclados. Con el tiempo, estas máquinas han mejorado en términos de eficiencia, capacidad y versatilidad.

Existen varias categorías de mezcladoras de plástico, cada una adaptada a distintos tipos de plásticos y necesidades de procesamiento. Su alcance es fundamental, ya que garantiza que los plásticos reciclados se combinen de manera adecuada, optimizando así su utilización en diversas aplicaciones industriales [Imagen 1-4].

En Chile, la evolución de las mezcladoras de plástico ha seguido de cerca las tendencias globales en reciclaje y tecnología. La creciente preocupación por la gestión de residuos plásticos y la adopción de enfoques más sostenibles ha impulsado el uso de estas máquinas en la industria local. A medida que el país busca soluciones más eficientes y amigables con el medio ambiente, las mezcladoras de plástico han avanzado en términos de eficiencia energética, automatización y control.

La mezcladora de plástico, opera mediante la técnica de agitación, la máquina logra homogeneizar los plásticos en una mezcla. Este proceso optimiza la utilización de

los plásticos reciclados al crear mezclas consistentes, listas para su aplicación en la extrusora.

Imagen 1-4. Mezcladora de plástico.



Fuente: Foto recuperada de Made-in-China. https://es.made-in-china.com/co_longshi-machinery/product_Homogenizer-for-Plastic-Flakes-Granule-Powder-with-Heating-Function_eoeuiohg.html

1.1.2.4. Extrusión de plástico

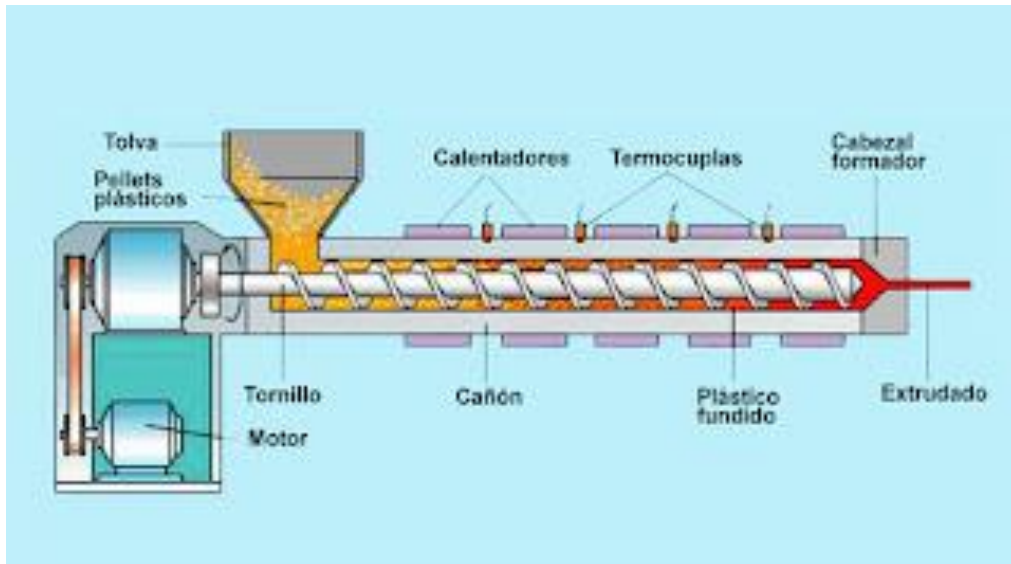
La extrusión de plástico es un proceso que se utiliza para fabricar una amplia variedad de productos de plástico, desde tuberías hasta películas y láminas. El proceso de extrusión consiste en fundir el material plástico en una máquina extrusora y luego forzarlo a través de un troquel para darle la forma deseada. El proceso de extrusión de plástico tiene sus orígenes en la década de 1930, cuando se desarrolló el primer extrusor de tornillo sin fin. Desde entonces, ha evolucionado considerablemente, con mejoras en la eficiencia energética y en la calidad del producto final.

En Chile, la industria de la extrusión de plástico ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años. Según datos de la Asociación de Industriales del Plástico (ASIPLA), la producción de productos de plástico en Chile aumentó un 12,4% en 2020 en comparación con el año anterior. Además, la extrusión de plástico se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones en la industria, como la fabricación de tuberías, perfiles y láminas para la construcción, envases para alimentos y bebidas, entre otros.

Existen diferentes tipos de extrusoras, cada una diseñada para un tipo específico de producto de plástico. Algunos de los tipos más comunes son la extrusora de tornillo simple, la extrusora de doble tornillo y la extrusora de coextrusión. Cada tipo de extrusora tiene sus propias ventajas y desventajas, y se selecciona según las necesidades específicas del producto a fabricar. Las extrusoras de un solo tornillo son adecuadas para la producción de productos simples y se utilizan comúnmente en la industria de tuberías

y perfiles [Figura 1-3]. Las extrusoras de doble tornillo son más versátiles y se utilizan en la producción de productos más complejos, como láminas y películas.

Figura 1-3. Diagrama de extrusora de plástico.



Fuente: Diagrama recuperado de blog en tecnología de los plásticos.

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

De esta manera, la extrusión de plástico es un proceso esencial en la fabricación de una amplia variedad de productos de plástico en Chile. Con el creciente interés en la sustentabilidad y la economía circular, se espera que la extrusión de plástico continúe evolucionando para cumplir con las demandas cambiantes de la industria.

1.1.2.3. Moldes de extrusión

Los moldes de extrusión son elementos clave en el proceso de producción de plásticos mediante extrusión. Estos moldes tienen como objetivo dar forma al material plástico que se ha fundido y extruido por medio de la boquilla, creando productos con diferentes tamaños, formas y diseños.

El origen de los moldes de extrusión se remonta a la década de 1930, cuando se comenzó a utilizar el proceso de extrusión en la industria del plástico. Desde entonces, se han desarrollado diferentes tipos de moldes de extrusión para satisfacer las necesidades de producción de diferentes industrias.

En la actualidad, existen moldes de extrusión para la fabricación de una amplia variedad de productos, como tuberías, perfiles, láminas, películas y cables, entre otros. Estos moldes se han adaptado a los avances tecnológicos y a las exigencias de los clientes, permitiendo la producción de productos con mayor calidad y menor tiempo de producción.

En Chile, la industria del plástico ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, lo que ha impulsado la evolución y desarrollo de los moldes de extrusión. Una de las evoluciones que se ha destacado el último tiempo es la incorporación de tecnologías de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM), lo que ha permitido una mayor precisión en la fabricación de moldes. Además, se han desarrollado nuevos materiales para la fabricación de moldes, como el aluminio, que ofrecen ventajas en términos de peso y costo. Según datos de la Asociación Gremial de Industriales del Plástico (ASIPLA), en 2020 la producción de productos plásticos en Chile alcanzó los 1,5 millones de toneladas, con un valor de producción de más de USD 2.000 millones.

La integración de tecnologías avanzadas en cada fase del proceso, desde la desgarradora de plástico hasta la extrusión y los moldes especializados, no solo mejora la eficiencia y precisión, sino que también refleja el compromiso de Revalora con la sostenibilidad. Estas tecnologías están alineadas con la visión de economía circular, permitiendo la reutilización de plásticos reciclados y contribuyendo a la reducción significativa de residuos. La sinergia entre innovación tecnológica y sostenibilidad impulsa cada paso del proyecto, desde la recepción de los plásticos hasta la creación de productos funcionales y resistentes.

1.1.3. Modelos de utilidad

Hasta el momento, no se ha registrado ningún modelo de utilidad relacionado con el proyecto en cuestión. Esta situación representa una gran oportunidad, ya que indica que el mercado en el que se enfocará el producto es relativamente nuevo y no ha sido explorado en términos de protección de innovación a través de modelos de utilidad. Esto brinda al proyecto una ventaja competitiva al ser pionero en el desarrollo de soluciones técnicas y al tener la posibilidad de obtener la exclusividad en la explotación de dichas innovaciones. Esta falta de modelos de utilidad relacionados abre un amplio espacio para el crecimiento y la diferenciación en el mercado, permitiendo al proyecto establecerse como un referente en la industria.

1.1.4. Desarrollo académico

En el contexto de esta iniciativa, los desarrollos académicos brindan una comprensión profunda de cómo los materiales reciclados, como el plástico, pueden ser empleados de manera efectiva y sostenible en la fabricación de tejas. Estas investigaciones proporcionan información valiosa sobre las propiedades, el comportamiento y la viabilidad de los materiales reciclados en aplicaciones de construcción. Además, analizan los aspectos normativos y reglamentarios asociados con

el uso de estos materiales, asegurando que nuestro proyecto esté en consonancia con las directrices vigentes.

1.1.4.1. Tejas de caucho

Institución: Asociación de Vivienda Económica de Argentina y el Instituto CINTEMAC, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.

Descripción del desarrollo de las tejas de caucho:

Las tejas de caucho están siendo desarrolladas por la Asociación de Vivienda Económica de Argentina, en colaboración con el Instituto CINTEMAC de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Estas tejas son fabricadas utilizando materiales reciclados de desechos industriales plásticos y neumáticos fuera de uso. El proceso de fabricación implica la trituración de los materiales, su extrusión y moldeado en una prensa. Se destaca que estas tejas son más resistentes a la flexión, la heladicidad y el granizo en comparación con las tejas tradicionales de cerámica u hormigón, además de ser más livianas.

Asociación de Vivienda Económica de Argentina. (s.f.). Tejas de Caucho. Recuperado de <https://www.ceve.org.ar/materiales-3.php>.

1.2. **DEFINICION DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDAD**

En la actualidad, la fabricación de productos a partir de plásticos ha aumentado significativamente en todo el mundo debido a su bajo costo, su versatilidad y sus propiedades útiles en una variedad de aplicaciones. En Chile, para el año 2021 hubo un consumo de aproximadamente 1.4 millones de toneladas de plástico, lo cual marcó un incremento del 30% en comparación al año 2020. Sin embargo, la mayoría de los plásticos no son biodegradables y tardan muchos años en descomponerse, lo que ha llevado a un aumento en la generación de residuos plásticos.

El problema de la gestión de residuos plásticos es uno de los desafíos más importantes que enfrenta la sociedad actual. El plástico es un material duradero que no se degrada fácilmente y su disposición inadecuada en el medio ambiente causa una serie de problemas ambientales, económicos y sociales. Por esta razón, el reciclaje de plásticos se ha convertido en una prioridad para reducir su impacto negativo en el medio ambiente. En Chile, en el año 2020 se recicló un 10% respecto al plástico consumido ese año.

En este contexto, el diseño y desarrollo de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado es una oportunidad de diseño que puede contribuir significativamente a la

gestión de residuos plásticos y a la sostenibilidad en la industria de la construcción. Las tejas son un componente importante en la construcción de techos, y actualmente se fabrican principalmente con materiales como cerámica, cemento, pizarra, metal, asfalto o asbesto (prohibido en Chile desde el 2001), que no son sostenibles y tienen un impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana.

El diseño de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado ofrece varias ventajas en términos de sostenibilidad ambiental, económica y social. En primer lugar, el uso de plástico reciclado reduce la cantidad de residuos plásticos en el medio ambiente y promueve una economía circular en la que los materiales se reutilizan en lugar de desecharse. Además, el uso de tejas de plástico reciclado reduce la extracción de materias primas, lo que a su vez reduce el impacto ambiental asociado con la minería y la producción de materiales de construcción convencionales.

Por otro lado, la producción de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado puede ofrecer una solución económica y socialmente sostenible para la industria de la construcción. La producción de tejas de plástico reciclado puede generar empleo en la industria del reciclaje y la producción de materiales de construcción sostenibles. Según “La hoja de ruta para un Chile Circular a 2040”, se establece como primera meta generar 100 mil empleos verdes para el año 2030, para posteriormente implementar una economía circular regenerativa que impulse el desarrollo sostenible.

En resumen, el diseño y desarrollo de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado mediante extrusión en moldes es una oportunidad de diseño que puede contribuir significativamente a la gestión de residuos plásticos, la sostenibilidad ambiental y social, y la innovación en la industria de la construcción.

1.3. CONTEXTO DE LA OPORTUNIDAD DE DISEÑO

En Chile, se generan alrededor de 3 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de los cuales el 17% corresponde a plásticos. A pesar de que existe legislación que promueve la reducción, reutilización y reciclaje de estos materiales, actualmente solo se recicla el 12% de los plásticos generados en el país, lo que representa una gran oportunidad para el desarrollo de productos a partir de estos residuos.

En el caso del proyecto de tejas de plástico reciclado, el contexto se sitúa en una planta de reciclaje que busca resolver el problema de la gran cantidad de plástico de desecho producido por la sociedad actual, el cual no se degrada fácilmente en el medio ambiente. El proyecto no solo contribuiría a reducir la cantidad de residuos en la planta de reciclaje, sino que también tendría un impacto positivo en el medio ambiente al utilizar materiales reciclados en lugar de recursos naturales, disminuyendo así la cantidad de desechos que llegan a los vertederos. Por esta razón, se presenta la oportunidad de transformar este residuo en un producto útil como las tejas. Además, el

contexto del proyecto incluye un mercado en constante crecimiento de materiales de construcción ecológicos y sostenibles, lo que podría representar una oportunidad para la venta y distribución de las tejas de plástico reciclado.

1.3.1. Restricciones y obligaciones legales y ambientales

Las restricciones y obligaciones legales y ambientales son regulaciones y leyes que establecen límites y requisitos que deben cumplirse en el proceso y resultado final de un proyecto. Estas restricciones pueden incluir normativas de seguridad, requisitos de calidad, protección ambiental y leyes laborales, entre otras.

Es importante mencionar estas restricciones y obligaciones, ya que su incumplimiento puede acarrear sanciones legales, multas y daños a la reputación de la empresa. Además, asegurarse de cumplir con estos requisitos también contribuye a garantizar la seguridad, la calidad y la sostenibilidad del proyecto.

En Chile, existen restricciones y obligaciones legales y ambientales que deben ser consideradas al momento de producir tejas y productos de plástico reciclado. A continuación, se mencionan algunas de ellas:

- Resolución 7115 EXENTA: Esta resolución del Ministerio de Vivienda y Urbanismo establece que los materiales y elementos industriales utilizados en proyectos de construcción deben cumplir con las normas técnicas pertinentes.
- Decreto 3388: Este decreto del Ministerio del Interior prohíbe el uso de tejas de barro descansando sobre barro, pero permite la colocación de tejas vanas amarradas a listones clavados al techo.
- Decreto 58: Este decreto modifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones para fomentar la utilización de materiales sustentables en la construcción.
- Listado Informativo de Normas Chilenas del Sector Construcción: Este listado incluye normas técnicas relacionadas con la construcción y la fabricación de productos de plástico, como la norma técnica que establece los requisitos para el etiquetado de productos plásticos aptos para el compostaje doméstico.
- La Ley N° 20.920, también conocida como Ley REP, establece un marco para la gestión de residuos en Chile y fomenta la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos para proteger la salud de las personas y el medio ambiente. La ley tiene como objetivo disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización. La ley establece que los fabricantes de ciertos productos deben organizar y financiar la gestión de los residuos derivados de sus productos. La ley también establece algunos principios rectores, como el principio de que el generador de un residuo es responsable de éste y debe internalizar los costos y las externalidades negativas asociados a su manejo.

- Normativa ambiental: En Chile, existe una serie de normas ambientales que regulan las emisiones al aire y al agua, el manejo de residuos, entre otros aspectos. Es importante que las empresas que fabrican tejas y productos de plástico reciclado cumplan con estas normas, para evitar sanciones y daños al medio ambiente.
- Acuerdos internacionales: Chile ha firmado diversos acuerdos internacionales, como el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, que establece restricciones para la importación y exportación de residuos.

1.4. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA (PORTER)

El modelo de Porter es un marco de análisis que permite identificar las fuerzas que afectan a una industria y que influyen en la rentabilidad a largo plazo de las empresas que operan en ella. En el caso de las tejas de plástico reciclado, podemos aplicar este modelo para analizar el entorno competitivo y las barreras de entrada que podrían afectar al éxito del proyecto [Figura 1-4].

1.4.1. Amenaza de nuevos competidores

Actualmente, la industria de la construcción está en constante crecimiento y, aunque hay algunas empresas que ofrecen tejas de plástico, aún no es una práctica común en el mercado. Sin embargo, el bajo costo y la facilidad de acceso a los materiales para la fabricación de las tejas pueden incentivar la entrada de nuevos competidores en el mercado.

- Economías de escala: La amenaza de nuevos competidores puede ser mitigada mediante la implementación de economías de escala. Esto implica que los costos unitarios disminuyen a medida que la producción aumenta, haciendo que sea más difícil para los nuevos competidores igualar los precios.
- Diferenciación de producto: La diferenciación efectiva del producto, ya sea a través de características únicas, diseño innovador o beneficios adicionales, puede crear una barrera significativa para la entrada de nuevos competidores.
- Acceso a canales de distribución: Un acceso exclusivo o sólido a canales de distribución puede ser una barrera clave para los nuevos entrantes. Establecer relaciones sólidas con distribuidores y minoristas puede dificultar que los competidores ingresen al mercado.

1.4.2. Poder de negociación de los proveedores

El poder de los proveedores de materias primas es bajo en el mercado de tejas para techos. Sin embargo, la calidad de los materiales utilizados en la fabricación de las tejas puede afectar la calidad final del producto.

- Disponibilidad de materia prima: Garantizar un suministro constante de materiales reciclados es esencial para mantener la producción. Establecer acuerdos a largo plazo con proveedores de materia prima puede asegurar un flujo constante.
- Concentración de proveedores: Dependiendo de un solo proveedor puede aumentar el riesgo de interrupciones en la cadena de suministro. Diversificar las fuentes de materias primas puede ser estratégico para reducir esta vulnerabilidad.

1.4.3. Poder de negociación de los clientes

Los clientes tienen un poder de negociación moderado en el mercado de tejas para techos. Los clientes son sensibles al precio y la calidad, y pueden cambiar fácilmente de proveedor si encuentran mejores opciones en el mercado.

- Nivel de satisfacción del cliente: Mantener altos niveles de satisfacción del cliente mediante la entrega consistente de productos de alta calidad y servicios excepcionales puede aumentar la lealtad del cliente y reducir su disposición a cambiar de proveedor.
- Lealtad del cliente hacia la marca: Construir una marca fuerte y reconocible puede ser una estrategia efectiva para mantener a los clientes existentes y atraer a nuevos. La lealtad a la marca puede hacer que los clientes sean menos propensos a buscar alternativas.
- Poder adquisitivo del cliente: Factores económicos que afectan el poder adquisitivo del cliente deben ser monitoreados de cerca. Las estrategias de fijación de precios deben ser flexibles y sensibles a las condiciones económicas cambiantes.

1.4.4. Amenaza de productos sustitutos

La amenaza de productos o servicios sustitutos es baja, ya que las tejas para techos son un elemento indispensable en la construcción de viviendas y edificios, y no hay muchas opciones sustitutivas en el mercado.

- Disponibilidad de sustitutos: La falta de alternativas directas fortalece la posición del producto en el mercado. Sin embargo, la innovación constante y la

adaptación a las tendencias cambiantes del mercado son esenciales para mantener la relevancia.

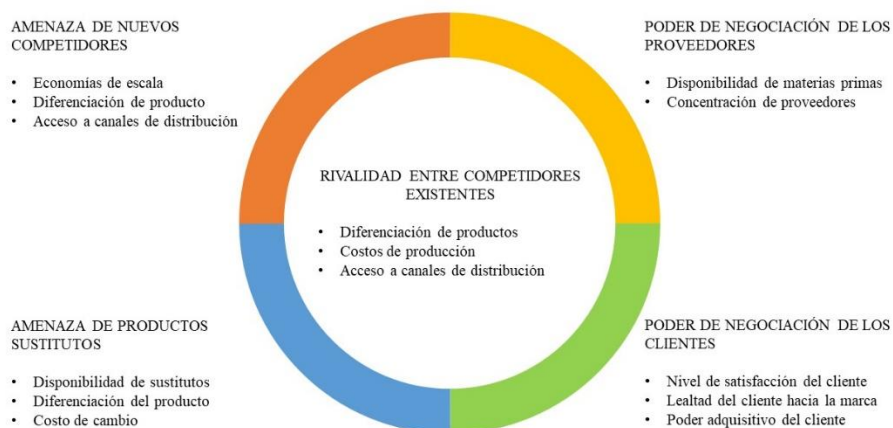
- **Diferenciación del producto:** La diferenciación clara y la mejora continua del producto pueden reducir la posibilidad de que los clientes busquen alternativas.
- **Costo de cambio:** Un alto costo asociado con cambiar a productos sustitutos puede disminuir la amenaza. Esto podría incluir no solo el costo monetario, sino también el tiempo y la inconveniencia asociados con el cambio.

1.4.5. Rivalidad entre competidores existentes

Existe una alta rivalidad entre los competidores existentes en el mercado de tejas para techos, ya que es un mercado altamente competitivo y fragmentado. Además, el precio y la calidad son factores críticos para el éxito en este mercado.

- **Diferenciación de productos:** La capacidad de ofrecer tejas con características únicas, ya sea en términos de diseño, durabilidad o sostenibilidad, puede proporcionar una ventaja competitiva.
- **Costos de producción:** La eficiencia en los costos de producción es esencial para mantener precios competitivos. Estrategias efectivas de gestión de costos pueden marcar la diferencia en un mercado competitivo.
- **Acceso a canales de distribución:** Un acceso sólido a los canales de distribución puede influir en la posición competitiva. Establecer relaciones sólidas con minoristas y distribuidores puede mejorar la visibilidad y la disponibilidad del producto.

Figura 1-4. 5 Fuerzas de Porter.



Fuente: Elaboración propia según puntos descritos anteriormente.

En general, el análisis estratégico del problema utilizando el modelo de Porter sugiere que la competencia en el mercado de tejas para techos es alta, y que el éxito en este mercado depende de la calidad del producto, el precio y la capacidad de diferenciación en el mercado. Además, la entrada de nuevos competidores en el mercado y el poder de negociación de los clientes pueden ser factores críticos por considerar.

1.5. COMPRENSION DEL MERCADO

Esta sección se enfoca en establecer la sostenibilidad del proyecto de diseño de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado mediante extrusión en moldes para la industria de la construcción. Se evalúa el proyecto dentro del mercado de tejas para la construcción, identificando el contexto en el que se desarrollará y reconociendo las oportunidades de éxito del proyecto.

La comprensión del mercado permite identificar las tendencias y oportunidades de crecimiento en la industria de tejas para la construcción, así como los obstáculos y desafíos que se presentan en la comercialización del producto. Además, se analizan los aspectos y técnicas generales de la comercialización, lo que permitirá definir estrategias de marketing y venta efectivas que maximicen el impacto del producto en el mercado.

En este sentido, se busca diseñar un producto que cumpla con las expectativas y necesidades del mercado, al mismo tiempo que sea sostenible en términos económicos, ambientales y sociales. De esta manera, se busca agregar valor a los clientes y contribuir al desarrollo sustentable de la industria de la construcción.

1.5.1. Definición del modelo de negocio

El modelo de negocio es una herramienta que permite analizar la forma en que una empresa genera ingresos y maximiza sus beneficios a través de su oferta de productos o servicios. Este modelo se enfoca en identificar los elementos clave que permiten a una empresa crear, entregar y capturar valor para sus clientes, y cómo se relacionan estos elementos para generar rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Además, un modelo de negocio debe estar en constante evolución, adaptándose a los cambios del entorno y a las necesidades de los clientes. Es importante considerar que en un mercado cada vez más competitivo y cambiante, las empresas deben ser ágiles y flexibles para mantenerse relevantes y rentables. El modelo de negocio debe permitir a la empresa anticipar y responder a las demandas del mercado, a través de la innovación y la mejora continua de sus productos y/o servicios.

En el caso de este proyecto, es fundamental contar con un modelo de negocio claro y eficiente que permita a la empresa crear valor para sus clientes, al mismo tiempo que logre una rentabilidad sostenible en el tiempo. El modelo de negocio debe

considerar aspectos como la definición del mercado objetivo, los canales de distribución, la estructura de costos, la propuesta de valor y la generación de ingresos, entre otros elementos clave. A continuación, se presentará un modelo de negocio Lean Canvas, el cual permitirá una visión global y simplificada de la idea de negocio y su potencial de éxito en el mercado.

Figura 1-5. Lean Canvas.

<p>Problema</p> <ul style="list-style-type: none"> Falta de conciencia sobre los beneficios de utilizar materiales reciclados en la construcción. La resistencia mecánica y durabilidad del producto podrían no cumplir con los estándares de calidad de la industria. Los costos de producción podrían ser más altos que los de las tejas convencionales. 	<p>Solución.</p> <ul style="list-style-type: none"> Implementar campañas publicitarias y de concientización sobre la importancia de la sostenibilidad en la construcción. Realizar pruebas de calidad rigurosas y ajustes en el diseño para asegurar la resistencia y durabilidad del producto. Buscar materiales reciclados de alta calidad y optimizar los procesos de producción para reducir costos. 	<p>Propuesta de Valor único.</p> <ul style="list-style-type: none"> Tejas sostenibles y resistentes fabricadas a partir de plástico reciclado. Menor impacto ambiental y mayor durabilidad en comparación con las tejas convencionales. 	<p>Ventaja Injusta.</p> <ul style="list-style-type: none"> Uso de materiales reciclados. Diseño innovador. Costos competitivos. 	<p>Clientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Constructoras y empresas de construcción. Distribuidoras y tiendas de materiales de construcción. Consumidores finales interesados en productos sustentables y de alta calidad.
<p>Métricas Claves.</p> <ul style="list-style-type: none"> Tecnología y maquinaria de última generación para la extrusión en moldes de plástico reciclado. Personal altamente calificado en diseño, producción y marketing. 	<p>Flujos de Ingresos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ventas directas a constructores y contratistas. Posibilidad de ofrecer contratos a largo plazo para el suministro de tejas a proyectos de construcción. 	<p>Canales.</p> <ul style="list-style-type: none"> Venta directa a través de página web y redes sociales. Acuerdos con distribuidoras y tiendas de materiales de construcción. 	<p>Estructura de Costos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Costo de materiales y suministros necesarios para la producción. Costos de personal y producción. Gastos de marketing y publicidad. 	

Fuente: Elaboración propia, según bases teóricas y prácticas.

1.5.2. Definición del mercado usuario y/o cliente

El proyecto está enfocado en ofrecer una alternativa sostenible a los consumidores del mercado de la construcción. En este sentido, es importante definir el perfil del usuario y/o cliente que se espera que adquiera este producto.

Los usuarios o clientes de este tipo de tejas pueden ser personas físicas o jurídicas que estén involucradas en proyectos de construcción, reparación o remodelación de viviendas, edificios o infraestructuras. En términos generales, los usuarios y/o clientes son aquellos que buscan una solución sostenible para cubrir sus necesidades de techado, con un producto que cumpla con los estándares de calidad y seguridad necesarios para la construcción.

Es importante destacar que, el mercado de la construcción es uno de los más grandes e importantes en todo el mundo, con una estimación de USD 11.2 billones en 2020 y un crecimiento proyectado del 6,4% para 2021 (Statista, 2021). Dentro de este mercado, la demanda de materiales de construcción sostenibles ha venido creciendo en los últimos años, en respuesta a las crecientes preocupaciones ambientales y el aumento de la conciencia pública sobre la necesidad de construir de manera más responsable (Global Market Insights, 2021).

En el caso específico de Chile, la construcción es uno de los sectores más importantes de la economía, representando el 5,5% del PIB en 2020 (INE, 2021). En este contexto, el interés por materiales de construcción sostenibles ha ido en aumento en los últimos años, con la implementación de políticas y regulaciones que promueven la construcción verde y la adopción de tecnologías más amigables con el medio ambiente (ProChile, 2021).

En Chile, según datos de la Cámara Chilena de la Construcción (2021), se esperaba que el sector de la construcción creciera un 6% ese año, con un enfoque en proyectos de vivienda y edificios comerciales. Por otro lado, a nivel global, se estima que el mercado de techos y revestimientos de paredes, que incluye tejas, tenga un valor de USD 131,6 billones en 2027, con un crecimiento anual proyectado del 4,9% entre 2020 y 2027 (Grand View Research, 2020).

En este sentido, los usuarios y/o clientes que buscan soluciones sostenibles son un segmento de mercado en crecimiento, que valoran la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de los productos que adquieren.

En cuanto al usuario final son las personas que adquieren y utilizan las tejas en su hogar. El usuario final busca productos sostenibles, que le permitan reducir el impacto ambiental de su construcción y mejorar su eficiencia energética, al mismo tiempo que cumple con los estándares y regulaciones del sector de la construcción.

En cuanto a los clientes, se espera que sean empresas constructoras, instaladoras, distribuidoras de materiales de construcción y/o ferreterías que deseen ofrecer a sus clientes otras alternativas de soluciones para sus proyectos de construcción. Estos clientes pueden ser de diferentes tamaños, desde pequeñas empresas locales hasta

grandes empresas nacionales, y es importante diseñar estrategias de comercialización y distribución adecuadas para cada tipo de cliente.

En conclusión, el mercado de la construcción representa una oportunidad interesante para el diseño de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado, ya que existe una creciente demanda por materiales de construcción sostenibles tanto en Chile como a nivel mundial. Los potenciales usuarios y clientes del producto incluyen a los constructores, contratistas y propietarios de viviendas, y se espera que el mercado de techos y revestimientos de paredes siga creciendo en los próximos años.

1.5.3. Cuantificación estimada del mercado

Nuestro enfoque se dirige hacia el mercado de viviendas unifamiliares, con especial atención en la Región Metropolitana de Santiago y la Región de Valparaíso en Chile.

La Región Metropolitana de Santiago, con una densidad poblacional de 461,77 habitantes por kilómetro cuadrado, presenta un escenario favorable para la implementación de soluciones sostenibles en la construcción. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE), se estima que se construyen alrededor de 6,718 viviendas unifamiliares por año en esta región. Considerando que las tejas sostenibles podrían ser una opción atractiva para al menos el 10% de estas viviendas, estimamos que existen aproximadamente 672 posibles clientes potenciales en la Región Metropolitana de Santiago.

La Región de Valparaíso, con una densidad poblacional de 110,75 habitantes por kilómetro cuadrado, también ofrece oportunidades interesantes para la introducción de tejas sostenibles en el mercado de la construcción. Según nuestras estimaciones, se construyen alrededor de 1,644 viviendas unifamiliares por año en esta región. Si consideramos que al menos el 10% de estas viviendas podrían optar por las tejas sostenibles, tendríamos aproximadamente 164 posibles clientes potenciales en la Región de Valparaíso.

Estas estimaciones se basan en datos generales sobre densidad poblacional y construcción de viviendas unifamiliares. Sin embargo, es importante destacar que se requiere un estudio de mercado más detallado para obtener una visión precisa y completa de la demanda y aceptación de las tejas sostenibles en estas regiones. Factores adicionales, como la conciencia ambiental de los consumidores y las preferencias de diseño, deben tenerse en cuenta para una evaluación más precisa del tamaño del mercado y la cantidad numérica de futuros clientes.

En resumen, el diseño de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado ofrece una solución prometedora para la industria de la construcción en Chile. Con un enfoque específico en el mercado de viviendas unifamiliares en la Región Metropolitana de Santiago y la Región de Valparaíso, existe un potencial significativo para la adopción de este producto. Sin embargo, un análisis de mercado más detallado y específico es

necesario para comprender mejor las necesidades de los clientes, evaluar la competencia y establecer estrategias efectivas de comercialización y penetración en el mercado.

1.6. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

La dimensión tecnológica del proyecto se enfoca en el análisis y definición funcional de las tejas de plástico reciclado, así como en el desarrollo de características específicas y propuestas morfológicas y tecnológicas. Esta etapa del proyecto implica comprender las necesidades y requisitos funcionales de las tejas, así como explorar diferentes enfoques de diseño que permitan optimizar su rendimiento y aprovechar al máximo las propiedades del plástico reciclado. Mediante un análisis minucioso y la generación de propuestas morfológicas y tecnológicas, se busca establecer las bases para la creación de tejas eficientes, sostenibles y de alta calidad que cumplan con los estándares técnicos y las demandas del mercado.

Este enfoque tecnológico garantiza que el diseño de las tejas de plástico reciclado sea innovador y esté respaldado por soluciones técnicas sólidas. Además, permite explorar distintas opciones de diseño que maximicen la funcionalidad del producto, considerando aspectos como la resistencia, el aislamiento térmico, la durabilidad y la estética. A través de un análisis exhaustivo y la generación de diseños conceptuales y propuestas morfológicas y tecnológicas, se busca obtener tejas que se adapten de manera óptima a los requisitos del proyecto y ofrezcan una solución viable y atractiva en el ámbito de la construcción sostenible.

1.6.1. Análisis y definición funcional

El análisis y definición funcional es una etapa fundamental en el desarrollo de las tejas de plástico reciclado. En esta fase, se lleva a cabo un exhaustivo estudio para establecer las características, propiedades y requisitos técnicos que deben cumplir las tejas, con el objetivo de garantizar su rendimiento óptimo, durabilidad y cumplimiento normativo.

A continuación, se presentan las principales áreas de análisis y definición funcional, así como una descripción detallada de cada una de ellas, considerando los datos proporcionados:

1.6.1.1. Fijación

En este apartado, se evalúa el sistema de fijación utilizado en las tejas de plástico reciclado. Las tejas deben contar con tacones y/o agujeros de fijación, y se permite el uso de otros sistemas de fijación según la norma UNE-EN 1304. Es importante evaluar

la eficacia y la seguridad de los sistemas de fijación utilizados en las tejas de plástico reciclado para garantizar una instalación adecuada y resistente.

1.6.1.2. Morfología

En este análisis, se examina la forma y dimensiones de las tejas de plástico reciclado. Se verifican las especificaciones establecidas por la norma UNE-EN 1024, donde se menciona que las tejas deben tener una longitud mínima de 300 mm, una anchura mínima de 175 mm, una altura máxima de 80 mm y un espesor mínimo de 9 mm. Estas dimensiones aseguran que las tejas cumplan con los estándares requeridos para su correcta instalación y funcionamiento.

1.6.1.3. Impermeabilidad

En este apartado, se analiza la capacidad de las tejas de plástico reciclado para resistir la infiltración de agua. Se menciona que las tejas se clasifican en categorías de permeabilidad al agua, siendo las tejas con Categoría 1 las más impermeables. Según la norma UNE-EN 539-1 (método 2), se establece que el valor medio del coeficiente de permeabilidad debe ser $\leq 0,8$ y que todos los resultados individuales deben ser $\leq 0,85$ para obtener la Categoría 1 de impermeabilidad.

1.6.1.4. Resistencia a flexión

En este análisis, se evalúa la capacidad de las tejas de plástico reciclado para resistir cargas y fuerzas aplicadas. Según la norma EN 538, se establecen cargas mínimas que las probetas deben soportar sin romperse, dependiendo del tipo de teja.

- Tejas planas sin encaje deben soportar una carga de 600 N
- Tejas planas con encaje de 900 N.
- Tejas curvas de 1000 N.
- Otros tipos de tejas de 1200 N.

Estas pruebas aseguran que las tejas tengan la resistencia necesaria para soportar las cargas a las que estarán expuestas durante su uso.

1.6.1.5. Resistencia a la helada

En este apartado, se evalúa la capacidad de las tejas de plástico reciclado para resistir los ciclos de congelación y descongelación. Se menciona que según la norma EN 539-2, se establecen diferentes niveles de resistencia a la helada, determinados por el

número de ciclos de congelación y descongelación que las probetas deben resistir sin daños. Los niveles van desde un mínimo de 30 ciclos hasta un máximo de 150 ciclos, dependiendo del nivel de resistencia deseado.

- Nivel 1: 150 ciclos.
- Nivel 2: 90 ciclos.
- Nivel 3: 30 ciclos

En conclusión, el análisis y definición funcional de las tejas de plástico reciclado involucra la evaluación de la fijación, morfología, impermeabilidad, resistencia a flexión y resistencia a la helada. Estos análisis permiten establecer los requisitos técnicos, las características y propiedades necesarias para asegurar el rendimiento óptimo de las tejas, su durabilidad y su conformidad con las normas y regulaciones establecidas.

1.6.2. Diseños preliminares

El diseño conceptual preliminar es una etapa clave en el desarrollo de las tejas de plástico reciclado. En esta fase, se explorarán diferentes propuestas morfológicas y tecnológicas, con el objetivo de generar ideas innovadoras y viables que satisfagan los requisitos técnicos, estéticos y funcionales del proyecto.

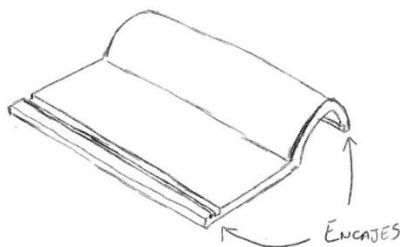
A continuación, se presentarán algunos diseños conceptuales preliminares, los cuales serán sometidos a un proceso de evaluación y refinamiento para seleccionar la propuesta final [Imágenes 1-5 y 1-6]. Cada diseño ofrecerá una visión única y creativa, que será analizada en términos de viabilidad técnica, estabilidad estructural, facilidad de fabricación y aspectos estéticos.

Es importante destacar que estos diseños son considerados preliminares, lo que significa que podrán ser modificados y mejorados durante el proceso de desarrollo del proyecto. La flexibilidad y adaptabilidad son elementos fundamentales en esta etapa, permitiendo ajustar y perfeccionar cada diseño en función de los objetivos y requerimientos establecidos.

A continuación, se presentan los diseños conceptuales preliminares:

Propuesta 1:

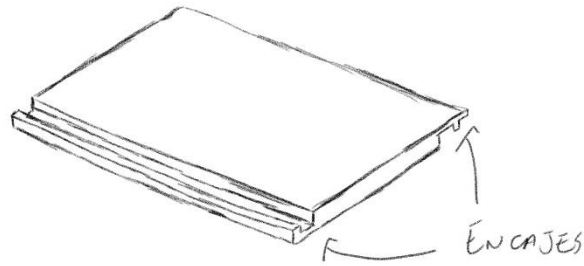
Imagen 1-5. Sketch propuesta 1.



Fuente: Elaboración propia, dibujado en SketchBook.

Propuesta 2:

Imagen 1-6. Sketch propuesta 2.



Fuente: Elaboración propia, dibujado en SketchBook.

Estos diseños servirán como punto de partida para la selección y desarrollo del diseño final de las tejas de plástico reciclado, teniendo en cuenta la funcionalidad, estética y sostenibilidad del producto.

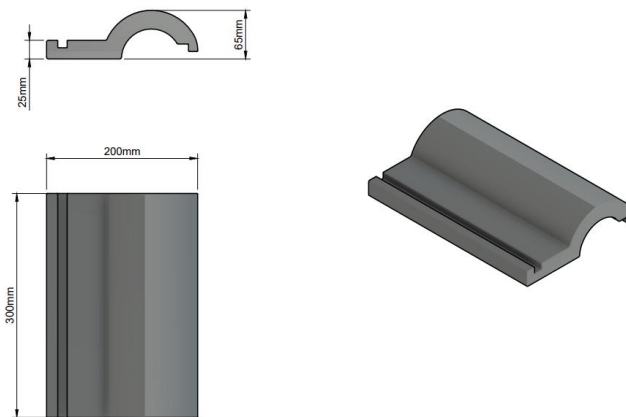
1.6.3. Propuestas de alternativas morfológicas

En esta sección del proyecto, se explorarán diversas propuestas de alternativas morfológicas para el diseño de las tejas de plástico reciclado. Estas propuestas buscan ofrecer opciones creativas y viables en términos de forma, tamaño, disposición [Imágenes 1-7 y 1-8]. El objetivo es evaluar y seleccionar las alternativas más prometedoras que cumplan con los requisitos técnicos, estéticos, económicos y ambientales del proyecto. A través de maquetas virtuales, se visualizarán y evaluarán las diferentes propuestas para tomar decisiones informadas en el desarrollo del diseño final de las tejas de plástico reciclado.

Propuesta 1:

Esta propuesta presenta una teja curva con encaje en sus extremos, lo que facilita su instalación y garantiza un acople seguro entre las tejas. La teja tiene una medida de 200 mm de ancho y 300 mm de largo, con un espesor general de 25 mm y una altura de 65 mm. Esta morfología curva permite un mejor drenaje del agua y una mayor resistencia estructural, asegurando un rendimiento óptimo en diferentes condiciones climáticas.

Imagen 1-6. Modelado 3D de propuesta 1.

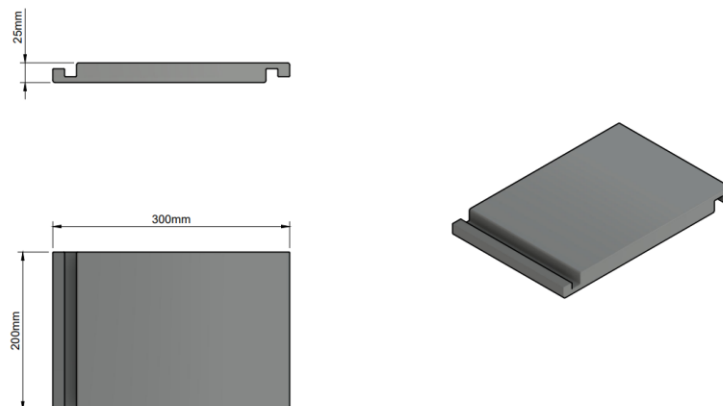


Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en el software Fusion 360.

Propuesta 2:

La segunda propuesta es una teja plana con encaje, que presenta un diseño más tradicional y versátil. Esta teja tiene dimensiones de 200 mm de ancho y 300 mm de largo, con un espesor de 25 mm. El encaje en los extremos permite una instalación eficiente y garantiza la alineación correcta de las tejas, asegurando una cubierta uniforme y resistente.

Imagen 1-7. Modelado 3D propuesta 2.



Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en el software Fusion 360.

1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El sector de la construcción ha sido históricamente uno de los mayores contaminantes del medio ambiente, con un alto consumo de recursos naturales y la generación de grandes cantidades de residuos. Ante esta situación, se han desarrollado diversas iniciativas para promover prácticas sostenibles en este sector, incluyendo el diseño de materiales y productos eco-amigables. En este contexto, se plantean los siguientes objetivos para abordar el proyecto.

1.7.1. Objetivo general

Diseñar un prototipo de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado mediante extrusión.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar el modelado 3D de tejas de plástico reciclado, asegurando su conformidad con las normas técnicas considerando dimensiones, pesos y resistencia.
- Diseñar el molde de llenado por extrusión para las tejas de plástico reciclado mediante modelamiento 3D, considerando aspectos técnicos como la geometría de la teja, los materiales del molde, y la eficiencia del proceso de extrusión.
- Evaluar la resistencia mecánica y térmica de las tejas de plástico reciclado mediante software de análisis, verificando su resistencia y capacidad térmica en un entorno virtual.
- Analizar la viabilidad económica de la fabricación de las tejas de plástico reciclado, considerando los costos de producción, la eficiencia en el uso de materiales y la rentabilidad del proyecto.

CAPITULO II. DISEÑO DE INGENIERÍA

2. DISEÑO DE INGENIERÍA

La fase de diseño de ingeniería es crucial para la creación de un producto que no solo cumpla con las expectativas del mercado, sino que también aborde las necesidades de los usuarios. Durante esta etapa, se definen los objetivos del producto, estableciendo metas cualitativas que actuarán como guía en todo el proceso de diseño. Para las tejas de plástico reciclado, el enfoque se concentra en la sostenibilidad ambiental, el rendimiento técnico, la innovación estética y la evaluación de la tecnología. A través de estos objetivos, no solo aspiramos a desarrollar un producto de alta calidad, sino también a contribuir significativamente a la gestión de residuos plásticos y al fomento de soluciones sostenibles en la industria de la construcción.

2.1. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

En este apartado, se detallan los requisitos y especificaciones clave que guiarán el diseño de las tejas de plástico reciclado. Se identifican las características técnicas, estéticas y funcionales que el producto debe cumplir para satisfacer las necesidades del mercado y los usuarios. Se establecen parámetros como la resistencia mecánica, la durabilidad, las dimensiones y el rendimiento térmico, entre otros aspectos relevantes. Estos requisitos y especificaciones servirán como base para el desarrollo de conceptos y la evaluación de diseños durante la fase de ingeniería, asegurando que el producto final cumpla con los más altos estándares de calidad y sostenibilidad.

2.1.1. Objetivos del producto a diseñar (cualitativas)

En el proceso de definición y desarrollo de objetivos para el producto, se han identificado diversas metas cualitativas que establecerán el rumbo del diseño de las tejas de plástico reciclado:

2.1.1.1. Sostenibilidad ambiental

En primer lugar, se busca la sostenibilidad ambiental como objetivo primordial. El propósito es crear un producto que aproveche plástico reciclado, contribuyendo así a la reducción de residuos plásticos y al minimizar el impacto ambiental. Esto representa una respuesta a la creciente preocupación por el medio ambiente y la necesidad de gestionar de manera responsable los desechos plásticos.

Además, se pretende que las tejas diseñadas sean totalmente reciclables al final de su vida útil. Esta característica fomentará un ciclo de vida sostenible, asegurando que los materiales no terminen en vertederos y puedan ser reutilizados en otros productos.

2.1.1.2. Rendimiento técnico

En el ámbito del rendimiento técnico, se establece la meta de fabricar tejas con propiedades técnicas sólidas, incluyendo resistencia, impermeabilidad y resistencia a la helada. Estas propiedades son cruciales para garantizar que el producto cumpla con las normativas vigentes, asegurando su durabilidad y eficacia en aplicaciones reales.

Además, se considera importante que las tejas sean ligeras y de fácil manipulación, lo que facilitará su transporte e instalación. Esta característica se alinea con la necesidad de brindar comodidad y eficiencia a los usuarios y trabajadores de la construcción.

2.1.1.3. Innovación y estética

La innovación y la estética desempeñan un papel esencial en la aceptación del producto en el mercado. Se busca diseñar tejas con un aspecto atractivo y estético que atraiga a los consumidores interesados en productos sostenibles y modernos. La estética también contribuirá a la diferenciación del producto en el mercado.

Además, se planea incorporar sistemas de encaje eficientes en el diseño, lo que simplificará significativamente la instalación y mejorará la eficiencia en el proceso de colocación de las tejas.

2.1.1.4. Evaluación de la tecnología (trl)

Para asegurar la calidad y eficacia del producto, se establece el objetivo de llevar a cabo pruebas de laboratorio mediante (software de modelamiento 3D) en el material utilizado, alcanzando un nivel TRL 3. El TRL proporciona una medida estándar de la madurez de la tecnología, evaluando su viabilidad desde las primeras etapas conceptuales hasta su aplicación práctica. En el contexto de este proyecto, alcanzar un nivel TRL 3 implica demostrar la factibilidad experimental del concepto, validando sus características clave, como la resistencia mecánica y la resistencia a la helada. Esta evaluación técnica temprana es esencial para garantizar que el producto cumpla con los estándares requeridos antes de avanzar hacia la producción a gran escala.

A través de estos objetivos, se busca no solo diseñar tejas de plástico reciclado de alta calidad, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental, ofrecer un producto tecnológicamente maduro, y satisfacer las necesidades y expectativas del mercado y los

usuarios. Cada uno de estos objetivos se abordará en el proceso de diseño con un enfoque claro y metas específicas.

2.1.2. Definición del producto (especificaciones finales)

En esta sección, se presenta la definición del producto en función de sus características de rendimiento y especificaciones finales, con el objetivo de establecer una base sólida para el proceso de diseño y desarrollo. El producto que se planea diseñar es una teja fabricada a partir de plástico reciclado, y se espera que cumpla con una serie de requisitos técnicos y estándares de calidad. A continuación, se detallan las especificaciones clave que se han establecido:

2.1.2.1. Morfología y dimensiones

El producto propuesto es una teja plana con encajes en sus extremos, diseñada para facilitar su instalación y mejorar la cobertura en techos. Las dimensiones específicas se rigen por las normativas establecidas, que incluyen una longitud mínima de 300 mm, una anchura mínima de 175 mm y una altura máxima de 80 mm para tejas curvas. Además, se establece un espesor mínimo de 9 mm. Para cumplir con los estándares de calidad, se debe mantener una tolerancia de dimensiones dentro del $\pm 2.0\%$, de acuerdo con la Norma UNE-EN 1304 y la Norma UNE-EN 1024. Estas especificaciones garantizan que las tejas sean funcionales, estéticas y se ajusten a las normativas pertinentes.

2.1.2.2. Resistencia mecánica

La teja deberá tener la capacidad de soportar una carga máxima equivalente al peso de una persona de pie sobre ella, lo que equivale a aproximadamente 100 kg. Además, se busca cumplir con la normativa UNE-EN 1304, que establece una resistencia a la flexión de 900 N según los ensayos descritos en la Norma EN 538.

2.1.2.3. Impermeabilidad

Se espera que las tejas cumplan con los requisitos de impermeabilidad según la normativa UNE-EN 1304 para la categoría 1. Se consideran dos métodos de ensayo: el método 1, que requiere un factor de impermeabilidad promedio no superior a $0.5 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ por día para la categoría 1 y no superior a $0.8 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ por día para la categoría 2; y el método 2, que establece un coeficiente de impermeabilidad promedio no superior a 0.8 para la categoría 1 y no superior a 0.925 para la categoría 2.

2.1.2.4. Resistencia a la helada

Se busca que las tejas alcancen el nivel 3 de resistencia a la helada según la normativa UNE-EN 1304, lo que implica someterlas a un mínimo de 30 ciclos de congelación y descongelación según los ensayos definidos en la Norma EN 539-2.

2.1.2.5. Eficiencia en la instalación

Aunque no existen requisitos estrictos de eficiencia en la instalación, se considera importante que las tejas cuenten con un sistema de encajes que facilite su colocación en techos.

2.1.2.6. Composición de materiales

La teja estará compuesta por un 40% de PP (polipropileno), un 29% de HDPE (polietileno de alta densidad), un 29% de LDPE (polietileno de baja densidad) y un 2% de pigmentos. Esta composición garantiza la resistencia y sostenibilidad del producto.

2.1.2.7. Color y acabado

Actualmente, se trabaja con pigmentos de color gris, negro y café, y se considera la posibilidad de incorporar pigmentos adicionales, como marrón o rojo, para adaptarse a las preferencias estéticas del mercado.

2.1.2.8. Sostenibilidad

El producto se destaca por su sostenibilidad al utilizar plástico reciclado como materia prima. Se espera que la huella de carbono sea baja, y se busca promover la reciclabilidad del producto al final de su vida útil.

2.1.2.9. Normativas y estándares

Se siguen las normativas UNE-EN 1304 y UNE-EN 1024, así como sus derivadas, para garantizar que el producto cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

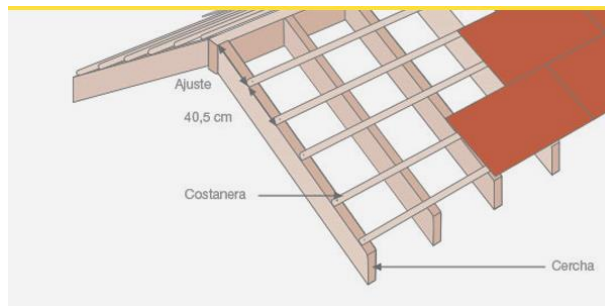
Estas especificaciones técnicas servirán como guía fundamental en el proceso de diseño y desarrollo de las tejas sostenibles a partir de plástico reciclado, asegurando que el producto final cumpla con los estándares de calidad y rendimiento deseados.

2.2. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS MORFOLÓGICAS

En el diseño de las tejas sostenibles de plástico reciclado, se han establecido criterios morfológicos precisos que definen su forma y tamaño. Estas tejas presentarán una longitud de 455 mm, un ancho de 225 mm y un espesor de aproximadamente 30 mm. La morfología principal será plana, con encajes estratégicamente diseñados para facilitar su conexión e instalación en techos convencionales.

Las restricciones dimensionales incorporan la necesidad de que las tejas se ajusten a costaneras con una separación estándar de 40.5 cm, lo que influirá en su longitud para garantizar un encaje óptimo [Imagen 2-1].

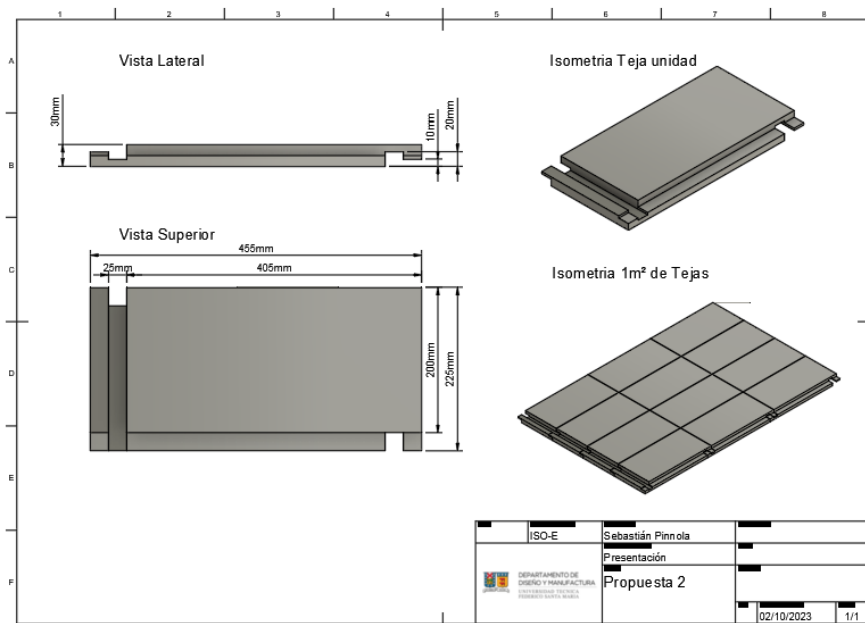
Imagen 2-1. Ilustración de un techo.



Fuente: Imagen recuperada de Sodimac. <https://sodimac.falabella.com/sodimac-cl/page/caracteristicas-e-instalacion-de-teja-onduvilla>

A continuación, se presenta una maqueta virtual que visualiza estos conceptos, proporcionando una representación gráfica de cómo se traducen estos criterios morfológicos en el diseño real de las tejas [Figura 2-1].

Figura 2-1. Modelado de la propuesta de Teja.



Fuente: Elaboración propia, en software Fusion 360.

2.3. DESARROLLO DE PIEZA Y DEFINICIÓN DE MATERIALES

Las tejas sostenibles de plástico reciclado están compuestas por una sola pieza, la teja en sí misma. Los materiales utilizados son polipropileno (PP), polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE). La elección de materiales reciclados contribuye a la sostenibilidad, ya que reduce los desechos plásticos y aprovecha recursos existentes. A su vez, los materiales seleccionados garantizan la durabilidad y resistencia del producto, cumpliendo con las normativas UNE-EN 1304 y UNE-EN 1024.

2.3.1. Análisis detallado de proceso de manufactura y/o fabricación

El proceso detallado de manufactura de las tejas sostenibles de plástico reciclado comienza con la recepción y selección cuidadosa de los materiales reciclados. En esta etapa inicial, los materiales, principalmente polipropileno (PP), polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE), junto con los pigmentos necesarios para la coloración deseada, son recibidos en la planta de producción. Cada lote de material se somete a un proceso de pesaje preciso para llevar un registro de la cantidad de material recibido.

Una vez que los materiales ingresan a la planta, se lleva a cabo una minuciosa operación de selección. Durante esta fase, se realiza una inspección visual para asegurarse de que los materiales reciclados sean adecuados y cumplan con los estándares de calidad requeridos para su procesamiento. Los materiales que no cumplen con los criterios de calidad establecidos se descartan, mientras que los que cumplen son cuidadosamente clasificados y separados en función de su tipo de plástico. Esta clasificación es esencial para garantizar la uniformidad de la mezcla final y la consistencia de las tejas resultantes.

Una vez que los materiales han sido evaluados y clasificados adecuadamente, se almacenan temporalmente. Luego, estos materiales se someten a un proceso de preparación riguroso. Inicialmente, pasan por una desgarradora, que descompone los materiales en fragmentos más manejables. Luego, el material triturado se dirige a un molino, donde se reduce aún más a partículas más pequeñas y homogéneas. Este paso es esencial para lograr la consistencia adecuada en la mezcla final.

La fase de mezcla es otra parte crucial del proceso. Aquí, los materiales triturados se combinan en proporciones precisas, que en este caso consisten en un 40% de PP, un 29% de HDPE, un 29% de LDPE y un 2% de pigmentos. La mezcla se controla cuidadosamente para garantizar que la composición sea uniforme y cumpla con las especificaciones deseadas.

Una vez que la mezcla está lista, se almacena temporalmente antes de pasar al proceso de fabricación propiamente dicho. La extrusión es una fase clave en la que la

mezcla se funde y se moldea en la forma deseada utilizando moldes específicos. Las tejas recién formadas se sumergen en un tanque de agua para su enfriamiento controlado, lo que garantiza que mantengan su forma y propiedades estructurales.

Finalmente, las tejas se desmoldan y almacenan antes de ser enviadas al mercado. Aunque no se implementa un control de calidad exhaustivo durante la producción, se lleva a cabo una evaluación posterior al desmoldeo para categorizar las tejas según su acabado superficial y garantizar su calidad. Este proceso meticuloso no solo garantiza la fabricación de tejas resistentes, impermeables y duraderas a partir de materiales reciclados, sino que también contribuye significativamente a la reducción de residuos plásticos en vertederos, promoviendo así la sostenibilidad en la industria de la construcción.

2.3.2. Análisis técnico y estructural (teórico en base a software)

Para este punto se realizó un modelado 3D en Fusión 360 para representar un techo con una pendiente de 40° , incluyendo cerchas y costaneras con un espaciado de 405 mm [Figura 2-2]. Las 12 tejas simuladas están diseñadas con un perfil plano y cuentan con encajes que facilitan su instalación. Este entorno de simulación reproduce condiciones del mundo real, tomando en cuenta factores como la inclinación del techo y las fluctuaciones de temperatura debido a la radiación solar. Esto permite llevar a cabo análisis precisos sobre el comportamiento de las tejas en diversas situaciones climáticas y estructurales.

Figura 2-2. Modelado de escena

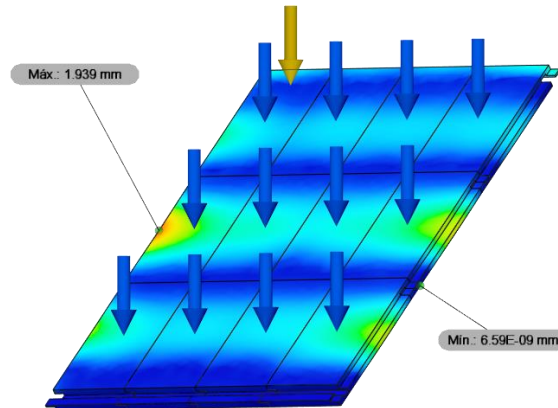


Fuente: Elaboración propia, modelado 3D en software Fusion 360.

Los análisis técnicos y estructurales llevados a cabo en esta simulación proporcionan información valiosa acerca del desempeño de las tejas sostenibles de plástico reciclado bajo diferentes condiciones. Los resultados de los cuatro análisis realizados respaldan la integridad y el diseño robusto de las tejas. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes de cada uno de estos análisis:

2.3.2.1. Análisis de tensión estática

Figura 2-3. Desplazamiento resultante de análisis 1.



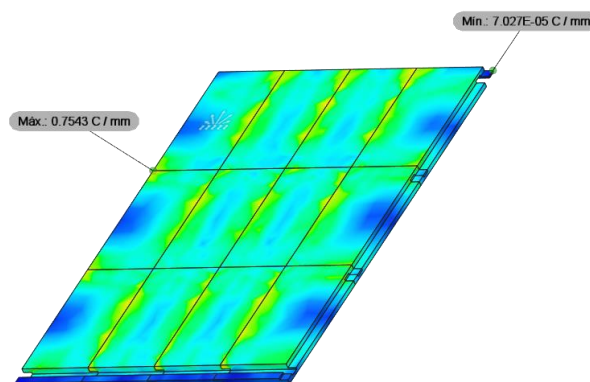
Fuente: Elaboración propia, estudio realizado en software Fusion 360.

- Factor de Seguridad: 15 (máximo), 15 (mínimo)
- Esfuerzo Máximo: 0.484 MPa
- Esfuerzo Mínimo: 5.392E-5 MPa
- Desplazamiento Máximo: 1.939 mm
- Desplazamiento Mínimo: 6.59E-9 mm

Este análisis indica que las tejas tienen un margen de seguridad significativo, lo que sugiere que son capaces de soportar cargas similares a la de una persona sin deformarse ni dañarse. Los esfuerzos generados en las tejas están dentro de los límites aceptables.

2.3.2.2. Análisis térmico

Figura 2-4. Gradiente térmico resultante de análisis 2.



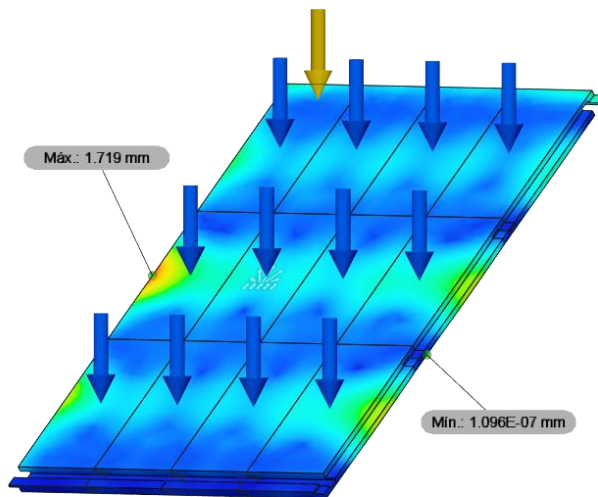
Fuente: Elaboración propia, estudio realizado en software Fusion 360.

- Temperatura Máxima: 40°C
- Temperatura Mínima: 0°C
- Gradiente Térmico Máximo: 0.7543 °C/mm
- Gradiente Térmico Mínimo: 7.027E-5 °C/mm

Este análisis muestra que las tejas pueden resistir una amplia gama de temperaturas, desde temperaturas de congelación hasta altas temperaturas de 40°C. Además, las tejas tienen la capacidad de lidiar con gradientes térmicos considerables, lo que es esencial para evitar deformaciones significativas debido a cambios bruscos de temperatura.

2.3.2.3. Análisis de tensión térmica (radiación 40°C)

Figura 2-5. Desplazamiento resultante de análisis 3.



Fuente: Elaboración propia, estudio realizado en software Fusion 360.

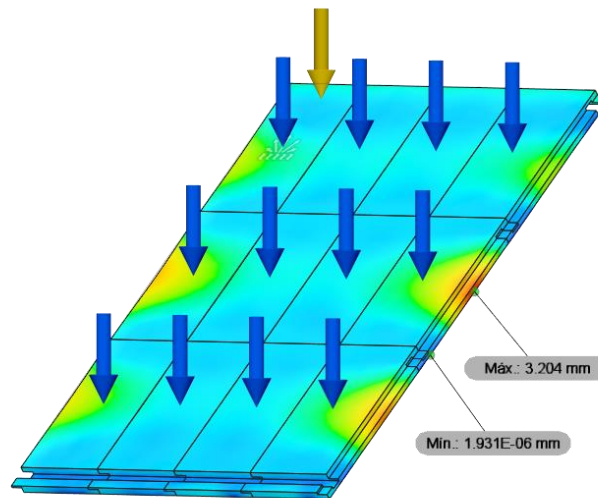
- Factor de Seguridad: 15 (máximo), 8.903 (mínimo)
- Esfuerzo Máximo: 1.213 MPa
- Esfuerzo Mínimo: 1.882E-4 MPa
- Desplazamiento Máximo: 1.719 mm
- Desplazamiento Mínimo: 1.096E-7 mm
- Temperatura Máxima: 40°C
- Temperatura Mínima: 0°C
- Gradiente Térmico Máximo: 0.7543 °C/mm
- Gradiente Térmico Mínimo: 7.027E-5 °C/mm

Este análisis combina la carga térmica y estática, demostrando que las tejas mantienen un factor de seguridad adecuado incluso bajo condiciones extremas. El

esfuerzo máximo sigue siendo aceptable, y los desplazamientos y gradientes térmicos se encuentran dentro de rangos razonables.

2.3.2.4. Análisis de tensión térmica (radiación -10°C)

Figura 2-6. Desplazamiento resultante de análisis 4.



Fuente: Elaboración propia, estudio realizado en software Fusion 360.

- Factor de Seguridad: 15 (máximo), 2.412 (mínimo)
- Esfuerzo Máximo: 4.478 MPa
- Esfuerzo Mínimo: 0.003725 MPa
- Desplazamiento Máximo: 3.204 mm
- Desplazamiento Mínimo: 1.931E-6 mm
- Temperatura Máxima: 0°C
- Temperatura Mínima: -10°C
- Gradiente Térmico Máximo: 0.4439 °C/mm
- Gradiente Térmico Mínimo: 1.22E-4 °C/mm

Este análisis, que simula condiciones de frío extremo, también demuestra que las tejas pueden resistir con éxito temperaturas muy bajas y gradientes térmicos considerables. Aunque el factor de seguridad es menor en este escenario, sigue siendo adecuado, lo que indica que las tejas mantendrán su integridad estructural.

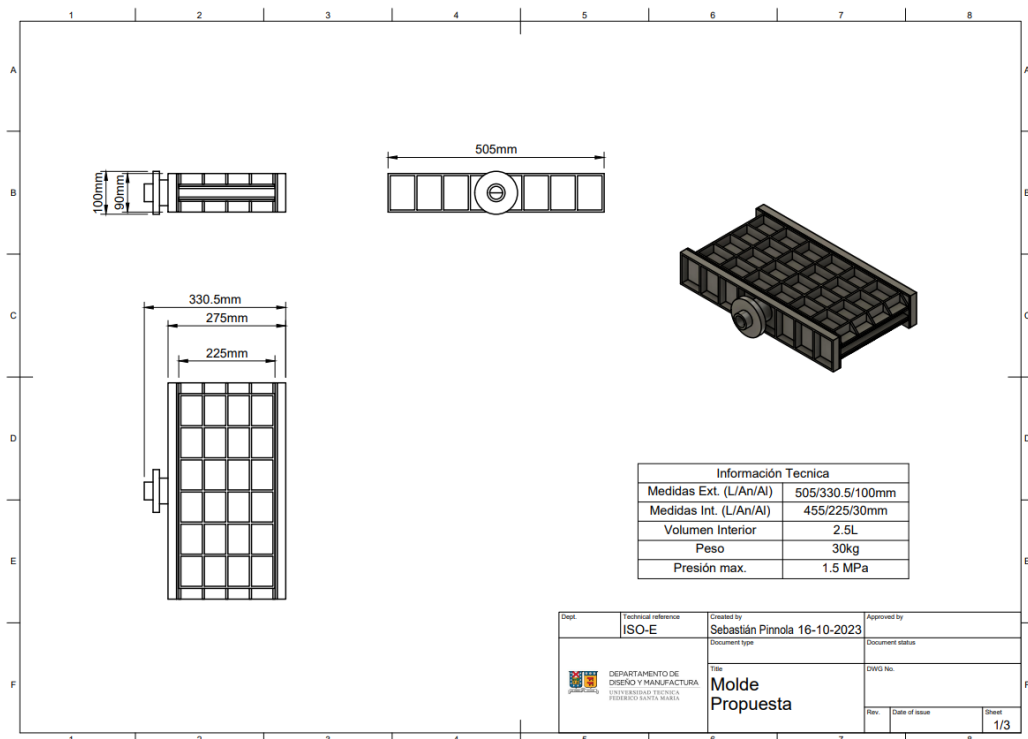
Estos análisis respaldan la capacidad de las tejas sostenibles de plástico reciclado para resistir tensiones estáticas y térmicas en una variedad de condiciones. El diseño y la fabricación de las tejas parecen sólidos, y los resultados sugieren que serán adecuadas para su uso en techos.

2.4. DISEÑO PARA FABRICABILIDAD RESUELTO CON MODELOS 3D

En este punto, se presenta el resultado del diseño del molde utilizado en el proceso de extrusión para la fabricación de las tejas sostenibles de plástico reciclado. Este molde es una parte esencial de la maquinaria y garantiza que las tejas se formen con precisión y calidad.

El molde ha sido modelado tridimensionalmente [Figura 2-7], y se proporcionarán planos detallados que muestran sus dimensiones y características de diseño.

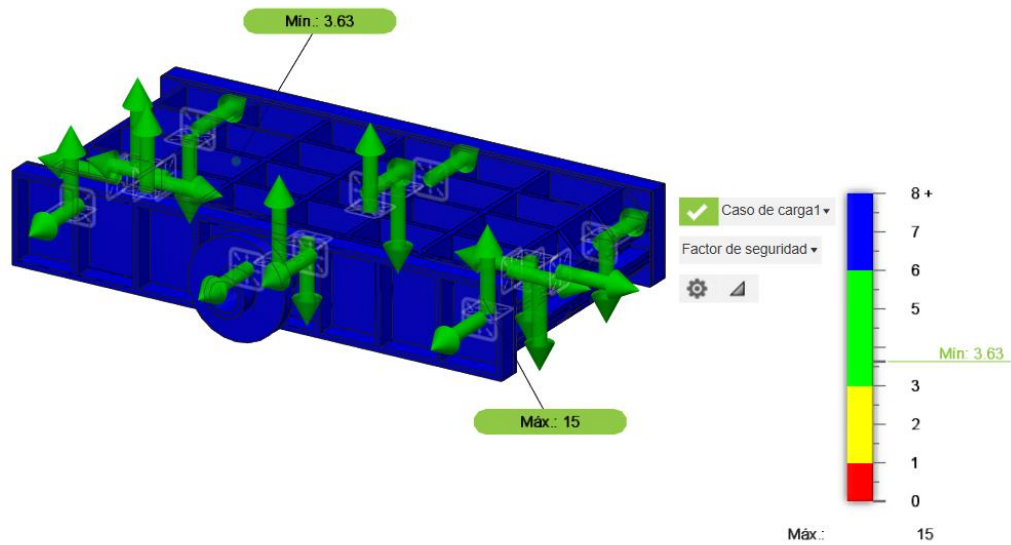
Figura 2-7. Presentación del molde para teja.



Fuente: Elaboración propia, realizado en software Fusion 360.

Además, se ha realizado una prueba de esfuerzo con presión interna al molde, sometiéndolo a una presión de 2 MPa [Figura 2-8]. Los resultados de esta prueba indican un factor de seguridad de 3.

Figura 2-8. Resultado análisis de esfuerzo a molde con presión interna de 2MPa.



Fuente: Elaboración propia, estudio realizado en software Fusion 360.

Esto es aceptable, ya que, considerando que la máquina de extrusión opera con una presión máxima de 1 MPa. Esta validación asegura la funcionalidad y seguridad del molde en el proceso de fabricación.

2.5. ANÁLISIS DE PROCESO DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN

Este punto se enfoca en el análisis y definición del proceso de fabricación y producción de las tejas sostenibles de plástico reciclado. Comprende la planificación de un proceso óptimo, la descripción de un layout adecuado en el área de producción y la estimación de tiempos y costos de manufactura. Estos aspectos son esenciales para garantizar la eficiencia y sostenibilidad en la producción de este producto.

2.5.1. Definición del proceso general (ideal)

El proceso de fabricación de las tejas sostenibles de plástico reciclado se basa en la premisa fundamental de la reutilización de materiales reciclados, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental. Se ha diseñado un proceso que sigue la metodología probada utilizada en la empresa, la cual se detalla de manera más exhaustiva en el punto 2.3.1. (ANÁLISIS DETALLADO DE PROCESO DE MANUFACTURA Y/O FABRICACIÓN). Este proceso ha demostrado su eficiencia y eficacia en la producción de tejas resistentes y duraderas a partir de materiales reciclados. A continuación, se

presenta una descripción general del proceso, destacando sus etapas clave y su compromiso con la sostenibilidad.

I. Recepción y Selección de Materiales:

Inicialmente, los materiales reciclados, que incluyen PP, HDPE, LDPE y pigmentos, se reciben, pesan y seleccionan para garantizar la calidad.

II. Preparación de Materiales:

Los materiales seleccionados se desgarran y trituran para obtener partículas uniformes y manejables.

III. Mezcla de Materiales:

Las partículas trituradas se combinan en proporciones específicas, incluyendo un 40% de PP, un 29% de HDPE, un 29% de LDPE y un 2% de pigmentos. La mezcla se controla cuidadosamente.

IV. Extrusión y Moldeo:

El material se funde y moldea en la forma de las tejas mediante una extrusora y moldes diseñados para crear tejas planas con encajes para facilitar la instalación.

V. Enfriamiento y Desmoldeo:

Las tejas recién moldeadas se enfrían en un tanque de agua controlado y luego se desmoldan para su almacenamiento temporal.

2.5.2. Definición del layout ideal

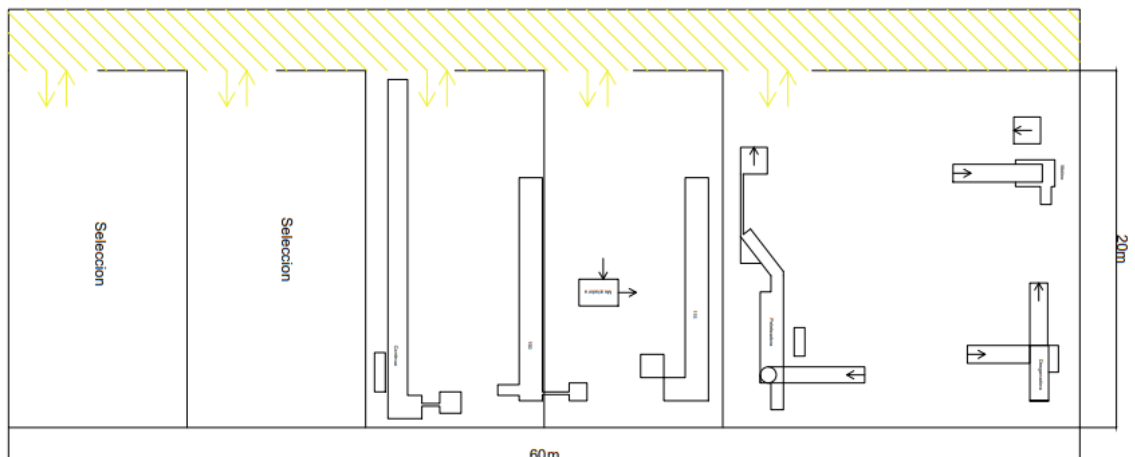
Se ha confeccionado el layout del área de producción de la empresa, el cual se ubica en un espacioso galpón de 20 metros de ancho y 60 metros de largo. Este galpón presenta una disposición eficiente y funcional de sus áreas clave, lo que facilita el flujo de trabajo y la operatividad [Figura 2-9].

Para entrar al galpón, este dispone de cinco puertas de tipo garaje, marcadas con flechas amarillas que indican claramente las zonas de entrada y salida. Esto permite una circulación ordenada y segura de los materiales, así como un acceso conveniente para el personal y la maquinaria.

Consta de un camino de 3 metros de ancho al exterior marcado en amarillo. Este camino es especialmente relevante ya que permite el tránsito de vehículos y maquinaria, como carretillas elevadoras o montacargas, que son esenciales para la logística y el movimiento de materiales entre las distintas áreas.

Dentro del galpón, se han definido áreas específicas para las etapas del proceso de producción. Estas incluyen un área de selección, donde se evalúan y clasifican los materiales reciclados; un área de preparación, que se dedica a la descomposición y triturado de los materiales; y la zona de extrusoras, donde se lleva a cabo el proceso de moldeo de las tejas.

Figura 2-9. Layout zona de producción de empresa Revalora.



Fuente: Elaboración propia, realizado en software AutoCAD.

2.5.3. Estimación de tiempos productivos y costos de manufactura

El análisis de estimación de tiempos productivos y costos de manufactura es fundamental para planificar y controlar la producción de las tejas sostenibles de plástico reciclado. En este análisis, se han calculado los tiempos de ciclo de producción, considerando aspectos como el llenado y enfriamiento del molde. Además, se ha evaluado la capacidad de producción en múltiples turnos. Además de los tiempos productivos, se estimarán los costos asociados, como los de materiales y mano de obra. Estos datos respaldarán la planificación eficiente y la toma de decisiones económicas en la producción de las tejas.

2.5.3.1 Tiempos productivos

La estimación de los tiempos de ciclo de producción para las tejas sostenibles de plástico reciclado es un componente crucial en la planificación y gestión de la fabricación de estos productos. Comenzando con la capacidad de la maquinaria, se ha determinado que las extrusoras utilizadas en el proceso tienen una capacidad promedio de 80 kg por hora, con una variabilidad de más o menos 20 kg por hora. Esto

proporciona una base sólida para comprender cuántas tejas pueden producirse en un período de tiempo específico.

Para comprender mejor el tiempo necesario para fabricar una sola teja, se considera su diseño, que es el de un prisma rectangular con dimensiones de 455 mm de longitud, 225 mm de ancho y 25 mm de espesor. El volumen de cada teja se calcula en aproximadamente 2559.375 cm^3 , y dado que el material reciclado tiene una densidad de 0.84 g/cm^3 , se estima que el peso de cada teja es de alrededor de 2.15 kg. En un escenario teórico ideal, el llenado del molde de una teja toma aproximadamente 2 minutos, lo que se traduciría en una producción teórica de 30 tejas por hora. Sin embargo, es fundamental recordar que este es un cálculo optimista y no tiene en cuenta factores de la vida real, como cambios de molde, paradas de máquina y otros ajustes necesarios en la producción.

El proceso de enfriamiento del molde es otro elemento crítico que considerar. La empresa estima que los moldes se enfrían debido a $0.01 \text{ minutos/cm}^3$, por ende, se ha estimado que este proceso lleva alrededor de 25.6 minutos, con un margen de seguridad del 10%. En consecuencia, se puede esperar un tiempo de desmoldeo de aproximadamente 28 minutos. Esto significa que el ciclo completo de producción de una teja, incluyendo el llenado del molde y el proceso de enfriamiento, tomaría alrededor de 30 minutos en un escenario óptimo.

En lo que respecta a la capacidad de producción, la empresa actualmente opera en dos turnos. El primer turno se inicia a la medianoche y continúa hasta las 9 de la mañana, mientras que el segundo turno comienza a las 9 de la mañana y finaliza a las 6 de la tarde. Si se trabajan estos dos turnos, se tiene la capacidad de producir hasta 540 tejas en un solo día. Sin embargo, es importante destacar que la empresa también tiene la flexibilidad de implementar un tercer turno que operaría desde las 3 de la tarde hasta la medianoche, lo que permitiría aumentar significativamente la capacidad de producción diaria a 720 tejas.

Estos datos sobre los tiempos de ciclo de producción y la capacidad de producción son fundamentales para la planificación de la producción de las tejas sostenibles de plástico reciclado. Además, proporcionan una visión clara de la eficiencia del proceso y las posibilidades de escalabilidad de la producción para satisfacer la demanda del mercado.

2.5.3.2. Costos de manufactura

Los costos de manufactura abarcan diversos aspectos, desde los materiales utilizados hasta la mano de obra y los gastos operativos. En este contexto, la empresa Revalora trabaja con la siguiente tabla [Tabla 2-1], que contienen las estimaciones de costos en función del tipo de extrusora y de si se necesitan pigmentos para tejas de diferentes colores.

Tabla 2-1. Costos de producción por extrusora y color.

Extrusora	Color	Total \$/kg
115	Negro	799
	Gris	819
	Café	862
	Sin Pigmento	750
150	Negro	806
	Gris	825
	Café	868
	Sin Pigmento	757
Continua	Negro	840
	Gris	859
	Café	902
	Sin Pigmento	791

Fuente: Tabla de costo entregada por la empresa Revalora.

En este caso se estará utilizando la extrusora 150, por lo tanto, se estima que los costos de fabricación por teja son los siguientes:

- Tejas negras: \$1.733 por unidad.
- Tejas grises: \$1.774 por unidad.
- Tejas cafés: \$1.866 por unidad.
- Tejas sin pigmento: \$1.628 por unidad.

Estos costos reflejan no solo los materiales plásticos reciclados empleados, sino también los gastos de mano de obra y los costos operativos de las máquinas, lo que es esencial para evaluar la rentabilidad de la producción.

2.6. MVP O PROPUESTA DE FABRICACIÓN DE PROTOTIPO

La fase crucial del desarrollo del Producto Mínimo Viable (MVP) ha marcado un hito fundamental en el proyecto de las tejas sostenibles de plástico reciclado. La estrategia principal se ha orientado hacia la creación meticulosa de modelos tridimensionales detallados y planos técnicos precisos, que capturan con exactitud el diseño de las tejas y el molde de extrusión.

Inicialmente, se contempló la posibilidad de construir un prototipo físico a escala, sin embargo, durante la ejecución del proyecto, se ha llevado a cabo un prototipo simplificado del molde. Este prototipo simplificado prescinde de los nervios en las caras superior e inferior, manteniendo únicamente las caras que serán planchas en la versión final del molde. No se han considerado las orejas para el transporte ni la boquilla, ya que estas últimas son suministradas directamente por el fabricante de la extrusora.

El diseño interno del prototipo del molde refleja fielmente la estructura del molde completo que se fabricaría. Este enfoque ha permitido comprender mejor el proceso de llenado y visualizar el interior del molde.

Este prototipo del molde, aunque más sencillo que la versión final, ha sido esencial para comprender aspectos específicos del proceso de fabricación. Proporciona información valiosa sobre el flujo de plástico durante el llenado y su comportamiento en el interior del molde, sin la complejidad de otros elementos.

En resumen, el MVP ha evolucionado para incluir un prototipo específico del molde, proporcionando información crucial para perfeccionar el proceso de extrusión y asegurar la calidad y eficiencia en la fabricación de las tejas sostenibles de plástico reciclado.

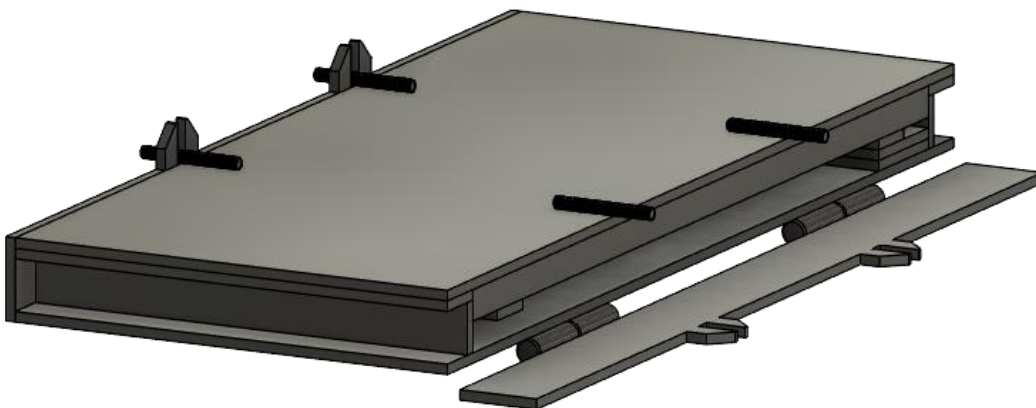
2.7. GUÍA DE USO DE MVP

El MVP de las tejas sostenibles de plástico reciclado ha sido diseñado para proporcionar una representación inicial del proceso de extrusión.

- Paso 1: Cierre del molde y ajuste de tapas

Colocar las tapas del molde en posición y asegúrelas correctamente [Figura 2-10]. Cerrar el molde asegurándose de que esté completamente sellado.

Figura 2-10. Molde con la tapa abierta

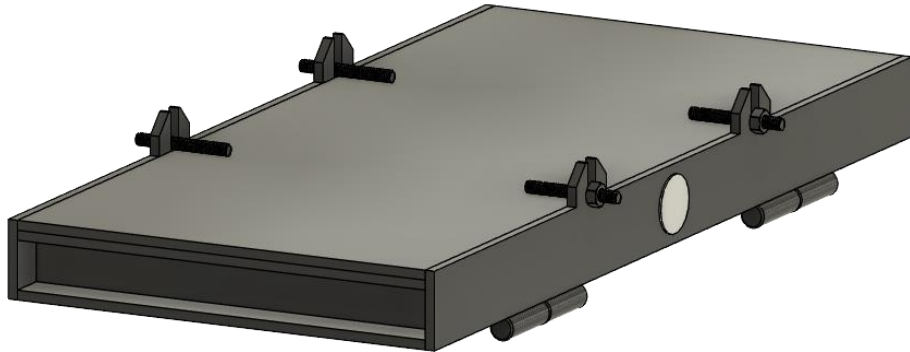


Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en software Fusion 360.

- Paso 2: Posicionamiento del molde en la extrusora

Posicionar el molde en la extrusora. Asegurarse de que la boquilla de la extrusora esté alineada con la entrada de material en el molde [Figura 2-11]. En la siguiente figura se representa la boquilla y la entrada de material por un punto blanco

Figura 2-11. Posicionamiento del molde.



Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en software Fusion 360.

- Paso 3: Enfriamiento del molde

Después de completar el proceso de extrusión, deje que el molde se enfríe. Asegúrese de que el enfriamiento sea completo antes de proceder al siguiente paso.

- Paso 4: Apertura del molde y extracción del perfil de metal

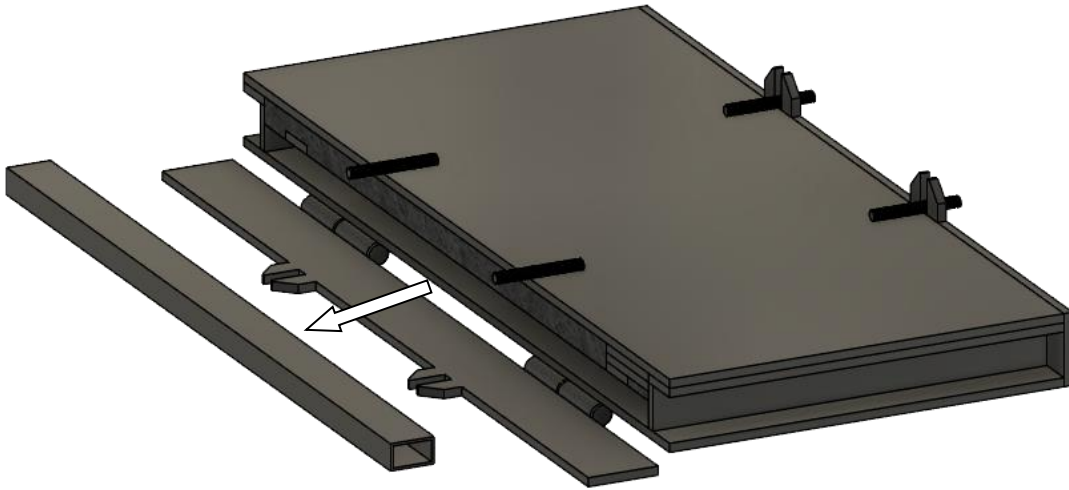
Abrir el molde desde la tapa contraria [Figura 2-12]. Retirar con cuidado el perfil de metal que se utiliza durante el proceso de extrusión [Figura 2-13].

Figura 2-12. Apertura del molde después del enfriamiento.



Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en software Fusion 360.

Figura 2-13. Retirado de perfil rectangular.

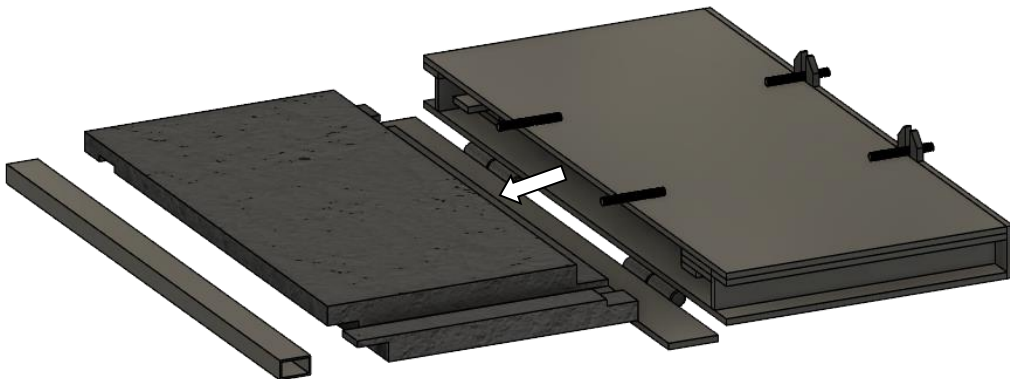


Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en software Fusion 360.

- Paso 5: Extracción de la teja

Con el perfil de metal retirado, extraer la teja cuidadosamente del molde.

Figura 2-14. Extracción de la teja.



Fuente: Elaboración propia, modelado en 3D en software Fusion 360.

CAPITULO III. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la ejecución de las diferentes fases del proyecto de desarrollo de tejas sostenibles de plástico reciclado. Se analizan y discuten los hallazgos clave derivados de la evaluación funcional del prototipo, la viabilidad económica del proyecto, así como cualquier otra información relevante obtenida durante el proceso. Se examinan los logros alcanzados en relación con los objetivos establecidos inicialmente y se identifican posibles áreas de mejora o recomendaciones para futuras investigaciones. Esta sección proporciona una visión integral de los resultados del proyecto y su impacto en términos técnicos, económicos y ambientales.

3.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PROTOTIPO SEGÚN TRL 4-7

La evaluación funcional del prototipo desempeña un papel crucial en el desarrollo de las tejas sostenibles de plástico reciclado. Este análisis se basa en los niveles de Tecnología Listos para la Transferencia (TRL) del 4 al 7, marcando etapas fundamentales desde la integración de componentes básicos hasta la demostración del prototipo en un entorno real. A través de esta evaluación, se busca validar la funcionalidad y cohesión del sistema, garantizando que cada componente cumpla su función específica y, en última instancia, sienta las bases para el éxito del producto final. A continuación, se detallan los hitos alcanzados y los desafíos enfrentados en cada nivel TRL, destacando el camino hacia la optimización y perfeccionamiento del prototipo.

3.1.1. Nivel TRL 4: Componentes básicos integrados

El prototipo virtual del molde se diseñó en Fusión 360, donde cada componente básico fue modelado y ensamblado según los requisitos de diseño. La funcionalidad conjunta se evaluó mediante animaciones en el entorno 3D, mostrando la correcta integración y operación de las piezas. Estos análisis virtuales permitieron determinar la viabilidad de los componentes para trabajar como un sistema coherente.

3.1.2. Nivel TRL 5: Configuración de sistema similar a aplicación final

La configuración del prototipo se asemeja a la aplicación final, considerando cada pieza en su posición y función dentro del sistema. A pesar de los desafíos en la configuración, especialmente al adaptar el diseño a medidas de materiales disponibles en

el mercado, se realizaron ajustes en el modelo de la teja principal para asegurar un calce adecuado, manteniendo la coherencia con el diseño final.

3.1.3. Nivel TRL 6: Prototipo piloto para escalamiento

El diseño del prototipo permitió desarrollar todas las piezas necesarias para el molde, y estas fueron ensambladas virtualmente en Fusión 360. Este entorno simulado facilitó las pruebas necesarias para demostrar la capacidad del prototipo para realizar funciones críticas en un escenario simulado. La ingeniería del prototipo está orientada a condiciones de escalamiento, asegurando su aplicabilidad a una producción más extensa.

3.1.4. Nivel TRL 7: Prototipo completo en ambiente real

No se realizaron demostraciones en ambientes reales del prototipo completo. No obstante, la funcionalidad del prototipo se ha respaldado con pruebas en entornos virtuales.

3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el marco de la evaluación económica, se abordará la consideración crucial de la fabricación del molde real en las instalaciones de Revalora. Este proceso es esencial, ya que el molde constituye la pieza fundamental para la producción de las tejas sostenibles de plástico reciclado. La evaluación se centrará en los costos asociados a la fabricación de un molde y, de manera estratégica, se proyectará a la fabricación de 16 moldes. La proyección de fabricar 16 moldes se alinea con una estrategia de eficiencia productiva, lo que podría traducirse en beneficios económicos y operativos a medida que la demanda crezca.

A continuación, se presenta un análisis detallado de los costos asociados a la fabricación del molde para tejas sostenibles, considerando la proyección de producción a 16 unidades. Este análisis abarca desde los insumos de materiales hasta la mano de obra, la capacidad interna de Revalora y la compatibilidad con sus operaciones existentes.

3.2.1. Análisis de costos de fabricación

La fabricación del molde para las tejas sostenibles implica diversos costos, principalmente asociados a materiales y mano de obra. En términos de materiales, se utilizarán elementos como planchas A36, ángulos, pletinas y perfiles, cuyos costos totales suman \$161.229 para un molde [Tabla 3-1], y \$574.558 para 16 moldes [Tabla 3-2], resultando en un costo unitario de \$35.910.

Tabla 3-1. Costos de Materiales para la fabricación de 1 molde.

Nombre	Especificaciones	Ctd	Precio (\$)	Total (\$)	Total (UF)
Plancha	Plancha A36 3x1mx5mm	1	112.790	112.790	3,09
Angulo	Angulo 25x25x5mm	1	12.990	12.990	0,36
Pletina A	Pletina 25x5mm	1	9.490	9.490	0,26
Pletina B	Pletina 25x10mm	1	14.489	14.489	0,40
Perfil Rect	Perfil 25x15x2mm	1	8.290	8.290	0,23
Pomeles	Par Pomele 1/2" x80mm	2	1.590	3.180	0,09
Mano de Obra		32	4.033	129.056	3,54
			Total Insumos	161.229	4,42
			Total I+Mo	290.285	7,96

Fuente: Elaboración propia, con datos rescatados de ferreterías y empresa

Revalora.

Tabla 3-2. Costos de Materiales para la fabricación de 16 moldes.

Nombre	Especificaciones	Ctd	Precio (\$)	Total (\$)	Total (UF)
Plancha	Plancha A36 3x1mx5mm	2	112.790	225.580	6,18
Angulo	Angulo 25x25x5mm	2	12.990	25.980	0,71
Pletina A	Pletina 25x5mm	23	9.490	218.270	5,98
Pletina B	Pletina 25x10mm	2	14.489	28.978	0,79
Perfil Rect	Perfil 25x15x2mm	3	8.290	24.870	0,68
Pomeles	Par Pomele 1/2" x80mm	32	1.590	50.880	1,39
Mano de Obra		512	4.033	2.064.896	56,60
			Total Insumos	574.558	15,75
			Precio Unitario	35.910	0,98
			Total I+Mo	2.639.454	72,35
			Precio Unitario	164.966	4,52

Fuente: Elaboración propia, con datos rescatados de ferreterías y empresa

Revalora.

La mano de obra, estimada en 32 horas para un molde y proyectada linealmente a 512 horas para 16 moldes, a un costo de \$4.033 por hora, da como resultado \$129.056 para un molde y \$2.064.896 para 16 moldes.

Este análisis de costo-beneficio muestra que el costo total, sumando materiales y mano de obra, es de \$290.285 para un molde y \$2.639.454 para 16 moldes, con un costo unitario de \$164.966. La fabricación de moldes no impactará la capacidad de producción de Revalora, ya que cuenta con un departamento especializado para esta labor.

En términos de capacidades internas, el departamento de fabricación de moldes de Revalora, con dos personas a tiempo completo, es suficiente para la tarea planificada. La compatibilidad con operaciones existentes garantiza una integración sin interrupciones significativas en la producción regular.

3.3. EVALUACIÓN DE MERCADO Y ALCANCE DEL PROYECTO

La evaluación del mercado objetivo y el alcance del proyecto es esencial para el éxito y la sostenibilidad de las tejas sostenibles de plástico reciclado. Aquí se detallan

los pasos para comprender la demanda, identificar el mercado relevante y establecer metas realistas.

3.3.1. Procedimiento de estimación de la demanda

La demanda de las tejas sostenibles se fundamenta en un análisis demográfico y estadísticas de construcción. En la Región Metropolitana de Santiago, con una densidad poblacional de 461,77 habitantes por kilómetro cuadrado, se proyecta una demanda de aproximadamente 670 viviendas/clientes. En la Región de Valparaíso, con una densidad poblacional de 110,75 habitantes por kilómetro cuadrado, la demanda anticipada es de alrededor de 160 viviendas/clientes.

Esta estimación se basa en datos confiables del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE), que señala la construcción de alrededor de 6,718 viviendas unifamiliares por año en la Región Metropolitana y aproximadamente 1,644 viviendas unifamiliares por año en la Región de Valparaíso.

3.3.2. Establecer el mercado relevante

Los segmentos de mercado objetivo abarcan desde retail y tiendas especializadas hasta inmobiliarias y constructoras con interés en materiales sostenibles. Aunque se enfoca en reformadores en los grupos sociales C1, B y C2, con edades de 36 a 55 años, el producto está disponible para cualquier persona interesada en construcción sostenible.

La elección de la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso se basa en su clima uniforme y la alta densidad de población, representando más del 50% de la población total del país.

3.3.3. Establecer la cuota de mercado a la que se aspira

Se aspira a capturar el 2% de la cuota de mercado en ambas regiones dentro de los primeros 2 años, lo que equivaldría a 166 viviendas al año. Esta ambiciosa meta respalda la estrategia de crecimiento y penetración del mercado. Aunque no hay competidores directos, la diferenciación clave radica en la producción a partir de plástico reciclado, alineándose con principios de economía circular.

3.4. EVALUACIÓN FINANCIERA DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

En esta sección, se abordará la Evaluación Financiera del proyecto de tejas sostenibles, analizando aspectos clave como el flujo de caja, indicadores de rentabilidad y la tasa de descuento. Este análisis detallado proporcionará información crucial sobre la

viabilidad económica y permitirá identificar oportunidades y desafíos para optimizar el proyecto.

3.4.1. Desarrollo de flujos de caja al horizonte de vida del proyecto

Para comprender la salud financiera del proyecto, es esencial analizar el flujo de caja proyectado a lo largo de su vida útil. Este análisis incluye ingresos proyectados, costos operativos y otras variables clave que contribuyen al rendimiento financiero del proyecto.

3.4.1.1. Ingresos proyectados

La estimación de ingresos se basa en la venta de tejas sostenibles. Considerando un costo de fabricación de \$1.866 por teja y una utilidad del 70%, el costo de venta por metro cuadrado de tejas es de \$37.990 [Tabla 3-3]. Proyectamos la venta de tejas para viviendas de 60m² de techumbre. La tabla detalla los ingresos mensuales por ventas de tejas en el primer y segundo año del proyecto [Tabla 3-4].

Tabla 3-3. Consideraciones básicas para calcular ingresos por venta de tejas.

UF =	\$36.481,25
Costo Teja =	\$1.866
Tejas por m² =	12
Costo m² =	\$22.392
Utilidad app =	70%
Pecio Venta m² =	\$37.990

Fuente: Elaboración propias, con datos de costo de fabricación de las tejas.

Tabla 3-4. Estimación de Ventas por año.

1 ^{er} Año				2 ^{do} Año			
Mes	Ctd. Viviendas	Ctd. m ² de Tejas	Total Venta (\$)	Mes	Ctd. Viviendas	Ctd. m ² de Tejas	Total Venta (\$)
1	0	0	0	1	14	840	31.911.600
2	7	420	15.955.800	2	14	840	31.911.600
3	7	420	15.955.800	3	14	840	31.911.600
4	8	480	18.235.200	4	14	840	31.911.600
5	8	480	18.235.200	5	14	840	31.911.600
6	8	480	18.235.200	6	14	840	31.911.600
7	10	600	22.794.000	7	14	840	31.911.600
8	10	600	22.794.000	8	14	840	31.911.600
9	10	600	22.794.000	9	14	840	31.911.600
10	12	720	27.352.800	10	14	840	31.911.600
11	12	720	27.352.800	11	14	840	31.911.600
12	12	720	27.352.800	12	14	840	31.911.600
Total	104	6240	237.057.600	Total	168	10080	382.939.200

Fuente: Elaboración propia, con estimación de ventas de las tejas.

3.4.1.2. Costos operativos

Los costos operativos mensuales se calculan considerando el costo de fabricación de las tejas. Con una capacidad de producción de 520 tejas por día durante 20 días hábiles, los costos operativos mensuales son de \$19.406.400 o 531.96 UF.

3.4.1.3. Inversiones iniciales

Se considera como inversión inicial el costo de fabricación de los 16 moldes y la mano de obra necesaria, totalizando 72.35 UF.

3.4.1.2. Flujos de caja

En este apartado, se detallan los flujos de caja generados por el proyecto durante el período de análisis, que se ha ajustado a ocho trimestres en lugar de un horizonte anual. Esta decisión se basa en el hecho de que el proyecto tiene una vida útil de dos años, por lo que se consideraron únicamente los flujos de caja correspondientes a este período.

Es importante destacar que los flujos de caja no incluyen la depreciación ni el capital de trabajo, ya que la empresa Revalora no proporcionó suficientes datos para calcular estos elementos. Además, no se consideró un valor residual al final del proyecto, ya que los únicos activos remanentes son los moldes, los cuales la empresa opta por retener en lugar de vender.

Esta metodología de análisis trimestral proporciona una visión más detallada y ajustada a la duración real del proyecto, permitiendo una evaluación precisa de su rentabilidad y viabilidad financiera en el corto plazo.

Tabla 3-5. Flujo de Caja Puro.

Periodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	0,00	874,74	1.499,55	1.874,44	2.249,33	2.624,22	2.624,22	2.624,22	2.624,22
Egresos	0,00	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87
Margen	0,00	-721,13	-96,31	278,58	653,46	1.028,35	1.028,35	1.028,35	1.028,35
Interese	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	-721,13	-817,44	-538,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos	0,00	-721,13	-817,44	-538,86	114,60	1.028,35	1.028,35	1.028,35	1.028,35
Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	-30,94	-277,66	-277,66	-277,66	-277,66
Utilidad despues de impuestos	0,00	-721,13	-817,44	-538,86	83,66	750,70	750,70	750,70	750,70
Amortizacion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	721,13	817,44	538,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja Antes del Financiamiento	0,00	-721,13	-96,31	278,58	622,52	750,70	750,70	750,70	750,70
Inversión	-72,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja	-72,35	-721,13	-96,31	278,58	622,52	750,70	750,70	750,70	750,70
Flujo de Caja Actualizado	-72,35	-699,41	-90,60	254,16	550,85	644,27	624,87	606,05	587,80
Flujo de Caja Actualizado Acumulado	-72,35	-771,76	-862,36	-608,20	-57,35	586,92	1.211,79	1.817,83	2.405,63

Tasa de Descuento (anual) = 12%
Impuesto = 27%

VAN = 2.405,63
TIR = 39,37%
PRI = 5

Tabla 3-6. Flujo de Caja Financiado al 25%.

Periodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	0,00	874,74	1.499,55	1.874,44	2.249,33	2.624,22	2.624,22	2.624,22	2.624,22
Egresos	0,00	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87
Margen	0,00	-721,13	-96,31	278,58	653,46	1.028,35	1.028,35	1.028,35	1.028,35
Interés	0,00	-0,97	-0,87	-0,77	-0,65	-0,54	-0,41	-0,28	-0,14
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	-722,10	-819,28	-541,47	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos	0,00	-722,10	-819,28	-541,47	111,34	1.027,82	1.027,94	1.028,07	1.028,21
Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	-30,06	-277,51	-277,54	-277,58	-277,62
Utilidad despues de impuestos	0,00	-722,10	-819,28	-541,47	81,28	750,31	750,40	750,49	750,59
Amortizacion	0,00	-1,87	-1,97	-2,08	-2,19	-2,30	-2,43	-2,56	-2,70
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	722,10	819,28	541,47	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja Antes del Financiamiento	0,00	-723,97	-99,15	275,73	620,56	748,00	747,97	747,93	747,90
Inversión	-72,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento	18,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja	-54,26	-723,97	-99,15	275,73	620,56	748,00	747,97	747,93	747,90
Flujo de Caja Actualizado	-54,26	-702,17	-93,27	251,57	549,12	641,95	622,59	603,82	585,60
Flujo de Caja Actualizado Acumulado	-54,26	-756,43	-849,70	-598,13	-49,01	592,94	1.215,53	1.819,35	2.404,95

Tasa de Descuento (anual) = 12%
Impuesto = 27%
TIA (Tasa Interes Anual) = 21,5%
Financiamiento = 25%

VAN = 2.404,95
TIR = 40,01%
PRI = 5

Tabla 3-7. Flujo de Caja Financiado al 50%.

Periodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	0,00	874,74	1.499,55	1.874,44	2.249,33	2.624,22	2.624,22	2.624,22	2.624,22
Egresos	0,00	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87
Margen	0,00	-721,13	-96,31	278,58	653,46	1.028,35	1.028,35	1.028,35	1.028,35
Interés	0,00	-1,94	-1,74	-1,53	-1,31	-1,07	-0,83	-0,57	-0,29
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	-723,07	-821,13	-544,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos	0,00	-723,07	-821,13	-544,08	108,07	1.027,28	1.027,53	1.027,79	1.028,06
Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	-29,18	-277,37	-277,43	-277,50	-277,58
Utilidad despues de impuestos	0,00	-723,07	-821,13	-544,08	78,89	749,91	750,09	750,29	750,49
Amortizacion	0,00	-3,74	-3,94	-4,15	-4,37	-4,61	-4,86	-5,12	-5,39
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	723,07	821,13	544,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja Antes del Financiamiento	0,00	-726,81	-101,99	272,89	618,60	745,31	745,24	745,17	745,09
Inversión	-72,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento	36,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja	-36,18	-726,81	-101,99	272,89	618,60	745,31	745,24	745,17	745,09
Flujo de Caja Actualizado	-36,18	-704,92	-95,94	248,97	547,38	639,64	620,32	601,58	583,41
Flujo de Caja Actualizado Acumulado	-36,18	-741,10	-837,04	-588,07	-40,68	598,96	1.219,28	1.820,86	2.404,27

Tasa de Descuento (anual) = 12%
Impuesto = 27%
TIA (Tasa Interes Anual) = 21,5%
Financiamiento = 50%

VAN = 2.404,27
TIR = 40,67%
PRI = 5

Tabla 3-8. Flujo de Caja Financiado al 75%.

Periodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	0,00	874,74	1.499,55	1.874,44	2.249,33	2.624,22	2.624,22	2.624,22	2.624,22
Egresos	0,00	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87	-1.595,87
Margen	0,00	-721,13	-96,31	278,58	653,46	1.028,35	1.028,35	1.028,35	1.028,35
Interés	0,00	-2,92	-2,62	-2,30	-1,96	-1,61	-1,24	-0,85	-0,43
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	-724,04	-822,97	-546,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de impuestos	0,00	-724,04	-822,97	-546,69	104,81	1.026,74	1.027,11	1.027,51	1.027,92
Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	-28,30	-277,22	-277,32	-277,43	-277,54
Utilidad despues de impuestos	0,00	-724,04	-822,97	-546,69	76,51	749,52	749,79	750,08	750,38
Amortizacion	0,00	-5,61	-5,91	-6,23	-6,56	-6,91	-7,28	-7,68	-8,09
Perdida del ejercicio anterior	0,00	0,00	724,04	822,97	546,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja Antes del Financiamiento	0,00	-729,65	-104,84	270,05	616,64	742,61	742,51	742,40	742,29
Inversión	-72,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamiento	54,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Caja	-18,09	-729,65	-104,84	270,05	616,64	742,61	742,51	742,40	742,29
Flujo de Caja Actualizado	-18,09	-707,68	-98,62	246,38	545,65	637,33	618,05	599,35	581,21
Flujo de Caja Actualizado Acumulado	-18,09	-725,76	-824,38	-578,00	-32,35	604,98	1.223,03	1.822,38	2.403,59

Tasa de Descuento (anual) = 12%
Impuesto = 27%
TIA (Tasa Interes Anual) = 21,5%
Financiamiento = 75%

VAN = 2.403,59
TIR = 41,38%
PRI = 5

Fuente: Elaboración propia, según datos calculados y entregados por Revalora

3.4.2. Análisis de los indicadores de rentabilidad

Se ha evaluado el proyecto bajo cuatro escenarios distintos: uno sin financiamiento (flujo puro) y tres con diferentes porcentajes de financiamiento (25%, 50%, y 75%). Se ha confeccionado una tabla [Tabla 3-9], con los resultados de estos escenarios mostrando el VAN, TIR y PRI de cada uno.

Tabla 3-9. Análisis de indicadores.

Flujos de Caja	VAN [UF]	TIR	PRI
Puro	2.405,63	39,37%	5
Financiado 25%	2.404,95	40,01%	5
Financiado 50%	2.404,27	40,67%	5
Financiado 75%	2.403,59	41,38%	5

Fuente: Elaboración propia, según datos arrojados por los flujos de caja.

El análisis de los indicadores clave revela una consistencia notable en la rentabilidad del proyecto en diversos escenarios financieros. En el flujo puro, sin financiamiento, el VAN positivo de 2.378,02 UF, una TIR del 11%, y el PRI en el mes 12 indican una gestión eficaz de los recursos. La introducción de financiamiento ya sea al 25%, 50%, o 75%, mantiene la solidez del proyecto, con variaciones mínimas en la TIR y un VAN siempre favorable. Estos resultados sugieren que el proyecto es robusto y capaz de generar rendimientos positivos bajo diferentes estructuras financieras. La elección del nivel de financiamiento dependerá de la estrategia financiera y los objetivos a largo plazo, con la necesidad de equilibrar eficazmente la deuda y el capital propio para optimizar la estructura financiera.

3.4.3. Identificación de variables críticas y optimización del proyecto

El éxito del proyecto se ve significativamente influenciado por la capacidad de vender tejas en los primeros 8 meses. La rentabilidad se comprometería si no se logra cumplir con este objetivo inicial.

Además, se identificó la oportunidad de optimizar la eficiencia de producción al mantener varios moldes en funcionamiento simultáneo. Este enfoque asegura una operación constante de la maquinaria, mejorando la eficiencia y reduciendo los tiempos muertos. Es importante destacar que los costos asociados a la fabricación de estos moldes se detallaron en el punto 3.2.1. ANÁLISIS DE COSTOS DE FABRICACIÓN, específicamente en la Tabla 3-2, ofreciendo una visión clara de la inversión necesaria para implementar esta estrategia.

Estas variables críticas y oportunidades de optimización son esenciales para comprender los riesgos y posibles mejoras en la rentabilidad del proyecto. Un enfoque

estratégico para abordar estos aspectos clave puede mejorar la viabilidad general del proyecto.

3.4.4. Establecimiento de la tasa de descuento de su proyecto

La tasa de descuento utilizada es el WACC, calculado en base al costo de capital propio y deuda. Para ello, se consideraron diferentes escenarios de financiamiento y se llegó a un WACC del 12.42%, calculado mediante el CAPM y el costo de la deuda.

Este enfoque proporciona una evaluación integral de la rentabilidad del proyecto considerando tanto el capital propio como el financiamiento por deuda. Es fundamental para tomar decisiones informadas sobre la viabilidad financiera del proyecto.

3.4.5. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una herramienta útil para evaluar el impacto de cambios en variables clave en los resultados financieros de un proyecto. En este caso, se realizaron análisis de sensibilidad tanto para una variable de ingreso como para una variable de egreso.

Para la variable de ingreso, se analizó la sensibilidad de los flujos de efectivo respecto a la cantidad de viviendas vendidas en el primer año. Se redujo gradualmente la cantidad de viviendas vendidas y se evaluó cómo afectaba al Valor Actual Neto (VAN) en el flujo de caja puro [Tabla 3-10].

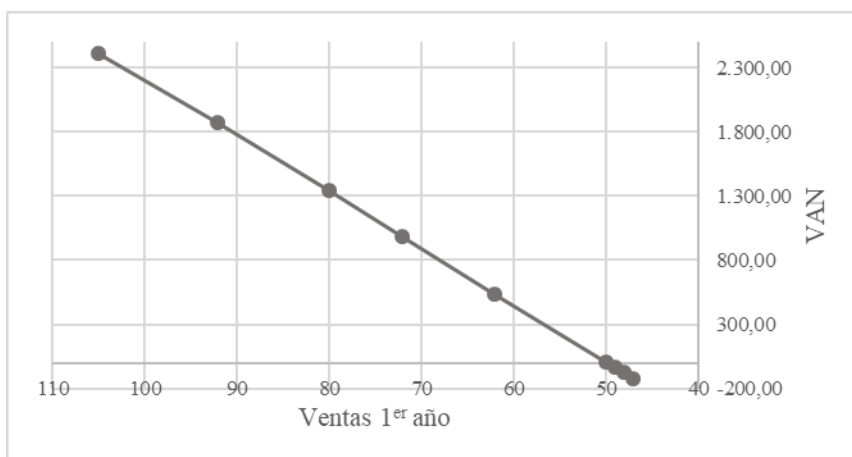
Tabla 3-10. Análisis de sensibilidad respecto a los ingresos.

Ventas 1 ^{er} año	VAN (UF)
105	2.405,63
92	1.872,64
80	1.336,33
72	978,47
62	533,38
50	6,09
49	-37,70
48	-81,50
47	-125,30

Fuente: Elaboración propia, con datos de flujo de caja sin financiamiento.

El gráfico muestra una clara tendencia descendente en el VAN a medida que disminuye la cantidad de viviendas vendidas, lo que indica la sensibilidad del proyecto a este factor [Figura 3-1].

Figura 3-1. Grafico de sensibilidad respecto a los ingresos.



Fuente: Elaboración propia, con datos de flujo de caja sin financiamiento.

Para la variable de egreso, se estudió el costo de fabricación de la teja sostenible. Dado que la compañía incluye varios factores en el costo de fabricación y opera con un margen de ganancia del 70%, no fue posible analizar un costo específico de manera aislada. Además, el costo de fabricación no tuvo un impacto significativo en los resultados financieros debido al alto margen de ganancia.

Este análisis de sensibilidad proporciona una visión clara de cómo ciertos cambios en variables clave pueden afectar la rentabilidad y la viabilidad del proyecto. Esto permite a los tomadores de decisiones comprender mejor los riesgos y tomar medidas preventivas o correctivas según sea necesario.

3.5. ANÁLISIS

El estudio detallado del proyecto de tejas sostenibles a partir de plástico reciclado revela un panorama alentador desde diversas perspectivas. La evaluación funcional del producto-prototipo, conforme a los niveles TRL 4 a 7, sugiere que el diseño y la integración de componentes básicos se han abordado de manera efectiva. Aunque no se haya planificado una demostración en un entorno real, la simulación y pruebas virtuales brindan confianza en la funcionalidad del prototipo.

La evaluación económica destaca la viabilidad del proyecto. El análisis del mercado objetivo y la cuota proyectada refleja un enfoque sólido en términos de demanda. La estrategia de abordar las regiones de la Región Metropolitana de Santiago y la Región de Valparaíso se respalda con datos demográficos y climáticos. Asimismo, la propuesta de valor, centrada en tejas de plástico reciclado, ofrece una ventaja competitiva única.

En el ámbito financiero, la evaluación detallada de la fabricación de moldes en Revalora resalta la eficiencia en los costos y la capacidad interna para llevar a cabo esta

tarea. La diversificación de los flujos de caja y la consideración de diferentes niveles de financiamiento permiten una visión holística de la rentabilidad y la gestión de recursos.

El análisis financiero, con indicadores como VAN, TIR y PRI, demuestra que el proyecto es resiliente y rentable en diversas configuraciones financieras. La consideración de variables críticas, como el tiempo para alcanzar la rentabilidad y la dependencia de las ventas iniciales, subraya áreas de atención. No obstante, la solidez general del proyecto sugiere oportunidades claras y un potencial retorno atractivo.

En resumen, el proyecto de tejas sostenibles no solo demuestra viabilidad técnica y económica, sino que también se destaca como una iniciativa sostenible con consideraciones ambientales. El enfoque integrado en diseño, mercado, y finanzas ofrece una base sólida para avanzar en la implementación y desarrollo futuro del proyecto.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La ejecución de este proyecto de tejas sostenibles de plástico reciclado mediante extrusión ha arrojado resultados significativos y prometedores en diversos aspectos, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio del proyecto. La conjunción de esfuerzos técnicos, medioambientales y económicos se traduce en un proyecto integral que no solo demuestra su factibilidad técnica, sino que también destaca como una respuesta viable y sostenible en el panorama de la construcción actual.

En términos técnicos, la consecución del objetivo central de desarrollar una teja sostenible a partir de plástico reciclado mediante extrusión se ha logrado con éxito. El modelado 3D ha permitido visualizar con precisión las características de las tejas, asegurando su conformidad con las normas técnicas establecidas. El análisis del desempeño mecánico y térmico han proporcionado una comprensión integral de las capacidades y limitaciones del producto.

La colaboración con Revalora, tanto para el diseño de la teja y para el diseño del molde de extrusión ha añadido una dimensión estratégica al proyecto. La eficiencia en los costos y la capacidad interna de Revalora para la fabricación de los moldes han fortalecido la base económica del proyecto. La consideración de diferentes escenarios de financiamiento ha demostrado que la viabilidad económica se mantiene sólida, incluso en condiciones financieras diversas.

Por ende, analizando los indicadores financieros, todos los escenarios muestran un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior al costo de oportunidad. Además, el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es de 5 periodos en todos los casos. Dado que todos los escenarios tienen resultados financieros similares y son económicamente viables, se recomienda elegir el escenario de financiamiento puro, ya que no implica endeudamiento y, por lo tanto, reduce el riesgo financiero asociado al proyecto.

Desde la perspectiva ambiental, el proyecto cumple con su objetivo de abordar el desafío del plástico de un solo uso. La reutilización de plástico reciclado no solo reduce la cantidad de desechos en vertederos, sino que también establece un modelo circular que contribuye a la conservación de recursos.

En resumen, cada objetivo específico, desde el modelado 3D hasta el diseño del molde y la evaluación económica, ha sido cumplido de manera exitosa. Esto respalda la conclusión de que el proyecto de tejas sostenibles no solo demuestra viabilidad técnica y económica, sino que también se destaca como una iniciativa sostenible con consideraciones ambientales. El enfoque integrado en diseño, mercado y finanzas ofrece una base sólida para avanzar en la implementación y desarrollo futuro del proyecto.

El éxito del proyecto se basa en un enfoque continuo y una optimización constante. Por lo tanto, se recomienda:

Optimización Continua del Diseño: A pesar de los logros en el diseño inicial, se recomienda un enfoque continuo en la optimización del diseño de las tejas y el molde. Esto puede implicar ajustes para mejorar aún más la eficiencia en el uso de materiales y optimizar el rendimiento del producto.

Exploración de Nuevos Materiales: A medida que avanza la tecnología y la investigación en materiales, se recomienda la continua exploración de alternativas y la incorporación de nuevos materiales sostenibles que puedan mejorar aún más las propiedades del producto.

Desarrollo de Prototipos Físicos: Aunque se ha optado por un enfoque virtual en la fase de prototipado, se sugiere considerar la posibilidad de desarrollar prototipos físicos en etapas posteriores para evaluar el rendimiento en condiciones reales.

Investigación de Mercado Continua: La investigación de mercado debe ser un proceso continuo para comprender las dinámicas cambiantes y las necesidades del mercado. La retroalimentación de los clientes potenciales puede ser valiosa para ajustar estrategias de marketing y desarrollo de productos.

Estas recomendaciones están diseñadas para guiar el proyecto hacia una implementación exitosa y una contribución efectiva a la sostenibilidad en la industria de la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- SERNAC (2021). Informe de mercado de tejas. Recuperado de https://www.sernac.cl/portal/604/articles-109807_doc_pdf.pdf
- Sociedad Nacional de Agricultura (2020). Tejas de arcilla: evolución, producción y beneficios. Recuperado de <https://www.sna.cl/wp-content/uploads/2020/08/Tejas-de-arcilla-Evolucio%CC%81n-produccio%CC%81n-y-beneficios.pdf>
- Araya, R. (2014). Manual de construcción de techumbres. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2021). Estudio sectorial de la construcción. Recuperado de <https://www.cchc.cl/estudios/sectorial-de-la-construccion/>
- Ferreccio, E. (2016). Diseño y construcción de techos. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2020). Informe Nacional sobre la Gestión de Residuos y Responsabilidad Extendida del Productor. Recuperado de https://www.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-RESIDUOS-2019_FINAL-WEB.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2020). Informe de gestión de residuos. Recuperado de https://www.mma.gob.cl/1304/articles-116288_archivo_01_2020.pdf
- Odebrecht Ambiental. (2018). La importancia del reciclaje de plástico. Recuperado de <https://www.odebrechtambiental.com/es/actualidad/noticias/la-importancia-del-reciclaje-de-plastico/>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Caracterización de residuos sólidos domiciliarios. Recuperado de http://www.mma.gob.cl/1304/articles-57005_archivo_01.pdf
- PlasticsEurope. (2019). Plastics – the Facts 2019. Recuperado de https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2019_AF_web.pdf

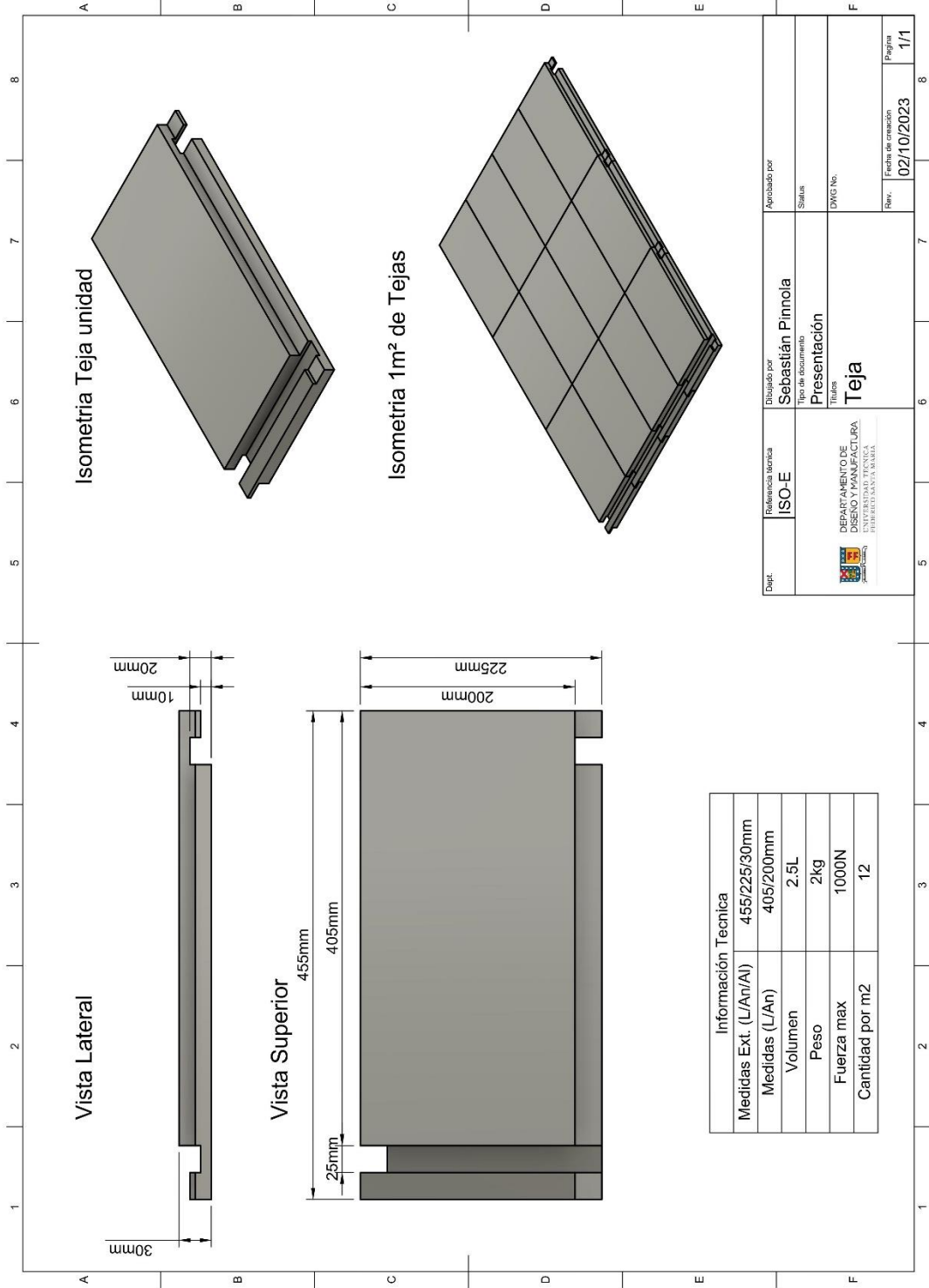
- Asociación Nacional de Industriales del Plástico (ANIP). (2020). Estudio de producción, consumo y reciclaje de plásticos en Chile 2019. Recuperado de <https://www.anip.cl/wp-content/uploads/2020/08/ANIP-Estudio-Pl%C3%A1sticos-Chile-2019.pdf>
- Plastic News. (2019). Pelletizing Systems. Recuperado de <https://www.plasticsnews.com/article/20181218/SPONSORED/181219929/pelletizing-systems>
- Techflow. (s.f.). Peletizadoras de plástico. Recuperado de <https://www.techflow.cl/peletizadoras-de-plastico/>
- Elastec. (s.f.). Peletizadoras. Recuperado de <https://www.elastec.com/peletizadoras/>
- Molinos Pulvex. (s.f.). Peletizadoras. Recuperado de <https://www.molinspulvex.com/maquinaria-industrial/peletizadoras/>
- Insumos Industriales S.A. (s.f.). Peletizadoras. Recuperado de <https://www.insumosindustriales.cl/maquinas-procesadoras/peletizadoras/>
- PlasTec. (s.f.). Peletizadoras. Recuperado de <https://www.plastec.cl/maquinarias/peletizadoras/>
- Asociación Nacional de Industriales del Plástico (ANIPAC). (2020). Informe estadístico 2019. Recuperado de http://anipac.org.mx/documentos/informe_estadistico_2019.pdf
- Asociación de Industriales del Plástico (2021). Informe Anual 2020. Recuperado de <https://www.asipla.cl/informe-anual-asipla-2020/>
- Peña, E. (2016). Extrusión de plásticos. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos107/extrusion-plasticos/extrusion-plasticos.shtml>
- Asociación Gremial de Industriales del Plástico (ASIPLA). (2021). Informe anual de la industria del plástico en Chile. Recuperado de <https://www.asipla.cl/informe-anual-2021/>

- García, J. (2018). Moldes de extrusión: Tipos, aplicaciones y mantenimiento. *Plásticos y Caucho*, 40(3), 64-68.
- The Freedonia Group. (2021). Global extrusion equipment market by product, market and region, 9th edition. Recuperado de <https://www.freedoniagroup.com/industry-study/global-extrusion-equipment-market-by-product-market-and-region-9th-edition-3995.htm>
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2020). Residuos sólidos y sus implicancias. Recuperado de <https://www.mma.gob.cl/1304/w3-propertyvalue-21053.html>
- Ley de Fomento al Reciclaje. (2016). Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1101816>
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2015). NCh2245:2015 Tejas de cemento y fibras – Requisitos. Santiago, Chile.**
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2021). NCh 3321/1 Of. 78. Tejas de fibrocemento. Requisitos.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2009). NCh 1975/1 Of. 2009. Bolsas plásticas. Requisitos.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Informe de Gestion de Residuos año 2020. <https://www.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/Informe-de-Gestion-de-Residuos-2020.pdf>
- Ley N° 20.920. Ley de Fomento al Reciclaje. <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1046232&idParte=0>
- Sociedad Chilena de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos en Chile 2019. Recuperado de <https://scisan.cl/wp-content/uploads/2019/10/Estudio-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-en-Chile-2019.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). Perspectivas sobre el medio ambiente mundial: Edición GEO-6. Recuperado de <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/28000>

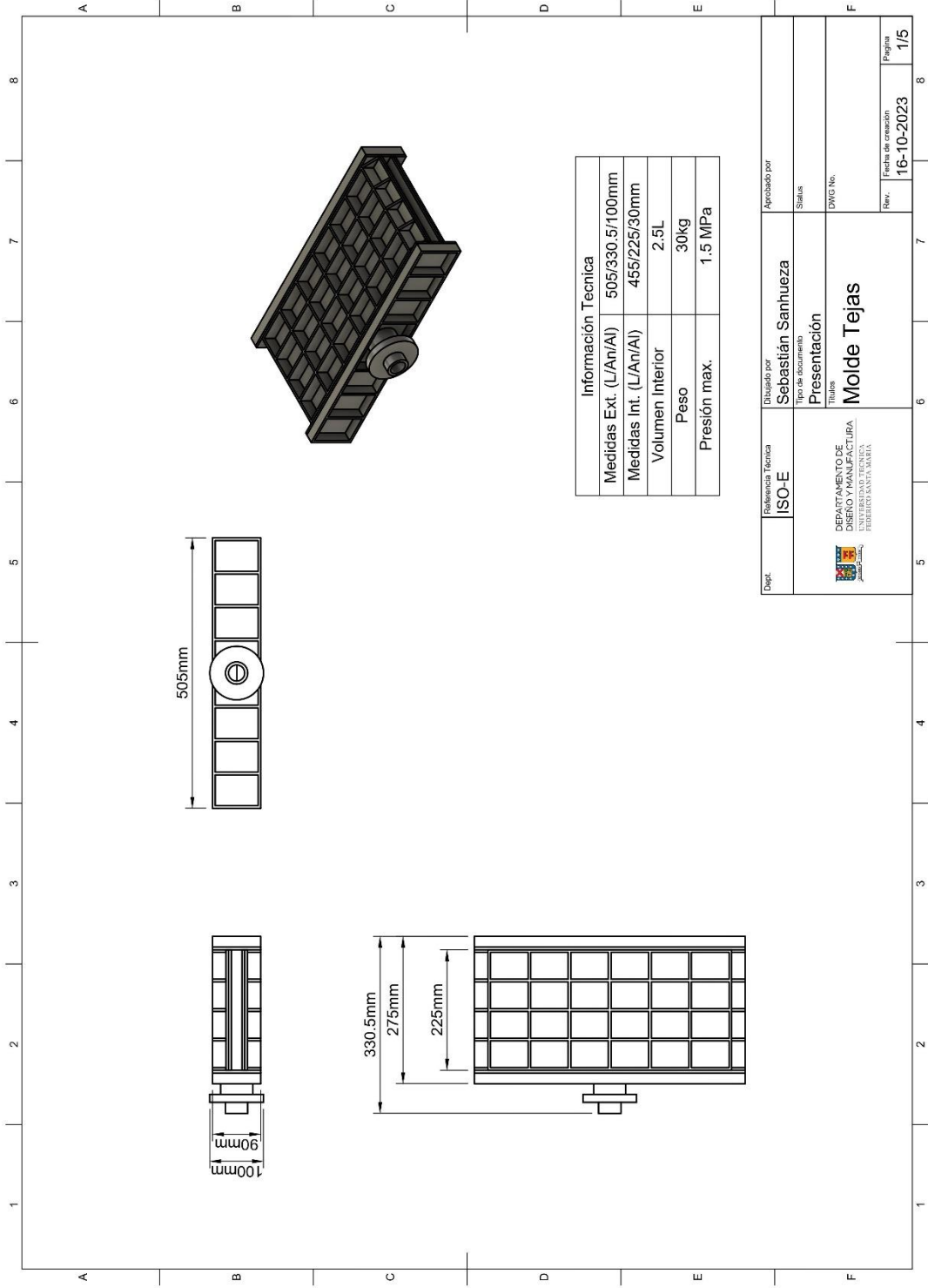
- Cámara Chilena de la Construcción. (2021). Expectativas económicas 2021. Recuperado de <https://www.cchc.cl/wp-content/uploads/2021/03/Expectativas-Econ%C3%B3micas-CChC-2021.pdf>
- Global Market Insights. (2021). Green Building Materials Market Size By Product, By Application, Industry Analysis Report, Regional Outlook, Growth Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2021 – 2027. Recuperado de <https://www.gminsights.com/industry-analysis/green-building-materials-market>
- Grand View Research. (2020). Roofing and Walling Solutions Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product, By Application, By Region And Segment Forecasts, 2020 - 2027. Recuperado de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/roofing>
- Transparency Market Research. (2020). Roofing Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast, 2019–2027. <https://www.transparencymarketresearch.com/roofing-market.html>
- Cámara Chilena de la Construcción. (2020). Informe Sectorial Construcción 2020. <https://www.cchc.cl/wp-content/uploads/2020/12/Informe-Sectorial-Construcci%C3%B3n-2020.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2021). Estadísticas de la Construcción de Viviendas. <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/construccion-viviendas>

ANEXOS

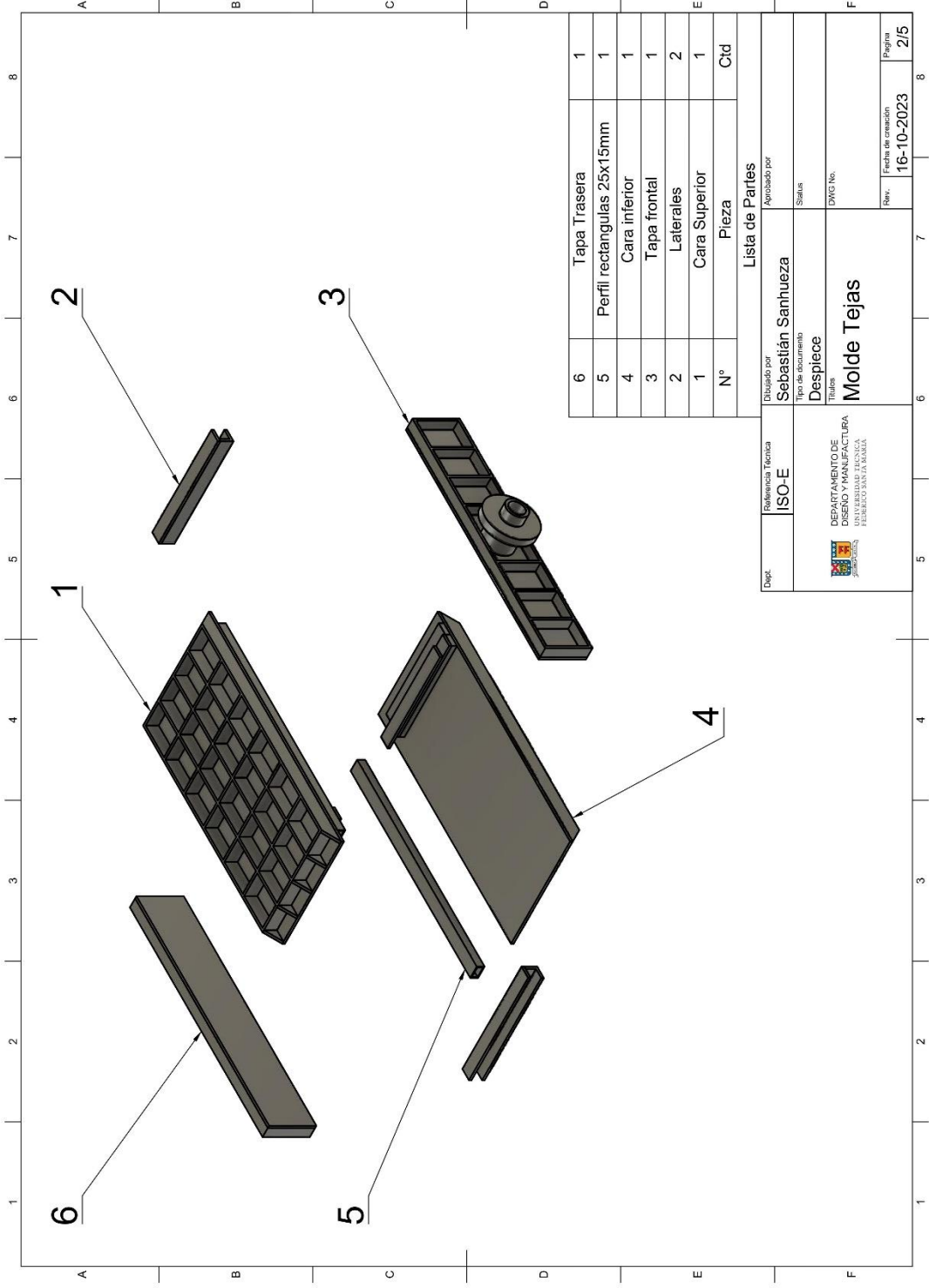
A. PRESENTACIÓN TEJA



B. PLANOS MOLDE



Información Técnica	
Medidas Ext. (L/An/AI)	505/330.5/100mm
Medidas Int. (L/An/AI)	455/225/30mm
Volumen Interior	2.5L
Peso	30kg
Presión max.	1.5 MPa

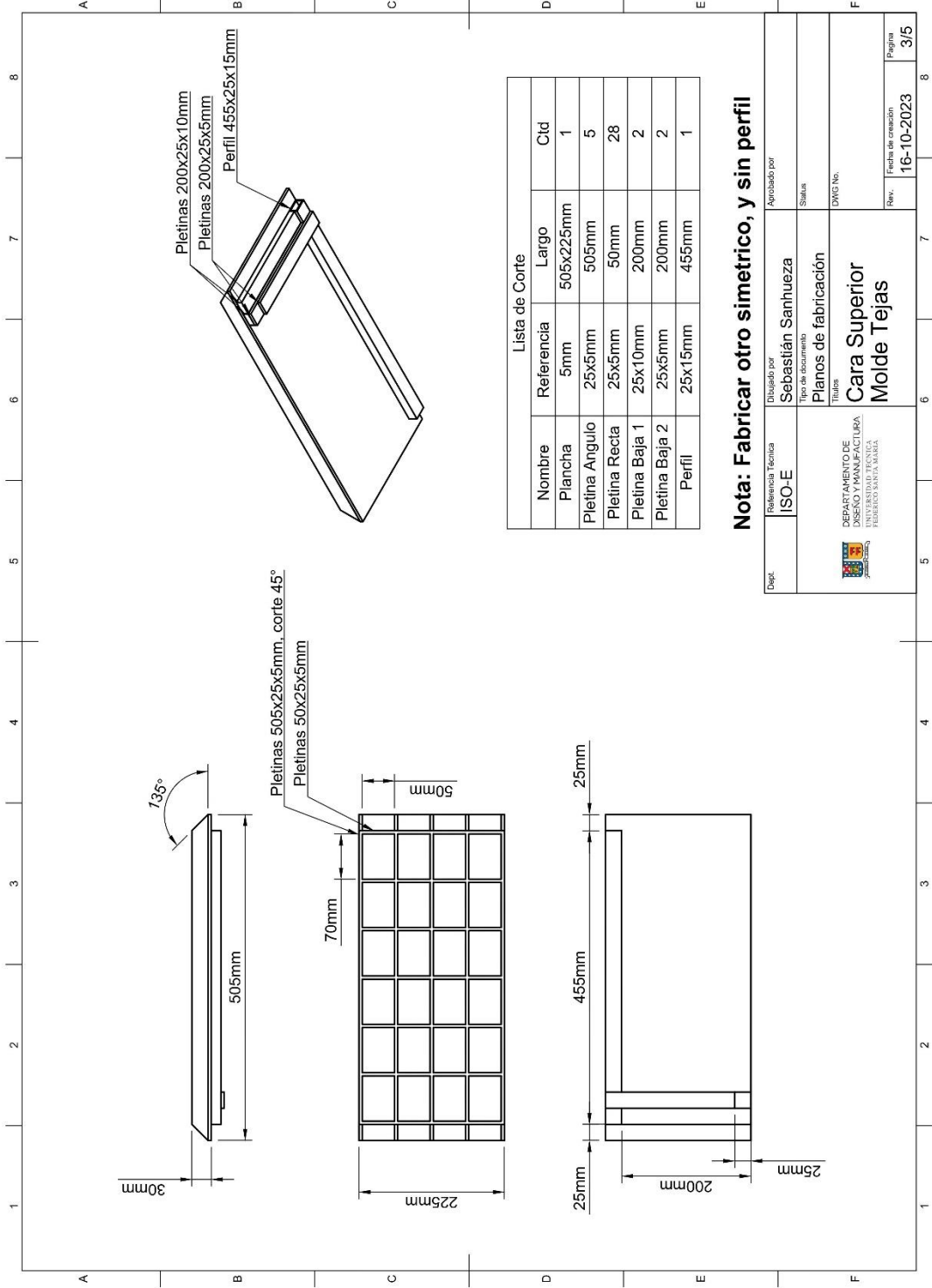


6	Tapa Trasera	1
5	Perfi rectangulas 25x15mm	1
4	Cara inferior	1
3	Tapa frontal	1
2	Laterales	2
1	Cara Superior	1
N°	Pieza	Ctd

Lista de Partes

Depto.	Referencia Técnica	Diseñado por	Aprobado por
	ISO-E	Sebastián Sannhueza	
		Tipo de documento	Status
		Despiece	
		Título	DWG No.
		Molde Tejas	
			Rev.
			Fecha de creación
			16-10-2023
			Página
			2/5

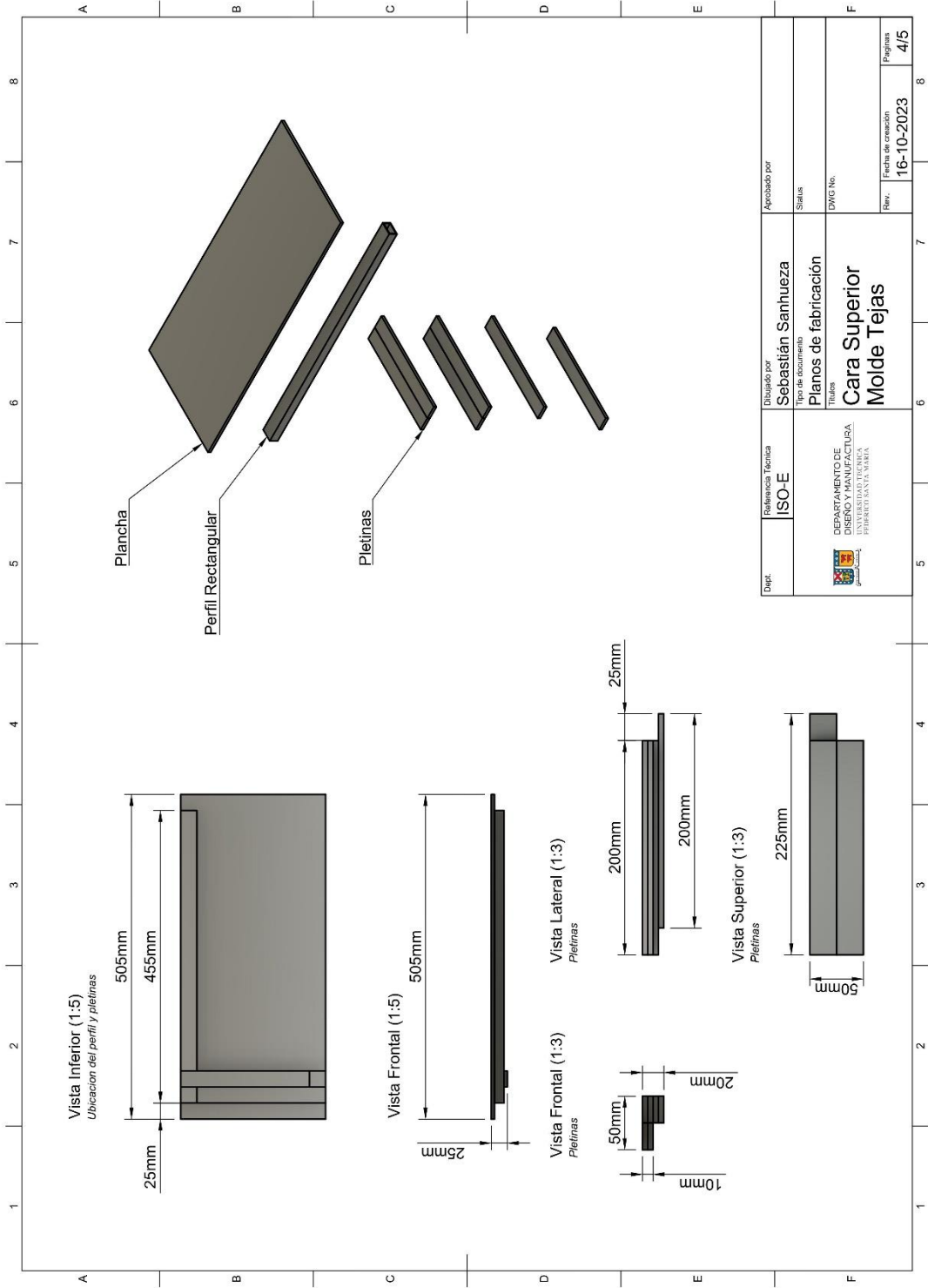
DEPARTAMENTO DE
DISEÑO Y MANUFACTURA
TEJAS
TEJADERO SAN RAMÓN



Nota: Fabricar otro simetrico, y sin perfil

Dept.	Referencia Técnica	Diseñado por	Aprobado por
	ISO-E	Sebastián Sanhueza	
		Tipo de documento	Status
		Planos de fabricación	
		Títulos	DWG No.
		Cara Superior	
		Molde Tejas	
		Rev.	Fecha de creación
			16-10-2023
			Página
			3/5





Diput.	Referencia Técnica	Dibujado por	Aprobado por
	ISO-E	Sebastián Sanhueza	Status
		Tipo de documento	DWG No.
		Título	Rev.
		Cara Superior	Fecha de creación
		Molde Tejas	16-10-2023
			Página
			4/5

DEPARTAMENTO DE
DISEÑO Y MANUFACTURA
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO

