

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

**Aplicación del modelo “Despliegue de la Función de Calidad” (QFD) para redefinir el
esquema productivo de planchas de plástico reciclado, desde el interés del cliente**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERÍA EN FABRICACIÓN Y
DISEÑO INDUSTRIAL con licenciatura en
Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial

Alumno:

Krishna Camila Rojas Ortega

Profesor Guía:

Ing. Mario Salinas Psijas

2025

RESUMEN

Este trabajo aborda el desarrollo y la evaluación de mejoras técnicas destinadas a optimizar la producción de planchas de plástico reciclado en una empresa emergente chilena enfocada en la economía circular. A partir de un análisis detallado de los procesos actuales, se identificaron limitaciones operativas, como el uso de maquinaria convencional y altos costos productivos.

Para superar dichas limitaciones, se diseñaron e implementaron soluciones técnicas, incluyendo el uso de calefactores cerámicos, el rediseño de moldes y el reforzamiento estructural de la maquinaria. La metodología del Despliegue de la Función de Calidad (QFD) fue empleada para transformar los requerimientos del cliente en especificaciones técnicas, asegurando un enfoque integral orientado a la calidad y la viabilidad operativa.

Adicionalmente, se realizó una evaluación financiera mediante el cálculo del Valor Actual de los Costos (VAC), dado que no se disponía de datos históricos de ingresos específicos para este producto. El análisis comparativo de escenarios permitió demostrar que las propuestas de mejora no solo reducen significativamente los costos operativos, sino que también justifican la inversión inicial requerida, evidenciando su conveniencia financiera.

Los resultados de esta investigación validan la viabilidad técnica y económica de las mejoras implementadas y destacan la relevancia de herramientas como el QFD en proyectos de innovación industrial. Estas soluciones posicionan a la empresa como un referente en la producción sostenible de materiales reciclados, promoviendo prácticas más eficientes y responsables en la industria.

ABSTRACT

This study addresses the development and evaluation of technical improvements aimed at optimizing the production of recycled plastic sheets in a Chilean startup focused on circular economy. Through a detailed analysis of current processes, operational limitations were identified, such as the use of conventional machinery and high production costs.

To overcome these limitations, technical solutions were designed and implemented, including the use of ceramic heaters, mold redesign, and structural reinforcement of the machinery. The Quality Function Deployment (QFD) methodology was employed to transform customer requirements into technical specifications, ensuring a comprehensive approach oriented towards quality and operational feasibility.

Additionally, a financial evaluation was conducted using the Value of Costs (VAC) calculation, given the lack of historical income data specific to this product. The comparative scenario analysis demonstrated that the proposed improvements not only significantly reduce operational costs but also justify the required initial investment, proving their financial viability.

The results of this research validate the technical and economic feasibility of the implemented improvements and highlight the relevance of tools such as QFD in industrial innovation projects. These solutions position the company as a benchmark in the sustainable production of recycled materials, promoting more efficient and responsible practices in the industry.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....1

1. CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO 2

1.1 ANTECEDENTES.....3

1.1.1 PLANTA.....4

1.1.2 PROCESO.....5

1.1.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....7

1.1.4 MAQUINARIA.....7

1.1.4.1 PRENSA CALIENTE.....7

1.1.4.2 PRENSA FRÍA.....8

1.2 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL.....9

1.2.1 INSPECCIÓN SUPERFICIAL.....9

1.2.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL MATERIAL.....11

1.2.3 ENSAYO DE TRACCIÓN.....12

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD DE DISEÑO.....15

1.4 CONTEXTO DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD.....15

1.4.1

NORMATIVA.....16

1.5 COMPRENSIÓN DEL MERCADO.....17

1.5.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO USUARIO Y/O CLIENTE.....17

1.5.1.1 CUANTIFICACIÓN DEL MERCADO.....18

1.5.2

OFERTA.....19

1.5.3 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO TIPO.....21

1.5.4 PROYECCIÓN DE DEMANDA.....23

1.5.4.1 DATOS HISTÓRICOS.....23

1.5.4.2 ESTIMACIÓN DE DEMANDA.....24

1.6 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA.....25

1.6.1 CUESTIONARIO DE REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.....26

1.6.2 RESULTADOS DEL

CUESTIONARIO.....30

1.6.3 QFD – CASA DE LA CALIDAD.....30

1.6.3.1 TABLA #1

QFD.....30

1.6.3.2 TABLA #2	
QFD.....	33
1.6.4 CONCLUSIÓN QFD.....	34
1.7 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	36
2. DISEÑO DE INGENIERÍA.....	37
2.1 DIMENSIÓN TECNOLÓGICA.....	38
2.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS MORFOLÓGICAS Y TECNOLÓGICA.....	40
2.2.1 ELEMENTOS CALEFACTORES EN LA PRENSA CALIENTE.....	40
2.2.2 ENGROSAMIENTO DE LAS PLACAS DE COMPRESIÓN.....	45
2.2.3 MOLDES.....	46
2.3 REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD PRODUCTIVA.....	49
3. EVALUACIÓN ECONÓMICA	
.....	51
3.1 EVALUACIÓN DEL MERCADO OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	52
3.2 EVALUACIÓN FINANCIERA PARA ESTABLECER LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	52
3.3 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1. PLANCHAS DE PLÁSTICO RECICLADO, GROSOR DE 10 MM.....	3
FIGURA 2-1. PROCESO SIMPLIFICADO DE ELABORACIÓN DE PLANCHAS.....	3
FIGURA 3-1. DISPOSICIÓN DE LA PLANTA.....	4
FIGURA 4-1. FOTOGRAFÍAS DEL TALLER DE UPCYCLING CO.....	5
FIGURA 5-1. EJEMPLOS DE CONFIGURACIONES DE COLORES.....	6
FIGURA 6-1. FLUJOGRAMA DE PROCESO ACTUAL.....	6
FIGURA 7-1. PRENSA CALIENTE.....	7
FIGURA 8-1. DISPOSICIÓN DE DISIPADORES EN PLACA SUPERIOR.....	8
FIGURA 9-1. DISIPADOR DE ACERO.....	8
FIGURA 10-1. GATA EN PRENSA FRÍA.....	8
FIGURA 11-1. PRENSA FRÍA.....	9
FIGURA 12-1. MUESTRAS.....	10
FIGURA 13-1. CALIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRA DE PE.....	10
FIGURA 14-1. CALIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRA DE PS.....	10
FIGURA 15-1. DEFECTOS EN PLANCHAS DE PS.....	11
FIGURA 16-1. DIMENSIONES DE LAS PROBETAS.....	11
FIGURA 17-1. PROGRAMA DE MECANIZADO DE PROBETAS.....	12
FIGURA 18-1. PROBETAS DE PE (IZQUIERDA) Y PS (DERECHA).....	12
FIGURA 19-1. PROBETAS DE PE LUEGO DEL ENSAYO.....	13
FIGURA 20-1. PROBETAS DE PS LUEGO DEL ENSAYO.....	13
FIGURA 21-1. CAFÉ LA TORRE DE FERSEN, FRANCIA	17
FIGURA 22-1. BAZA RESTAURANTE, SANTIAGO.....	18
FIGURA 23-1. VARIEDAD DE DIMENSIONES QUE OFRECE SMILE PLASTIC.....	19
FIGURA 24-1. EJEMPLOS DE PROYECTOS EN RETAIL.....	20
FIGURA 25-1. EJEMPLOS DE PRODUCTOS EN LA INDUSTRIA HOTELERA Y GASTRONÓMICA.....	20

FIGURA 26-1. ALGUNOS PROYECTOS DE THE GOOD PLASTIC COMPANY.....	21
FIGURA 27-1. EJEMPLOS DE PROYECTOS PEQUEÑOS.....	22
FIGURA 28-1. EJEMPLOS DE PROYECTOS MEDIANOS.....	22
FIGURA 29-1. EJEMPLOS DE PROYECTOS GRANDES.....	22
FIGURA 30-1. DIMENSIONES DEL QFD.....	25
FIGURA 31-1. IMÁGENES MOSTRADAS A LOS ENCUESTADOS.....	26
FIGURA 32-1. DIAGRAMA DE RELACIONES QFD.....	35
FIGURA 1-2. MODELO 3D DE PRENSA CALIENTE.....	38
FIGURA 2-2. PRENSA CALIENTE DE PLASTIKI RAFIKI, EN KENIA.....	38
FIGURA 3-2. PRENSA CALIENTE POR CONDUCCIÓN Y CONVECCIÓN.....	39
FIGURA 4-2. CALEFACTORES EN LA PRENSA CALIENTE DE JAYMIN PANCHASARA.....	39
FIGURA 5-2. PRENSA PERSONALIZADA DE PRECIOUS PLASTIC UCRANIA.....	39
FIGURA 6-2. PRENSA FRÍA DE PRECIOUS PLASTIC VIENA.....	40
FIGURA 7-2. CARTUCHOS CALEFACTORES.....	41
FIGURA 8-2. PLACAS CALEFACTORAS METÁLICAS.....	42
FIGURA 9-2. PLACA CALEFACTORA CERÁMICA.....	42
FIGURA 10-2. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL SISTEMA CALEFACTOR.....	43
FIGURA 11-2. PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE FICTION FACTORY EN EL FORO DE PRECIOUS PLASTIC.....	45
FIGURA 12-2. PARTES DE UN MOLDE: PLACAS (IZQ.) Y PERFIL (DER.).....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-1. VENTAS ANUALES DE UPCYCLING CO, 2020-2022.....24

GRÁFICO 2-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #1.....27

GRÁFICO 3-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #2.....27

GRÁFICO 4-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #3.....28

GRÁFICO 5-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #4.....28

GRÁFICO 6-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #5.....28

GRÁFICO 7-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #6.....29

GRÁFICO 8-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #7.....29

GRÁFICO 9-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #8.....29

GRÁFICO 10-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #9.....30

GRÁFICO 11-1. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO, PREGUNTA #10.....30

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1-1. COMPARACIÓN DE PROBETAS.....13

TABLA 2-1. PRODUCTOS DE INYECCIÓN VENDIDOS EN 2022.....24

TABLA 3-1. PESO EQUIVALENTE EN PLANCHAS.....24

TABLA 4-1. PRIMERA DIMENSIÓN QFD.....32

TABLA 5-1. SEGUNDA DIMENSIÓN QFD.....33

TABLA 1-2. CÁLCULO DE RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL.....44

TABLA 2-2. CÁLCULO DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL SISTEMA Y EL AMBIENTE.....44

TABLA 3-2. CÁLCULO DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA CALENTAR EL SISTEMA.....44

TABLA 4-2. CÁLCULO DEL TIEMPO DE CALENTAMIENTO DEPENDIENDO DEL ELEMENTO CALEFACTOR.....45

TABLA 5-2. COMPARATIVA DE GROSORES Y MATERIALES.....47

TABLA 6-2. ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y FACTOR DE SEGURIDAD.....47

TABLA 7-2. MASA DE PLACAS DEL MOLDE.....48

TABLA 8-2. PRODUCCIÓN IDEAL EN ESTADO ACTUAL.....49

TABLA 9-2. PRODUCCIÓN ESTIMADA CON MEJORAS IMPLEMENTADAS.....50

TABLA 1-3. COSTO DE PRODUCCIÓN POR PLANCHA, CASO ACTUAL.....53

TABLA 2-3. COSTOS FIJOS MENSUALES.....53

TABLA 3-3. EJEMPLO DE COSTOS DE SERVICIO LOGÍSTICO WARECLOUDS....54

TABLA 4-3. COSTO DE PRODUCCIÓN POR PLANCHA, CASO MEJORADO.....54

TABLA 5-3. DETALLE DE COSTO DE INVERSIÓN.....55

TABLA 6-5. COMPARATIVA DE VAC ENTRE ESCENARIOS.....56

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación por plásticos representa uno de los mayores desafíos ambientales a nivel mundial. La producción masiva de este material y su limitada tasa de reciclaje han generado un incremento significativo de residuos plásticos, que a menudo terminan en vertederos o ecosistemas naturales, afectando la biodiversidad y contribuyendo al cambio climático. En Chile, el panorama no es diferente: a pesar de los esfuerzos recientes por fomentar el reciclaje, gran parte de los residuos plásticos generados anualmente no se reutilizan ni se valorizan de manera adecuada.

Una de las alternativas más prometedoras frente a esta problemática es la producción de planchas de plástico reciclado, un material versátil con aplicaciones en sectores como la construcción, el diseño industrial y el mobiliario. No obstante, este proceso presenta desafíos significativos en términos de calidad, eficiencia y capacidad productiva, especialmente para pequeñas y medianas empresas que buscan implementar esta tecnología. La falta de metodologías sistemáticas para identificar y priorizar mejoras en los procesos de fabricación puede limitar su éxito y competitividad en el mercado.

En este contexto, la presente investigación se centra en la aplicación del Despliegue de la Función de Calidad (QFD, por sus siglas en inglés) como herramienta clave para orientar el desarrollo de mejoras en la producción de planchas de plástico reciclado. El QFD permite traducir las necesidades del cliente en especificaciones técnicas y acciones concretas, facilitando la toma de decisiones en proyectos de mejora. Mediante su implementación, fue posible identificar aspectos críticos como la estabilidad térmica del proceso, el diseño y selección de los moldes, y la capacidad productiva requerida para satisfacer la demanda proyectada.

El uso del QFD en este proyecto no solo permitió priorizar mejoras técnicas, sino también integrar de manera coherente las diversas etapas del proceso productivo. Este enfoque sistemático se planteó como una respuesta a las necesidades del sector, promoviendo la innovación y la eficiencia en la valorización de residuos plásticos.

Con este trabajo, se busca contribuir al fortalecimiento de prácticas sostenibles en la industria, ofreciendo una metodología replicable para proyectos similares y resaltando la importancia del diseño centrado en las necesidades del cliente como motor de innovación y mejora continua.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

Este proyecto gira en torno a la fabricación de planchas de plástico reciclado, donde, a través de la fundición y compresión de chips de plástico (*pellets*) reciclado, la Empresa, Upcycling Co., logra elaborar eslabones o planchas de plástico de variados grosores y colores, los cuales pueden ser utilizados en la fabricación de mobiliario, utilizado como revestimiento de paredes o en la elaboración de accesorios con diseños simples que destacan su materialidad, pero que requieren un mayor trabajo de corte y preparación.



Fig. 1-1: “Planchas de plástico reciclado, grosor de 10 mm.” Imagen de Global Enterprises.

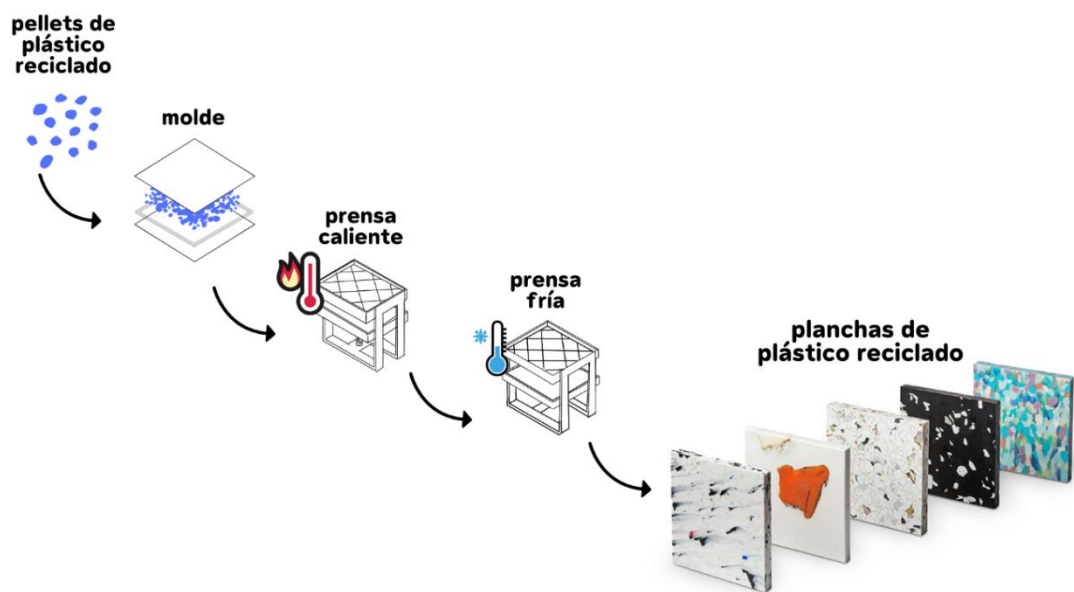


Fig. 2-1 “Proceso simplificado de elaboración de planchas.” Elaboración propia.

1.1.1 PLANTA

La fábrica de la Empresa se encuentra en Santa Rosa de Colmo, Quillota, Región de Valparaíso, y tiene un área de trabajo de 85 m² (15 x 5.6 m.).

Dentro de este espacio se realizan las actividades principales para fabricar las planchas: recepción de materia prima, clasificación, almacenamiento, elaboración de las planchas y el post procesado manual correspondiente. Otros procesos como la recolección, limpieza, peletización del plástico, y también cortado por Router CNC de las planchas, son realizados por empresas externas.

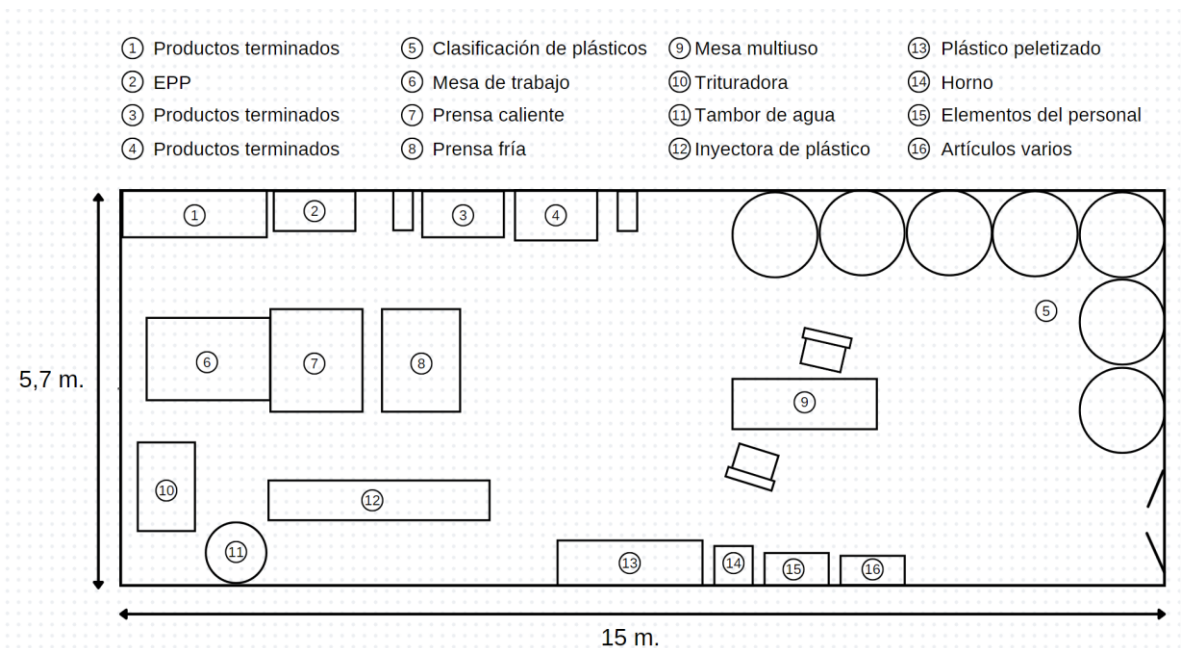


Fig. 3-1 “Disposición de la planta.” Elaboración propia.

Dentro de la planta podemos definir las diferentes áreas de trabajo dependiendo de la actividad principal que realicen, estas son:

- **Área de recolección y clasificación de plástico.**
- **Área de almacenamiento de pellets.**
- **Área de compresión:** incluye la prensa caliente y fría, y los moldes. Es donde se fabrican las planchas.
- **Área de trabajo manual:** se realizan procesos como el lijado, desbastado, y pulido de las piezas.
- **Área de empaquetado:** los productos terminados son empaquetados y/o etiquetados.
- **Área de almacenamiento de productos terminados.**



Fig. 4-1 “Fotografías del taller de Upcycling Co.”

1.1.2 PROCESO

El proceso de transformación de residuos plásticos a planchas recicladas comienza fuera del taller, donde la empresa recibe los residuos listos para volver a usarse. Dependiendo de la situación en la que se encuentre el plástico, este debe ser categorizado, lavado, peletizado y transportado al taller de Upcycling Co. para su transformación, todas estas actividades son tercerizadas por la empresa, y el verdadero proceso no comienza hasta no haber conseguido la correcta preparación de la materia prima.

Al iniciar el proceso, se define el formato de la plancha a producir. Actualmente Upcycling ofrece dos, de 5 y 10 mm. de espesor, y sus dimensiones son de 90 x 90 cm.; dependiendo del formato, es que se debe elegir el molde a utilizar, y agregar una cierta cantidad de material; se necesitan 8 kg. para el formato de 5 mm. de espesor y 11 kg. para el formato de 10 mm de espesor.

Se escoge el color deseado, dependiendo de la disponibilidad de pellets de cada material, se suele utilizar un color base (blanco o negro), acentuado por pellets de diferentes colores agregados en menor medida.

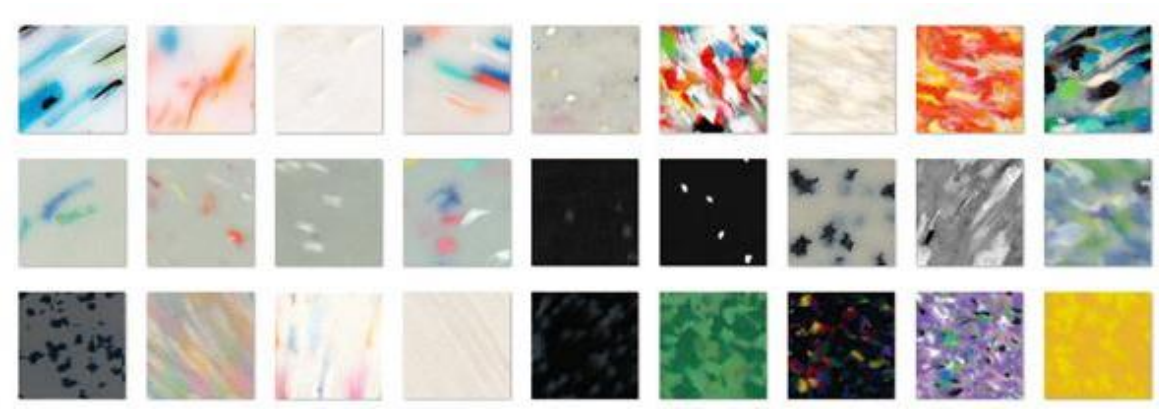


Fig. 5-1 “ Ejemplos de configuraciones de colores.” Imagen de Yemm & Hart.

Previamente a llenar el molde con la cantidad adecuada de plástico, se debe encender la prensa caliente, permitiendo que las placas calefactoras alcancen los 200° Celsius. Una vez que se alcanzó la temperatura deseada, y los moldes se encuentran debidamente llenados y posicionados, se cierran las placas de la prensa caliente con la ayuda de la gata, este proceso se realiza hasta alcanzar la presión máxima en los moldes, lo cual se verifica cuando el material es expulsado por las orillas del molde.

Las planchas de 5 y 10 mm. de espesor demoran 30 minutos y 1 hora respectivamente en fusionarse por completo, una vez transcurrido este tiempo, el molde es liberado y ubicado bajo presión nuevamente, esta vez dentro de la prensa fría, donde es dejado por al menos 1 hora. Una vez fuera de la prensa fría, la plancha es lijada y libre de cualquier orilla sobrante, está lista para ser vendida como tal o mecanizada para crear nuevos productos.

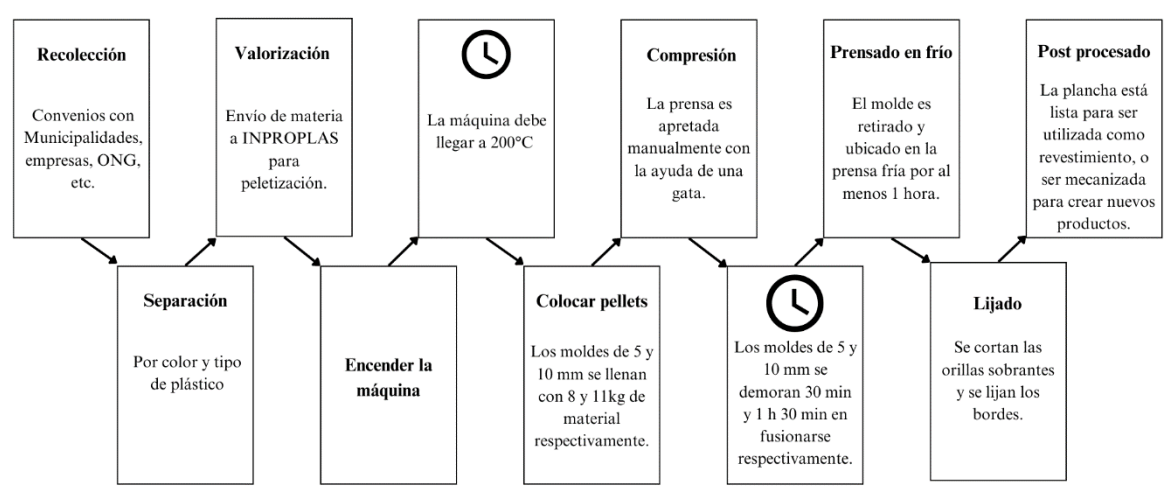


Fig. 6-1 “Flujograma de proceso actual.” Elaboración propia.

1.1.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

La página web de Precious Plastic indica que la prensa caliente puede llegar a producir una plancha de 10 mm de grosor en 50 minutos, lo que nos da una producción de 9,6 planchas en 8 horas. Sin embargo, a través de los foros encontrados en la misma página de Precious Plastic, usuarios que han implementado mejoras en la maquinaria y han logrado controlar las variables asociadas al proceso, han reportado haber logrado la producción de planchas de 10 mm de grosor en tan sólo 30 minutos.

Con los equipos y recursos disponibles actualmente, es posible la producción de 2 planchas de 10 mm. en 8 horas, y como analizaremos más adelante, la calidad de estas planchas no es la óptima. Suponiendo que la totalidad de la materia prima es comprada, a continuación, se detalla el costo de producción por plancha.

1.1.4 MAQUINARIA

Las principales máquinas utilizadas en el proceso de compresión son la prensa caliente y la prensa fría, estas prensas fueron fabricadas por una empresa externa bajo las especificaciones de Precious Plastic, esta organización a través de su página web facilita los planos, lista de materiales e instrucciones para fabricar y ensamblar las prensas. Ambas máquinas se diseñaron con replicabilidad en mente, por lo que se intentaron usar materiales y componentes estandarizados y fáciles de encontrar.

1.1.4.1 PRENSA CALIENTE



Fig. 7-1 “Prensa caliente.” Imagen de Precious Plastic.

La prensa caliente consta de dos placas metálicas, superior e inferior, que se calientan a través de 24 cartuchos calefactores por lado, estos cartuchos a su vez se encuentran encapsulados en disipadores metálicos, los cuales son bloques mecanizados que sostienen a los cartuchos.

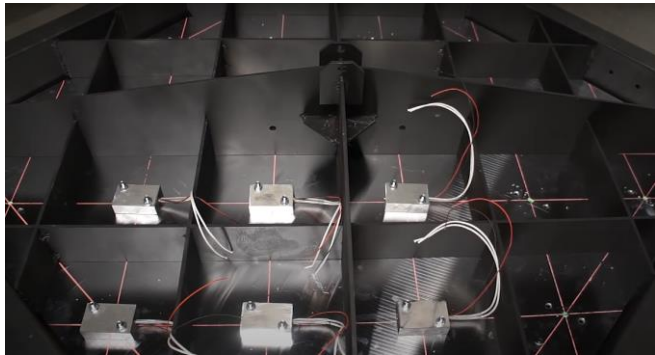


Fig. 8-1 “Disposición de disipadores en placa superior.”



Fig. 9-1 “Disipador de Acero.”

Las placas metálicas son presionadas juntas por una gata de 10 ton. La gata se acciona por debajo de la placa inferior y se ajusta manualmente hasta alcanzar la presión máxima.



Fig. 10-1 “Gata en prensa fría.”

1.1.4.2 PRENSA FRÍA

La prensa fría es una máquina de similares características y dimensiones a la de la prensa caliente, compartiendo casi toda su estructura de soporte, obviando el sistema eléctrico y los elementos calefactores.



Fig. 11-1 "Prensa fría." Fotografía tomada en el taller de Upcycling Co.

1.2 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

Los plásticos que se considerarán en este proyecto son PS (poliestireno) y PE (polietileno), ambos termoplásticos, esta clasificación significa que poseen propiedades que les permiten ser derretidos y procesados múltiples veces. Las características físicas y mecánicas del material no salen ilesas de estas transformaciones, por lo que hay que estudiar la variabilidad en la calidad superficial y estructural de las planchas, e identificar las instancias en las que estas imperfecciones podrían reducirse durante el proceso.

1.2.1 INSPECCIÓN SUPERFICIAL

La Empresa nos proporcionó 4 muestras de planchas, 2 de PS y 2 de PE, con el fin de realizar pruebas y establecer un punto base en cuanto a la producción actual.



Fig. 12-1 "Muestras."



Fig. 13-1 "Calidad superficial en muestra de PE."



Fig. 14-1" Calidad superficial en muestra de PS."

Las planchas de PE presentan muchas burbujas en todas direcciones, estas suelen atrapar suciedad que resulta muy difícil de limpiar. Además, presenta un rango de variación de grosor de 3mm, y existen lugares donde el plástico no fluye y las hojuelas de pellet se despegan parcialmente.

Por otro lado, la plancha de PS sólo presentó algunas pequeñas burbujas en su capa más externa, aunque también se encontraron pellets no completamente derretidos en las orillas, y espacio negativo que no logró ser llenado por el material.



(a) Amarillamiento y pellets sin fusionar.



(b) Pellets sin fusionar.

Fig. 15-1 “Defectos en planchas de PS.”

1.2.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL MATERIAL

Se elaboraron probetas de PS y PE fabricadas de retazos de planchas provistas por Upcycling Co. Estas probetas fueron cortadas con una fresa de carburo de tungsteno de un filo, a una velocidad de 15000 rpm en la máquina Router CNC del laboratorio DIMA de la Universidad Técnica Federico Santa María, y fueron elaboradas con las siguientes dimensiones:

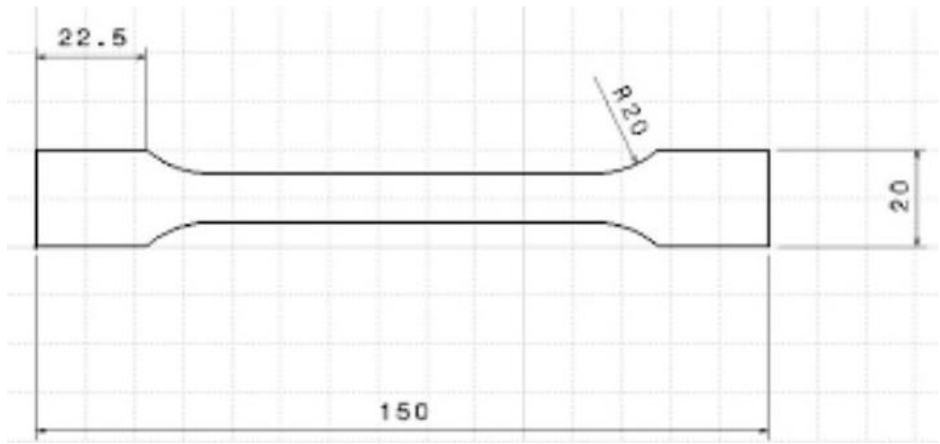


Fig. 16-1 “Dimensiones de las probetas.”

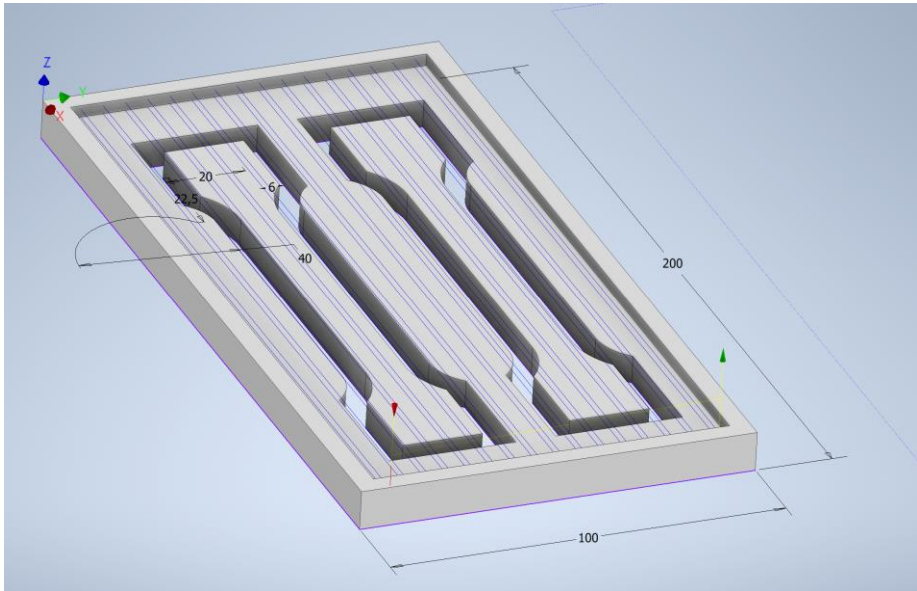


Fig. 17-1 “Programa de mecanizado de probetas.”

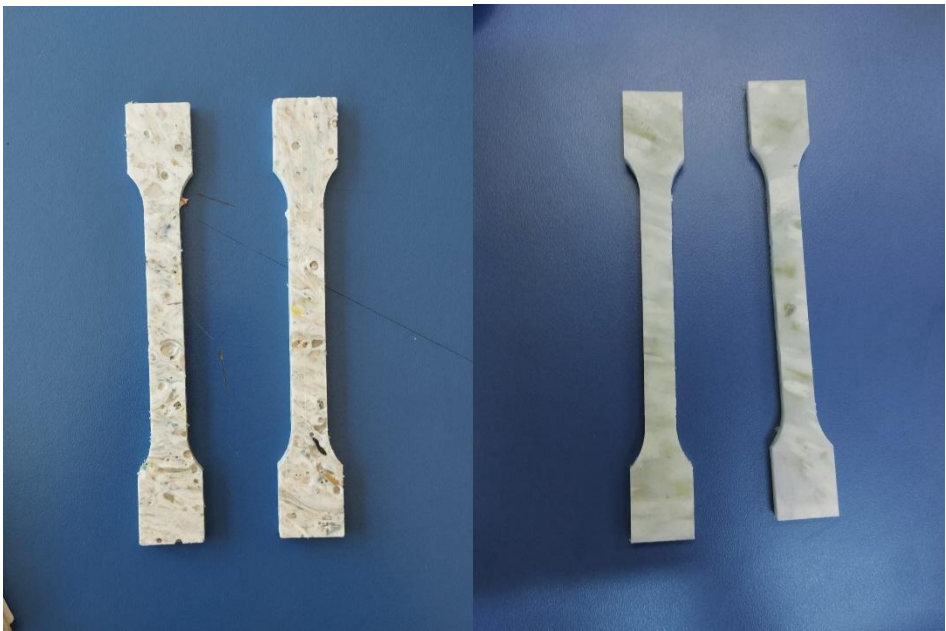


Fig. 18-1 “Probetas de PE (izquierda) y PS (derecha).”

1.2.3 ENSAYO DE TRACCIÓN

Los ensayos se realizaron en la Máquina de Ensayo Universal del laboratorio DIMA de la Universidad Técnica Federico Santa María. Los resultados de los ensayos de tracción, y la comparación entre estos y los encontrados en el mercado se pueden visualizar en la siguiente tabla:

	HDPE Virgen	HDPE Flux	HDPE Upcycling
Densidad relativa	0,95 - 0,96 g/cm ³	0,9676 g/cm ³	0,97 g/cm ³
Resistencia a la tracción	20,0 - 27,2 Mpa	31 Mpa	4,2 Mpa
Deformación a la tracción	≥ 350%	24%	1,37%
	HIPS Virgen	HIPS trs	PS Upcycling
Densidad relativa	1,03 - 1,06 g/cm ³	0,998 g/cm ³	0,98 g/cm ³
Resistencia a la tracción	18 - 22 Mpa	90 Mpa	7,9 Mpa
Deformación a la tracción	52%	17,41%	2,05%

Tabla 1-1 “Comparación de probetas.” Elaboración propia.

En cuanto al PE, se obtuvo una resistencia a la tracción muchísimo más baja a su referencia en el mercado, alrededor del 14%. En la muestra se encuentran numerosas burbujas, algunas incluso se acercan a traspasar transversalmente el material, esta interrupción en el material lo hace más débil, y es precisamente en estas áreas donde se produjo el quiebre de las probetas.



Fig. 19-1 “Probetas de PE luego del ensayo.”



Fig. 20-1 “Probetas de PS luego del ensayo.”

En cuanto al PS, también se obtuvo una resistencia a la tracción muchísimo más baja a la referencia, aunque se debe hacer la aclaración de que los datos de referencia están tomados en base a HIPS (High-Impact Polystyrene), mientras que en Upcycling se suelen mezclar diferentes tipos de PS, entre ellos GPPS (General Purpose Polystyrene), EPS (Expanded Polystyrene) y HIPS.

La adición de EPS en mezclas para planchas de PS es especialmente preocupante, ya que el agente expansor de EPS (usualmente pentano) puede alterar significativamente las propiedades físicas y mecánicas de las planchas de plástico.

CONCLUSIÓN

Actualmente, el material PS cumple con los requerimientos deseados por el mercado en cuanto a estabilidad dimensional y porosidad superficial, y por lo tanto es apto para las aplicaciones deseadas, es decir, superficies de muebles en general y revestimiento de paredes. Sin embargo, presenta esquinas mal definidas y espacios negativos, esto puede deberse a falta de material introducido al comienzo del proceso, o temperatura insuficiente en la prensa caliente.

Por otro lado, el material PE presenta una cantidad inaceptable de porosidad. Como referencia, Plástico Flux indica en un documento sobre consideraciones especiales a la hora de adquirir el producto, que “Un 5% de la superficie de nuestros paneles puede tener algún tipo de porosidad como lo muestra nuestro catálogo”. Este problema también puede ser ligado a la temperatura insuficiente en la prensa caliente.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD DE DISEÑO

La intención de la Empresa es satisfacer las necesidades y especificaciones esperadas de los nuevos mercados que se intentan abordar, estos se conforman por empresas que desean utilizar planchas de plástico reciclado como material superficial en proyectos de interiorismo, retail, mobiliario y demás.

Actualmente, el proceso productivo no es capaz de entregar un producto con características estables que cumplan consistentemente con las expectativas del mercado, ni en cantidad de producción ni en calidad del producto final. Estas expectativas incluyen estabilidad dimensional, facilidad de limpieza, colores atractivos y otras propiedades esperadas del material para el fin deseado.

Es necesario identificar las prestaciones específicas que el cliente espera del producto, relacionarlas a los procesos productivos correspondientes y, de esta manera, generar propuestas de diseño que modifiquen el proceso y así alcanzar un producto estable y constante en sus características. Al definir la incidencia de los procesos productivos en las diferentes características finales deseadas del producto, podemos modificar el resultado de éste, configurando de una manera simple y eficaz el producto final.

También es necesario analizar la envergadura del volumen de estos nuevos proyectos, y, a través de la proyección de la demanda esperada, adecuar al proceso la nueva capacidad productiva.

1.4 CONTEXTO DEL PROBLEMA

La preocupación por la contaminación plástica y el deseo de reducir el uso de plásticos convencionales ha llevado a un interés en productos fabricados con materiales reciclados. Leyes y regulaciones ambientales más estrictas, como la ley de responsabilidad extendida al productor (Ley REP), han aumentado la conciencia sobre la gestión de residuos en el sector industrial y comercial, sectores donde las ventas significan cerca del 90% de los ingresos de Upcycling.

La ley de responsabilidad extendida del productor establece que, en septiembre de 2023, todos los productores de residuos deberán revalorizarse, pudiendo crear alianzas con gestores de residuos para cumplir la ley, y las municipalidades deberán colaborar con la gestión de residuos e incorporar en sus ordenanzas municipales la obligación de separar los residuos en origen y fomentar el reciclaje.

1.4.1 NORMATIVA

Actualmente no existe normativa vigente que regule ni las propiedades termo mecánicas de las planchas fabricadas por compresión de plástico reciclado, ni del proceso productivo de compresión para la elaboración de planchas plásticas como tal.

Con respecto a la trazabilidad de los plásticos que se convierten en materia prima, el 29 de septiembre del 2021 se promulgaron 2 normas que darían el primer paso a regulaciones legales sobre esta técnica de manufactura.

En la página Web de Asipla (Asociación Gremial de Industriales del Plástico), podemos encontrar las siguientes definiciones de las normas publicadas:

"NCh3664:2021 Plásticos – Aspectos ambientales – Directrices generales para su inclusión en las normas"

“Esta norma proporciona una estructura para la inclusión de los aspectos ambientales en las normas de productos plásticos. Propone un enfoque para minimizar cualquier impacto ambiental adverso, sin restar importancia al propósito de asegurar la idoneidad para el uso de los productos considerados. (“Instituto Nacional de Normalización. NCh3664:2021 - eCommerce INN”)

Esta directriz, proporcionada por esta norma, se destina principalmente a usarla quienes elaboran normas. Sin embargo, más allá de su propósito principal, esta norma proporciona orientación de valor a los involucrados en el trabajo de diseño u otras actividades donde los aspectos ambientales de los plásticos sean considerados.” (“Instituto Nacional de Normalización. NCh3664:2021 - eCommerce INN”)

"NCh3665:2021 Plásticos – Guía para la recuperación y reciclaje de residuos plásticos"

“Esta norma proporciona una guía para el desarrollo de normas y especificaciones que abarquen la recuperación de residuos plásticos, incluido el reciclaje. La norma establece las distintas opciones para la recuperación de residuos plásticos que surgen de fuentes de preconsumo y posconsumo de materiales.

La norma establece los requisitos de calidad que se deberían considerar en el proceso de recuperación y entrega recomendaciones generales para incluirlas en las normas de materiales, normas de ensayos y especificaciones de un producto. Por consiguiente, las etapas del proceso, requisitos, recomendaciones y terminología presentados en esta norma tienen por objetivo una aplicabilidad general.” (“Instituto Nacional de Normalización. NCh3665:2021 - eCommerce INN”)

1.5 COMPRENSIÓN DEL MERCADO

1.5.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO USUARIO Y/O CLIENTE

El crecimiento en la demanda de productos de plástico, y la creciente preocupación medioambiental, son los principales precursores del reciclaje del plástico. Esto se traducirá en un fuerte crecimiento de la industria, con tasas de crecimiento anual compuesto (CAGRs) entre 5% y 6.8% entre el 2018 y el 2026.

El mercado de productos plásticos reciclados en 2017 estuvo valorado en 34.8 mil millones de dólares, con algunos analistas que predicen un mercado mayor con un valor de 66.9 mil millones de dólares para el 2025.

Chile es el país con menor cantidad de empresas transformadoras en América latina, representando solo un 7% de la oferta de la región . Específicamente en la industria del plástico reciclado, en Chile hay cerca de 450 empresas, en su mayoría Pymes, ya sean comercializadores de materia prima, transformadores de plástico, recicladores, comercializadores de maquinaria, gestores de residuos, empresas de logística y otros servicios especializados. Del total de empresas operantes en la industria cerca de 340 son transformadoras, alrededor de un 75%.

Solo existen dos empresas que fabrican planchas de plástico reciclado en Chile: Upcycling y PlásticoFlux. PlásticoFlux se dedica a realizar proyectos de interiorismo, retail y mobiliario.

Internacionalmente, empresas como Upcycling han tenido mucho éxito comercializando las planchas como revestimiento y mobiliario comercial. Adidas, por ejemplo, las utiliza en todas sus tiendas de Alemania, España, Bélgica, Holanda, Francia e Inglaterra.

Es común encontrar en estos mismos países cadenas de restaurantes y cafeterías que utilizan mobiliario fabricado con estas planchas.



Fig. 21- “Café La Torre de Fersen, Francia”

PlásticoFlux ha realizado un proyecto de mesas para Baza restaurante. Además, ha realizado el mobiliario completo de la tienda de Adidas que se inauguró en el Mercado Urbano de Tobalaba y también en el local de By Buena Vista. En otro de estos proyectos suministró mesas para el café Benvindo.



Fig. 22-1 “Baza restaurante, Santiago.”

1.5.1.1 CUANTIFICACIÓN DEL MERCADO

Es de suma importancia reconocer a los clientes principales, ya que es hacia ellos donde todos los esfuerzos de producción apuntan para incidir en un producto de valor.

Bajo la tipología de producto que se desea vender (revestimiento, mesas, mesones, etc.) es que se define al mercado usuario como empresas, negocios o establecimientos que caigan en una de las siguientes categorías:

- Restaurantes, cafés y hoteles
- Espacios de Cowork
- Tiendas de retail
- Jardines, escuelas y universidades
- Inmobiliarias, entre otros.

A continuación, una cuantificación de diversos establecimientos entre la 5ta región y la Región Metropolitana:

- Restaurantes: 13.385
- Cafeterías: 11.757
- Hoteles: 3.606
- Espacios de Cowork: 1.490
- Jardines, colegios y escuelas: 6.749
- Universidades: 34
- Tiendas de retail: 13.080

Esto nos da 50.101 establecimientos que son potenciales clientes, pero factores como el presupuesto disponible, su necesidad por un proyecto de diseño y la afinidad con la sostenibilidad pueden afectar mucho su interés por nuestro producto.

1.5.2 OFERTA

Se suelen encontrar planchas de diferentes formas y espesores, los más comunes son de, 5 mm, 12 mm, 20 mm y se pueden transformar con facilidad: se puede cortar, atornillar, pegar, etc. Es un material muy versátil, resistente y duradero. Cada vez son más los proveedores de plástico reciclado para uso en retail de los que se destacan:

- **SMILE PLASTIC:** Empresa fundada en 1994 en Swansea, Inglaterra, actualmente en su catálogo cuentan con planchas de 5 mm, 12 mm y 20 mm de espesor y con dimensiones que van desde 500 x 500 mm, 1.000 x 200 mm, 2.000 x 200 mm, 1.200 x 1.000 mm, 2.000 x 1.000 y 3.000 x 1.200 mm. Estas planchas son utilizadas principalmente para revestimiento, como materia prima de mueblería, cubiertas y diseños que son utilizados en retail, hotelería, baños, cocinas, oficinas, exhibiciones, etc.



Fig. 23-1 “Variedad de dimensiones que ofrece Smile Plastic”

En retail, se han hecho cargo del diseño interior de Selfridges London, Ganni Global, Tala Flagship showroom, JPM Global Inc. y MONC.



(a) Selfridges London

(b) Ganni Global

(c) JPM Global Inc.

Fig. 24-1 “Ejemplos de proyectos en retail”

Sin duda donde más éxito han tenido es en la industria hotelera y gastronómica, donde han proporcionado a diversos hoteles, restaurantes y cafeterías el mobiliario y revestimiento para atender al público, a continuación, unas imágenes de su trabajo en esta industria:



(a) Lett Restaurant, Noruega



(b) Silo Restaurant, London



(c) LOBE Berlín



(d) Lords of poké, London

Fig. 25-1 “Ejemplos de productos en la industria hotelera y gastronómica.”

Además de los productos mencionados, esta empresa también comercializa escritorios para oficina y realiza planchas para exhibición a lo largo de Inglaterra.

- **THE GOOD PLASTIC COMPANY:** Empresa que nace en Inglaterra en 2019 y actualmente opera en España, Holanda, Japón, Francia y Ucrania. Al igual que Smile Plastic, se dedica a la fabricación de planchas de plástico reciclado, en este caso la manufactura es completamente personalizada y es competidor directo de Smile Plastic, pues ofrecen los mismos productos. Entre sus clientes se destacan Adidas (Europa), Nike, Oslo Coworking, Champs-Élysées, entre otros. Esta empresa se ha especializado en el diseño de retail y ofreciendo el servicio de diseño de interior a estas tiendas.



(a) Les Rendez-vous de la Matière, Francia



(b) Nike, London



(c) Tunco Restaurant, Noruega



(d) Oslo coworking, Noruega

Fig. 26-1 “Algunos proyectos de The Good Plastic Company.”

- **DURAT:** Empresa Finlandesa que fabrica planchas de plástico reciclado, las utiliza principalmente para revestimiento y mobiliario escolar, sus productos son muy similares a los mostrados anteriormente hechos por sus competidores ingleses.

1.5.3 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO TIPO

El enfoque de este trabajo debe velar por la calidad individual de cada plancha y la calidad de producción, es decir, realizar proyectos de tal envergadura que satisfagan a los clientes objetivo en un tiempo deseable, por eso definir el alcance de los proyectos servirá como guía para determinar el nivel de producción esperado.

Observando proyectos de empresas similares como lo son Smile Plastic, PlásticoFlux, The Good Plastic Company, entre otros, podemos dilucidar un número aproximado de planchas recicladas necesarias para satisfacer los requerimientos de los diferentes establecimientos, dependiendo del tamaño del proyecto.

- **PROYECTO PEQUEÑO:** Menos de 5 planchas. El proyecto puede ser, por ejemplo, comisionado para el revestimiento de un baño y/o cocina, para realizar exhibidores en tiendas de retail, o mobiliario para cafeterías pequeñas.



Fig. 27-1 “Ejemplos de proyectos pequeños.”

- **PROYECTO MEDIANO:** De 5 a 15 planchas. Los proyectos de esta envergadura más fáciles de reconocer incluyen mobiliario y/o revestimiento para proyectos inmobiliarios, restaurantes, cafeterías, espacios de Cowork, gimnasios, museos, jardines de niños, entre otros.



Fig. 28-1 “Ejemplos de proyectos medianos.”

- **PROYECTO GRANDE:** Más de 15 planchas. Estos proyectos incluyen comisiones de gran envergadura como podrían ser: el mobiliario de una cadena de establecimientos comerciales, instalaciones artísticas en proyectos de diseño de interiores, o la provisión de revestimiento para cocinas y/o baños en un proyecto inmobiliario.



Fig. 29-1 “Ejemplos de proyectos grandes.”

1.5.4 PROYECCIÓN DE DEMANDA

1.5.4.1 DATOS HISTÓRICOS

La Empresa, Upcycling Co., no presenta registros de ventas significativos en cuanto se refiere a planchas de plástico reciclado como producto, debido a la implementación reciente de las prensas en el taller. Tampoco tiene registros de ventas de tablas de picoteo, fabricadas a partir de planchas. Las planchas fabricadas hasta ahora pertenecen a una etapa de exploración de la maquinaria y sus procesos.

Sin embargo, la Empresa muestra números muy positivos en su otra tipología de producto principal: los productos elaborados a través de inyección de plástico reciclado, estos productos incluyen maceteros, juegos de cacho, y posavasos.

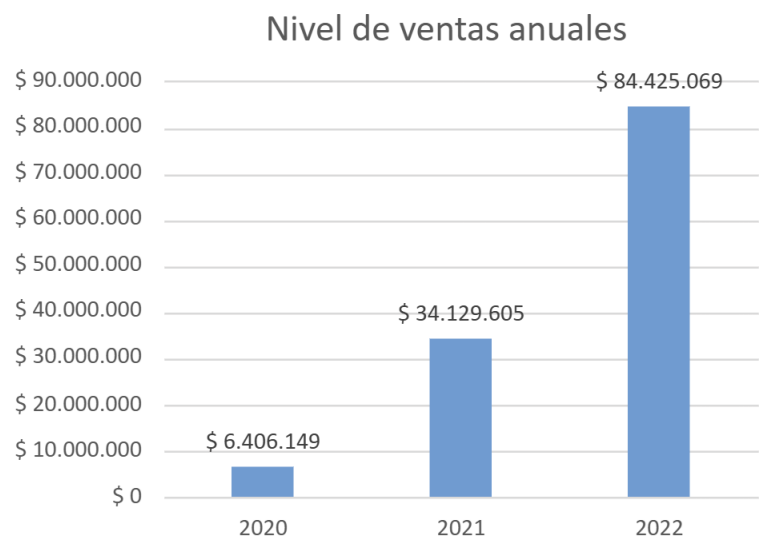


Gráfico 1-1” Ventas anuales de Upcycling Co, 2020-2022.”

Las empresas dominan la clientela de la Empresa, donde el 90% corresponde a B2B y sólo el 10% a B2C. Actualmente, se cuenta con 30 clientes en la nómina B2B, estos incluyen corporaciones como Coca-Cola, Copec y BCI. Estas y otras empresas que han consolidado su preferencia por productos corporativos personalizados podrían verse inclinadas a realizar proyectos de mayor envergadura como punto focal en campañas futuras.

1.5.4.2 ESTIMACIÓN DE DEMANDA

A modo de dilucidar el potencial real de la demanda por productos de plástico reciclado es que se tomarán los datos de ventas existentes, y se relacionarán su peso en material con una cantidad de planchas.

A continuación, se presentan las ventas de productos de inyección del año 2022, por mes.

	Cantidad (Un.)											
Producto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cachos	30	0	0	200	5	0	2220	48	0	0	0	0
Posavasos	60	0	200	110	100	0	40	55	100	0	0	0
Macetas	0	0	0	0	110	0	0	55	0	0	0	0
Set de cultivo	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0

Tabla 2-1 “Productos de inyección vendidos en 2022.”

Ahora se multiplicarán las unidades de cada producto por su respectivo peso en kg., y luego, tras obtener el peso mensual, se dividirá en 8 y 11 kg., los cuales corresponden al material necesario para producir una plancha de 5 y 10mm de grosor respectivamente.

Producto	Peso (KG.)	Cantidad (Un.)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cachos	0,500	30	0	0	200	5	0	2220	48	0	0	0	0
Posavasos	0,500	60	0	200	110	100	0	40	55	100	0	0	0
Macetas	0,065	0	0	0	0	110	0		55	0	0	0	0
Set de cultivo	0,065	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0
Peso por mes (KG.)		45	0	100	155	59,65	0	1130	56,83	50	0	0	0
Peso en planchas 5 mm.		5,63	0,00	12,50	19,38	7,46	0,00	141,25	7,10	6,25	0,00	0,00	0,00
Peso en planchas 10 mm.		4,09	0,00	9,09	14,09	5,42	0,00	102,73	5,17	4,55	0,00	0,00	0,00

Tabla 3-1 “Peso equivalente en planchas.”

A través de estos datos, logramos encontrar que se produjeron 1597 kg. en productos de plástico reciclado el año 2022. En Julio, el mayor mes de producción, se lograron producir 1130 kg. de productos de plástico reciclado, lo que podría traducirse a alrededor de 140 planchas de 5 mm. de grosor, o casi 103 planchas de 10 mm. de grosor.

En una entrevista publicada en noviembre del 2022 de Revista Materia a Cristina Yavar, una de las fundadoras y diseñadoras de la empresa Plástico Flux, afirma que «Hoy no hay nadie en Chile o Sudamérica desarrollando lo que hacemos. Estamos revalorizando 3 toneladas mensuales de envases de champú y detergentes y descartes postindustrial, que probablemente terminarán en vertederos».

Esta cantidad de peso en plástico equivale a 375 planchas de 5 mm. o aproximadamente 272 planchas de 10 mm. de grosor. Es importante recordar que estos números pertenecen a una empresa que es líder en el mercado, y que, como tal, cuenta con una cartera de clientes que pueden sustentar un crecimiento progresivo en su capacidad productiva.

1.6 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA

Con el fin de satisfacer las necesidades y especificaciones esperadas por el cliente, es que debemos relacionar sus expectativas con las características finales del producto para así, definir al producto esperado en base a sus prestaciones. Luego, para alcanzar este estándar, debemos relacionar estas características con variables técnicas controlables y medibles dentro del proceso productivo, y de esta manera encauzar el impacto que tendrán las modificaciones al sistema actual hacia las propiedades deseadas.

Para definir estas relaciones entre expectativas, propiedades y variables técnicas, es que se hará uso de la metodología QFD (Quality Function Deployment), también conocida como Casa de la Calidad, la cual, en su primera dimensión, realiza una conexión entre el deseo del cliente y las características que ofrece el producto final.

Luego, tomando estas características como punto de inicio, podemos alcanzar otro nivel en la metodología QFD, que conectará las prestaciones del producto con los métodos productivos que inciden en su resultado.

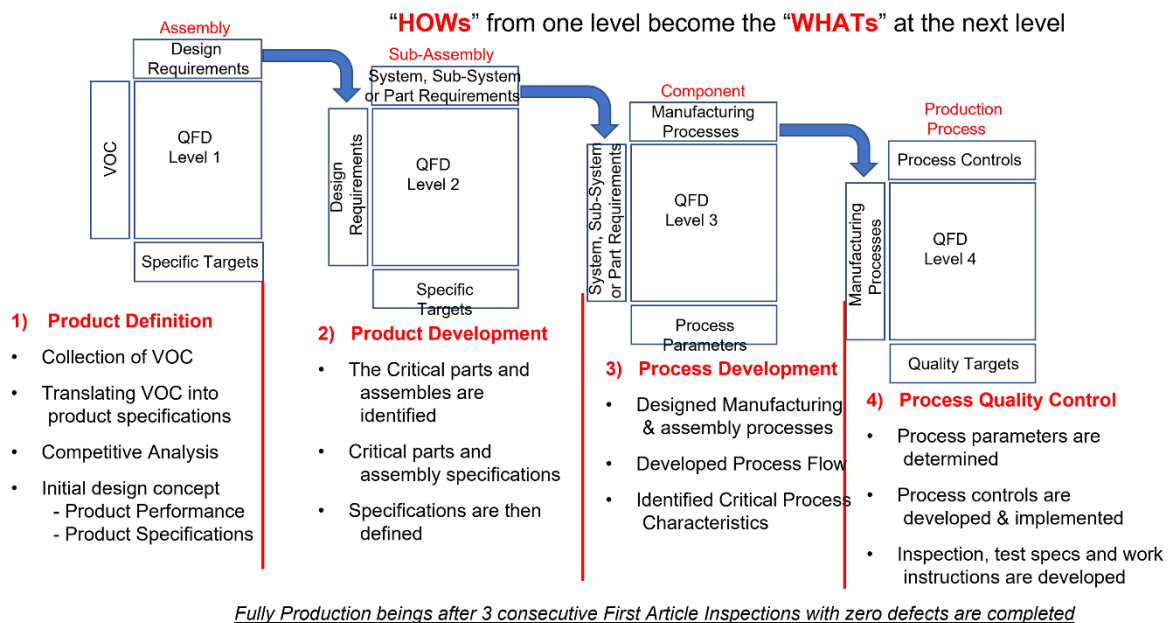


Fig. 30-1 “Dimensiones del QFD.”

Siguiendo el esquema de la Fig. 30-1, sólo utilizaremos el nivel 1 y 3 del QFD, ya que el producto no presenta subsistemas ni partes, y el alcance de este proyecto no verá sus propuestas de mejora productiva realizadas en tiempo para encargarse del control de calidad posterior.

Utilizando esta metodología podremos dilucidar cuáles son los atributos más importantes para el cliente, relacionarlos con los elementos de la producción, y de esta manera definir las mejoras de diseño que nos permitirán crear un producto de calidad estable.

1.6.1 CUESTIONARIO DE REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

Esta encuesta fue dirigida a encargados de establecimientos tales como restaurantes, bancos, escuelas, tiendas, y cualquier ámbito que pueda requerir mobiliario o revestimiento, además de arquitectos, diseñadores industriales, de interiores y proveedores de materiales, entre otros.

Se pidió a los encuestados observar imágenes de proyectos con planchas de plástico reciclado, con diferentes tamaños, formas y colores para ilustrar las posibilidades de esta materialidad.



Fig. 31-1 “Imágenes mostradas a los encuestados.”

Primero, se definieron 10 preguntas a realizar, con tal de definir las cualidades más atractivas, y necesarias, dentro de proyectos que utilicen las planchas de plástico reciclado como revestimiento y cubiertas:

- ¿Qué tan necesario es que el diseño de las planchas sea atractivo? (Combinación de colores)
- ¿Qué tan necesario es que la superficie sea lisa?
- ¿Qué tan necesario es que la superficie sea brillante?
- ¿Qué tan necesario es que la plancha presente esquinas definidas?
- ¿Qué tan necesario es que la plancha presente un grosor constante?
- ¿Qué tan necesario es que la plancha presente exactitud dimensional? (+/- 2mm. de variación)
- ¿Qué tan necesario es que la plancha se caracterice por su dureza?
- ¿Qué tan necesario es que las planchas se ofrezcan en varios formatos? (Dimensiones superficiales)
- ¿Qué tan necesario es que las planchas se ofrezcan en varios grosores?
- ¿Qué tan necesario es que las planchas sean fáciles de limpiar?

Cada una de estas preguntas recibe por respuesta una puntuación del 1 al 4, donde 1 es Innecesario, y 4 es Muy necesario. También se les pidió a los encuestados vocalizar el rubro en el que se desempeñan, para poder así asegurar la objetividad de las respuestas.

A continuación, se grafican las respuestas obtenidas porcentualmente para cada respuesta:

¿Qué tan necesario es que el diseño de las planchas sea atractivo? (Combinación de colores)
14 respuestas

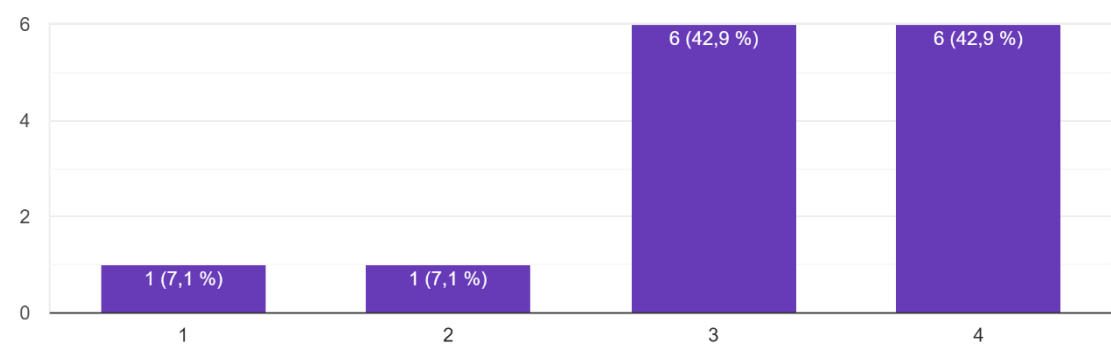


Gráfico 2-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #1”

¿Qué tan necesario es que la superficie sea lisa?
14 respuestas

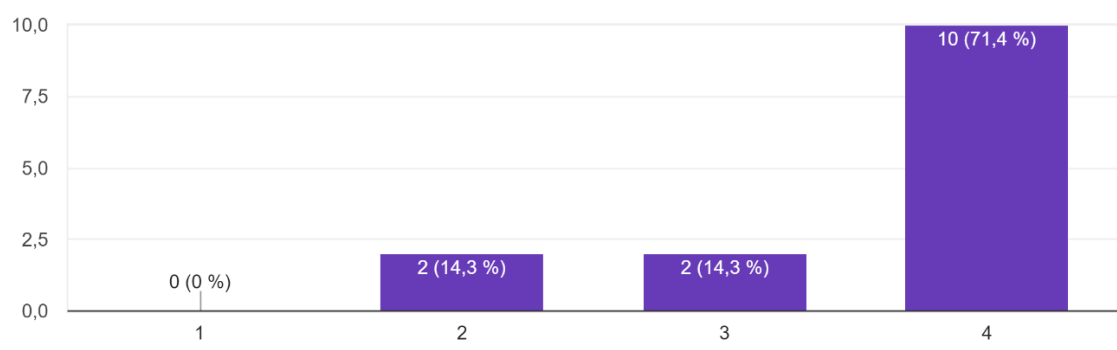


Gráfico 3-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #2”

¿Qué tan necesario es que la superficie sea brillante?
14 respuestas

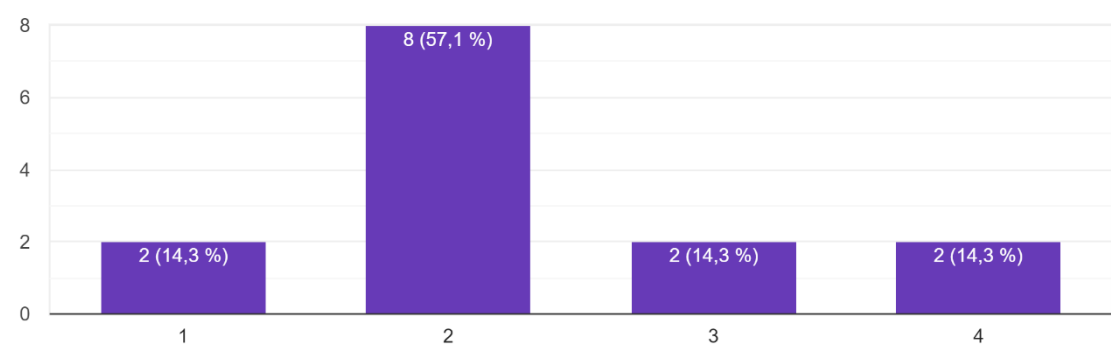


Gráfico 4-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #3”

¿Qué tan necesario es que la plancha presente esquinas definidas?
14 respuestas

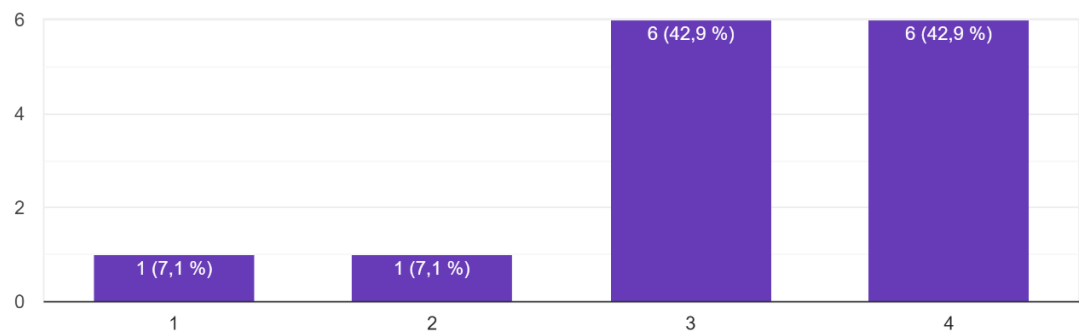


Gráfico 5-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #4”

¿Qué tan necesario es que la plancha presente un grosor constante?
14 respuestas

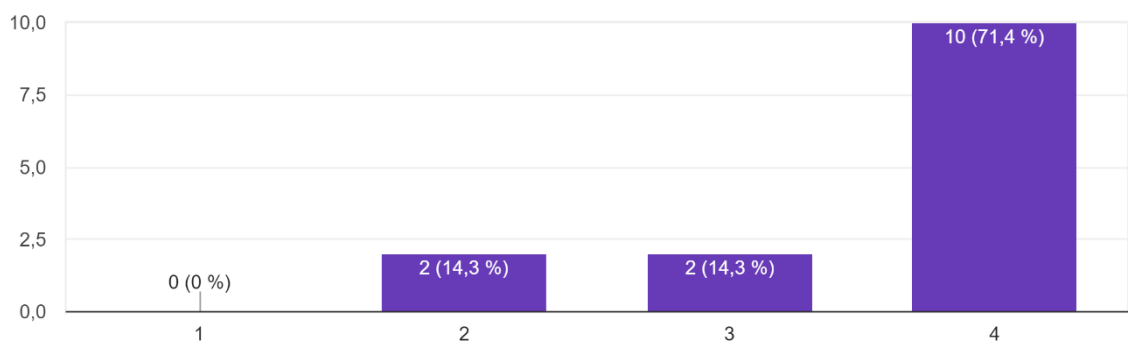


Gráfico 6-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #5”

¿Qué tan necesario es que la plancha presente exactitud dimensional? (+/- 2mm. de variación)
14 respuestas

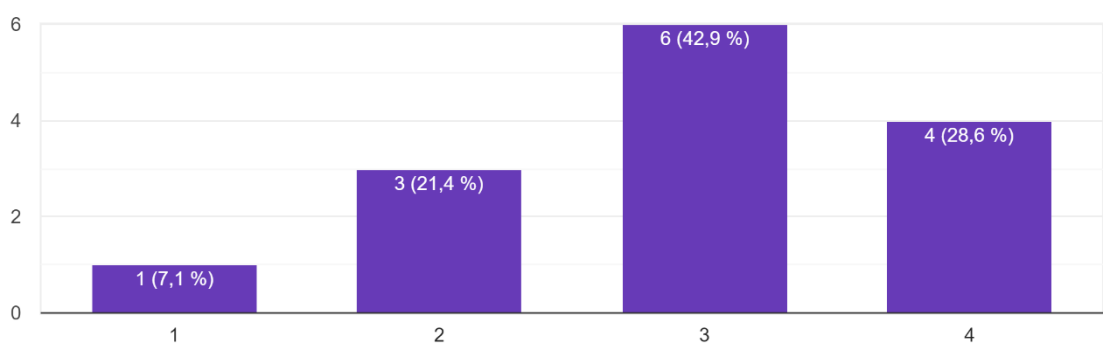


Gráfico 7-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #6”

¿Qué tan necesario es que la plancha se caracterice por su dureza?

14 respuestas

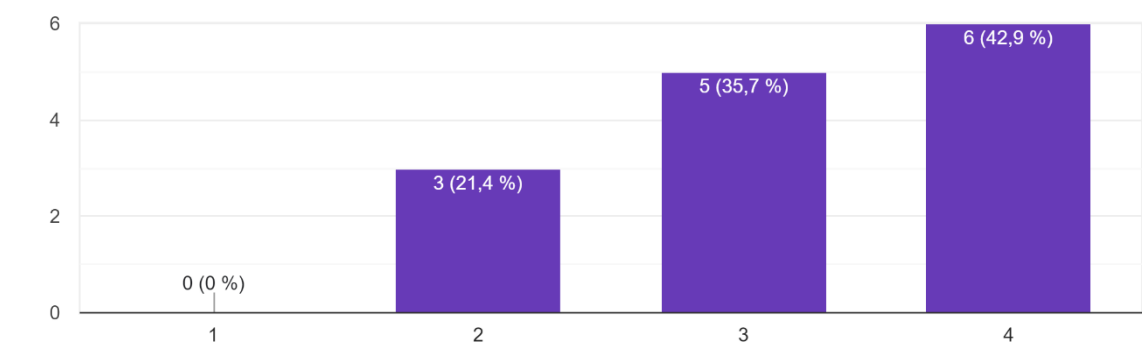


Gráfico 8-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #7”

¿Qué tan necesario es que las planchas sean ofrecidas en una variedad de formatos? (Dimensiones superficiales)

14 respuestas

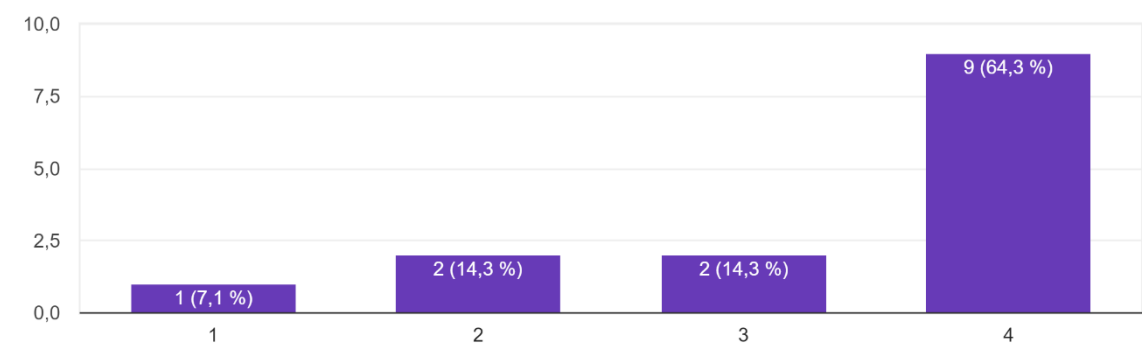


Gráfico 9-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #8”

¿Qué tan necesario es que las planchas sean ofrecidas en una variedad de grosores?

14 respuestas

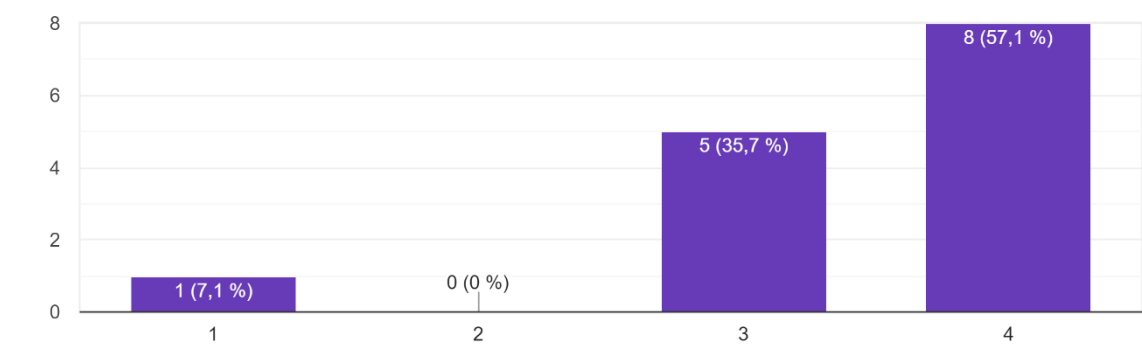


Gráfico 10-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #9”

¿Qué tan necesario es que las planchas sean fáciles de limpiar?
14 respuestas

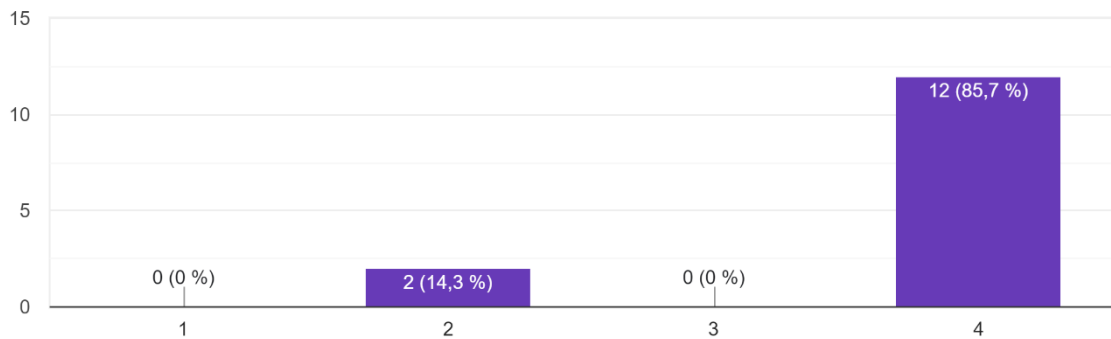


Gráfico 11-1. “Resultados del cuestionario, pregunta #10”

1.6.2 RESULTADOS DEL CUESTIONARIO

Se encontró que, en su mayoría, los elementos presentados ante los encuestados son muy necesarios para ser considerados como prestaciones atractivas a los clientes.

- Los requerimientos que presentaron mayor necesidad fueron los de **facilidad de limpieza, superficialidad lisa y grosor constante**.
- Los requerimientos que presentaron menor necesidad fueron los de **brillo, dureza y exactitud dimensional**.

Los requerimientos que los consumidores consideraron no necesarios no se considerarán para el análisis QFD, para agilizar y simplificar el proceso.

1.6.3 QFD - CASA DE LA CALIDAD

1.6.3.1 TABLA #1 QFD – CASA DE LA CALIDAD

En esta primera dimensión se analizarán los requerimientos del cliente versus las características del producto:

QUÉ (requerimientos del cliente)

- Diseño atractivo: Se refiere en concreto a los colores utilizados en la plancha, comúnmente se realizan diseños con 2 o más colores, para destacar el efecto marmolado que brinda la compresión. También se utiliza un estilo monocromático para proyectos que requieran denotar mayor sobriedad.
- Superficie lisa: Sin desniveles, rugosidades, burbujas, o quemaduras. Con la mayor rectitud posible.
- Esquinas definidas: El plástico fluyó por la totalidad del molde, creando esquinas rectas, lisas y filosas.
- Grosor constante: La tolerancia del grosor de la plancha no presenta variaciones notables.
- Variedad de formatos: Las planchas se encuentran en formatos que se adaptan a sus usos más comunes: encimeras, mesas, revestimiento de paredes.

- Variedad de grosores: Las planchas presentan grosores que se adaptan a sus aplicaciones (por ej. El revestimiento se beneficia de encontrarse en un formato delgado, ya que presentará menos esfuerzo en su instalación, mientras que el mesón necesita la firmeza de una plancha más gruesa.)
- Fácil de limpiar: Se relaciona directamente con la calidad superficial de la plancha, irregularidades como porosidad excesiva, cráteres de burbujas y pellets que no alcanzaron la fusión son agentes relevantes a la hora de limpiar. Esta característica es imperativa a la hora de realizar proyectos que contemplen su uso diario como mobiliario de baños, cocinas, y espacios comunes.

CÓMO (características del producto)

- Grosor (mm.): Se refiere al grosor de la plancha.
- Tolerancia de grosor (+-mm): Rango de variación del grosor de la plancha.
- Forma definida (cuadrado, círculo, etc.): Formato geométrico ofrecido.
- Tolerancia dimensional (+-mm): Rango de variación de las medidas superficiales de la plancha.
- Colores definidos (Blanco y negro, etc.): Formato de superficie ofrecido.
- Calidad superficial: Se refiere a la presencia o ausencia de defectos tales como burbujas, quemaduras, rugosidades, entre otros. También considera el brillo final de la superficie.

Este análisis también contempla la calificación que le demos a la competencia bajo estos mismos elementos, la competencia elegida es Plástico Flux y The Recycle Studio.

A continuación, el desarrollo de la primera dimensión del método QFD:

	Grosor (mm.)	Tolerancia de grosor (+-mm)	Forma definida	Tolerancia dimensional (+-mm)	Colores definidos	Calidad superficial	Importancia para el usuario (1 a 5)	nuestro producto UPCYCLING	competencia PLASTICO FLUX	competencia THE RECYCLE STUDIO	Objetivo	ratio de mejora	argumento de venta	ponderación absoluta	Ponderación Relativa (%)	orden de importancia
Diseño atractivo	0	0	1	0	9	3	3	2	2	3	2	1	1,1	3	5%	7
Superficie lisa	0	0	0	0	0	9	4	2	3	4	4	2	1,5	12	17%	3
Esquinas definidas	0	0	9	3	0	3	3	1	3	4	3	3	1,3	12	16%	4
Grosor constante	3	9	1	0	0	3	4	1	4	4	4	4	1,3	21	29%	1
Variedad de formatos	1	0	9	1	0	0	3	2	2	3	3	1,5	1,4	6	9%	5
Variedad de grosores	9	1	0	0	0	0	3	2	2	3	3	1,5	1,3	6	8%	6
Fácil de limpiar	0	1	0	0	0	9	4	2	4	4	4	2	1,5	12	17%	2
Orientación	+	-	+	-	+	+								72		
Ponderación abs	1,7	2,85	2,6	0,6	0,4	4,5		13								
Ponderación rel	13%	23%	21%	5%	3%	36%										
Orden de importancia	4	2	3	5	6	1										
Valoración técnica	Cant. mm.	Cant. mm.	Cant.	1 a 3												
Nuestro producto UPCYCLING	2	3	1	5	4	1										
Competencia PLASTICO FLUX	2	1	3	2	8	3										
Competencia THE RECYCLE STUDIO	4	0	1	2	8	3										
Objetivo técnico	2	1	2	2	5	3										

Tabla 4-1”Primera dimensión QFD.”

A raíz del desarrollo de esta tabla se establecieron objetivos técnicos, tanto de los requerimientos del cliente como de las características del producto final.

El orden de importancia de estas variables refleja los dolores más grandes de los resultados de los procesos utilizados hasta ahora, y nos da una pauta sobre la urgencia con la que se deben abordar estos problemas.

QUÉ – Orden de importancia

1. Grosor constante
2. Fácil de limpiar
3. Superficie lisa
4. Esquinas definidas
5. Variedad de formatos
6. Variedad de grosores
7. Diseño atractivo

CÓMO – Orden de importancia

1. Calidad superficial
2. Tolerancia de grosor
3. Forma definida
4. Grosor
5. Tolerancia dimensional
6. Colores

1.6.3.2 TABLA #2 QFD – CASA DE LA CALIDAD

En esta dimensión de la metodología, se relacionarán las características del producto final con los procesos asociados para producir estas características, es decir, los CÓMO de la dimensión pasada pasarán a ser los QUÉ, y las variables técnicas del proceso pasarán a ser los CÓMO de esta nueva dimensión. A continuación, se definen los procesos (o parte de ellos) que, de ser modificados, fácilmente inciden en el resultado esperado.

CÓMO (Variables técnicas del proceso)

- Material del molde
- Forma del molde
- Dimensiones del molde
- Grosor del molde
- Temperatura en la prensa caliente
- Presión en la prensa caliente
- Tiempo en la prensa caliente
- Presión en la prensa fría

- Tiempo en la prensa fría
- Calidad de pulido de superficies
- Cantidad de pellets
- Tamaño de pellets
- Colores de pellets

A continuación, el desarrollo de la segunda dimensión del método QFD:

	Material del molde	Forma del molde	Dimensiones del molde	Grosor del molde	Temperatura en prensa caliente	Presión en prensa caliente	Tiempo en prensa caliente	Presión en prensa fría	Tiempo en prensa fría	Pulido de superficies	Cantidad de pellets	Tamaño de pellets	Colores de pellets
Grosor	0	0	0	9	0	0	0	0	0	3	3	0	0
Tolerancia del grosor	0	0	0	9	3	9	1	9	3	9	3	3	0
Forma definida	0	9	9	9	3	3	1	3	3	1	9	0	0
Tolerancia de dimensione	1	1	9	0	9	3	3	3	9	3	3	3	0
Colores definidos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
Calidad superficial	9	0	0	0	9	9	3	9	9	9	3	3	1
Ponderación abs	1	1,8	4,1	3,4	4,41	3,6	1,4	3,6	4,3	3,4	3,2	1,6	1
Ponderación rel	8%	14%	32%	27%	35%	28%	11%	28%	34%	27%	25%	13%	7%
Orden de importancia	12	9	3	7	1	4	11	5	2	6	8	10	13

Tabla 5-1” Segunda dimensión QFD.”

Al comparar el peso que tienen las variables técnicas del proceso en el resultado esperado, podemos identificar el orden de importancia con el que debemos abordar estas problemáticas:

1. Temperatura en prensa caliente
2. Tiempo en prensa fría
3. Dimensiones del molde
4. Presión en la prensa caliente
5. Presión en la prensa fría
6. Pulido de superficies
7. Grosor del molde
8. Cantidad de pellets
9. Forma del molde
10. Tamaño de pellets
11. Tiempo en prensa caliente
12. Material del molde
13. Colores de pellets

1.6.4 CONCLUSIÓN QFD

A través del uso de la metodología QFD logramos definir las **expectativas del cliente** de mayor importancia, traducimos estas expectativas a **características del producto final** y

conseguimos aislar las **variables técnicas del proceso** que más inciden en obtener estas características. Se le dará un enfoque a las tres primeras variables, aquellas de mayor importancia, éstas son:

- Temperatura en prensa caliente.
- Tiempo en prensa fría.
- Dimensiones del molde.

Estas variables inciden en todas las características finales del producto, y subsecuentemente, en las expectativas del cliente. A continuación, podemos visualizar las relaciones entre estos elementos, y la intensidad del impacto que tienen una con otra.

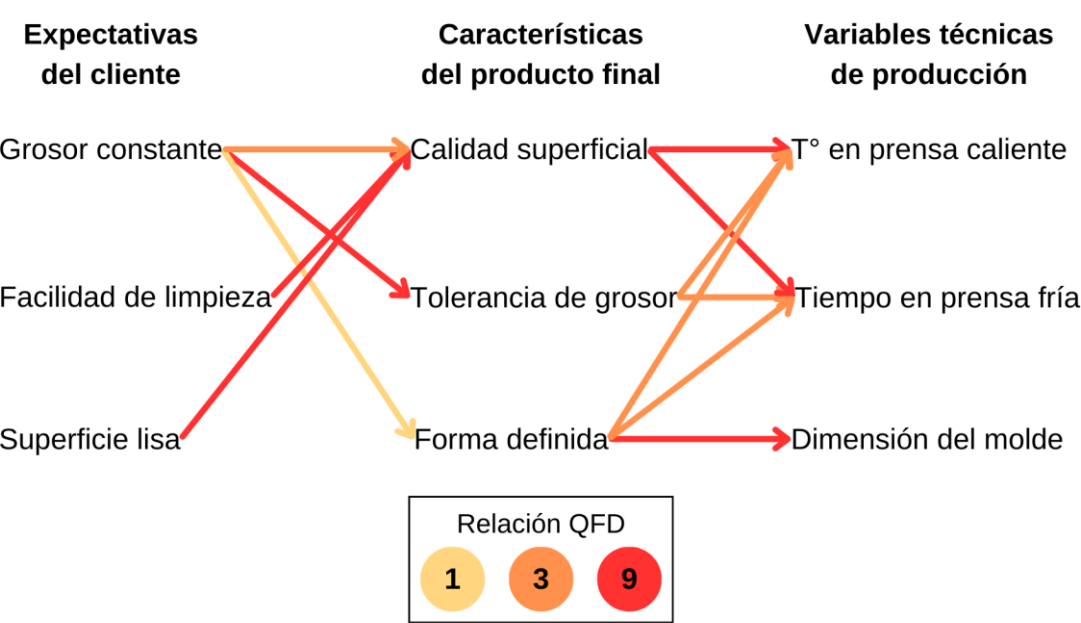


Fig. 32-1 “Diagrama de relaciones QFD.” Elaboración propia.

Estas variables están intrínsecamente relacionadas con las características técnicas deseadas del producto, como la calidad superficial, la tolerancia de grosor y la forma definida. Sin embargo, en el estado actual en el que se encuentra la producción de la Empresa, estas variables no se encuentran en su nivel óptimo, lo que genera conflictos que afectan negativamente las prestaciones finales del producto.

Por ejemplo, la temperatura en la prensa caliente no logra generar un calor homogéneo a lo largo de toda la superficie del molde. Esto puede deberse a una distribución insuficiente o ineficaz de los elementos calefactores, lo que impacta directamente en la calidad superficial del producto y genera inconsistencias en el acabado visual y funcional.

De manera similar, el tiempo en la prensa fría podría no ser suficiente para estabilizar dimensionalmente el producto, esto sumado a que, cuando se logran elaborar más de 2 planchas al día, éstas suelen compartir la prensa fría, lo que puede derivar en problemas de deformaciones o irregularidades en el grosor.

Por último, las dimensiones actuales del molde pueden estar limitando la capacidad de producir piezas que cumplan consistentemente con las especificaciones de diseño, afectando tanto la forma definida como la tolerancia de grosor.

Este análisis permite establecer un punto de partida sólido para las mejoras técnicas que se desarrollarán en el siguiente capítulo. Cada una de estas variables será estudiada en detalle para proponer ajustes específicos que permitan optimizar el proceso productivo y garantizar un producto que cumpla con las expectativas del cliente de manera constante y eficiente.

1.7 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL:

Definir y describir las modificaciones necesarias en el proceso para satisfacer las expectativas del cliente mediante el despliegue de funciones de calidad (QFD).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Mantener la temperatura en la prensa caliente.
- Reducir el tiempo en prensa fría.
- Diseñar moldes que mantengan la estabilidad dimensional.
- Recalcular la capacidad productiva con las nuevas mejoras a la maquinaria.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA

El presente capítulo aborda el diseño de ingeniería necesario para optimizar la producción de planchas de plástico reciclado. Las modificaciones y adiciones discutidas en este capítulo son fundamentales para asegurar que el proceso de fabricación cumpla con las expectativas de calidad y eficiencia, al tiempo que se ajusta la capacidad productiva deseada.

2.1 DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

En foros de discusión y blogs donde empresas transformadoras de residuos comparten sus logros e innovaciones, se aprecian las soluciones a las que han llegado diversos emprendedores en todas partes del mundo. Sin embargo, el corazón de la fabricación, la prensa caliente, continúa presentando los mismos elementos generales, y es donde el mayor esfuerzo económico y tecnológico es concentrado para así conseguir los mejores resultados posibles.



Fig. 1-2 “Modelo 3D de prensa caliente.” Fig. 2-2” Prensa caliente de Plastiki Rafiki, en Kenia.”

El diseño de Jaymin Panchasara, un diseñador industrial de India incluye modificaciones a la prensa caliente, como un tornillo superior que reemplaza a la gata en el sistema de

compresión, y la utilización de elementos calefactores cerámicos. El uso de estos últimos se justifica por su facilidad de reemplazo al sufrir un cortocircuito.

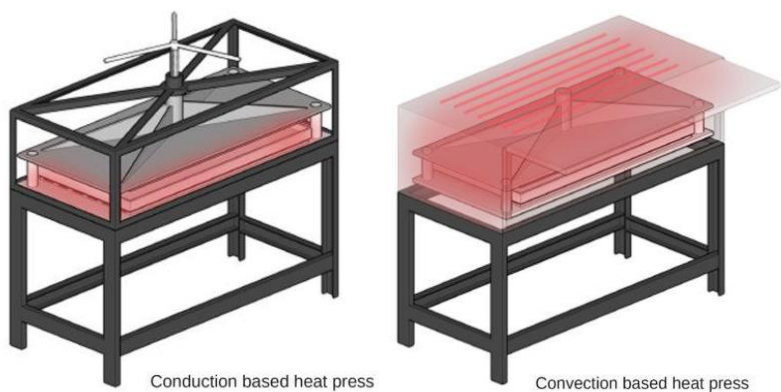


Fig. 3-2 “Prensa caliente por conducción y convección.” Imágenes de Jaymin Panchasara.



Fig. 4-2 ”Calefactores en la prensa caliente de Jaymin Panchasara.”

En el siguiente diseño de Precious Plastic Ucrania podemos ver cómo se ha minimizado la estructura del sistema de soporte, a la vez que se han engrosado las placas que realizan la compresión sobre la plancha. Esta modificación se ha hecho con la intención de atrapar de manera más eficiente el calor emitido por la prensa caliente.



Fig. 5-2 “Prensa personalizada de Precious Plastic Ucrania.”

En este diseño desde Viena, la prensa fría se simplifica por medio de la eliminación de las planchas de compresión, las cuales son reemplazadas por perfiles metálicos, los cuales

continúan actuando como soporte en la solidificación final de las planchas, pero además permiten, con la ayuda de un ventilador, un mayor flujo de aire a través de su estructura, lo que disminuye el tiempo necesario en la prensa fría.



Fig. 6-2. “Prensa fría de Precious Plastic Viena.”

2.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS MORFOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS

Se explorarán diferentes alternativas para resolver los dolores reconocidos en el capítulo 1, estas modificaciones o adiciones al proceso productivo actual tienen como objetivo lograr que el producto cumpla con las expectativas del cliente y del mercado, velando por la mayor calidad posible y una producción fluida. Estarán enfocadas en:

- Temperatura en prensa caliente: Mantener la temperatura contenida y dirigida hacia el molde, con tal de asegurar la calidad superficial y estabilidad dimensional.
- Tiempo en prensa fría: Disminuir el tiempo necesario, facilitando el enfriamiento de los moldes.
- Rediseño del molde: Considerar dimensiones y materiales acorde al uso, asegurando estabilidad dimensional y mínimo trabajo de terminaciones en el producto final.

2.2.1 ELEMENTOS CALEFACTORES EN LA PRENSA CALIENTE

La temperatura en esta etapa del proceso es esencial para asegurar la calidad y la uniformidad de las planchas de plástico reciclado. Existen múltiples maneras de someter el molde a altas temperaturas, a través de elementos calefactores modulares y controlables. A continuación, se describen algunas de las principales tecnologías de calefacción disponibles:

Cartuchos

Actualmente, la prensa caliente utiliza 24 cartuchos de 300W cada uno, lo que permite una distribución uniforme del calor en el molde. Estos cartuchos pueden

alcanzar temperaturas de 300 °C a 450 °C, lo que los hace ideales para el procesamiento de plásticos reciclados.

Beneficios:

- Precisión en el control térmico: Los cartuchos calefactores controlan la temperatura de manera más precisa, lo que resulta en que el molde se calienta uniformemente.
- Modularidad: Los cartuchos son fáciles de instalar, reemplazar y distribuir a lo largo de la superficie de la prensa, lo que garantiza una distribución uniforme del calor.
- Rápido calentamiento: Estos cartuchos pueden alcanzar rápidamente la temperatura deseada, lo que permite optimizar el tiempo de producción.



Fig.. 7-2 “Cartuchos calefactores.”

Placas calefactoras metálicas

Otra alternativa es el uso de placas calefactoras que cubren áreas más grandes del molde en lugar de utilizar múltiples cartuchos. Estas placas están diseñadas para transferir calor de manera homogénea y pueden estar controladas mediante controladores PID para mantener una temperatura constante. Su materialidad suele ser acero inoxidable o aluminio fundido.

Beneficios:

- Distribución más uniforme del calor: Al cubrir áreas más grandes, las placas calefactoras pueden proporcionar un calentamiento más uniforme que los cartuchos individuales.
- Menor complejidad en el cableado: Las placas calefactoras requieren menos cableado y puntos de conexión, lo que simplifica el sistema.

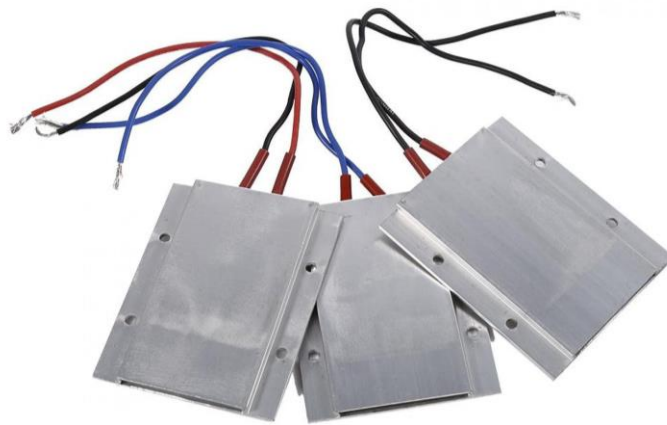


Fig. 8-2. “Placas calefactoras metálicas.”

Placas calefactoras cerámicas

Las placas cerámicas están diseñadas para proporcionar calor a través de resistencias de cerámica incrustadas. Este tipo de placa es conocido por su alta eficiencia térmica y retención de calor, pero suelen ser más frágiles.

Beneficios:

- Excelente retención de calor: Una vez calentadas, pueden mantener la temperatura durante más tiempo.
- Distribución de calor uniforme: La cerámica tiene buenas propiedades de distribución térmica.
- Eficiencia energética: Requieren menos energía para mantener la temperatura.



Fig. 9-2 “Placa calefactora cerámica.”

Con el fin de justificar una decisión de diseño en cuanto a los elementos calefactores, es que compararemos la potencia de cada una de las opciones, y analizaremos el impacto teórico que tendrán sobre el sistema de la prensa caliente.

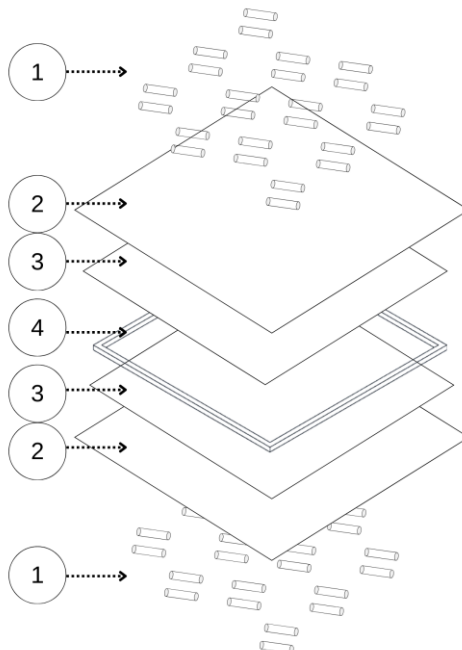


Fig. 10-2 “Disposición de los elementos en el sistema calefactor.” Elaboración propia.

Comenzaremos visualizando el estado actual del sistema. En la Fig. XX podemos identificar las diferentes partes de la prensa caliente por las cuales el calor es traspasado, estas son:

1. Elementos calefactores: Cartuchos calefactores metálicos, 48 unidades, 300W cada uno.
2. Placa calefactora: Aluminio 5083 T6. Dimensiones 1,2 x 1,2 x 0,0015m. Área de contacto: 1,44 m².
3. Placa de molde: Acero galvanizado. Dimensiones 1,05 x 1,05 x 0,002 m. Área de contacto: 1,1025 m².
4. Perfil de molde: Acero galvanizado. Dimensiones 0,9 x 0,9 x 0,01 m. Área de contacto: 0,0364 m².

También se tendrá en cuenta la conductividad térmica k de la materialidad de las partes:

Para el aluminio, $k = 205 \text{ (W/m} \cdot \text{K)}$,

Para el acero, $k = 50 \text{ (W/m} \cdot \text{K)}$,

Y el calor específico c de cada material:

Para el aluminio, $c = 900 \text{ (J/kg} \cdot \text{K)}$,

Para el acero, $c = 486 \text{ (J/kg} \cdot \text{K)}$.

Con estos datos podemos obtener la resistencia térmica de cada capa, y por lo tanto, del sistema completo, es decir, la dificultad del calor de atravesar nuestro sistema.

Componente	#	Grosor d (m)	Conductivida d térmica k (W/mK)	Área de contacto a (m²)	Resistencia térmica R (K/W)	Cantidad	Resistencia térmica R acum. (K/W)
Placas calefactoras	1	0,0015	205	1,44	0,00000508130	2	0,00001016260
Planchas del molde	2	0,002	50	1,1025	0,00003628117	2	0,00007256235
Perfil del molde	3	0,01	50	0,0364	0,005495	1	0,005495
							0,005577

Tabla 2-1 "Cálculo de Resistencia Térmica Total."

Obtenemos así que la Resistencia Térmica Total del sistema es de **0,05577 (K/W)**.

Luego, podemos obtener la energía E total necesaria para calentar el sistema completo, considerando la temperatura mínima y máxima en Quillota el año 2022.

T min (°C)	T max (°C)	T prom (°C)	Temperatura PC (°C)	Diferencia temperatura ΔT (°C)
7	22	14,5	220	205,5

Tabla 2-2 "Cálculo de la diferencia de temperatura entre el sistema y el ambiente."

Componente	#	Grosor d (m)	Área de contacto a (m²)	Volumen V (m³)	Densidad d (M/V)	Masa M (kg)	Calor específico c (J/kg°K)	Energía E (J)	Cantidad	Energía E (J)
Placas calefactoras	1	0,0015	1,44	0,00216	2700	5,832	900	1078628,4	2	2157256,8
Planchas del molde	2	0,002	1,1025	0,002205	7850	17,30925	486	1728726,72	2	3457453,451
Perfil del molde	3	0,01	0,0364	0,000364	7850	2,8574	486	285377,110	1	285377,1102
										5900087,361

Tabla 3-2 "Cálculo de la energía necesaria para calentar el sistema."

Obtenemos así que la energía E total necesaria para calentar el sistema completo es de **5900087,361 (J)**.

Con esta información, podemos definir un tiempo teórico estimado de calentamiento de todo el sistema, dividiendo la energía por la potencia total del sistema, considerando que ésta última es de **14400 (W)** (48 cartuchos de 300W cada uno).

Así, obtenemos un tiempo estimado de calentamiento de 409,728 (s), lo que equivale aproximadamente a **6,83 (min)**. Este cálculo es una estimación teórica basada en la transferencia de calor ideal y asume que todo el sistema absorbe el calor de manera perfecta, por lo que, si bien no podemos considerarlo como un predictor realista para el tiempo de calentamiento, podemos utilizarlo como referencia para evaluar el impacto de la variación de los diferentes elementos del sistema.

Para comparar los elementos calefactores (placas metálicas y cerámicas) con los cartuchos utilizados actualmente, se considerarán los siguientes valores:

- Placas metálicas: 2 unidades, 72000 W cada una.
- Placas cerámicas: 32 unidades, 800 W cada una.

Calefactor	Potencia (W)	Cantidad (Un.)	Potencia total (W)	Tiempo de calentamiento (seg)	Tiempo de calentamiento (min)
Cartuchos	300	48	14400	409,728	6,829
Placas metálicas	72000	2	144000	40,973	0,683
Placas cerámicas	800	32	25600	230,472	3,841

Tabla 4-2 "Cálculo del tiempo de calentamiento dependiendo del elemento calefactor."

A través de estos cálculos podemos concluir que tanto las placas metálicas como las cerámicas son una mejor opción a la hora de calentar el sistema, ya que ambas poseen una potencia mayor a la de los cartuchos, lo que resulta en la disminución del tiempo de

calentamiento. Sin embargo, entre estas dos opciones, las placas metálicas claramente provocan una diferencia significativa en el sistema.

2.2.2 ENGROSAMIENTO DE LAS PLACAS DE COMPRESIÓN

Redimensionar el grosor del componente responsable de transmitir calor y presión a la plancha es una de las prácticas más comunes entre los transformadores de plástico que han decidido construir sus propias versiones de las máquinas de Precious Plastic, así como también de fabricantes de esta tipología de maquinaria.



Fig. 11-2 “Proyecto de modificación de Fiction Factory en el foro de Precious Plastic.”

Aumentar los actuales 1,5 mm. de espesor generaría una mayor masa térmica, por lo cual mantendría por más tiempo el calor, lo cual es especialmente importante para evitar fluctuaciones de temperatura al retirar un molde y preparar al siguiente. Además, esta modificación también distribuiría el calor de manera más homogénea, lo cual afectaría directamente en la calidad final del producto. Este aprovechamiento térmico podría resultar en un menor tiempo en esta etapa del proceso y en una mayor producción.

2.2.3 MOLDES

El diseño adecuado de los moldes es fundamental para garantizar la estabilidad dimensional de las planchas de plástico reciclado, así como también la definición de sus esquinas y la calidad superficial.

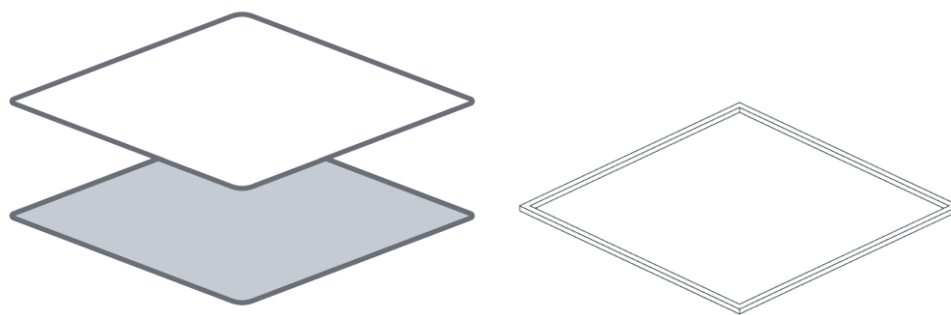


Fig. 12-2 “Partes de un molde: placas (izq.) y perfil (der.).”

El molde se encontrará expuesto a temperaturas por sobre los 200°C, por aproximadamente 2 horas, y, dependiendo de la cantidad de moldes disponibles, un molde podría repetir este ciclo varias veces en un día (las placas, el perfil, o ambos). Las altas temperaturas y los otros esfuerzos relacionados a la compresión de las prensas pueden provocar que tanto las placas como los perfiles se deformen a través del tiempo, dificultando mantener la geometría plana deseada en el producto final.

Para minimizar estos problemas, es crucial elegir materiales resistentes a la deformación térmica y con buena conductividad térmica. El uso de materiales como el acero galvanizado o el aluminio fundido es común, ya que ofrecen un buen balance entre resistencia térmica y mecánica. Además, se debe considerar un espesor adecuado para las placas del molde, ya que esto influye directamente en su capacidad para mantener la forma bajo condiciones de calor y presión. Un mayor espesor de las placas puede proporcionar mayor estabilidad térmica y mecánica, reduciendo la posibilidad de deformación. Sin embargo, esto también implica un mayor tiempo de calentamiento y enfriamiento, lo que podría afectar los tiempos de ciclo de producción.

Utilizando los datos y fórmulas presentados anteriormente en la subsección de los elementos calefactores, podemos estimar la influencia que tendrían en el tiempo total de procesamiento las modificaciones de grosor y materialidad de las diferentes capas que componen el sistema de compresión de la prensa caliente.

Como consideración inicial se mantuvo fijo el grosor del molde, ya que la comparativa se realizó en base al formato de 10 mm. de grosor. También se mantendrá fija la materialidad del molde (placas y perfil), ya que su materialidad de acero galvanizado es más resistente a deformaciones que el aluminio bajo las mismas condiciones.

En resumen, se analizarán alternativas de materialidad (aluminio y acero galvanizado) y grosor (5, 10 y 30 mm.) para las planchas calefactoras, a la vez que se comparan diferentes grosores de las placas del molde (3, 4 y 5 mm.).

A continuación se muestra una comparativa de las 18 configuraciones posibles de grosores y materialidades con el caso actual, a partir de la potencia de 144000 W (Calefactores metálicos), se calculó la resistencia térmica, la potencia total del sistema, y el tiempo de calentamiento de los elementos en conjunto.

	Material placa calefactora	Grosor placa calefactora (mm.)	Grosor placa molde (mm.)	Conductividad térmica k (W/mk)	Resistencia térmica R (K/W)	Potencia Q (°C/R)	Volumen placa calefactora (m³)	Volumen placa molde (m³)	Masa placa calefactora (kg)	Masa placa molde (kg)	Energía E (J)	Tiempo de calentamiento (min)
Caso actual	aluminio	1,5	2	205	0,00558	36846,25	0,00216	0,00221	5,8	17,3	5900087,36	0,68
1	aluminio	5	3	205	0,00564	36454,11	0,0072	0,00331	19,4	26,0	12662413,3	1,47
2	aluminio	5	4	205	0,00567	36220,99	0,0072	0,00441	19,4	34,6	14391140	1,67
3	aluminio	5	5	205	0,00571	35990,84	0,0072	0,00551	19,4	43,3	16119866,7	1,87
4	aluminio	10	3	205	0,00567	36236,36	0,0144	0,00331	38,9	26,0	19853269,3	2,30
5	aluminio	10	4	205	0,00571	36006,01	0,0144	0,00441	38,9	34,6	21581996	2,50
6	aluminio	10	5	205	0,00574	35778,57	0,0144	0,00551	38,9	43,3	23310722,7	2,70
7	aluminio	30	3	205	0,00581	35390,76	0,0432	0,00331	116,6	26,0	48616693,3	5,63
8	aluminio	30	4	205	0,00584	35171,00	0,0432	0,00441	116,6	34,6	50345420	5,83
9	aluminio	30	5	205	0,00588	34953,95	0,0432	0,00551	116,6	43,3	52074146,7	6,03
10	acero	5	3	50	0,00574	35787,44	0,0072	0,00331	56,5	26,0	16761201,2	1,94
11	acero	5	4	50	0,00578	35562,74	0,0072	0,00441	56,5	34,6	18489927,9	2,14
12	acero	5	5	50	0,00581	35340,85	0,0072	0,00551	56,5	43,3	20218654,7	2,34
13	acero	10	3	50	0,00588	34942,28	0,0144	0,00331	113,0	26,0	28050845,1	3,25
14	acero	10	4	50	0,00592	34728,04	0,0144	0,00441	113,0	34,6	29779571,9	3,45
15	acero	10	5	50	0,00595	34516,41	0,0144	0,00551	113,0	43,3	31508298,6	3,65
16	acero	30	3	50	0,00644	31926,39	0,0432	0,00331	339,1	26,0	73209420,8	8,47
17	acero	30	4	50	0,00647	31747,44	0,0432	0,00441	339,1	34,6	74938147,5	8,67
18	acero	30	5	50	0,00651	31570,48	0,0432	0,00551	339,1	43,3	76666874,3	8,87

Tabla 5-2 “Comparativa de grosores y materiales.”

A partir de ésta comparativa podemos visualizar cómo el tiempo de calentamiento aumenta a medida que aumentamos el grosor de los diferentes componentes, y en especial podemos ver cómo la materialidad de acero en la placa calefactora impacta de manera sustancial en el tiempo total. La mayor conductividad térmica del aluminio se refleja en tiempos menores de procesamiento con valores similares de resistencia térmica y potencia, lo que convierte al **aluminio** en la mejor opción para la materialidad de la placa calefactora.

	Material placa calefactora	Grosor placa calefactora (mm.)	Grosor placa molde (mm.)	Masa placa calefactora (kg)	Masa placa molde (kg)	Masa total del sistema (kg)	Carga total (N)	Reacción por soporte (N)	Momento flector (Nm)	Tensión máxima (Pa)	Factor de seguridad
Caso actual	aluminio	1,5	2	5,8	17,3	49,1	100482,06	25120,52	33711,73	13266687,9	52,764
1	aluminio	5	3	19,4	26,0	93,7	100918,86	25229,71	33858,28	13324357,8	52,535
2	aluminio	5	4	19,4	34,6	111,0	101088,66	25272,16	33915,25	13346777,1	52,447
3	aluminio	5	5	19,4	43,3	128,3	101258,46	25314,62	33972,21	13369196,4	52,359
4	aluminio	10	3	38,9	26,0	132,5	101300,27	25325,07	33986,24	13374715,9	52,338
5	aluminio	10	4	38,9	34,6	149,9	101470,07	25367,52	34043,21	13397135,2	52,250
6	aluminio	10	5	38,9	43,3	167,2	101639,88	25409,97	34100,18	13419554,5	52,163
7	aluminio	30	3	116,6	26,0	288,1	102825,92	25706,48	34498,10	13576148,3	51,561
8	aluminio	30	4	116,6	34,6	305,4	102995,72	25748,93	34555,07	13598567,5	51,476
9	aluminio	30	5	116,6	43,3	322,7	103165,53	25791,38	34612,03	13620986,8	51,391

Tabla 6-2 “Análisis de esfuerzos y factor de seguridad.”

Al aumentar el grosor de la placa calefactora, podemos observar como aumenta significativamente la masa total del sistema. Para asegurarnos de que la mayor masa que deberá soportar el sistema sea segura, esto nos lleva a calcular un factor de seguridad sobre la tensión máxima del material que conforma la estructura de la prensa (Acero al carbono, 700 Mpa) por sobre la tensión máxima ejercida por el sistema calefactor. A través de éste cálculo podemos visualizar que la variación en el factor de seguridad es mínimo, y siempre se mantiene en un rango que asegura holgura en su integridad estructural (FS > 1,5).

Con el respaldo de que la carga aplicada por el engrosamiento de las placas calefactoras no afectará la integridad de la prensa, es que se decide elegir el **grosor de 30 mm**. Esto nos asegurará un mayor control sobre el producto final, el cual se beneficiará de un grosor constante y una geometría plana libre de deformaciones.

	Material placa calefactora	Grosor placa calefactora (mm.)	Grosor placa molde (mm.)	Masa placa calefactora (kg)	Masa placa molde (kg)
Caso actual	aluminio	1,5	2	5,8	17,3
7	aluminio	30	3	116,6	26,0
8	aluminio	30	4	116,6	34,6
9	aluminio	30	5	116,6	43,3

Tabla 7-2 “Masa de placas del molde.”

A continuación, sólo nos resta definir el grosor de la placa del molde. Si bien todos los grosores cumplen con holgura los requerimientos estructurales de la prensa, las placas del molde son elementos que deben ser manipulados constantemente por los operarios; cargados, levantados, ubicados, limpiados y guardados. Teniendo en cuenta la importancia de minimizar el esfuerzo físico requerido por los operarios, se opta por seleccionar un **grosor de 3 mm** para la placa del molde. Este espesor presenta una excelente relación entre ligereza y resistencia estructural, lo que facilita su manipulación durante las distintas etapas del proceso de producción.

En resumen, la materialidad y los grosores a configurar son los siguientes:

- **Placa calefactora:** Aluminio fundido, 30 mm de grosor.
- **Placa del molde:** 3 mm de grosor.

De esta manera, la selección de materiales y espesores para las placas calefactoras y del molde responde tanto a criterios técnicos como ergonómicos, asegurando un balance adecuado entre rendimiento, seguridad estructural y facilidad de uso.

PRENSA FRÍA

Reducir el tiempo de operación en la prensa fría es crucial para aumentar la capacidad productiva y la eficiencia del proceso. A continuación, se definirán las modificaciones y adiciones tecnológicas y de diseño que se implementarán para acelerar el enfriamiento de las planchas.

- **Reducción de material en la prensa fría:** Retirar las planchas compresoras y reemplazarlas con una estructura de vigas metálicas, que mantenga la presión distribuida homogéneamente en la plancha de plástico reciclado, al mismo tiempo que permita un mayor flujo de aire en la superficie del molde. Esta mejora, acompañada del apoyo de un ventilador, puede reducir considerablemente el tiempo necesario de este proceso.
- **Adición de maquinaria:** Añadir una prensa fría contribuiría no solamente a mejorar la capacidad productiva, sino que también tendría un impacto positivo en la calidad final de las planchas, ya que, siendo este proceso siempre más largo que la compresión en la prensa caliente, suelen encontrarse más de una plancha

compartiendo la prensa fría. Esto impacta directamente en la variable más importante definida en la Casa de la Calidad: el grosor constante.

2.3 REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD PRODUCTIVA

Para satisfacer la demanda proyectada de planchas de plástico reciclado, es fundamental redefinir la capacidad productiva de la planta. Según los datos analizados, se estimó que **Plástico Flux** actualmente produce aproximadamente **272 planchas mensuales** de 10 mm de grosor. Por otro lado, **Upcycling Co.**, en su mejor momento, alcanzó una producción equivalente a cerca de **103 planchas mensuales**, aunque en su caso, mediante procesos de inyección en lugar de compresión.

Es importante destacar que los procesos de inyección y compresión presentan diferencias significativas en las variables operativas, sin embargo, la producción de objetos por inyección nos da una referencia acerca de la cantidad de plástico disponible para transformar por la Empresa, por lo tanto, los requerimientos de capacidad productiva se han establecido con el objetivo inicial de alcanzar una producción de **100 planchas mensuales**, considerando factores como la disponibilidad de recursos, las limitaciones tecnológicas actuales y la gradualidad en la implementación de las mejoras.

0	9:00:00					Tiempo de preparación	15
Plancha	Preparación	Prensa caliente	Prensa fría	Desmoldar		Tiempo en Prensa Caliente	90
1	9:40:00	9:55:00	11:45:00	14:05:00		Tiempo en Prensa Fría	120
2	12:05:00	12:20:00	14:10:00	16:30:00		Transición	20
3	15:15:00	15:30:00	17:20:00	19:40:00			
						Almuerzo	65

Tabla 8-2 “Producción ideal en estado actual.”

Como se había indicado anteriormente, las planchas fabricadas hasta ahora pertenecen a una etapa de exploración de la maquinaria y sus procesos, y debido a problemas con su sistema eléctrico y de compresión no es posible realizar una producción continua. Sin embargo, para establecer un punto de inicio, se ha tabulado una producción ideal en su estado actual (Tabla 8-2) con los tiempos de procesamiento provistos por la Empresa.

De esta manera, la producción actual es de **3 planchas por día**, o alrededor de **60 planchas al mes**.

0	9:00:00						
Plancha	Preparación	Prensa caliente	Prensa fría	Desmoldar		Tiempo de preparación	15
1	9:40:00	9:55:00	10:45:00	12:20:00		Tiempo en Prensa Caliente	30
2	11:05:00	11:20:00	12:10:00	13:45:00		Tiempo en Prensa Fría	75
3	12:30:00	12:45:00	13:35:00	15:10:00		Transición	20
4	14:40:00	14:55:00	15:45:00	17:20:00			
5	16:05:00	16:20:00	17:10:00	18:45:00		Almuerzo	65

Tabla 9-2 “Producción estimada con mejoras implementadas.”

En la Tabla 9-2, podemos ver la producción estimada con las mejoras implementadas de cambio de materialidad en la placa calefactora y cambio de grosor en ésta y en las placas de los moldes, los tiempos en Prensa Caliente y Prensa Fría son referencias de otras compañías transformadoras de plástico reciclado alrededor del mundo y pueden variar. Es importante notar que los tiempos de desmolde se sobreponen, por ejemplo, la plancha número 1 y 2 comparten una misma prensa fría por al menos 10 minutos. Interrumpir el proceso de una plancha en la prensa fría para agregar otra, y también compartir una prensa fría, conlleva problemas con la constancia del grosor y por consiguiente, la calidad del producto final.

De esta manera, la producción estimada es de **5 planchas por día**, o alrededor de **100 planchas al mes**.

En conclusión, la plancha caliente existente con las mejoras implementadas sería suficiente para cubrir los requerimientos productivos esperados por la Empresa, sin embargo, se recomienda agregar al equipo productivo otra prensa fría, a modo de evitar la superposición de planchas en este paso del proceso, lo cuál es más probable que ocurra si los tiempos en la prensa caliente resultan ser menores a lo esperado.

Cabe destacar que todos los valores y estimaciones presentados en esta sección tienen un carácter estrictamente teórico, dado que la empresa tomó la decisión de no continuar con esta línea de productos. Sin embargo, el análisis realizado sirve como una referencia técnica y estratégica que podría ser retomada en futuros proyectos, o en caso de que se considere reactivar esta línea de producción bajo nuevas condiciones de mercado o capacidades operativas.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.1 EVALUACIÓN DEL MERCADO OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Existen 2 tipos de consumidores objetivos para Upcycling:

1. **Corporativos:** Estos consumidores representan el 90 % de los ingresos, estas empresas deben comprometerse directa o indirectamente con la revalorización de residuos, de manera directa se encuentran todas las empresas que producen residuos plásticos y que deseen hacerse responsables de estos, ya sea voluntaria o forzada por la ley REP. De manera indirecta, hay servicios en los que sus consumidores valoran la sostenibilidad, como restaurantes temáticos y servicios de ocio o recreación.
2. **Personas comprometidas con el reciclaje:** Son personas que piensan en el medio ambiente como un problema grave que debe solucionarse con urgencia, se consideran consumidores

responsables y están dispuestos a pagar más por productos sostenibles, evitan las compras innecesarias, prefieren productos usados cuando son de uso esporádico, venden lo que no utilizan y separan sus residuos. Actualmente este nicho representa cerca de un 25% de la población, pero, es un sector en crecimiento, algunas características demográficas del segmento:

- Residen dentro de Chile, mayoritariamente en la región metropolitana.
- En su mayoría se trata de personas de entre 35 a 44 años, grupo que compone un 32% del segmento, seguidos del grupo de entre 25-34 años que representan el 24%. Personas mayores al rango mencionado componen un 38% y menores solo un 6%.
- En su mayoría del sector C2 y ABC1, sectores donde más del 80% genera residuos reciclables y que producen más residuos mensuales que en los demás grupos (3)

El tamaño de este mercado es aproximadamente de un 25% de la población según los resultados de las encuestas.

Dada la creciente conciencia y preocupación de los consumidores por el impacto ambiental de sus elecciones de consumo, existe una oportunidad significativa para los productos de Upcycling. El aumento en la demanda de productos sostenibles, es evidente y se puede ver en el crecimiento de las ventas de productos con impacto positivo en plataformas como Mercado Libre, con los antecedentes tomados de ambos estudios sumados al contexto ambiental, social y legal en que se opera actualmente, se puede determinar que este crecimiento se sostendrá en el tiempo, además el alto porcentaje de consumidores dispuestos a pagar más por productos sostenibles sugieren una ventaja, sin embargo, se deben trabajar arduamente en disminuir el costo de producción para ampliar la participación del mercado.

3.2 EVALUACIÓN FINANCIERA PARA ESTABLECER LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

El objetivo de esta sección es comparar el estado actual de la Empresa junto con el caso mejorado, y de esta manera corroborar el impacto que tendrá en el proceso las mejoras propuestas, además de identificar los costos asociados a los cambios en la maquinaria y la misma adición de esta.

ESTADO ACTUAL

Como se estableció inicialmente, debido a problemas eléctricos y estructurales, la prensa caliente no tiene una producción estable y de calidad prolija; puede producir hasta 2 planchas por día, pero no de manera continua, y el producto obtenido no alcanza a cumplir los requerimientos mínimos de calidad deseada.

A continuación se detallan los costos asociados a la producción de planchas, considerando que la materia prima (pellets reciclados) son comprados.

Ítem	Costo
Mano de obra	\$ 33.333
Materia prima	\$ 12.000
Desmoldante	\$ 2.300
Lija	\$ 1.200
Electricidad	\$ 772
Total	\$ 49.605

Tabla 1-3 “Costo de producción por plancha, caso actual.”

La Empresa también compartió sus costos fijos mensuales.

Costos fijos	
Arriendo	\$ 350.000
Softwares	\$ 176.160
Internet	\$ 35.000
Cuenta corriente	\$ 17.500
Imposiciones	\$ 400.000
Sueldos	\$ 4.370.000
Total CF	\$ 5.348.660

Tabla 2-3 “Costos fijos mensuales.”

Los costos variables de las planchas corresponden a los costos de envío desde Inproplas o el proveedor de la materia prima hasta el taller, el cual depende de la cantidad de pellets a transportar y el origen del envío.

Luego, al terminar los pedidos, se consideran los costos de envío desde el taller a Wareclouds en Las Condes, Santiago, la compañía de logística que maneja los envíos de la Empresa, el cual depende del peso de la carga. A continuación, se detalla un ejemplo de los costos mensuales de Wareclouds por concepto de manejo logístico.

Costos Wareclouds	
Número de envíos	80
Costo total	\$ 484.226
Costo unitario	\$ 6.053

Tabla 3-3 “Ejemplo de costos de servicio logístico Wareclouds.”

Por último, cada plancha se vende por **70.000** pesos chilenos, por lo que el margen de ganancia por plancha es de **20.395** pesos chilenos.

ESCENARIO MEJORADO

A través de las implementaciones sugeridas en el capítulo anterior, se desea alcanzar una estabilidad productiva en cuanto a calidad y cantidad, esto se traducirá directamente en un menor costo por plancha, al reducir los tiempos necesarios de elaboración y aumentar la producción.

El costo de mano de obra actual para realizar una plancha es de 33.333 pesos chilenos, considerando que la elaboración de una plancha demora 4 horas, la hora hombre es igual a **8.334** pesos chilenos. Con la implementación de las mejoras, se espera que cada plancha tome sólo 1,6 horas en producirse, lo que nos daría un costo de mano de obra de **13.334** pesos chilenos por plancha.

De esta manera el costo por plancha queda definido de la siguiente forma.

Ítem	Costo
Mano de obra	\$ 13.334
Materia prima	\$ 12.000
Desmoldante	\$ 2.300
Lija	\$ 1.200
Electricidad	\$ 772
Total	\$ 29.606

Tabla 4-3”Costo de producción por plancha, caso mejorado.”

Por lo tanto, el margen de ganancia ascendería a **40.394** pesos chilenos.

INVERSIÓN

Las modificaciones y adiciones a realizar al cuerpo productivo de la Empresa fueron concebidas a través de la metodología QFD, desde la traducción de las necesidades del cliente hacia aspectos técnicos concretos dentro de la producción, y están compuestos por:

- **Sustitución de elementos calefactores:** 2 elementos calefactores eléctricos de aluminio fundido (1 x 1 x 0,03 m.)
- **Sustitución de placas calefactoras:** 2 planchas de aluminio (1,2 x 1,2 x 0,003 m.)
- **Modificación de maquinaria:** en la prensa fría, reemplazar las placas compresoras por perfiles de acero (4 x 4 cm.)
- **Adición de maquinaria:** añadir una prensa fría al cuerpo productivo con la modificación anterior.

A continuación, se detallan los costos asociados a la inversión propuesta.

Ítem	Especificación	Cant.	Precio	Costo
Calefactor	Casting Aluminum Heating Plate	2	1200000	2400000
Placas calefactoras	7075-T651 Aluminum Plate 1,2x1,2 m 30 mm	2	2551309	5102618,46
Placas del molde	6061-T6 Aluminum Sheet 1,05x1,05 m 3 mm	2	148183	296365,04
Perfiles	Perfil Cuadrado Acero 20x2 mm 6 m	3	7270	21810
Prensa fría		1	3500000	3500000
			Total	7820793,5

Tabla 5-3 “Detalle de costo de inversión.”

COMPARATIVA DE ESCENARIOS

La evaluación financiera de este proyecto se realizará a través del cálculo del Valor Actual de los Costos (VAC), una metodología que permite analizar la viabilidad de las mejoras propuestas sin depender de los ingresos proyectados. Dado que la empresa no cuenta con un historial de ventas de planchas de plástico reciclado y que basar un flujo de caja tradicional en ingresos estimados resultaría altamente especulativo, el análisis se centrará exclusivamente en los costos asociados al escenario actual y mejorado, y su objetivo es evaluar si las mejoras técnicas propuestas justifican la inversión requerida.

Para el cálculo de este análisis financiero se utilizó una tasa de descuento del 15%, y se especuló que el mercado podría crecer 5% anualmente, aumentando la demanda. También se supuso que los ingresos de este proyecto proveerán alrededor del 25% de los ingresos de la empresa, por lo que esa proporción le fue imputada al costo fijo.

Tasa de descuento		15%			
Escenario 1					
	1	2	3	4	5
Prod de planchas (anual)	480	504	529	556	583
Costos fijos	1.337.165	1.337.165	1.337.165	1.337.165	1.337.165
Costos variables	23.810.400	25.000.920	26.250.966	27.563.514	28.941.690
inversión	0				
FCC	25.147.565	26.338.085	27.588.131	28.900.679	30.278.855
VAC (Escenario 1)		91.500.467			
Escenario 2					
	1	2	3	4	5
Prod de planchas (anual)	480	504	529	556	583
Costos fijos	1.337.165	1.337.165	1.337.165	1.337.165	1.337.165
Costos variables	14.210.880	14.921.424	15.667.495	16.450.870	17.273.413
inversión	11.320.794				
FCC	26.868.839	16.258.589	17.004.660	17.788.035	18.610.578
VAC (Escenario 2)		66.261.990			

Tabla 6-3 “Comparativa de VAC entre escenarios.”

A través de los resultados obtenidos, es claro visualizar que a largo plazo el Escenario 2, es decir, el aplicar las reformas sugeridas, es el camino a tomar más conveniente para la Empresa, y justifica la inversión que se ha diseñado y propuesto.

3.3 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

A través del presente trabajo se evaluó la viabilidad técnica y financiera de implementar mejoras en el proceso de fabricación de planchas de plástico reciclado, con el objetivo de diagnosticar las principales limitaciones del proceso actual, proponer soluciones técnicas viables y validar su impacto mediante un análisis financiero.

La metodología clave utilizada en este estudio fue el Despliegue de la Función de Calidad (QFD), que permitió traducir los requerimientos del cliente en especificaciones técnicas y guiar el diseño de las mejoras propuestas. Este enfoque garantizó que las soluciones no solo respondieran a las necesidades del mercado, sino que también se alinearan con las capacidades técnicas y operativas de la empresa.

A través de un análisis comparativo entre el escenario actual y el escenario mejorado, se empleó el Valor Actual de los Costos (VAC) como principal indicador financiero, en respuesta a los desafíos asociados con la falta de datos históricos de ventas específicas para este producto. Los resultados obtenidos demuestran que las propuestas de mejora son financieramente más convenientes, ya que permiten una reducción significativa de los costos operativos, incluso considerando la inversión inicial necesaria para implementar los cambios.

En términos técnicos, las iniciativas planteadas optimizan los costos variables, modernizan los equipos y garantizan una producción consistente y de calidad. Estas mejoras no solo benefician la sostenibilidad económica del proyecto, sino que también refuerzan el compromiso de la empresa con la economía circular, al maximizar el valor de los materiales reciclados y fomentar procesos más eficientes.

En conclusión, este proyecto no sólo valida la viabilidad técnica y financiera de las mejoras propuestas, sino que también evidencia el impacto positivo del uso de herramientas como el QFD en la identificación y solución de problemáticas productivas. La implementación de estas iniciativas tiene la capacidad de posicionar a la empresa como un referente en la producción de materiales reciclados, alineándose con las tendencias globales de sostenibilidad e innovación.

BIBLIOGRAFÍA

- ★ <https://www.coremarkmetals.com/6061-t6-aluminum-sheet>
- ★ <https://www.coremarkmetals.com/7075-t651-aluminum-plate?srsltid=AfmBOooKkBpDzYLTuwnxisB1JbDbhdEKF95dsp3cw7qJw2NnTHJtyEZ7>
- ★ <https://jayeheater.en.made-in-china.com/product/ZBzJAMTvbuYS/China-Casting-Aluminum-Heating-Plate-for-Heat-Press-Machine.html>
- ★ https://www.cnxtal.com/Aluminum_Plate.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifgxwaS-kbFOG5hBeYQf9DgCfz83gY1ahuZ42ogLVjpxwKNx0hBLOOwaAkVrEALw_wcB
- ★ https://www.alibaba.com/product-detail/aluminum-plate-casting-heater-for-heat_62301926620.html?spm=a2700.7724857.0.0.61a148a8zohoPd
- ★ <https://community.preciousplastic.com/how-to?sort=Newest>

- ★ https://www.plasticoflux.cl/collections/all?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiApNW6BhD5ARIsACmEbkUmaOcmvhL64f2_LzWoYyqg_ud3ukJrWagrQvvxOjupv9da_LW681IaAqNdEALw_wcB
- ★ <https://www.behance.net/gallery/66902733/Heat-Press-Machine>
- ★ International Organization for Standardization. (2007). *Plastics — Decorative solid surfacing materials. (ISO 19712-2)*.
- ★ Paolo, F., & Mantia, L. (n.d.). *Basic concepts on the recycling of homogeneous and heterogeneous plastics. Com.Ar*. Retrieved May 14, 2023, from https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Material_de_referencia/Basic_Concepts_on_the_Recycling%20of%20Plastics.pdf
- ★ Joseph, A. (2018, January 24). *First scientific tests prove HDPE's recycling properties. Canadian Packaging*. <https://www.canadianpackaging.com/general/first-scientific-tests-prove-hdpe-recycling-properties-158804/>