

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
ESPEJOS EN LA EMPRESA ESPEJOS VALVERDE
EN EL PERIODO QUE COMPRENDE EL III
CUATRIMESTRE DEL 2025.**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

AUTOR: EMILIO VALVERDE BALTODANO

TUTOR: ING. NAHUM MONTIEL SALAS

SAN JOSÉ, 2025

Acta aprobación.

Carta de aprobación del tutor.

09 de diciembre 2025

CARTA DEL TUTOR

Registro
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores

El estudiante **Emilio Valverde Baltodano** cédula número **1-14610-080**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación el trabajo de investigación denominado: **"MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ESPEJOS EN LA EMPRESA ESPEJOS VALVERDE EN EL PERIODO QUE COMPRENDE EL III CUATRIMESTRE DEL 2025"** el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, eh verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría, y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

A.	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10%
B.	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C.	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	30%	30%
D.	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
E.	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	20%
	TOTAL	100%	100%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura

Atentamente:

**NAHUM
MONTIEL
SALAS**

Digitally signed by
NAHUM MONTIEL SALAS
Date: 2025.12.09
17:54:26 -06'00'

Ing. Nahum Montiel Salas, MBA.

Cédula: 3030980713

Camé CITEC: IPI-41226



**CARTA DEL
TUTOR.pdf**

Carta de aprobación del lector

CARTA DE LECTOR

San José, 13 de enero del 2026

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante Emilio Valverde Baltodano, cédula de identidad No. 114610080, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado " Mejora en la línea de producción de espejos en la empresa espejos Valverde en el periodo que comprende el III cuatrimestre del 2025", el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma ROBERTO SANCHEZ MORALES (FIRMA)
Nombre: Roberto Sánchez Morales
Cédula: 900810622

Firmado digitalmente por
ROBERTO SANCHEZ MORALES
(FIRMA)
Fecha: 2026.01.13 09:44:33
00000



CARTA DEL LECTOR -
Emilio Josue Valverde

Carta de aprobación del CENIT

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 16 de enero del 2026.

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Emilio Valverde Baltodano con número de identificación 1-14610080 autor (a) del trabajo de graduación titulado Mejora en la línea de Producción de Espejos en la empresa Espejos Valverde en el periodo que comprende el III trimestre del 2025.

presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

Emilio Valverde 1-14610080
Firma y Documento de Identidad



Carta autorización
CENIT.pdf

Dedicatoria.

A mis padres Emilio Valverde Hidalgo y Luisa Baltodano Camacho, que estuvieron siempre apoyándome en todo lo que fuera posible, preguntando en todo momento como me iba con la Tesis, este logro es para ustedes.

También, a mi novia Ashlee Marín Marín, el apoyo que recibí a lo largo de este proceso ha sido de gran valor para no rendirme y salir adelante.

Agradecimiento.

A Espejos Valverde por brindarme el apoyo y colaboración del personal para llevar a cabo esta labor tan importante en mi desarrollo personal.

Epígrafes.

Índice

Acta aprobación.....	II
Carta de aprobación del tutor.....	III
Carta de aprobación del lector.....	IV
Carta de aprobación del CENIT.....	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento.....	VII
Epígrafes.....	VIII
Índice figuras.....	XV
Índice de tablas.....	XVII
Acrónimos y siglas.....	XVIII
Resumen ejecutivo.....	XIX
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Descripción general del proyecto.....	2

1.2. Identificación de la empresa.....	2
1.2.1. Descripción general de la organización	2
1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución	5
1.3. Planteamiento del problema	7
1.3.1. Definición y medición del problema	7
1.3.2. Justificación.....	9
1.3.3. Objetivo General.....	9
1.3.4. Objetivos Específicos.....	10
1.4. Alcances y limitaciones	10
1.4.1. Alcances.	11
1.4.2. Limitaciones.	11
Capítulo II: Marco teórico.....	13
2.1. Marco conceptual general relativo a la carrera.....	14
2.1.1. Ingeniería Industrial.....	14

2.1.2.	Estadística	14
2.1.3.	Mejora de procesos	16
2.2.	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.	16
2.2.1.	Fase de definir	17
2.2.2.	Fase de medir.....	19
2.2.3.	Fase de analizar	21
2.2.4.	Fase de implementar	23
2.2.5.	Fase de controlar.....	24
2.3.	El marco conceptual referente al impacto del proyecto.	26
2.3.1.	Corto Plazo:.....	26
2.3.2.	Mediano plazo	26
2.3.3.	Largo plazo.....	27
2.4.	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.	27
Capítulo III: Marco metodológico.		30

3.1. Metodología para la definición del problema.....	31
3.2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.	33
3.3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.	35
3.4. Metodología para la implementación del proyecto.	37
3.5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados. .	39
Capítulo IV: Línea base y análisis de causas.....	41
4.1. Definir	42
4.1.1. Gemba Walk.....	43
4.1.2. Diagrama de flujo	45
4.1.3. Diagrama SIPOC	48
4.2. Medir.....	50
4.2.1. Datos históricos	51
4.2.2. Diagrama Pareto	59

4.3. Analizar	60
4.3.1. Lluvia de ideas.....	61
4.3.2. Diagrama causa efecto	62
Capítulo V: Diseño e implementación de la solución.....	66
5.1. Mejorar.....	68
5.1.1. Estandarización del proceso	68
5.1.2. Planos de corte.....	72
5.1.3. Programa de capacitación	78
5.2. Controlar	81
5.2.1. Checklist de verificación (estandarización del proceso).....	81
5.2.2. Gráfico de control U	84
5.2.3. Diagrama de Gantt para la capacitación	87
5.3. Análisis económico.....	89
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	94

Conclusiones	95
Recomendaciones	97
Bibliografía.....	100

Índice figuras.

Figura 1. Ubicación de la empresa.....	3
Figura 2. Representación de diseño	4
Figura 3. Estructura organizacional	6
Figura 4. Sobrantes de material	8
Figura 5. Diagrama de flujo	18
Figura 6. Diagrama SIPOC	19
Figura 7. Gráficos estadísticos.....	20
Figura 8. Diagrama de Pareto.....	21
Figura 9. Lluvia de ideas	22
Figura 10. Diagrama causa efecto.....	23
Figura 11. Diagrama Gantt.....	25
Figura 12. Gráficos de control.....	25
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso	46

Figura 14. Diagrama SIPOC.....	48
Figura 15. Orden de compra.....	52
Figura 16. Pedidos mensuales por tipo de medida	53
Figura 17. Pareto de causas de los desperdicios	60
Figura 18. Lluvia de ideas	61
Figura 19. Diagrama causa efecto.....	63
Figura 20. Diagrama de flujo nuevo proceso	69
Figura 21. Plano espejos de 55cm x 65cm	73
Figura 22. Plano espejos de 46cm x 126cm	74
Figura 23. Plano espejos de 37cm x 47cm	75
Figura 24. Ejemplo de aplicación	76
Figura 25. Checklist de cumplimiento del proceso.....	82
Figura 26. Gráfico U desperdicio	86
Figura 27. Diagrama de Gantt	88

Índice de tablas.

Tabla 1. Metodología para la definición del problema	32
Tabla 2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto	34
Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	36
Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto.	38
Tabla 5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados ..	40
Tabla 6. Pedidos mensuales por tipo de medida.....	53
Tabla 7. Ingresos mensuales por tipo de medida.....	55
Tabla 8. Utilización del material	56
Tabla 9. Causas de los desperdicios.....	59
Tabla 10. Resumen de problemas y propuestas de mejora	67
Tabla 11. Uso de la lámina anterior versus el actual	76

Acrónimos y siglas

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar.

Resumen

Valverde, Emilio (2025). *MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ESPEJOS EN LA EMPRESA ESPEJOS VALVERDE EN EL PERIODO QUE COMPRENDE EL III CUATRIMESTRE DEL 2025*. Proyecto de graduación para optar por la Licenciatura en Ingeniería Industrial. Ing. Nahum Montiel Salas.

El proyecto fue realizado en la empresa Espejos Valverde, ubicada en Desamparados, San José, esta empresa se dedica a la fabricación de espejos con marco de madera por contrato. La problemática está relacionada con el desperdicio de material, específicamente de láminas de espejo, durante el proceso de corte. Como resultado para contrarrestar esta situación, el objetivo principal está basado en proponer una mejora en el proceso de corte de láminas de espejo con el fin de reducir el desperdicio de material y los costos operativos, teniendo como alcance la medición de desperdicio generado y su impacto económico en la operación. Una limitación que restringe este alcance es que no se cuenta con sistemas automatizados de diseño de corte.

Se utilizó la metodología DMAIC, con el fin de recopilar datos relevantes del proceso, identificar las causas raíz de los principales desperdicios y retrasos, utilizando herramientas como SIPOC, diagrama de flujo, Pareto e Ishikawa y otros. Entre las causas principales se determinó que los cortes mal planificados, deficiente trazado en la lámina de espejo y errores en la interpretación de planos son factores que aquejan directo al problema principal. Como resultado, las propuestas de mejora son estandarizar el proceso de corte, garantizar un trazado más exacto de las láminas y fortalecer la interpretación de planos, dando como conclusión un impacto positivo en la productividad, con una reducción del desperdicio entre un 15% a 45%, consolidando un sistema de trabajo más ordenado y eficaz con checklist e indicadores de seguimiento para su estandarización.

Capítulo 1. Introducción

1.1. Descripción general del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo principal mejorar el proceso de fabricación de espejos mediante la identificación y eliminación de ineficiencias que afectan la productividad. El proyecto se desarrolla en un contexto de producción personalizada, en el que se elaboran espejos de distintas medidas y características para tres proveedores diferentes, lo que representa un desafío en términos de variabilidad y estandarización.

Para abordar esta situación, se emplea la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), propia del enfoque Seis Sigma, con el fin de estructurar el análisis y garantizar una mejora sostenible. Esta metodología permite definir con claridad el problema, recopilar datos relevantes del proceso, identificar las causas raíz de los principales desperdicios y retrasos, diseñar soluciones técnicas viables, y establecer mecanismos de control que aseguren la permanencia de los resultados alcanzados.

A través de la aplicación de DMAIC, se pretende lograr una reducción en el desperdicio de materia prima, una mejora en los tiempos de respuesta a los pedidos, y un aumento en la eficiencia general del proceso, todo ello sin comprometer la calidad del producto entregado a los clientes.

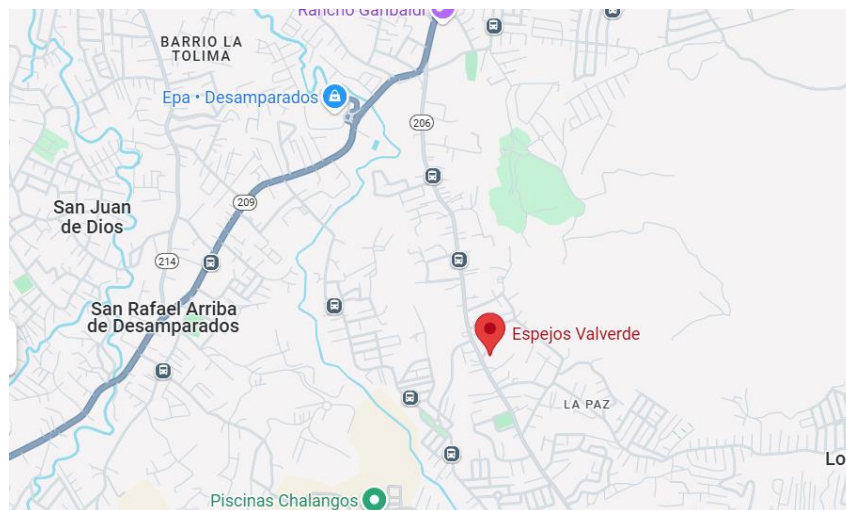
1.2. Identificación de la empresa

1.2.1. Descripción general de la organización

Espejos Valverde es una empresa costarricense ubicada en el cantón de Desamparados, San José, dedicada a la fabricación de espejos personalizados para uso residencial, comercial y decorativo.

Con varios años de experiencia en el mercado nacional, la empresa se especializa en la producción artesanal y semi-industrial de espejos de distintas medidas y acabados, según los requerimientos específicos de cada cliente.

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Maps, 2025

Actualmente, Espejos Valverde atiende a tres proveedores principales que operan en sectores como la construcción, diseño de interiores y distribución de artículos para el hogar. La empresa se caracteriza por su capacidad de adaptación a pedidos personalizados y por mantener un equilibrio entre la calidad del producto final y los tiempos de entrega establecidos.

Su operación comprende actividades como el corte de espejo, pulido, ensamblado y embalaje, ejecutadas con un enfoque orientado a la atención al cliente y el cumplimiento de especificaciones técnicas. La mayoría de los procesos son realizados de manera manual o con apoyo de maquinaria básica. Algunos de los estilos fabricados se muestran a continuación:

Figura 2. Representación de diseño



Fuente: Espejos Valverde, 2025

La misión de la empresa consiste en: “Ofrecer soluciones en espejos de alta calidad, adaptadas a las necesidades específicas de nuestros clientes, mediante procesos artesanales y técnicos que combinan precisión, compromiso y atención al detalle, contribuyendo al embellecimiento y funcionalidad de los espacios donde se instalan nuestros productos” (Espejos Valverde, 2025).

Por otra parte, la visión es: “Ser una empresa líder en Costa Rica en la fabricación personalizada de espejos, reconocida por su excelencia en calidad, puntualidad en la entrega y capacidad de adaptación, manteniéndonos a la vanguardia del diseño y la innovación en el sector vidriero-artesanal” (Espejos Valverde, 2025).

1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución

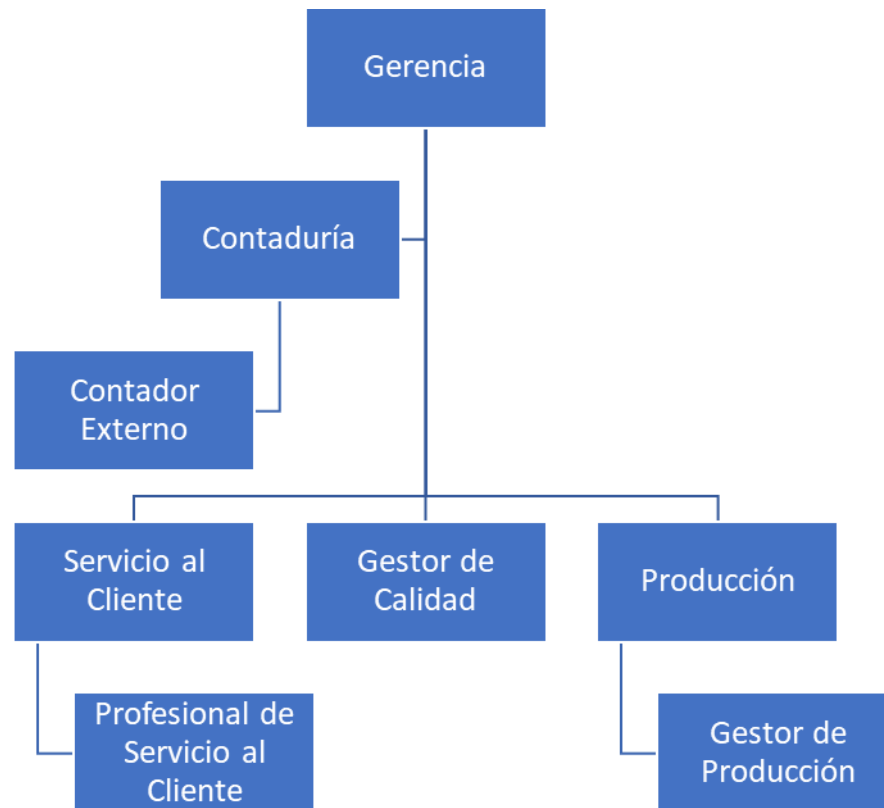
Espejos Valverde es una empresa de carácter familiar ubicada en el cantón de Desamparados, San José, Costa Rica, cuya actividad principal es la fabricación y comercialización de espejos personalizados para tres proveedores estratégicos.

La estructura organizacional de Espejos Valverde, según se observa en el organigrama, es funcional y de carácter compacto, adecuada al tamaño y necesidades operativas de la empresa. Está liderada por una Gerencia General, bajo la cual se articulan las áreas de Contaduría, Servicio al Cliente, Gestión de Calidad y Producción. Cada una de estas áreas desempeña un rol clave en el ciclo productivo y en la atención de pedidos.

- La Contaduría se apoya en un Contador Externo para el manejo fiscal y financiero.
- El área de Servicio al Cliente se encarga de la atención directa con los proveedores y clientes, así como del seguimiento a pedidos, contando con un profesional asignado exclusivamente a estas tareas.
- El Gestor de Calidad vela por el cumplimiento de los estándares establecidos y la inspección de los productos antes de su entrega.
- El área de Producción es dirigida por un Gestor de Producción, quien organiza y supervisa los procesos de corte, pulido, ensamblaje y acabado de los espejos.

Para ver más a detalle lo mencionado anteriormente la siguiente figura muestra la estructura organizacional de la empresa:

Figura 3. Estructura organizacional



Fuente: Espejos Valverde, 2025

A pesar de contar con una estructura definida, la empresa enfrenta algunos desafíos operativos propios del entorno pyme, como la limitada automatización de procesos, la dependencia de mano de obra especializada, y la variabilidad en los pedidos según las especificaciones de cada proveedor. Estos factores hacen necesario el desarrollo de proyectos de mejora continua que permitan aumentar la eficiencia, reducir el desperdicio y asegurar la calidad final del producto.

1.3.Planteamiento del problema

En esta sección se detalla el problema que tiene la empresa Espejos Valverde y que será la base a solucionar durante la elaboración del proyecto.

1.3.1. Definición y medición del problema

En el marco del presente proyecto de mejora, se ha identificado una problemática significativa relacionada con el desperdicio de material, específicamente de láminas de espejo, durante el proceso de corte y fabricación de espejos. Esta situación afecta directamente la eficiencia operativa y la rentabilidad de la empresa.

En la actualidad cada lámina que se compra tiene una medida de 1,83m x 2,44m, esto representa un área total de 4,46m², de esta área se estima que por lámina se pierden 1,38m², lo que representa un 31% del total de la lámina. La empresa solo crea espejos cuadrados o rectangulares por lo que este espejo restante no puede ser utilizado para la realización de otros espejos.

Durante el año 2024, Espejos Valverde registró un gasto en espejo de \$18.321,02, lo cual debido al porcentaje de desperdicio mencionado anteriormente representa \$5.679. Este porcentaje evidencia una proporción alta de costos de materia prima desperdiciada, lo que limita el margen de ganancia y evidencia un uso poco eficiente de los recursos.

Tras un análisis preliminar del proceso productivo, se identificó que una de las principales causas de este elevado gasto en material es el desperdicio generado durante el corte de las láminas de espejo. En múltiples ocasiones, al cortar una pieza según las especificaciones del pedido, el

restante de la lámina no se puede reutilizar, ya que sus dimensiones no calzan con las medidas de otros espejos solicitados. Esto genera acumulación de sobrantes no aprovechables y, en consecuencia, la necesidad de utilizar nuevas láminas completas, incrementando innecesariamente el consumo de espejo. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de piezas que quedan sobrantes:

Figura 4. Sobrantes de material



Fuente: Espejos Valverde, 2025

Este problema no solo genera desperdicio de material, sino que también afecta la planificación de inventario, la gestión de compras y la capacidad de respuesta ante pedidos urgentes. Además, incrementa la carga de trabajo en el área de producción y puede afectar la puntualidad en la entrega de pedidos.

1.3.2. Justificación.

La presente propuesta surge ante la necesidad de mejorar el aprovechamiento de los recursos materiales en el proceso de fabricación de espejos, específicamente en lo referente al uso de láminas de espejo. La relación desproporcionada entre ingresos y costos de producción, compromete la rentabilidad del negocio y evidencia una gestión ineficiente del espejo.

Implementar un proyecto de mejora basado en la metodología DMAIC se justifica plenamente, ya que este enfoque permite abordar el problema de forma estructurada: partiendo de una definición clara del problema, pasando por la recolección de datos relevantes, el análisis de causas raíz, la propuesta de soluciones técnicas, y el establecimiento de controles que garanticen la permanencia de las mejoras.

Además, este proyecto no solo tendrá impacto económico, al reducir el desperdicio de materia prima, sino que también fortalecerá la toma de decisiones en la producción, fomentará la estandarización de procesos, y permitirá a la empresa aumentar su eficiencia operativa sin comprometer la calidad del producto. En un contexto donde los márgenes son reducidos y la personalización es clave, mejorar la gestión del espejo representa una ventaja competitiva directa.

1.3.3. Objetivo General.

Proponer una mejora en el proceso de corte de láminas de espejo en la empresa Espejos Valverde, mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el fin de reducir el desperdicio de material y los costos operativos durante el proceso de fabricación de espejos.

1.3.4. Objetivos Específicos.

- Definir el problema relacionado con el desperdicio de espejo en el proceso productivo, mediante el análisis del flujo de trabajo actual y la recopilación de observaciones preliminares en planta.
- Medir el nivel actual de desperdicio de material, cuantificando la cantidad de espejo desaprovechado y su impacto económico, mediante la recolección y análisis de datos históricos y actuales.
- Analizar las causas raíz que originan el desperdicio de láminas de espejo, utilizando herramientas de análisis para identificar oportunidades de mejora.
- Mejorar el proceso de corte y distribución del espejo, proponiendo alternativas como la planificación de cortes, estandarización de medidas o reutilización de sobrantes.
- Controlar la implementación de las mejoras mediante la creación de indicadores clave de desempeño (KPIs), registros de control y procedimientos estandarizados que garanticen la sostenibilidad de los resultados obtenidos.

1.4. Alcances y limitaciones

El presente apartado expone los alcances y limitaciones del estudio, delimitando con claridad el contexto, el enfoque y el grado de profundidad con el que se abordan los resultados. Asimismo, se identifican los factores internos y externos que condicionan el desarrollo de la investigación y la interpretación de sus hallazgos.

1.4.1. Alcances.

El presente proyecto se enfocará exclusivamente en el proceso de corte y aprovechamiento de láminas de espejo dentro del área de producción de la empresa Espejos Valverde, ubicada en Desamparados, Costa Rica. El análisis comprende:

- La evaluación del flujo actual de trabajo desde la recepción de láminas hasta el corte de las mismas.
- La medición de desperdicio generado y su impacto económico en la operación.
- La identificación de las principales causas que originan el desaprovechamiento del material.
- La formulación de propuestas de mejora que optimicen el corte y reutilización de los remanentes.
- La implementación de herramientas básicas de control para asegurar la sostenibilidad de las soluciones propuestas.

El proyecto se desarrolla utilizando la metodología DMAIC, y se concentra únicamente en los productos que piden los 3 principales clientes de la empresa. Además, el trabajo incluye observaciones directas, entrevistas al personal involucrado, revisión de registros y análisis de datos históricos y actuales.

1.4.2. Limitaciones.

El alcance de este proyecto se encuentra restringido por las siguientes limitaciones:

- La empresa no cuenta con sistemas automatizados de diseño de corte (como software de optimización de corte de espejo), lo que limita la aplicación de soluciones digitales complejas.
- El corte de espejo es mayoritariamente manual, lo que introduce variabilidad en los resultados y puede dificultar la estandarización completa.
- El tiempo destinado al desarrollo del proyecto está sujeto a los plazos del calendario académico, lo que limita la posibilidad de observar resultados de largo plazo.
- La empresa no mantiene registros detallados ni digitalizados de los volúmenes de desperdicio acumulado, por lo que parte del análisis dependerá de datos actuales y estimaciones aproximadas.
- El proyecto no aborda otras áreas de la empresa, como el servicio al cliente, la contaduría o la gestión de inventarios generales, ya que se concentrará únicamente en la sección de producción y corte de espejo.

Capítulo II: Marco teórico.

2.1. Marco conceptual general relativo a la carrera

2.1.1. *Ingeniería Industrial*

Herrera, Carrillo y Cohen (2024) examinan en su investigación la trayectoria y las tendencias de la ingeniería industrial en América Latina. Mediante un análisis bibliométrico y prospectivo, identificaron que esta disciplina ha conservado una presencia relevante y sostenida en la región, mostrando un incremento en la producción científica y en la incorporación de tecnologías de vanguardia junto con metodologías actuales. Los autores señalan que el panorama de la ingeniería industrial en América Latina es favorable para el desarrollo futuro, sobre todo en lo que respecta a la integración de innovaciones tecnológicas y enfoques modernos en el ámbito académico y empresarial.

De acuerdo con Alvarado (2016), la ingeniería industrial, al ser una disciplina de carácter multifacético, se orienta hacia el estudio, diseño, construcción e implementación de técnicas que buscan optimizar distintos procesos. Esta área del conocimiento se articula tanto con la matemática como con la interacción humana, generando un vínculo integral que aprovecha los recursos naturales.

Los campos de aplicación de la ingeniería industrial son diversos, entre los que se destacan según Alvarado (2016):

- **Optimización de Procesos:** análisis y diseño de sistemas para incrementar la eficiencia y productividad.

- **Gestión de Operaciones:** planificación y control de la producción, administración de inventarios, programación y gestión de la cadena de suministro.
- **Diseño de Sistemas de Calidad:** creación de modelos de gestión que aseguren el cumplimiento de estándares y requisitos de calidad.
- **Ergonomía y Seguridad Laboral:** diseño de espacios de trabajo seguros y ergonómicos, identificación y reducción de riesgos, promoción de prácticas laborales seguras.
- **Investigación de Operaciones y Modelado:** aplicación de técnicas analíticas para resolver problemas complejos de toma de decisiones.
- **Gestión de Proyectos:** organización, dirección y control de recursos para cumplir objetivos en tiempo, costo y calidad.

2.1.2. Estadística

Montgomery y Runger (2021) señalan que la estadística constituye una herramienta fundamental para representar fenómenos sujetos a incertidumbre y medir la variabilidad presente en los datos. Gracias a ello, se favorece la toma de decisiones sustentadas en evidencia en campos como la ingeniería, la economía y las ciencias de la salud. Sus usos van desde el aseguramiento de la calidad en procesos productivos hasta el examen de grandes volúmenes de información propios del Big Data.

Por su parte, Agresti (2020) destaca que la estadística resulta indispensable en la investigación empírica, ya que posibilita reconocer patrones, comprobar hipótesis y analizar las relaciones entre distintas variables. En especial, la inferencia estadística ofrece métodos para extrapolar

conclusiones sobre poblaciones a partir de muestras representativas, lo cual es esencial en estudios tanto experimentales como observacionales.

2.1.3. Mejora de procesos

Anjard (2021) plantea que la mejora de procesos consiste en detectar oportunidades de optimización dentro de un flujo de trabajo, apoyándose en metodologías como Lean, Six Sigma y Business Process Management (BPM). La aplicación de estas herramientas brinda a las organizaciones la posibilidad de fortalecer su competitividad y adaptarse con mayor agilidad a entornos de mercado cambiantes.

Por su parte, Harrington y Voehl (2020) sostienen que este enfoque contribuye a un uso más eficiente de los recursos, a la reducción de los tiempos de entrega y al incremento de la satisfacción de los clientes. Estrategias como la reingeniería de procesos y la automatización han resultado fundamentales en la transformación de los modelos operativos contemporáneos.

2.2. Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.

En este proyecto se tomará como base la metodología DMAIC, la cual se estructura en cinco fases orientadas a la resolución de problemas dentro de las organizaciones. Dichas etapas son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. A continuación, se detallan cada una de ellas junto con las herramientas que se emplearán en su aplicación.

2.2.1. Fase de definir

Gemba Walk

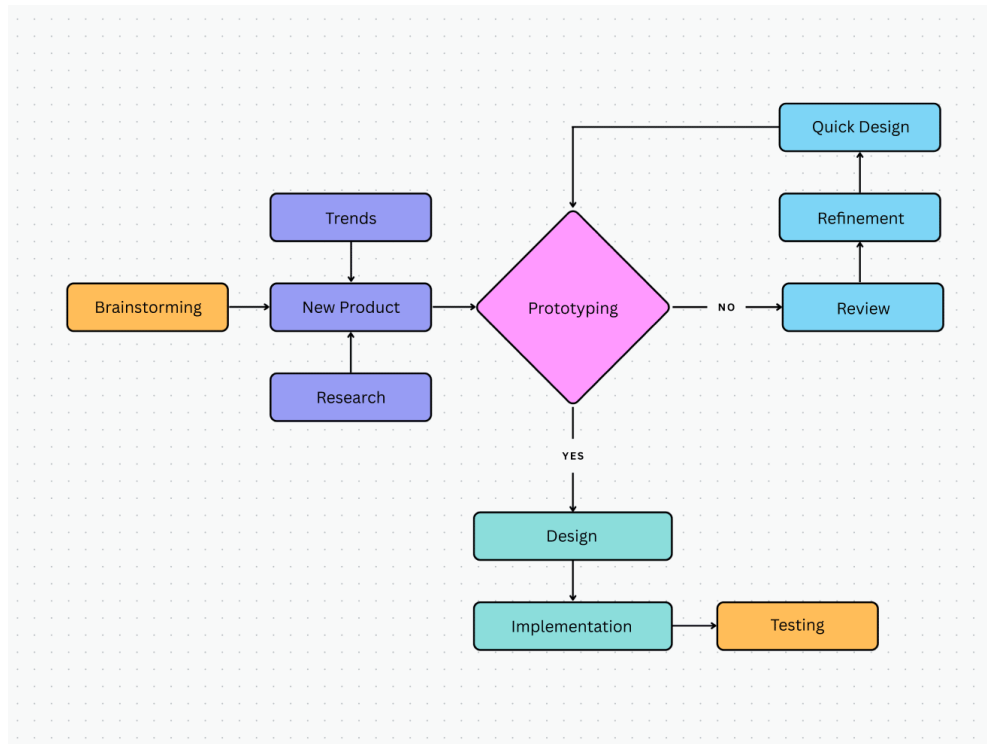
De acuerdo con López y Rodríguez: “El Gemba Walk es una herramienta clave del enfoque Lean que implica que los líderes vayan al lugar real donde ocurre el trabajo, con el propósito de observar, aprender y apoyar a los empleados en la mejora continua” (2020, p. 75).

Por otra parte, Gutiérrez y Hernández explican que “durante un Gemba Walk, el objetivo no es supervisar o controlar, sino comprender el proceso en profundidad y fomentar el diálogo con los operarios para identificar oportunidades de mejora” (2018, p. 134).

Diagrama de flujo

El diagrama de flujo constituye una herramienta sencilla de utilizar, ya que permite mostrar información relevante derivada del análisis de un proceso. Además, facilita la comprensión de las actividades al ayudar a identificar los puntos en los que existen oportunidades de mejora. En cuanto a sus definiciones, una de ellas señala: “El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso. A través de este se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizar y mejorar el proceso” (Rodríguez et al., 2023).

Figura 5. Diagrama de flujo



Fuente: Rodríguez et al, 2023

Diagrama SIPOC

Este tipo de diagrama de flujo de materiales se emplea para representar quién suministra y quién recibe las materias primas dentro de un proceso. Lizarzaburu et al. (2018) lo definen como una representación gráfica de la gestión de un proceso. Esta herramienta facilita la visualización del flujo de manera clara, permitiendo identificar a los actores involucrados, que son:

- **Proveedor (supplier):** individuo u organización que aporta los recursos necesarios al proceso.
- **Recursos (inputs):** todos los elementos requeridos para ejecutar el proceso, incluyendo información, materiales e incluso personas.

- **Proceso (process):** conjunto de actividades que convierten las entradas en resultados, generando un valor agregado.
- **Cliente (customer):** la persona o entidad que recibe el producto o servicio final del proceso.

Figura 6. Diagrama SIPOC



Fuente: Lizarzaburu et al, 2018

2.2.2. Fase de medir

Revisión de históricos

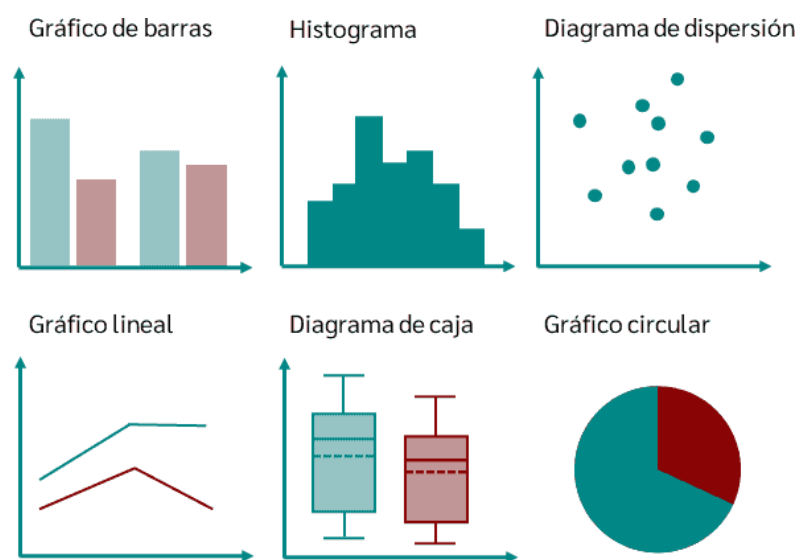
La revisión de datos históricos resulta fundamental para obtener información significativa acerca del comportamiento previo de un proceso. Este análisis contribuye a una visión más amplia de las condiciones actuales y respalda la toma de decisiones orientadas a la mejora continua. En esta etapa, el equipo del proyecto recopila y examina registros pasados relevantes con el fin de

comprender cómo ha sido el desempeño del proceso a lo largo del tiempo. Dichos registros pueden incluir indicadores de rendimiento, variables críticas, resultados de proyectos anteriores y cualquier otro dato que ofrezca una perspectiva histórica sobre el comportamiento del proceso (Pierce, 2022).

Gráficos estadísticos

El gráfico es una herramienta de representación visual utilizada en el análisis de datos para mostrar la proporción de diferentes categorías dentro de un conjunto. De acuerdo con Martínez y Gómez (2021) “los gráficos estadísticos permiten representar de forma visual los datos numéricos, facilitando su comprensión, comparación y análisis para la toma de decisiones”. La elección adecuada del tipo de gráfico depende del objetivo del análisis y del tipo de variable que se desea representar.

Figura 7. Gráficos estadísticos

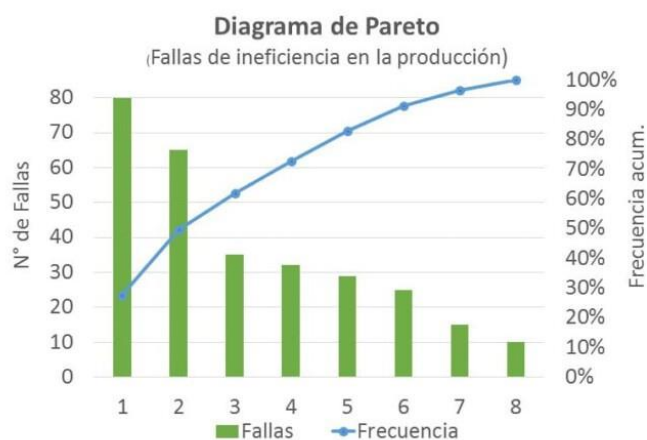


Fuente: Martínez y Gómez, 2021

Diagrama de Pareto

Este diagrama, denominado también curva cerrada o distribución A–B–C, funciona como una herramienta visual para la organización de datos. La información se dispone en orden descendente, de izquierda a derecha, representada mediante barras. De esta manera, es posible establecer un orden de prioridades que orienta la investigación y la resolución de problemas (Lizarzaburu et al., 2018).

Figura 8. Diagrama de Pareto



Fuente: Lizarzaburu et al, 2018

2.2.3. Fase de analizar

Lluvia de ideas

Según Trout (2021), la lluvia de ideas dentro del marco DMAIC se desarrolla en un ambiente que fomenta la confianza, donde los participantes pueden compartir propuestas sin temor a ser

juzgados. Se incentiva a los integrantes del equipo a expresar cualquier planteamiento, incluso aquellos que parezcan poco convencionales, con el propósito de generar una amplia variedad de alternativas para enfrentar el problema identificado. Posteriormente, estas ideas se analizan y se seleccionan las más viables para su puesta en práctica en la siguiente etapa del proceso de mejora.

Figura 9. Lluvia de ideas

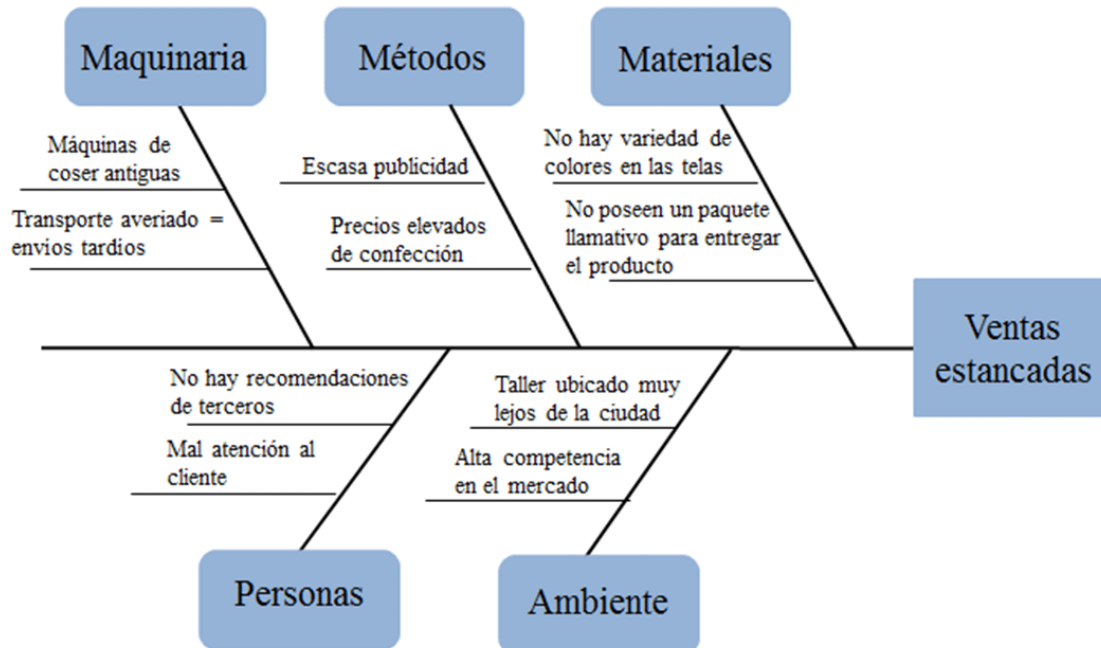


Fuente: Trout, 2021

Diagrama causa efecto

El diagrama causa-efecto es una herramienta de análisis que permite obtener una visión clara y detallada de las diversas causas que pueden originar un determinado problema. Es considerado una de las siete herramientas básicas de la calidad y también se conoce como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado (UNAM, 2023).

Figura 10. Diagrama causa efecto



Fuente: Lizarzaburu et al, 2018

2.2.4. Fase de implementar

Solver

De acuerdo con Vargas y Méndez la herramienta Solver de Excel es un complemento de optimización que permite encontrar la mejor solución posible para un problema que involucra múltiples variables y restricciones. Es especialmente útil en escenarios donde se busca maximizar ganancias, minimizar costos o alcanzar un objetivo específico dentro de ciertos límites. Solver aplica métodos matemáticos como la programación lineal, entera y no lineal, y convierte a Excel en un entorno accesible y poderoso para modelar problemas reales de negocios, finanzas, logística

y producción. Su interfaz amigable facilita el análisis de escenarios sin requerir conocimientos avanzados en programación o software especializado (2019, p. 153).

Programa de capacitación

Allen (2015) explica que un programa de capacitación es un conjunto organizado de actividades diseñadas para mejorar los conocimientos, habilidades y actitudes de los empleados, con el propósito de aumentar su eficacia en el puesto de trabajo y contribuir al logro de los objetivos organizacionales (p. 198).

2.2.5. Fase de controlar.

Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt constituye una herramienta que facilita la organización de un plan de trabajo de manera estructurada. En cuanto a su definición, Heizer, Render y Watson (2009) lo describen como “las gráficas de Gantt son una ayuda visual muy útil para determinar las cargas de trabajo y la programación”. Este recurso recibe su nombre de Henry Gantt, quien lo creó hacia finales del siglo XIX. Dichas gráficas permiten visualizar la utilización de los recursos, como los centros de producción y la fuerza laboral.

Figura 11. Diagrama Gantt

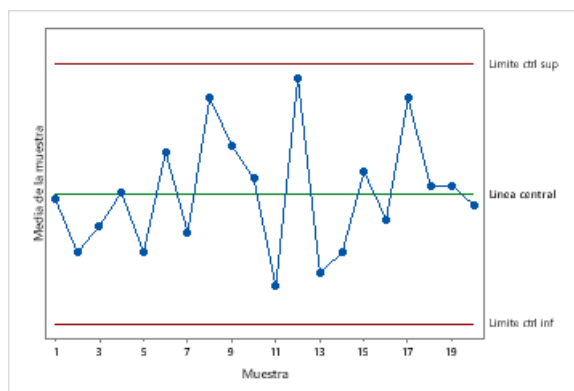
ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACION.												
	ABRIL				MAYO				JUNIO				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Programar jornadas de alfabetización tecnológica a usuarios.	■	■											
Verificar el estado de los equipos informáticos.		■	■										
Gestionar recursos para el mantenimiento y reparación de las P.C.				■									
Realizar mantenimiento a las P.C.					■	■	■						
Facilitar talleres a usuarios tecnológicos de la Institución.									■	■	■		
Jornada de cierre de proyecto en la Institución.												■	■

Fuente: Heizer, Render y Watson, 2009

Gráficos de control

Los gráficos de control constituyen herramientas visuales que permiten monitorear la estabilidad de un proceso a través del análisis de datos en distintos momentos. Su uso favorece la identificación temprana de desviaciones inusuales, lo que respalda la toma de decisiones fundamentadas en evidencia y contribuye a elevar la calidad y la eficiencia en las operaciones (Romero, 2021).

Figura 12. Gráficos de control



Fuente: Romero, 2021

2.3. El marco conceptual referente al impacto del proyecto.

En esta parte del documento se expondrá el impacto del proyecto en tres horizontes temporales: corto, mediano y largo plazo. El análisis considerará tanto los efectos inmediatos en el área específica donde se desarrolla la iniciativa, como las repercusiones más amplias a nivel de toda la organización.

2.3.1. Corto Plazo:

En el corto plazo, se espera una disminución inmediata en los niveles de desperdicio de espejo gracias a la implementación de acciones correctivas rápidas, como ajustes en los parámetros de maquinaria, capacitación operativa y una mejor clasificación del material defectuoso. Esto permitirá una mejora en la eficiencia del proceso productivo, una reducción de costos por reproceso y una mayor conciencia del personal sobre las causas del desperdicio.

2.3.2. Mediano plazo

A mediano plazo, el proyecto generará una estabilización del proceso productivo, con una mejora sostenida en los indicadores de rendimiento y calidad. La implementación de controles estadísticos y el uso de herramientas de análisis de causa raíz fortalecerán la capacidad del equipo para prevenir desviaciones y mantener bajos niveles de desperdicio. Esto se reflejará en una mayor productividad, reducción del consumo de materia prima y optimización del uso de recursos.

2.3.3. *Largo plazo*

En el largo plazo, la reducción del desperdicio contribuirá a la consolidación de una cultura de mejora continua dentro de la organización. Se logrará una mayor rentabilidad y competitividad, al contar con procesos estables, predecibles y alineados con estándares de calidad. Además, el impacto ambiental asociado al desecho de espejo se verá disminuido, fortaleciendo el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la eficiencia operativa.

2.4. Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.

- **Proyecto: Reducción de desperdicio de vidrio templado en la empresa Vitro Vidrio y Aluminio S.A. (Costa Rica):** Este proyecto se desarrolló en una empresa costarricense especializada en la producción de vidrio templado para puertas, ventanas y fachadas. El objetivo principal fue reducir el desperdicio generado en el proceso de corte, que representaba un 14% del total de materia prima utilizada. Se aplicó la metodología DMAIC del Seis Sigma y se identificaron como principales causas los errores en las medidas de corte y el uso incorrecto de herramientas por parte de los operarios. Como resultado, la empresa logró disminuir el desperdicio al 8%, lo que se tradujo en un ahorro mensual significativo y una mejora en la eficiencia del proceso (Rodríguez y Cordero, 2020).
- **Proyecto: Mejora en el proceso de corte de vidrio para reducir el scrap en Industrias GlasTech S.A. (Costa Rica):** Este proyecto fue ejecutado en una planta industrial costarricense dedicada a la fabricación de vidrio arquitectónico. Se enfocó en reducir el desperdicio generado en el área de corte automático de láminas de vidrio. El análisis

reveló problemas en la calibración de la máquina cortadora y fallos en la programación del diseño de corte. Tras implementar un plan de mantenimiento preventivo y entrenar a los técnicos en el uso del software de optimización de cortes, el scrap se redujo en un 35%. Además, se observó una disminución en el tiempo de producción y una mejora en la calidad del producto final (Jiménez y Valverde, 2021).

- **Proyecto: Implementación de Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en una planta de manufactura de vidrio plano (México):** Este proyecto se desarrolló en una planta mexicana que producía vidrio plano para aplicaciones residenciales e industriales. La empresa presentó altos índices de desperdicio por defectos de forma, rayaduras y cortes incorrectos. Al aplicar herramientas de Lean Manufacturing como 5S, estandarización de trabajo y poka-yoke, se logró una reducción del 40% en desperdicios durante los primeros seis meses. Se concluyó que la aplicación disciplinada de principios Lean no solo redujo el scrap, sino que también mejoró el clima laboral al involucrar al personal en las mejoras (González y Pérez, 2019).
- **Proyecto: Reducción del scrap en el proceso de producción de envases de vidrio mediante control estadístico de procesos (Colombia):** Este estudio se llevó a cabo en una planta colombiana que fabricaba botellas de vidrio. Se enfocó en aplicar gráficos de control y análisis de causas comunes y especiales para disminuir el scrap en la línea de moldeado. Se identificó una variación significativa en la temperatura del horno como principal factor de defectos. Tras corregir este parámetro y establecer límites de control estables, el nivel de desperdicio se redujo en un 25%. El proyecto concluyó que el uso de

herramientas estadísticas facilita una toma de decisiones más precisa y basada en datos reales (Ramírez y Franco, 2018).

Capítulo III: Marco metodológico.

3.1. Metodología para la definición del problema

Dentro de la etapa de Definición correspondiente al enfoque DMAIC, se delimita con claridad el problema que se desea solucionar, así como los objetivos de mejora que se pretenden alcanzar. Durante este proceso, se lleva a cabo un análisis de los procesos internos de la organización, considerando su vinculación con los proveedores y las principales entradas y salidas del sistema. Este análisis proporciona una comprensión integral de la situación actual, sirviendo de base para implementar mejoras estructuradas en los procesos.

Para alcanzar estos fines, se inicia con un Gemba Walk, el cual consiste en la observación directa y en sitio de los procesos operativos. Esta actividad implica recorrer las áreas involucradas para documentar cómo se llevan a cabo las actividades en la práctica, identificar oportunidades de optimización y entender la interacción entre los distintos departamentos y los proveedores.

Posteriormente, se desarrolla un diagrama de flujo que permite representar gráficamente las diferentes etapas del proceso. Esta herramienta contribuye a visualizar de manera clara cada fase, lo que facilita la detección de ineficiencias, actividades duplicadas o posibles cuellos de botella que puedan impactar negativamente el desempeño del sistema.

Finalmente, se elabora un diagrama SIPOC, el cual permite identificar de forma estructurada los elementos clave del proceso, incluyendo proveedores, insumos, actividades, productos finales y clientes. Esta herramienta brinda una visión general que facilita la comprensión integral del sistema y respalda la toma de decisiones en las siguientes fases del proyecto.

Tabla 1. Metodología para la definición del problema

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsable
Comprender los procesos internos de la empresa y su relación con proveedores	Registrar y examinar las actividades internas de la organización	Gemba Walk	Realizar recorridos y revisiones para recopilar y documentar los procesos internos	3 semanas	Desarrollador del proyecto
Representar de manera visual el proceso actual	Elaborar un registro gráfico de las etapas del proceso	Diagrama de flujo	Mostrar la secuencia de pasos para facilitar la comprensión y comunicación de la lógica del proceso	3 semanas	Desarrollador del proyecto
Identificar entradas y salidas del proceso	Analizar detalladamente la estructura organizacional y la interacción con proveedores	Diagrama SIPOC	Definir el procedimiento, enumerar las etapas, representarlas gráficamente y compartir el diagrama con los involucrados	3 semanas	Desarrollador del proyecto

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.

En la etapa de Medición dentro del enfoque DMAIC, se lleva a cabo la recopilación y el análisis de datos esenciales con el fin de cuantificar el rendimiento actual del proceso. Esta fase permite establecer una referencia inicial que servirá para comparar y medir los resultados de las acciones de mejora. Además, proporciona información objetiva que respalda la toma de decisiones fundamentadas.

Como primer paso, se realiza un análisis de los datos históricos disponibles, examinando los registros previos para comprender el comportamiento y la evolución del proceso a lo largo del tiempo. Esta revisión permite identificar patrones, tendencias o desviaciones que puedan estar afectando el desempeño de manera significativa.

Seguidamente, se elaboran representaciones gráficas que muestran de forma visual las mediciones obtenidas. Estas gráficas facilitan la interpretación de los datos, permiten identificar fluctuaciones en el proceso y mejoran la comprensión de la información por parte de los diferentes miembros del equipo.

Por último, se aplica un diagrama de Pareto, herramienta que permite identificar y priorizar las principales causas que generan el problema. A través de esta representación, se visualizan los factores que tienen un mayor impacto en el proceso, lo que permite enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas que ofrecen los mayores beneficios potenciales.

Tabla 2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsable
Analizar los datos históricos de la empresa	Tabular y examinar la información registrada en el pasado	Revisión de históricos	Estudio y análisis de registros previos para comprender el comportamiento del proceso	2 semanas	Desarrollador del proyecto / Gerente de la empresa
Visualizar gráficamente las mediciones del proceso	Elaborar representaciones gráficas de los resultados obtenidos	Gráficos	Actividad creativa en la que se generan representaciones visuales de las mediciones	1 semana	Desarrollador del proyecto / Gerente de la empresa
Determinar el problema principal	Recopilar datos y construir un gráfico con la información	Diagrama de Pareto	Herramienta que permite identificar la causa más significativa del problema	2 semanas	Desarrollador del

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

Durante la fase de Análisis en el enfoque DMAIC, se procede a identificar y examinar las causas fundamentales que originan el problema, con el propósito de desarrollar soluciones efectivas que permitan optimizar el proceso. En esta etapa se utilizan diversas herramientas que facilitan la generación de propuestas, la clasificación de los factores que afectan el sistema y el análisis de los tiempos involucrados, proporcionando una visión integral de las áreas de mejora.

Para alcanzar estos objetivos, se llevan a cabo sesiones de brainstorming o lluvia de ideas, donde participan integrantes de distintas áreas de la organización. Esta dinámica favorece el intercambio de perspectivas, fomenta la creatividad y permite recopilar diversas alternativas para abordar las causas raíz que limitan el rendimiento del proceso.

Posteriormente, se elabora un diagrama de causa y efecto, conocido también como diagrama de Ishikawa o de espina de pescado, el cual permite representar y clasificar de manera visual las posibles causas que originan el problema. Esta herramienta facilita la organización de las ideas generadas, ayuda a identificar interrelaciones entre los diferentes factores que inciden en el proceso y contribuye a establecer un enfoque más estructurado para el desarrollo de las mejoras.

Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsable
Proponer soluciones para abordar la causa raíz	Realizar sesiones interdisciplinarias para generar aportes	Lluvia de ideas	Crear un conjunto amplio de propuestas y alternativas creativas frente a un problema específico	2 semanas	Desarrollador del proyecto
Clasificar las causas principales del problema	Representar visualmente en un diagrama las posibles causas identificadas	Diagrama causa-efecto	Organizar y agrupar datos o ideas similares dentro de categorías temáticas	6 semanas	Desarrollador del proyecto / Equipo de trabajo del área de solicitudes

Fuente: *Elaboración propia, 2025*

3.4. Metodología para la implementación del proyecto.

En la fase de Mejora dentro del enfoque DMAIC, se ejecutan las soluciones previamente definidas, con el propósito de optimizar el desempeño y la eficiencia del proceso. Durante esta etapa, se diseñan e implementan planes de acción estructurados que detallan las actividades requeridas, los recursos asignados, los responsables y los plazos de ejecución.

Como parte de las herramientas implementadas se utiliza Solver de Excel, una herramienta de optimización que permite determinar la cantidad exacta de materiales a utilizar y la cantidad de espejos a fabricar de cada tipo, considerando las restricciones y objetivos del proceso. Esta herramienta facilita la toma de decisiones basada en datos, permitiendo maximizar la eficiencia en el uso de los recursos, reducir desperdicios y garantizar que la producción cumpla con los requerimientos establecidos. A través de Solver, se simulan diferentes escenarios y se obtiene la combinación óptima de insumos y productos, lo que contribuye directamente al logro de los objetivos de mejora del proceso.

De forma complementaria, se implementa un programa de capacitación dirigido al personal involucrado en el proceso. Este programa tiene como finalidad garantizar que los colaboradores comprendan los cambios propuestos, adquieran las habilidades necesarias para ejecutar las nuevas actividades y se adapten de manera eficiente al nuevo estado del proceso. La capacitación se desarrolla a través de sesiones teóricas y prácticas, permitiendo una correcta asimilación de los conocimientos y fomentando el compromiso del equipo con los objetivos de mejora.

Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsable
Determinar la cantidad de espejos a producir	Realizar reuniones para definir los materiales requeridos	Solver	Utilizar el software para procesar los datos de necesidad de materiales	1 semana	Desarrollador del proyecto
Capacitar a los colaboradores sobre los nuevos cambios	Organizar reuniones y charlas informativas acerca de las modificaciones en el proceso	Programa de capacitación	Formar a los colaboradores para que comprendan y ejecuten de manera adecuada el proceso	3 semanas	Desarrollador del

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.

En la fase de Control del enfoque DMAIC, se establecen mecanismos para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo y que el proceso continúe operando de manera eficiente. En esta etapa, se monitorean las variables clave del sistema con el fin de detectar posibles desviaciones y corregirlas oportunamente.

Para iniciar, se elabora un cronograma de ejecución mediante un diagrama de Gantt, el cual proporciona una representación visual de las actividades planificadas, sus fechas de inicio y finalización, así como la secuencia lógica en la que deben desarrollarse. Esta herramienta facilita la gestión del tiempo, permite identificar posibles solapamientos o retrasos y asegura que las tareas se lleven a cabo de manera organizada y conforme a los plazos establecidos.

Por otra parte, se realiza la recopilación de datos operativos del proceso, utilizando los gráficos de control como herramienta fundamental para el análisis. Esta técnica permite monitorear las variables críticas del proceso y evaluar su comportamiento bajo condiciones normales de operación. A través de los gráficos de control, se identifican posibles tendencias, fluctuaciones o desviaciones que puedan comprometer la estabilidad y el desempeño del sistema, proporcionando información clave para la toma de decisiones y el control continuo del proceso.

Tabla 5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsable
Planificar el proyecto dentro de un marco temporal	Elaborar el cronograma para su implementación	Diagrama de Gantt	Representación visual de un plan que muestra las tareas distribuidas a lo largo del tiempo	3 semanas	Desarrollador del proyecto
Supervisar la estabilidad del proceso y detectar desviaciones	Recopilar información del proceso	Gráficos de control	Registro de mediciones clave para evaluar el desempeño bajo condiciones normales de operación	1 semana	Desarrollador del proyecto

Fuente: *Elaboración propia, 2025*

Capítulo IV: Línea base y análisis de causas.

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) constituye una de las principales herramientas de la mejora continua dentro del enfoque Seis Sigma, orientada a la reducción de la variabilidad y el desperdicio en los procesos productivos. En este proyecto, se implementa el ciclo DMAIC con el objetivo de reducir el desperdicio de espejo generado en la etapa de corte durante la fabricación de espejos. Para ello, se construye una línea base que permite dimensionar el problema, y posteriormente se realiza un análisis de causas que facilita identificar los factores que originan las pérdidas de material.

Cada fase de DMAIC integra herramientas de la ingeniería industrial que apoyan la toma de decisiones basadas en datos y la comprensión detallada del proceso. A continuación, se describe cómo se aplican dichas herramientas en las primeras tres etapas: Definir, Medir y Analizar.

4.1. Definir

En esta primera fase se busca comprender el proceso de forma integral y establecer claramente el problema a resolver. Para ello se realiza un Gemba Walk, que consiste en observar directamente las operaciones en el lugar donde se ejecutan, con el fin de identificar desperdicios, oportunidades de mejora y desviaciones en la práctica real frente a los procedimientos establecidos. A partir de estas observaciones, se construye un Diagrama de Flujo, que representa paso a paso las actividades involucradas en la fabricación de espejos, destacando las etapas críticas donde puede generarse desperdicio. Finalmente, se desarrolla un SIPOC, el cual permite visualizar de manera general las entradas, salidas, clientes y proveedores del proceso, ofreciendo una visión sistémica que facilita alinear los objetivos del proyecto con las expectativas de los interesados.

4.1.1. Gemba Walk

El Gemba Walk es una herramienta de mejora continua que consiste en trasladarse al lugar donde ocurren las operaciones (el “Gemba”) con el objetivo de observar directamente el proceso, comprender cómo se desarrollan las actividades y detectar oportunidades de mejora. Durante la visita guiada al área de producción de espejos, el equipo realiza un recorrido por cada una de las etapas del proceso, desde la recepción de la materia prima hasta el montaje final del espejo en el marco.

Este recorrido permite identificar los puntos críticos donde se genera desperdicio de material, principalmente en la etapa de corte de espejo y ajuste del marco, así como problemas relacionados con la manipulación de piezas y reprocesos. Asimismo, se mantiene interacción con los operarios, quienes aportan información valiosa sobre las dificultades que enfrentan durante la jornada, como la precisión de las herramientas, el manejo del espejo y la variabilidad en la calidad de las materias primas.

Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

1. Planificación del recorrido

- El equipo define previamente el objetivo de la visita: identificar puntos de desperdicio en el proceso de fabricación de espejos.
- Se coordinan horarios con supervisores y operarios para no interrumpir las labores críticas.

2. Inicio de la visita guiada

- Se presenta el propósito de la actividad al personal.

- Se solicita a los operarios que expliquen brevemente su rol en cada etapa.

3. Observación directa del proceso

- El equipo recorre las estaciones de trabajo en orden: recepción de materia prima, corte de espejo, corte y lijado de madera, ensamblaje del marco y montaje del espejo.
- Se registran observaciones en una bitácora, especialmente sobre defectos visibles y prácticas que generan desperdicio.

4. Identificación de problemas y desperdicios

- En el corte de espejo: se observa material quebrado y cortes imprecisos.
- En el lijado de madera: se detectan piezas rechazadas por dimensiones incorrectas.
- En el montaje: se evidencia riesgo de daños al espejo por mala manipulación.

5. Interacción con el personal

- Se realizan preguntas a los operarios sobre las causas más frecuentes de desperdicio.
- Se recopilan sugerencias de mejora desde su experiencia práctica.

6. Documentación de hallazgos

- Se elabora un registro con fotografías y notas sobre los problemas más críticos.
- Se marcan las etapas que requieren un análisis más profundo en las siguientes fases del proyecto.

7. Conclusión del recorrido

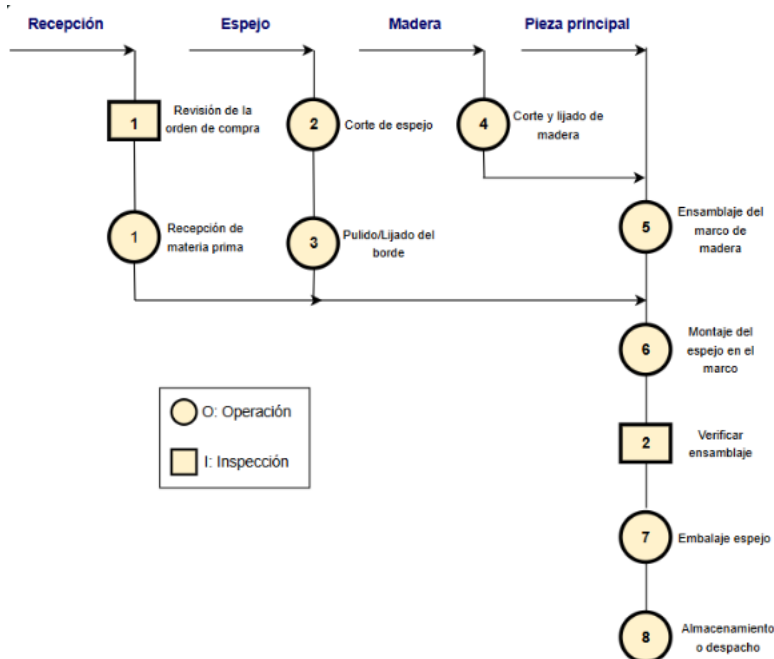
- Se realiza un cierre con el equipo de trabajo, destacando las principales oportunidades detectadas.
- Se acuerda dar seguimiento con herramientas de análisis en la etapa de Medir y Analizar del DMAIC.

4.1.2. Diagrama de operaciones

El proceso de fabricación de espejos requiere una adecuada coordinación entre la recepción de materia prima, las operaciones de corte y ensamblaje, así como un estricto control de calidad para garantizar que los productos finales cumplan con las especificaciones del cliente. En este caso, el procedimiento incluye tanto el manejo del espejo como el de la madera para los marcos, considerando que ambas materias primas son críticas y deben manipularse con cuidado para evitar desperdicios y defectos.

El siguiente diagrama de operaciones representa de manera simplificada las etapas principales del proceso productivo, desde la recepción de materiales hasta el almacenamiento o despacho del producto terminado.

Figura 13. Diagrama de operaciones del proceso



Fuente: Elaboración propia, 2025

Según la figura anterior se describen cada una de las actividades que componen el proceso de elaboración de los espejos:

- Recepción de materia prima:** Se reciben las láminas de espejo (todas del mismo tamaño, pero el grosor puede variar, ya sea de 2mm, 4mm o 5mm) y las piezas de madera necesarias para la fabricación. En esta etapa es fundamental revisar que los materiales lleguen en condiciones óptimas, sin daños visibles ni defectos que comprometan el proceso.
- Revisión de la orden de compra:** Se valida que los materiales recibidos correspondan a las especificaciones solicitadas en la orden de compra: dimensiones, cantidades y calidad (inspección visual). Si no cumplen, se devuelven o se gestiona la corrección con el proveedor.

- **Corte de espejo:** Se procede a cortar el espejo de acuerdo con las medidas establecidas para cada tipo de espejo. Esta es una etapa crítica porque es donde se genera la mayor parte del desperdicio si no se ejecuta con precisión.
- **Lijado/pulido de bordes del espejo:** Una vez cortado, los bordes del espejo se lijan o pulen para eliminar filos cortantes y mejorar la seguridad en el manejo. También contribuye a un mejor acabado estético del espejo.
- **Corte y lijado de madera:** Se cortan y lijan las piezas de madera que conformarán el marco. Esta operación debe ser precisa para que el marco encaje perfectamente con el espejo.
- **Ensamblaje del marco de madera:** Se ensamblan las piezas cortadas de madera para formar el marco. Puede realizarse mediante encolado, clavado o engrapado, asegurando firmeza y durabilidad.
- **Montaje del espejo en el marco:** El espejo previamente cortado y pulido se inserta en el marco de madera. Es una etapa delicada que requiere precisión para evitar daños o fisuras en el espejo.
- **¿Cumple las especificaciones? (Decisión):** Se inspecciona el espejo ya ensamblado, verificando medidas, acabados y firmeza. Si cumple con las especificaciones, continúa hacia el embalaje; en caso contrario, se devuelve a etapas anteriores para corrección o se descarta según la magnitud del defecto.
- **Embalaje del espejo:** Los espejos que cumplen con los estándares de calidad se embalan cuidadosamente, utilizando materiales de protección para evitar daños durante el transporte o almacenamiento.

- **Almacenamiento o despacho:** Finalmente, los espejos terminados se trasladan a la bodega para su almacenamiento o se despachan directamente al cliente según corresponda.

4.1.3. Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes) es una herramienta fundamental de la ingeniería industrial que permite visualizar de manera clara y resumida los elementos clave de un proceso productivo. En el caso del proyecto de fabricación de espejos, este esquema resulta especialmente útil, ya que facilita la comprensión de cómo interactúan los diferentes actores, insumos y etapas hasta lograr el producto final.

El SIPOC aplicado al presente proyecto ofrece una visión global del flujo de valor, desde la recepción de materiales por parte de los proveedores hasta la entrega del espejo terminado a los clientes finales. Dicho diagrama se muestra en la siguiente figura:

Figura 14. Diagrama SIPOC



Fuente: Elaboración propia, 2025

A continuación, se explican cada de los aspectos que componen el diagrama:

1. Proveedores (S)

Los proveedores constituyen la base de la cadena de valor, ya que suministran los recursos necesarios para la fabricación. En este caso se identifican:

- **Proveedor de espejo:** entrega láminas de espejo en diferentes medidas.
- **Proveedor de madera:** suministra la madera que se procesa para elaborar los marcos.
- **Proveedor de insumos:** facilita materiales complementarios como pegamento, clavos, barniz y lijas, esenciales para el ensamblaje y el acabado del producto.

2. Entradas (I)

Las entradas corresponden a los materiales e insumos que ingresan al proceso para transformarse en el producto final:

- **Espejo en láminas,** materia prima principal del espejo.
- **Madera en tablones,** utilizada para la fabricación de los marcos.
- **Insumos de ensamble** (pegamento, clavos, grapas y barniz), que aseguran la resistencia, fijación y acabado estético del espejo.

3. Proceso (P)

El proceso representa la secuencia de actividades necesarias para transformar las entradas en salidas:

- **Recepción de materia prima:** control de ingreso de espejo, madera e insumos.
- **Corte de espejo:** dimensionado según las medidas establecidas.
- **Corte y lijado de madera:** preparación de las piezas para el marco.
- **Ensamblaje del marco:** armado de la estructura en la cual se monta el espejo.

- **Montaje del espejo en el marco:** unión de ambas partes, obteniendo el espejo terminado.

4. Salidas (O)

Las salidas corresponden al resultado del proceso productivo:

- **Espejos terminados:** disponibles en tres tipos según el diseño.
- **Reportes de calidad:** documentos que aseguran el cumplimiento de especificaciones y estándares.

5. Clientes (C)

Los clientes representan los receptores finales de las salidas:

- **Distribuidores,** que comercializan los espejos en diferentes puntos de venta.
- **Tiendas de decoración y hogar,** que los ofrecen directamente al consumidor final.
- **Clientes finales,** quienes adquieren el producto para su uso personal o doméstico.

4.2. Medir

En esta etapa se recopilan y analizan datos que permitan dimensionar el problema. Para ello, se consideran tanto datos históricos de producción, asociados a registros previos de defectos y desperdicios en el corte de espejo, como una muestra representativa de piezas evaluadas durante el periodo de estudio. Con base en esta información se construye un Diagrama de Pareto, el cual permite identificar cuáles son los defectos que representan el mayor impacto en términos de desperdicio de material, siguiendo el principio 80/20. De esta manera, se establece una línea base cuantitativa que servirá como punto de referencia para evaluar futuras mejoras en el proceso.

4.2.1. Datos históricos

En la etapa de medir, se recopila la información necesaria para comprender cómo se comporta el proceso productivo y cuáles son los factores que influyen en la generación de desperdicio. El punto de partida es la orden de pedido que envía el proveedor, ya que a partir de la cantidad solicitada se determina la planificación de la producción.

El proceso de fabricación trabaja con tres medidas estandarizadas de espejos las cuales son: 55 cm x 65 cm, 46 cm x 126 cm y 37 cm x 47 cm. Estas dimensiones representan los formatos más comunes que demanda el mercado y, en función de ellas, se realiza el corte del espejo y la preparación de los marcos de madera.

La información registrada en las órdenes de pedido permite establecer la relación entre la demanda del cliente y el nivel de producción requerido. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de una orden de pedido enviada por un cliente, la cual sirve como base para la programación del proceso productivo y para el análisis posterior de datos históricos.

Figura 15. Orden de compra



Ferretería EPA S.A.

Diagonal al cruce de San Rafael-Autopista Próspero Fernández, CR
Número de identificación tributaria 3-101-354271 Tel. 506-25881145

Orden de Compra N°:	5500013057	Fecha de emisión:	15/07/2025
Nombre de proveedor:	EMILIO VALVERDE HIDALGO	Moneda:	CRC
Información Contacto:	EMILIO VALVERDE HIDALGO	Condición de pago:	45 días
Motivo de compra:	Pedidos F&R	Tipo de material:	Artículos
Centro:	CARTAGO	Comprador:	ZJOBS_EPA
Dirección de entrega:	DEL CRUCE DE SAN MIGUEL CARTAGO ORIENTAL CR	Procesado por:	ZJOBS_EPA

Código Artículo	Descripción Artículo	Referencia	Unidad Compra	Cantidad por empaque	Cantidad de bultos	Cantidad total	Fecha Entrega	Costo Neto Unitario	Costo Total
100014199	ESPEJO MARCO MADERA 55X65 CM	RECTANGULAR	PI	1	4	4	01/08/2025	12.000,00	48.000,00
100014200	ESPEJO CUERPO ENTERO MADERA 46X126 CM	CUERPOENTERO	PI	1	12	12	01/08/2025	11.400,00	136.800,00
100014201	ESPEJO MARCO MADERA 37X47 CM	madera37x47cm	PI	1	20	20	01/08/2025	4.000,00	80.000,00

Sub Total:	264.800,00
Impuestos:	34.424,00
Monto Total:	299.224,00

Fuente: Ferretería EPA, 2025

Ahora que se conoce la orden de compra, se elabora una presentación histórica de la producción de espejos comprendida entre los meses de enero y agosto del año 2025, con el propósito de identificar las dimensiones que concentran la mayor cantidad de fabricación y establecer patrones de producción mensuales.

Este registro histórico no solo refleja la cantidad de espejos elaborados, sino que también constituye un insumo clave para determinar la relación entre la demanda de los clientes y la capacidad de respuesta de la planta. Asimismo, los datos permiten reconocer posibles fluctuaciones que se pueden asociar a factores como la estacionalidad del mercado, la

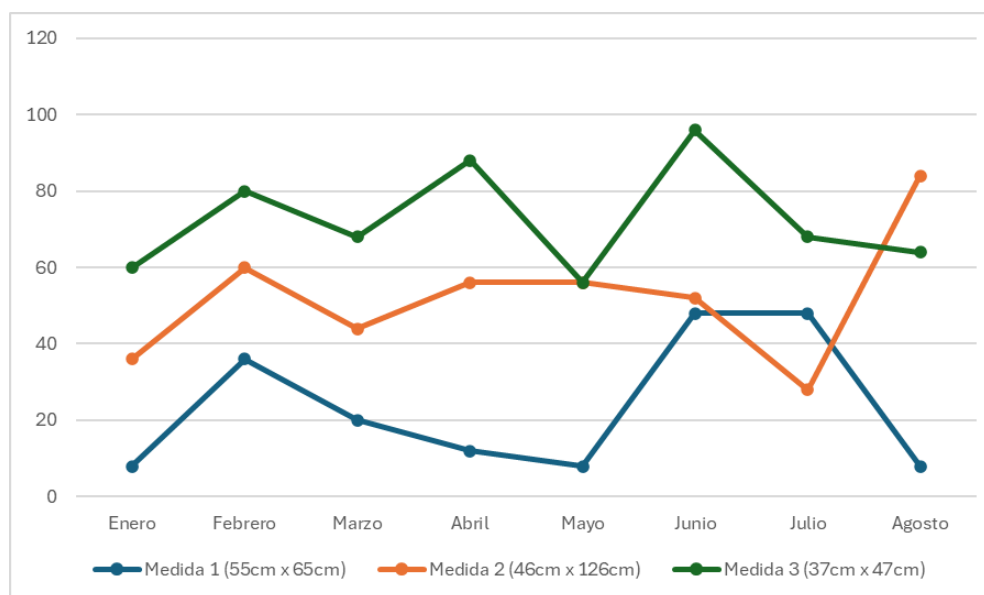
disponibilidad de materia prima o la existencia de reprocesos y desperdicios en ciertas etapas del proceso.

Tabla 6. Pedidos mensuales por tipo de medida

Meses	Medida 1 (55cm x 65cm)	Medida 2 (46cm x 126cm)	Medida 3 (37cm x 47cm)	Total
Enero	8	36	60	104
Febrero	36	60	80	136
Marzo	20	44	68	132
Abril	12	56	88	156
Mayo	8	56	56	120
Junio	48	52	96	196
Julio	48	28	68	144
Agosto	8	84	64	156
Total	188	416	540	1144

Fuente: Elaboración propia, 2025

Figura 16. Pedidos mensuales por tipo de medida



Fuente: Elaboración propia, 2025

Durante el periodo comprendido entre enero y agosto de 2025, la empresa produce un total de 1144 espejos, con un promedio mensual cercano a las 143 unidades. Al analizar los resultados por dimensiones, se observa que la medida de mayor producción corresponde a los espejos de 37x47 cm, con un total de 540 unidades fabricadas, lo que equivale aproximadamente al 47% del total. Esta tendencia indica que los espejos de formato pequeño representan la mayor parte de la carga productiva, posiblemente debido a la alta demanda por parte de los clientes y a la facilidad de manipulación y ensamblaje que presentan frente a dimensiones más grandes.

En segundo lugar se encuentra la medida de 46x126 cm, que alcanza un total de 416 unidades, equivalente al 36% de la producción acumulada. Este formato intermedio refleja una participación significativa en el proceso, lo que sugiere que también constituye un producto de interés dentro de la oferta comercial. Finalmente, la medida de menor fabricación es la de 55x65 cm, con 188 espejos producidos, lo que representa únicamente un 16% del total.

Si se consideran los valores mensuales, se identifica que el mes de mayor producción es junio, con un total de 196 espejos fabricados, seguido de abril y agosto, ambos con 156 unidades. Por otro lado, enero se posiciona como el mes con menor actividad productiva, con tan solo 104 espejos elaborados. Estas variaciones mensuales pueden estar asociadas a la estacionalidad de la demanda o a factores internos del proceso, como la eficiencia en el uso de materiales o la capacidad operativa disponible en cada periodo.

En conclusión, los datos muestran que el mayor esfuerzo productivo se concentra en los espejos pequeños, mientras que los formatos grandes tienen menor participación en la línea de fabricación. Este comportamiento resulta determinante para el análisis posterior, ya que la

identificación de desperdicios debe priorizar las medidas con mayor volumen de producción, pues en ellas cualquier mejora tendrá un impacto más significativo en la reducción de costos y en el aprovechamiento de recursos.

A continuación, se presenta la tabla de ingresos obtenidos según la producción acumulada en el periodo de enero a agosto de 2025, donde se refleja el valor económico asociado a cada una de las medidas trabajadas. Los espejos de 55 cm x 65 cm tienen un precio unitario de ¢12.000, los de 46 cm x 126 cm se comercializan en ¢11.400 y los de 37 cm x 47 cm alcanzan un valor de ¢4.000. Esta información permite establecer una relación directa entre la cantidad fabricada y el ingreso generado, lo cual resulta esencial para determinar qué formatos aportan mayor rentabilidad a la empresa.

Tabla 7. Ingresos mensuales por tipo de medida

Meses	Medida 1 (55cm x 65cm)	Medida 2 (46cm x 126cm)	Medida 3 (37cm x 47cm)	Total
Enero	¢96.000	¢410.400	¢240.000	¢746.400
Febrero	¢432.000	¢684.000	¢320.000	¢1.436.000
Marzo	¢240.000	¢501.600	¢272.000	¢1.013.600
Abril	¢144.000	¢638.400	¢352.000	¢1.134.400
Mayo	¢96.000	¢638.400	¢224.000	¢958.400
Junio	¢576.000	¢592.800	¢384.000	¢1.552.800
Julio	¢576.000	¢319.200	¢272.000	¢1.167.200
Agosto	¢96.000	¢957.600	¢256.000	¢1.309.600
Total	¢2.256.000	¢4.742.400	¢2.320.000	¢9.318.400

Fuente: Elaboración propia, 2025

Ahora que se cuenta con la información relacionada con la producción acumulada y los ingresos generados por cada una de las medidas de espejos, se procede a analizar el desperdicio de espejo, considerado uno de los factores más relevantes dentro del proceso productivo. Actualmente, la

empresa no dispone de un procedimiento estandarizado que defina de manera clara cómo deben realizarse los cortes en las láminas de espejo, ni existen planos establecidos que orienten la distribución adecuada del material. Esta situación genera una alta variabilidad en los resultados, ya que cada operario ejecuta los cortes con base en su experiencia personal, lo cual incrementa el riesgo de errores y eleva el nivel de desperdicio.

Con el fin de evidenciar este problema, en la siguiente tabla se presentan los datos que describen lo sucedido durante el periodo analizado, donde se reflejan las cantidades de material que se pierden en cada medida. Esta información constituye un insumo clave para identificar las causas del desperdicio y posteriormente definir estrategias de mejora que permitan reducir las pérdidas de materia prima y mejorar el aprovechamiento de las láminas de espejo.

Tabla 8. Utilización del material

Medida	Área por espejo (cm²)	Cantidad de espejos	Área lámina (cm²)	Área utilizada (cm²)	Pérdida (cm²)	Porcentaje perdido
55cm x 65cm	3.575	6	44.652	21.450	23.202	51,96%
46cm x 126cm	5.796	4	44.652	23.184	21.468	48,08%
37cm x 47cm	1.739	18	44.652	31.302	13.350	29,90%

Fuente: Elaboración propia, 2025

La tabla presentada refleja con detalle el nivel de aprovechamiento y desperdicio de espejo en la producción de espejos, tomando en cuenta las diferentes medidas que se fabrican actualmente. Para cada espejo se calcula el área necesaria, la cual corresponde al producto del ancho por el alto; este valor representa la superficie de espejo indispensable para obtener una unidad.

Posteriormente, se considera la cantidad de espejos que el operario coloca en cada lámina, lo que determina el área total utilizada. A partir de ahí, se compara con el área completa de la lámina de espejo, que en todos los casos es de 44 652 cm². La diferencia entre ambos valores constituye la pérdida en centímetros cuadrados, y de esta forma se obtiene también el porcentaje de desperdicio respecto al área total.

De acuerdo con el marco de trabajo de la empresa, las medidas de los espejos con marco de madera llevan un grosor de espejo según su tamaño, esto con el fin de tener una armonía con el contraste e imagen que proyecta el espejo y que no exista un desenfoque o desigualdad de proyección. A grandes rasgos, entre más pequeño el espejo debe llevar menos grosor y entre más grande sea la medida más grosor debe tener el espejo para cumplir ciertos estándares de calidad.

En el caso de los espejos pequeños entre 18cm a 50cm debe llevar un grosor de 2mm, por lo que el espejo 37cm x 47cm aplica para esta situación. En el caso de los espejos intermedios con un rango de medida de 51cm a 90cm debe llevar un grosor de 4mm, por lo que el espejo de 55cm x 65cm entra en este estándar específico. Con los espejos grandes el rango es mucho mayor, ya que se segmenta en medidas desde 91cm a 230cm, en estos casos el grosor de espejos que debe llevar debido a su tamaño es de 5mm, por lo que el espejo de cuerpo completo con medida de 47cm x 147cm entra en este rango.

En el caso de los espejos de 55 cm por 65 cm, cada unidad requiere un área de 3 575 cm², y al colocarse seis unidades por lámina se utiliza un total de 21 450 cm². Esto deja una pérdida de 23 202 cm², lo que equivale a un 51,96% de la lámina. En otras palabras, más de la mitad del espejo se convierte en desperdicio. La situación mejora levemente en la medida de 46 cm por 126 cm,

donde cada espejo consume 5 796 cm² y se colocan cuatro unidades por lámina, alcanzando un uso de 23 184 cm². Sin embargo, la pérdida continúa siendo elevada, con 21 468 cm², lo que corresponde al 48,08% del espejo.

El mejor aprovechamiento se observa en los espejos de 37 cm por 47 cm, donde cada unidad ocupa 1 739 cm² y el operario logra acomodar dieciocho espejos por lámina. Esto genera un área utilizada de 31 302 cm², reduciendo la pérdida a 13 350 cm², equivalente al 29,90%. En este caso, se aprovecha el 70,10% del espejo disponible, lo cual representa un resultado considerablemente más eficiente en comparación con las otras medidas.

Cada lámina de espejo tiene un costo de ¢33.000, por lo que el desperdicio calculado en cada medida puede expresarse también en términos económicos. En el caso de los espejos de 55 cm x 65 cm, donde el porcentaje de pérdida es del 51,96%, el costo del desperdicio asciende a aproximadamente ¢17.147, lo que significa que más de la mitad de la inversión en la lámina se pierde. Para los espejos de 46 cm x 126 cm, con un desperdicio del 48,08%, el valor económico de la pérdida corresponde a alrededor de ¢15.866, reflejando un impacto también significativo. Finalmente, en los espejos de 37 cm x 47 cm, donde el desperdicio es del 29,90%, la pérdida económica se reduce a aproximadamente ¢9.867, representando el caso de mayor aprovechamiento, pero que aun así implica un costo considerable.

De esta forma, el análisis demuestra que la falta de planos de corte definidos y de un proceso estandarizado provoca altos niveles de desperdicio, especialmente en las medidas más grandes, donde se pierde prácticamente la mitad de la lámina. Por el contrario, con piezas más pequeñas se logra un mejor uso del material, aunque aún existe margen de mejora. En conclusión, la

implementación de patrones de corte optimizados permitiría reducir las pérdidas, mejorar la eficiencia en el uso de materia prima y, en consecuencia, disminuir costos de producción.

4.2.2. Diagrama Pareto

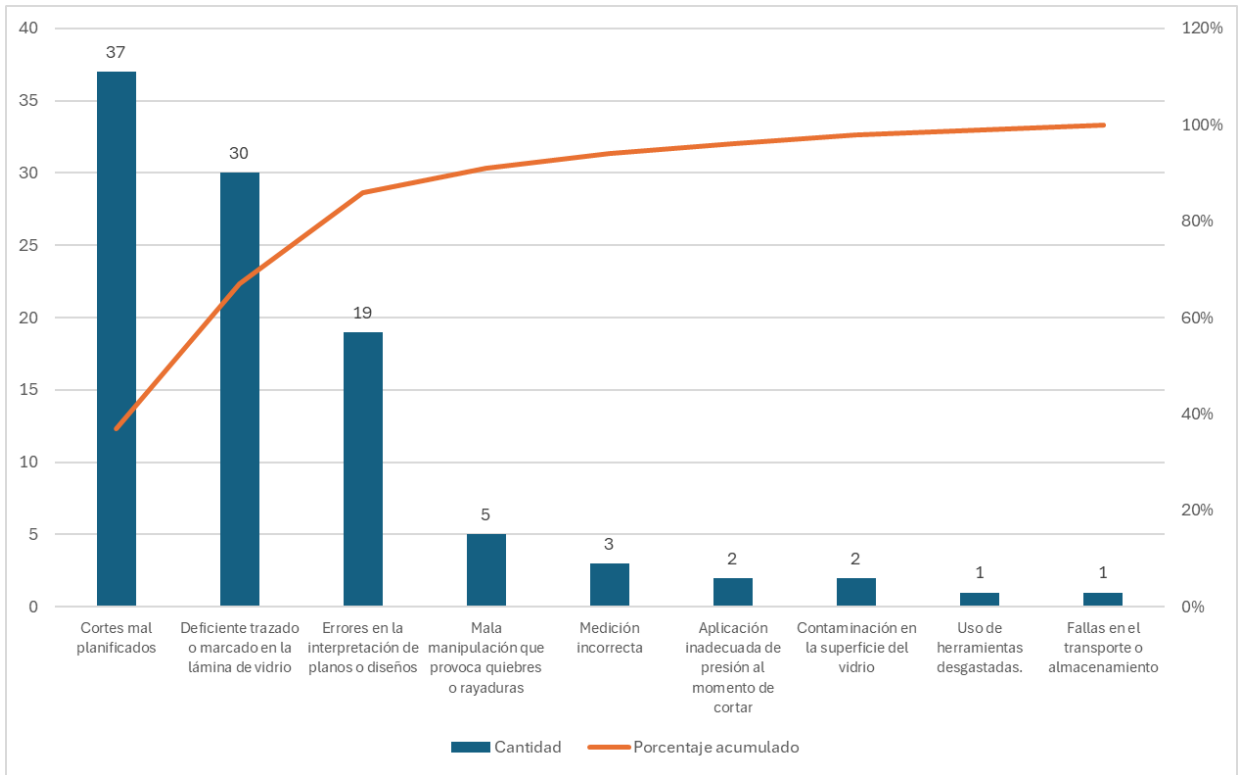
Posteriormente, se procede a elaborar un Diagrama de Pareto con el fin de identificar y priorizar las principales causas que generan el desperdicio de espejo dentro del proceso productivo. Para ello, se toma una muestra de 100 cortes de espejo, sin diferenciar entre las dimensiones de los espejos, de manera que se obtenga una visión general y objetiva de las situaciones más recurrentes. El análisis de esta muestra permite clasificar las causas de desperdicio, cuantificar su frecuencia y representar los resultados tanto en una tabla de datos como en un gráfico de Pareto, herramienta que facilita evidenciar cuáles son las pocas causas que concentran la mayor parte del problema.

Tabla 9. Causas de los desperdicios

Descripción	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Cortes mal planificados	37	37%	37%
Deficiente trazado o marcado en la lámina de espejo	30	30%	67%
Errores en la interpretación de planos o diseños	19	19%	86%
Mala manipulación que provoca quiebres o rayaduras	5	5%	91%
Medición incorrecta	3	3%	94%
Aplicación inadecuada de presión al momento de cortar	2	2%	96%
Contaminación en la superficie del espejo	2	2%	98%
Uso de herramientas desgastadas.	1	1%	99%
Fallas en el transporte o almacenamiento	1	1%	100%
Total	100	100%	

Fuente: Elaboración propia, 2025

Figura 17. Pareto de causas de los desperdicios



Fuente: Elaboración propia, 2025

4.3. Analizar

La fase de análisis se orienta a identificar las causas raíz de los problemas detectados en la etapa anterior. Inicialmente se aplica una lluvia de ideas con el equipo de trabajo, fomentando la participación activa de los colaboradores y operarios que intervienen en el proceso de corte de espejo. Posteriormente, las ideas generadas se organizan y clasifican mediante un Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa), que agrupa las posibles causas en categorías como Máquina, Método, Mano de obra, Material, Medición y Entorno. Esta herramienta permite estructurar la información de manera visual y facilita priorizar las causas que requieren mayor atención para reducir el desperdicio en el proceso.

4.3.1. Lluvia de ideas

Para identificar las posibles causas del desperdicio de espejo en el proceso de producción, el equipo realiza una lluvia de ideas con el fin de obtener una visión completa de los factores que influyen en este problema. Esta actividad permite recopilar distintas percepciones de las personas involucradas directamente en el proceso, generando una comprensión amplia de los elementos que provocan el uso ineficiente de las láminas de espejo. Se busca reconocer tanto causas directas como indirectas que ocasionan el desperdicio, para poder plantear posteriormente acciones de mejora específicas. Esta etapa forma parte de la fase de medición del proyecto y resulta fundamental, ya que facilita conocer con mayor detalle las debilidades actuales del proceso y proporciona información clave para la toma de decisiones basadas en evidencias reales del entorno productivo.

Figura 18. Lluvia de ideas



Fuente: Elaboración propia, 2025

A partir de la lluvia de ideas se identifican varias causas que explican el desperdicio de espejo. En primer lugar, se evidencia que no existen planos de corte definidos ni medidas estandarizadas, lo que provoca que cada operario decida por cuenta propia cómo cortar las láminas. Además, no hay una definición clara de las zonas de corte dentro de cada lámina, lo que genera un uso poco eficiente del material. También se detecta que no existe un control estadístico del desperdicio, por lo que no se pueden identificar patrones de pérdida que permitan implementar acciones correctivas. A esto se suma la ausencia de herramientas o software de optimización que faciliten planificar los cortes de manera que se aproveche mejor cada lámina disponible.

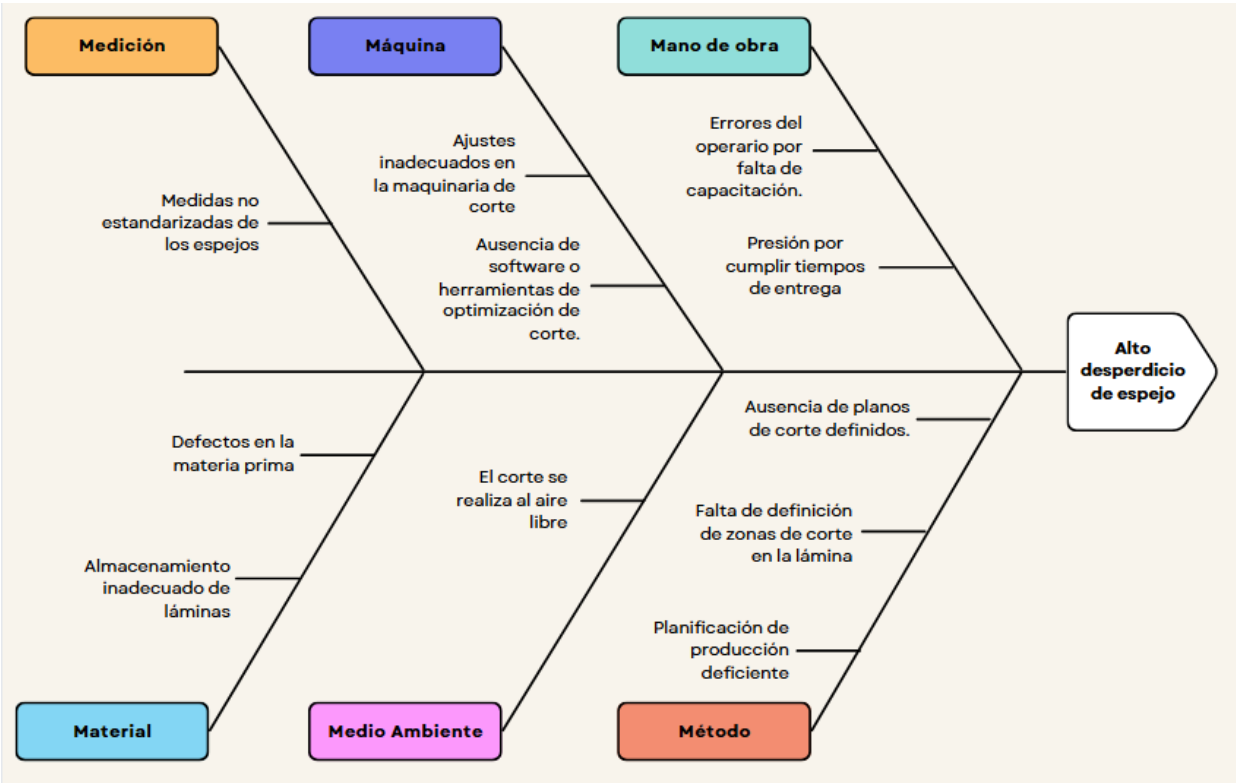
Otro factor que contribuye al desperdicio son los errores cometidos por los operarios, en un 30% de las ocasiones, debido a la falta de capacitación, ya que esta situación provoca cortes imprecisos o piezas defectuosas que no pueden ser utilizadas. Asimismo, la presión por cumplir con los tiempos de entrega lleva a que en muchas ocasiones se priorice la rapidez en lugar de la eficiencia en el uso del material. También se presentan ajustes inadecuados en la maquinaria, lo que afecta la precisión de los cortes, y se detectan defectos en la materia prima que obligan a descartar partes de las láminas. Finalmente, se identifica que el almacenamiento de las láminas no es adecuado, lo que provoca daños en el material antes de ser utilizado y genera aún más desperdicio.

4.3.2. Diagrama causa efecto

Para profundizar en el análisis de las posibles causas que generan un alto desperdicio de espejo en el proceso de producción, se elabora un diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa. Esta herramienta permite organizar de forma estructurada todos los factores que intervienen en el problema, clasificándolos en diferentes categorías para facilitar su comprensión y análisis.

Su uso es clave en esta etapa del proyecto, ya que ayuda a identificar con claridad cuáles son las principales fuentes de desperdicio y a establecer una base sólida para la implementación de acciones correctivas específicas. Al agrupar las causas según su origen, se obtiene una visión integral de la situación actual y se facilita la toma de decisiones fundamentadas.

Figura 19. Diagrama causa efecto



Fuente: Elaboración propia, 2025

El diagrama revela múltiples causas agrupadas en seis categorías principales. En el área de Medición, se identifican las medidas no estandarizadas de los espejos, lo que provoca cortes desordenados y uso ineficiente del material. En cuanto a la Máquina, se detectan ajustes inadecuados en la maquinaria de corte y la ausencia de software o herramientas de optimización,

lo que limita la precisión y la planificación de los cortes. En el área de Mano de obra, se observan errores del operario por falta de capacitación y presión por cumplir los tiempos de entrega, factores que generan cortes defectuosos o improvisados. Por su parte, en el ámbito de Material, los defectos en la materia prima y el almacenamiento inadecuado de las láminas contribuyen a que parte del material deba ser descartado antes de ser utilizado.

Además, en la categoría de Medio ambiente, se evidencia que el corte se realiza al aire libre, lo cual expone el material y las herramientas a condiciones que pueden afectar la calidad y la precisión del trabajo. Finalmente, en el área de Método, se señala la ausencia de planos de corte definidos, la falta de definición de zonas específicas de corte en las láminas y una planificación de la producción deficiente, lo que provoca que no exista un patrón claro para aprovechar al máximo cada lámina de espejo. En conjunto, todos estos factores explican de manera detallada las razones detrás del elevado desperdicio de espejo, y constituyen puntos clave que el proyecto debe abordar para lograr un proceso de corte más eficiente y controlado.

Como conclusión de este capítulo, se identifica que la raíz principal del desperdicio de espejo proviene de la falta de medidas estandarizadas para los espejos y de la inexistencia de un método definido para realizar los cortes en las láminas. Actualmente, cada operario decide de forma empírica cómo distribuir los cortes, lo que genera una utilización ineficiente del material y un porcentaje elevado de pérdida. Esta situación evidencia que el proceso carece de directrices claras que orienten el aprovechamiento óptimo de cada lámina, lo cual afecta tanto la productividad como los costos operativos de la empresa.

Además, se concluye que el problema no está relacionado principalmente con errores humanos individuales, sino con deficiencias en la planificación del proceso de producción. La ausencia de un sistema estandarizado y de herramientas que apoyen la definición de cortes adecuados provoca que el desperdicio sea constante y difícil de controlar. Esto demuestra que es necesario implementar mejoras en la planificación, diseño y control del proceso, para garantizar una reducción significativa en el desperdicio de espejo y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Capítulo V: Diseño e implementación de la solución.

En la sección anterior de esta investigación se identificaron los principales problemas que afectan el proceso de producción de espejos, los cuales repercuten directamente en la calidad del producto final y en la eficiencia operativa. Entre los hallazgos más relevantes se destacan los cortes mal planificados, que generan desperdicio de material; el deficiente trazado en la lámina, que ocasiona errores de dimensionamiento; y las fallas en la interpretación de planos o diseños, que se traducen en piezas defectuosas o fuera de especificación.

Con base en este diagnóstico, la presente sección se centra en el diseño e implementación de soluciones que permitan atacar de forma puntual cada uno de los problemas detectados. En la siguiente tabla se resume la relación entre los problemas encontrados y las propuestas de mejora que se plantean para darles solución:

Tabla 10. Resumen de problemas y propuestas de mejora

Problema encontrado	Propuesta de mejora
Cortes mal planificados	Estandarización del proceso
Deficiente trazado en la lámina	Creación de planos de corte
Errores en la interpretación de planos o diseños	Programa de capacitación

Fuente: Elaboración propia, 2025

La tabla refleja un enfoque integral para abordar las principales deficiencias del proceso. En el caso de los cortes mal planificados, se plantea la estandarización del proceso, con el fin de asegurar uniformidad en la forma de trabajar y minimizar el desperdicio de material. Respecto al deficiente trazado en la lámina, la creación de planos de corte permitirá contar con una guía precisa y clara que facilite el trabajo de los operarios, reduciendo la posibilidad de errores manuales.

Finalmente, para mitigar los errores en la interpretación de planos o diseños, se propone implementar un programa de capacitación, cuyo objetivo es fortalecer las competencias técnicas del personal y garantizar que exista un entendimiento correcto de los lineamientos de diseño antes de ejecutar cualquier corte.

5.1. Mejorar

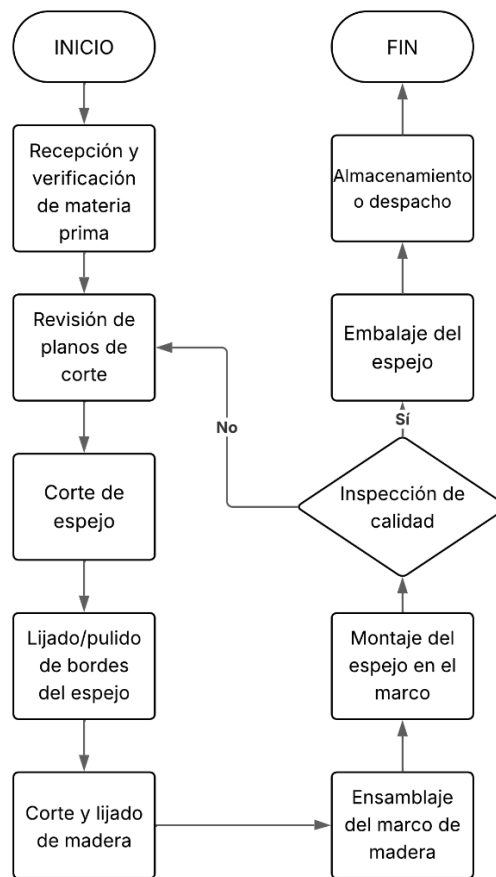
En esta sección se presentan las propuestas de mejora que fueron definidas a partir del análisis de los problemas encontrados, las cuales se orientan a estandarizar el proceso de corte, garantizar un trazado más exacto de las láminas y fortalecer la interpretación de planos o diseños. Dichas acciones buscan generar un impacto positivo en la productividad, reducir el desperdicio y consolidar un sistema de trabajo más ordenado y eficaz.

5.1.1. Estandarización del proceso

Antes de plantear la estandarización del proceso, se evidenció que la producción de espejos presentaba múltiples inconsistencias debido a la falta de un método de trabajo uniforme. Cada operario realizaba los cortes de acuerdo con su propia experiencia o criterio, lo que generaba resultados desiguales y dificultaba mantener una línea de calidad constante. Esta ausencia de procedimientos claros ocasionaba que, en muchos casos, los cortes fueran mal planificados, provocando un uso ineficiente de la materia prima y un aumento significativo en el desperdicio de material.

Otro aspecto crítico era la dependencia excesiva del conocimiento empírico. Al no contar con instrucciones documentadas, los nuevos trabajadores tenían mayores dificultades para adaptarse al proceso, lo que incrementaba la probabilidad de errores. El nuevo proceso se observa a continuación:

Figura 20. Diagrama de flujo nuevo proceso



Fuente: Elaboración propia, 2025

1. **Recepción y verificación de materia prima:** Se reciben las planchas de espejo y las piezas de madera necesarias para la producción. En esta etapa se inspecciona que no existan daños visibles ni defectos en los materiales. Además, se valida que las

dimensiones, cantidades y calidad coincidan con la orden de compra, gestionando correcciones con el proveedor en caso de discrepancias.

2. **Revisión de planos de corte:** Antes de iniciar la producción, se consultan los planos de corte previamente diseñados. Esto asegura que las medidas y especificaciones estén claras para cada tipo de espejo, reduciendo errores y estandarizando el proceso desde el inicio.
3. **Corte de espejo:** Con base en los planos de corte, se procede al seccionado del espejo. Al contar con medidas precisas y un orden definido, se minimiza el desperdicio de material y se garantiza uniformidad en las piezas.
4. **Lijado y pulido de bordes del espejo:** Los bordes del espejo se lijan o pulen inmediatamente después del corte, eliminando filos cortantes y mejorando tanto la seguridad como la estética del producto.
5. **Corte y lijado de madera:** Se cortan las piezas de madera de acuerdo con los planos de corte, asegurando exactitud en las dimensiones. Posteriormente se lijan para garantizar un mejor acabado y facilitar el ensamblaje.
6. **Ensamblaje del marco de madera:** Se unen las piezas de madera mediante encolado, clavado o engrapado, siguiendo un método estandarizado que asegure firmeza, simetría y durabilidad.
7. **Montaje del espejo en el marco:** El espejo cortado y pulido se inserta cuidadosamente en el marco de madera. Esta etapa requiere precisión para garantizar el ajuste adecuado sin generar presión excesiva que pueda provocar fisuras.
8. **Inspección de calidad:** Se realiza una verificación exhaustiva del espejo ensamblado, revisando dimensiones, acabados, alineación y firmeza. En caso de no cumplir con los

requisitos establecidos, el producto se devuelve a la etapa correspondiente para su corrección.

9. **Embalaje del producto:** Los espejos que cumplen con los estándares de calidad se embalan utilizando materiales de protección apropiados, con el fin de garantizar que lleguen en perfecto estado al cliente.
10. **Almacenamiento o despacho:** Finalmente, los espejos terminados se trasladan a la bodega para su almacenamiento o se despachan directamente según lo establecido en la orden de compra.

En comparación con el proceso anterior, el diseño mejorado introduce varios ajustes clave que fortalecen la organización y precisión del trabajo. En primer lugar, se unificó la etapa de recepción de materia prima y revisión de la orden de compra en un solo paso, ya que ambas actividades ocurren de manera simultánea y tienen el mismo propósito: garantizar que los materiales lleguen en condiciones óptimas y cumplan con las especificaciones solicitadas. De esta manera, se evita la duplicidad de tareas y se simplifica el control inicial.

Otro cambio relevante es la incorporación de una nueva etapa de revisión de planos de corte. Este paso se incluyó debido a que ahora se cuenta con planos diseñados específicamente para orientar el proceso. Gracias a ello, se asegura que las medidas estén claras antes de iniciar el trabajo y se minimizan errores por cortes mal planificados, lo que contribuye a un uso más eficiente de la materia prima.

Además, aunque se mantuvieron las etapas de corte, lijado, ensamblaje y montaje, la redacción fue ajustada para reflejar una mayor estandarización. Con este enfoque, las operaciones ya no

dependen exclusivamente de la experiencia del operario, sino que se siguen procedimientos definidos que facilitan la uniformidad y reducen el margen de error.

Finalmente, la etapa de decisión “¿Cumple las especificaciones?” fue replanteada como una inspección de calidad formal. Este cambio refuerza el enfoque en la verificación técnica del producto, estableciendo un punto de control más riguroso antes de pasar al embalaje y despacho.

5.1.2. Planos de corte

Dentro de la estandarización del proceso, un elemento clave es la incorporación de planos de corte que guíen de forma precisa el aprovechamiento de las láminas de espejo. La materia prima se recibe en planchas completas con medidas de 183 cm de ancho por 244 cm de largo, dimensiones que requieren un manejo estratégico para reducir desperdicios y asegurar uniformidad en los cortes.

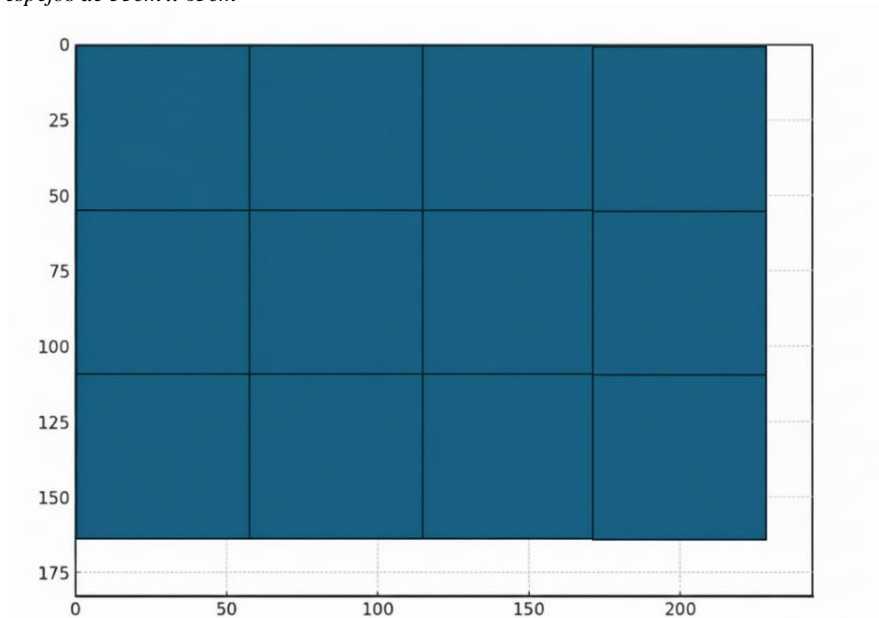
Para optimizar este recurso, se ha definido trabajar específicamente con tres medidas estándar de espejos, lo que facilita la planificación del corte en cada lámina. Gracias a los planos, se establece de antemano cómo distribuir las piezas en la superficie disponible, logrando un mayor control sobre la cantidad de espejos obtenidos por plancha y evitando improvisaciones durante la producción.

Uno de los principales avances obtenidos con la implementación de planos de corte se observa en la medida estándar de 55 cm x 65 cm. En el proceso anterior, al no contar con una distribución planificada de los cortes, en promedio solo se lograba obtener 6 espejos por lámina completa de

183 cm x 244 cm. Esto generaba un alto nivel de desperdicio de material y un aprovechamiento ineficiente de la materia prima.

Con la nueva metodología, basada en la elaboración de planos que organizan de forma estratégica cada corte, se optimizó la disposición de las piezas dentro de la lámina. Gracias a esta redistribución, ahora es posible cortar 12 espejos de 55 cm x 65 cm por cada plancha, es decir, se duplicó el rendimiento respecto al método anterior. Esto se observa en la siguiente figura:

Figura 21. Plano espejos de 55cm x 65cm

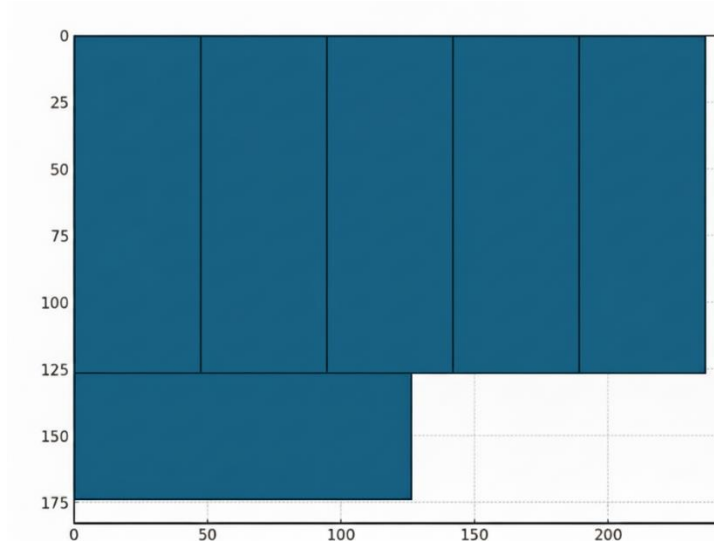


Fuente: Elaboración propia, 2025

En el caso de los espejos con medida estándar de 46 cm x 126 cm, el proceso anterior presentaba un aprovechamiento limitado de la lámina de 183 cm x 244 cm. Debido a la ausencia de un plano de corte planificado, solo se lograba obtener en promedio 4 espejos por cada plancha completa, lo que generaba una considerable pérdida de material.

Con la implementación de los nuevos planos, se reorganizó la distribución de las piezas sobre la superficie de la lámina, utilizando un patrón que combina la orientación vertical con la horizontal. Específicamente, ahora se pueden cortar 5 espejos en disposición vertical y 1 en disposición horizontal, alcanzando un total de 6 espejos por cada plancha.

Figura 22. Plano espejos de 46cm x 126cm

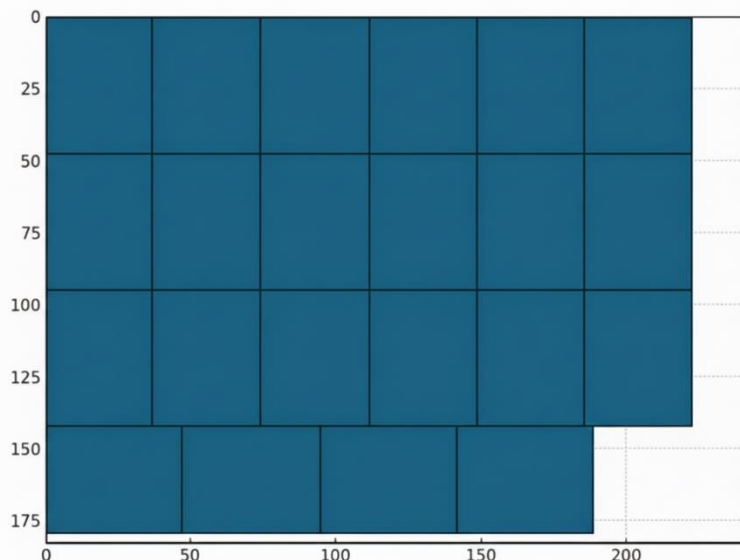


Fuente: Elaboración propia, 2025

Para la medida estándar de 37 cm x 47 cm, el proceso inicial permitía obtener un promedio de 18 espejos por lámina de 183 cm x 244 cm. Esta cantidad, aunque relativamente aceptable, no representaba el máximo aprovechamiento posible del material, ya que la disposición de los cortes no estaba optimizada.

Con la implementación de los planos de corte, se reorganizó la manera en que se distribuyen las piezas dentro de la plancha, combinando cortes en orientación vertical y horizontal. Bajo este nuevo esquema, ahora es posible obtener 22 espejos por cada lámina, distribuidos en 18 piezas en orientación vertical y 4 en orientación horizontal.

Figura 23. Plano espejos de 37cm x 47cm



Fuente: Elaboración propia, 2025

Uno de los indicadores más importantes para medir la eficiencia en el proceso de corte es el aprovechamiento del área de la lámina de espejo. En el método anterior, al no contar con una distribución planificada mediante planos, la forma de organizar los cortes generaba un uso limitado de la superficie disponible, lo que se traducía en un mayor nivel de desperdicio.

Con la implementación de los planos de corte, no solo se incrementó la cantidad de espejos obtenidos por plancha, sino que también se optimizó la manera en que se utiliza el área total de la lámina. Esta mejora garantiza que los cortes sean más estratégicos, reduciendo espacios desaprovechados y elevando el rendimiento de la materia prima. A continuación, se muestra un ejemplo de la aplicación de estos:

Figura 24. Ejemplo de aplicación



Fuente: Espejos Valverde, 2025

En la siguiente tabla se presenta una comparación entre el uso del área en el proceso anterior y el nuevo aprovechamiento, mostrando de forma clara cómo la planificación de los cortes impacta directamente en la eficiencia y en la reducción de desperdicios.

Tabla 11. Uso de la lámina anterior versus el actual

Medida	Área por espejo (cm ²)	Área lámina (cm ²)	Área utilizada anterior (cm ²)	Área utilizada actual (cm ²)	Porcentaje perdido anterior	Porcentaje perdido actual
55cm x 65cm	3.575	44.652	21.450	42.900	51,96%	3,92%
46cm x 126cm	5.796	44.652	23.184	34.776	48,08%	22,12%
37cm x 47cm	1.739	44.652	31.302	38.258	29,90%	14,32%

Fuente: Elaboración propia, 2025

La tabla presentada muestra de manera cuantitativa el impacto que tuvo la implementación de los planos de corte en el aprovechamiento del área de la lámina de espejo. Se parte de que cada

plancha utilizada tiene un área total de 44.652 cm^2 ($183 \text{ cm} \times 244 \text{ cm}$), sobre la cual se distribuyen los cortes de las diferentes medidas de espejos.

En el caso de los espejos de $55 \text{ cm} \times 65 \text{ cm}$, cada pieza ocupa un área de 3.575 cm^2 . Con el método anterior se utilizaban 21.450 cm^2 por lámina, lo que representaba una pérdida del 51,96% del material. Con la nueva distribución se logra usar 42.900 cm^2 , elevando el rendimiento al punto de que el desperdicio se reduce a solo 3,92%, es decir, prácticamente se aprovecha toda la superficie de la plancha.

Para la medida de $46 \text{ cm} \times 126 \text{ cm}$, cada espejo ocupa 5.796 cm^2 . Anteriormente, con 4 piezas por lámina, se aprovechaban 23.184 cm^2 , lo que implicaba una pérdida del 48,08% del espejo. Con la nueva disposición (6 espejos), el área utilizada aumenta a 34.776 cm^2 y el desperdicio baja al 22,12%, mostrando una mejora significativa en eficiencia.

Finalmente, en los espejos de $37 \text{ cm} \times 47 \text{ cm}$, cada pieza ocupa 1.739 cm^2 . Antes, con 18 piezas, se utilizaban 31.302 cm^2 de la lámina, equivalente a un desperdicio del 29,90%. Tras la redistribución, se logran cortar 22 piezas, alcanzando un uso de 38.258 cm^2 y reduciendo la pérdida al 14,32%.

En síntesis, la tabla refleja cómo el rediseño de la disposición de cortes mediante planos de corte permite un aprovechamiento mucho mayor del área disponible en la lámina. Las tres medidas analizadas muestran reducciones significativas en el porcentaje de desperdicio, lo que se traduce en un mejor rendimiento de la materia prima, menor costo por unidad producida y una producción más sostenible.

5.1.3. Programa de capacitación

El presente programa de capacitación surge como respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia en los procesos productivos mediante la implementación de nuevas prácticas de corte orientadas al aprovechamiento máximo del material y la reducción del scrap. Su objetivo principal es brindar a los colaboradores los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para aplicar correctamente las técnicas actualizadas y el uso adecuado de galgas, asegurando un desempeño alineado con los estándares de calidad de la empresa. Con un enfoque participativo, la capacitación busca fortalecer las competencias técnicas, promover el uso eficiente de los recursos y consolidar una cultura de mejora continua que contribuya a la productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la organización.

Objetivo general

Fortalecer las competencias técnicas de los operarios en el proceso de fabricación de espejos, con el fin de reducir errores en la interpretación de planos, mejorar la precisión en los cortes y garantizar un aprovechamiento óptimo de la materia prima.

Objetivos específicos

- Desarrollar habilidades en la lectura e interpretación de planos de corte.
- Capacitar en el uso correcto de herramientas de corte, trazado y lijado.
- Promover la estandarización de procedimientos en cada etapa del proceso.

- Sensibilizar sobre la importancia del control de calidad y el aprovechamiento de recursos.
- Fomentar buenas prácticas de seguridad ocupacional en el manejo del espejo y la madera.

Estructura del programa

Módulo 1: Introducción al proceso de fabricación de espejos

- Explicación del flujo de trabajo estandarizado.
- Identificación de problemas comunes y su impacto en costos y calidad.

Módulo 2: Planos de corte y trazado

- Lectura e interpretación de planos de corte.
- Ejercicios prácticos de distribución de piezas en láminas.
- Técnicas para minimizar desperdicios.

Módulo 3: Técnicas de corte y lijado

- Uso de herramientas manuales y equipos de corte.
- Ajuste de medidas y ejecución precisa de cortes.
- Pulido y lijado de bordes del espejo para seguridad y acabado estético.

Módulo 4: Ensamblaje y control de calidad

- Procedimientos estandarizados de armado de marcos.
- Montaje del espejo en el marco con precisión.
- Inspección final: criterios de aceptación y rechazo.

Metodología

El programa combina sesiones teóricas con talleres prácticos en planta, donde los operarios aplican directamente los conocimientos adquiridos. Se incluyen ejercicios de simulación con planos reales y prácticas supervisadas en el proceso de corte y ensamblaje.

Duración:

18 horas distribuidas en 4 jornadas de 3 horas cada una.

Resultados esperados

- Reducción de errores en el proceso de corte y ensamblaje.
- Incremento en el aprovechamiento del área de la lámina.
- Mayor uniformidad en la producción de espejos.
- Disminución del desperdicio y de los costos asociados.
- Aumento en la seguridad y confianza de los operarios en sus labores.

5.2. Controlar

La fase de *Controlar* tiene como propósito asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas durante el proyecto en Espejos Valverde. Luego de ejecutar tres propuestas clave es necesario establecer mecanismos que permitan monitorear su cumplimiento, desempeño y estabilidad a lo largo del tiempo. En esta etapa se diseñan y formalizan las herramientas de control que facilitarán la verificación continua de cada propuesta, garantizando que las prácticas establecidas se mantengan en operación diaria, evitando regresiones y promoviendo la mejora continua.

5.2.1. Checklist de verificación (estandarización del proceso)

Con el fin de mantener el proceso en un estado estandarizado y asegurar que cada colaborador ejecute las actividades de manera uniforme, se desarrolla un checklist que reúne todas las etapas clave del procedimiento. Esta herramienta permite verificar de forma rápida y sistemática el cumplimiento de cada paso definido, reduciendo la variabilidad operativa y facilitando la detección temprana de desviaciones. Al implementar este checklist como parte de la rutina diaria, se garantiza la consistencia en la ejecución, se fortalecen las buenas prácticas adoptadas y se promueve la sostenibilidad de la estandarización alcanzada en el proyecto.

Figura 25. Checklist de cumplimiento del proceso

Espejos Valverde		Fecha:		
Checklist cumplimiento del proceso		Lote:		
		Operario:		
Ítem	Verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
1. Recepción y verificación de materia prima				
1.1	Las planchas de espejo no presentan daños visibles.			
1.2	Las piezas de madera no presentan defectos o deformaciones.			
1.3	Las dimensiones coinciden con la orden de compra.			
1.4	Las cantidades corresponden a lo solicitado.			
2. Revisión de planos de corte				
2.1	Los planos de corte fueron revisados antes de iniciar la producción.			
2.2	Se verificaron especificaciones especiales del modelo.			
3. Corte de espejo				
3.1	Se siguieron exactamente las medidas del plano.			
3.2	El corte se realizó sin generar vibraciones o daños.			
4. Lijado y pulido del espejo				
4.1	Todos los bordes fueron lijados/pulidos.			
4.2	No quedaron filos cortantes.			
5. Corte y lijado de madera				
5.1	Las dimensiones son exactas y uniformes.			
5.2	Las superficies están correctamente lijadas.			
6. Ensamblaje del marco				
6.1	El marco quedó firme y simétrico.			
6.2	No existen espacios o uniones defectuosas.			
7. Montaje del espejo				
7.1	El espejo se inserta sin forzar ni causar presión excesiva.			
7.2	El ajuste del espejo es uniforme.			
7.3	No se generaron fisuras o rayones durante el montaje.			
8. Inspección de calidad				
8.1	Se verificaron todas las dimensiones del producto final.			
8.2	Los acabados cumplen el estándar definido.			
8.3	El marco y el espejo están alineados correctamente.			
9. Embalaje				
9.1	Se utilizó el material de protección adecuado.			
9.2	El producto quedó asegurado contra golpes y vibraciones.			
9.3	El embalaje cumple con los requisitos del cliente.			
10. Almacenamiento o despacho				
10.1	El espejo se colocó correctamente en bodega.			
10.2	El producto fue identificado con etiqueta de lote.			

Fuente: Elaboración propia, 2025

El checklist elaborado para el proceso de fabricación de espejos constituye una herramienta de control clave para garantizar la correcta ejecución de cada una de las actividades involucradas. Su estructura organiza el flujo de trabajo en etapas lógicas como la recepción de materiales, la

inspección visual del c, los cortes, el lijado, el ensamblaje y los controles finales de calidad y permite verificar de manera rápida y objetiva que cada punto del proceso se haya completado conforme a lo establecido. Al incluir casillas de validación y un espacio para observaciones, el documento facilita la detección temprana de desviaciones, brinda trazabilidad al desempeño operativo y sirve como evidencia del cumplimiento de los estándares definidos.

Además, este checklist funciona como un soporte directo para mantener la estandarización alcanzada durante el proyecto. Cada sección guía al colaborador en los pasos críticos del proceso, evitando omisiones y reduciendo la variabilidad entre operadores. Su aplicación semanal (cada vez que se realizan los cortes) asegura que los materiales utilizados cumplan con las condiciones requeridas, que las dimensiones sean las correctas, que el ensamble se realice con precisión y que el producto final se revise antes del empaque. De esta manera, la herramienta no solo fortalece la consistencia en la producción, sino que también promueve la mejora continua y contribuye a preservar la calidad de los espejos elaborados por la empresa.

Con el propósito de evaluar de manera objetiva el grado de cumplimiento del proceso estandarizado, se establece una fórmula que permite cuantificar el desempeño obtenido en cada checklist aplicado. Esta medición facilita determinar qué porcentaje de las actividades definidas fue ejecutado correctamente, proporcionando un indicador claro y comparable entre días, lotes o colaboradores. Al utilizar un cálculo numérico, la empresa puede monitorear tendencias, identificar áreas donde el cumplimiento disminuye y tomar acciones correctivas de forma oportuna.

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{Items conformes}}{\text{Total de items}} \times 100\%$$

En este cálculo, los ítems conformes representan la cantidad de actividades del checklist que fueron ejecutadas correctamente según los criterios establecidos, mientras que el total de ítems corresponde al número total de verificaciones incluidas en el documento. Al dividir ambos valores y multiplicarlos por cien, se obtiene un porcentaje que indica el grado de cumplimiento alcanzado en cada ejecución del proceso. Este indicador facilita identificar desviaciones, comparar resultados entre diferentes períodos y evaluar la consistencia operativa.

El uso de esta fórmula convierte la revisión del checklist en un mecanismo de control medible, permitiendo una interpretación clara y objetiva del desempeño del proceso. Además, habilita el seguimiento continuo de la estandarización y contribuye a la toma de decisiones basada en datos. La responsabilidad tanto de aplicar el checklist como de calcular y analizar este porcentaje recae en el ingeniero de procesos, quien debe garantizar la correcta implementación, registrar los resultados y proponer acciones correctivas cuando los niveles de cumplimiento no alcancen los estándares definidos. Esta evaluación se realiza de manera semanal, cada vez que se realizan los cortes en las láminas.

5.2.2. Gráfico de control U

El gráfico de control U se utiliza como herramienta estadística para monitorear la cantidad de desperdicio generado por lámina durante el proceso de corte, permitiendo identificar variaciones inusuales que puedan indicar problemas en la operación. Este tipo de gráfico es ideal cuando se

desea controlar el número de defectos o unidades de desperdicio por área o por unidad producida, ya que ajusta los límites de control según la cantidad de material procesado en cada medición.

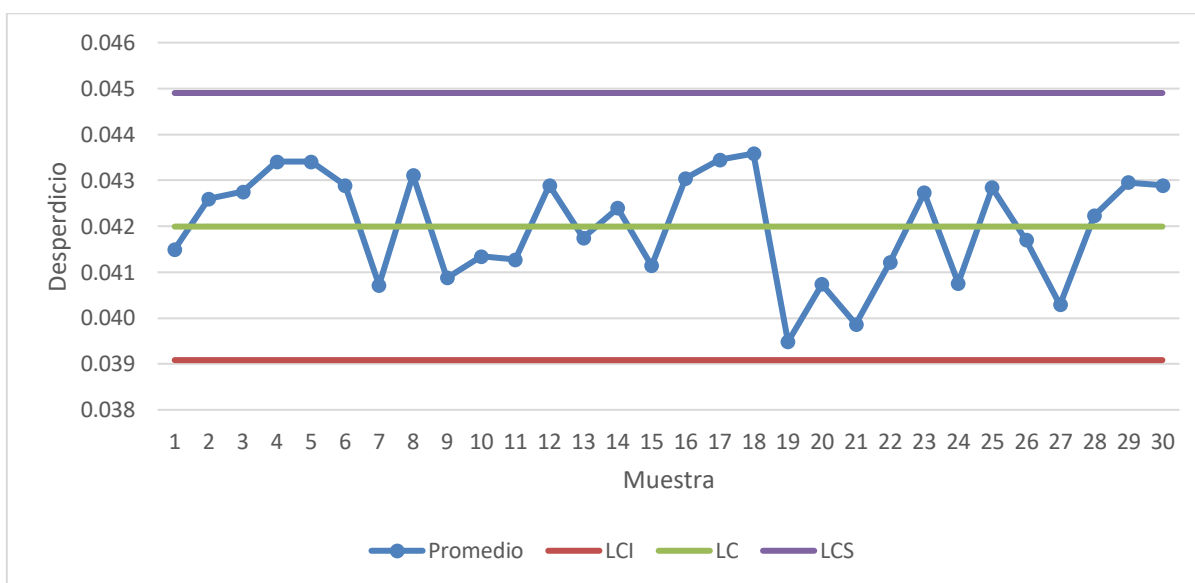
Tabla 12. Datos control espejo 55cm x 65cm

Lote	Tamaño lámina (cm ²)	Desperdicio (cm ²)	Promedio	LCI	LC	LCS
1	44.652	1.853	0,041	0,039	0,042	0,045
2	44.652	1.902	0,043	0,039	0,042	0,045
3	44.652	1.909	0,043	0,039	0,042	0,045
4	44.652	1.938	0,043	0,039	0,042	0,045
5	44.652	1.938	0,043	0,039	0,042	0,045
6	44.652	1.915	0,043	0,039	0,042	0,045
7	44.652	1.818	0,041	0,039	0,042	0,045
8	44.652	1.925	0,043	0,039	0,042	0,045
9	44.652	1.825	0,041	0,039	0,042	0,045
10	44.652	1.846	0,041	0,039	0,042	0,045
11	44.652	1.843	0,041	0,039	0,042	0,045
12	44.652	1.915	0,043	0,039	0,042	0,045
13	44.652	1.864	0,042	0,039	0,042	0,045
14	44.652	1.893	0,042	0,039	0,042	0,045
15	44.652	1.837	0,041	0,039	0,042	0,045
16	44.652	1.922	0,043	0,039	0,042	0,045
17	44.652	1.940	0,043	0,039	0,042	0,045
18	44.652	1.946	0,044	0,039	0,042	0,045
19	44.652	1.763	0,039	0,039	0,042	0,045
20	44.652	1.819	0,041	0,039	0,042	0,045
21	44.652	1.780	0,040	0,039	0,042	0,045
22	44.652	1.840	0,041	0,039	0,042	0,045
23	44.652	1.908	0,043	0,039	0,042	0,045
24	44.652	1.820	0,041	0,039	0,042	0,045
25	44.652	1.913	0,043	0,039	0,042	0,045
26	44.652	1.862	0,042	0,039	0,042	0,045
27	44.652	1.799	0,040	0,039	0,042	0,045
28	44.652	1.886	0,042	0,039	0,042	0,045
29	44.652	1.918	0,043	0,039	0,042	0,045
30	44.652	1.915	0,043	0,039	0,042	0,045

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los datos anteriores corresponden exclusivamente a la producción de espejos de 55 cm × 65 cm, tomando una muestra de 30 observaciones recolectadas después de implementar la mejora en los planos de corte. Cada punto registrado considera tanto el tamaño de la lámina utilizada como la cantidad de material desperdiciado durante el proceso, lo que permite obtener una medición proporcional y ajustada a la realidad operativa. Gracias a esta información, es posible evaluar si el nivel de scrap se mantiene dentro de límites aceptables luego de la mejora, y determinar si las nuevas distribuciones de corte están cumpliendo con el objetivo de optimizar el uso del material. El gráfico asociado se muestra en la siguiente imagen:

Figura 26. Gráfico U desperdicio



Fuente: Elaboración propia, 2025

El gráfico de control U mostrado representa el comportamiento del desperdicio generado en la producción de espejos de 55 cm × 65 cm a lo largo de 30 muestras tomadas después de aplicar la mejora en los planos de corte. La línea central (LC) indica el promedio general de desperdicio, mientras que la línea superior (LCS) e inferior (LCI) definen los límites estadísticos dentro de los

cuales el proceso debería operar de manera estable. Al observar los datos, se evidencia que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, lo cual indica que el proceso no presenta variaciones especiales o comportamientos anómalos. Esto sugiere que el nivel de desperdicio se mantiene bajo control y que la mejora implementada en los planos está contribuyendo a un uso más consistente y eficiente del material.

El seguimiento de este gráfico de control U queda bajo la responsabilidad del ingeniero de procesos, quien debe revisar periódicamente los niveles de desperdicio para asegurar que el proceso se mantenga dentro de los parámetros esperados. Se recomienda realizar este control de manera aleatoria cada semana, con el fin de obtener una vigilancia constante y representativa del desempeño real de la operación. Esta frecuencia permite detectar oportunamente cualquier desviación, validar la estabilidad del proceso y garantizar que las mejoras implementadas sigan generando los resultados esperados en términos de reducción de scrap.

5.2.3. Diagrama de Gantt para la capacitación

La herramienta seleccionada para estructurar y controlar el programa de capacitación es un diagrama de Gantt, el cual permite organizar las actividades formativas de manera visual y secuencial. Este recurso facilita la planificación de fechas, la asignación de responsables, la duración de cada módulo y el orden lógico en que deben desarrollarse los temas. Además, el Gantt permite dar seguimiento al avance real de la capacitación comparándolo con lo programado, asegurando así que el proceso formativo se ejecute según lo establecido y que cada colaborador reciba la instrucción necesaria en el tiempo adecuado.

Figura 27. Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia, 2025

Este diagrama de Gantt representa la planificación estructurada del programa de capacitación, mostrando de manera visual el orden y la duración de cada una de las actividades formativas. Cada fila corresponde a un tema o etapa del proceso de capacitación, mientras que las columnas representan los periodos de tiempo asignados para su ejecución. Las barras en color celeste indican el momento específico en que debe realizarse cada actividad, permitiendo observar claramente la secuencia lica del programa: inicia con los contenidos introductorios y avanza progresivamente hacia temas más específicos del proceso productivo.

La distribución escalonada de las barras permite identificar la relación entre actividades, evitando solapamientos innecesarios y asegurando que cada módulo se realice en el orden adecuado. Gracias a este formato, el diagrama facilita el seguimiento del avance del programa, permitiendo verificar si las capacitaciones se completan según lo planificado y detectar cualquier retraso. En conjunto, este Gantt funciona como una herramienta de control y gestión que garantiza la correcta ejecución del plan de capacitación establecido para el personal.

5.3. Análisis económico

El análisis económico constituye una etapa fundamental para determinar la viabilidad y conveniencia de las mejoras propuestas en el proceso de corte y manejo de espejos en la empresa. Este apartado examina de manera objetiva los costos asociados al método propuesto, así como los beneficios económicos derivados de la implementación de prácticas estandarizadas y la reducción del desperdicio de material. De acuerdo con los costos asociados al desperdicio de espejo en la siguiente tabla se puede determinar el beneficio o ahorro esperado a partir de la implementación del proyecto, todo esto de manera mensual:

Tabla 13. Beneficio esperado

Espejo	Costo por lámina	Cantidad proyectada	Costo total
Espejos 55 cm x 65 cm	₡ 17.147	15	₡ 257.205
Espejos 46 cm x 126 cm	₡ 15.866	30	₡ 475.980
Espejos 37 cm x 47 cm	₡ 9.867	25	₡ 246.675
Total			₡ 979.860

Fuente: Elaboración propia, 2025

El cálculo de los beneficios esperados muestra el valor económico asociado a la producción de los distintos tipos de espejos, reflejando el ingreso potencial que la empresa puede obtener. Los espejos de 55 cm x 65 cm, con un precio de ₡17.147 por unidad, generan un beneficio esperado de ₡257.205 al considerar las 15 unidades proyectadas. De igual forma, los espejos de 46 cm x 126 cm, con un valor unitario de ₡15.866, representan el mayor aporte económico, alcanzando ₡475.980 por las 30 unidades estimadas. Por último, los espejos de 37 cm x 47 cm, con un beneficio unitario de ₡9.867, contribuyen con ₡246.675 al total. En conjunto, estos ingresos

proyectados suman ¢979.860, permitiendo estimar el beneficio económico total asociado a la producción de los diferentes formatos de espejos incluidos en el proyecto.

El análisis de costos permite identificar de manera precisa los recursos económicos necesarios para desarrollar el proceso productivo asociado a la elaboración de los espejos. Esta evaluación constituye un componente esencial dentro del estudio económico, ya que permite cuantificar los gastos involucrados. A través de este análisis es posible determinar el impacto financiero directo de la operación, así como establecer una base realista para la toma de decisiones relacionadas con eficiencia, control y optimización de recursos.

Tabla 14. Costos asociados

Etapas del proceso	Horas invertidas	Costo por hora	Costo total
Estandarización del proceso			
Operarios	5	¢ 2.000	¢ 10.000
Ingeniero	30	¢ 4.000	¢ 120.000
Creación de planos de corte			
Operarios	4	¢ 2.000	¢ 8.000
Ingeniero	35	¢ 4.000	¢ 140.000
Programa de capacitación			
Operarios	18	¢ 2.000	¢ 36.000
Ingeniero	25	¢ 4.000	¢ 100.000
Total			¢ 414.000

Fuente: Elaboración propia, 2025

La tabla presentada detalla los costos asociados a las horas de trabajo requeridas en las distintas etapas del proyecto, considerando tanto el aporte de los operarios como del ingeniero responsable. En la fase de estandarización del proceso, los operarios invierten 5 horas con un costo de ¢2.000 por hora, generando un total de ¢10.000, mientras que el ingeniero dedica 30 horas a un costo de ¢4.000 por hora, para un total de ¢120.000. En la etapa de creación de planos de corte, los operarios trabajan 4 horas, equivalentes a ¢8.000, y el ingeniero aporta 35 horas con un costo

total de ¢140.000. Finalmente, en el programa de capacitación, los operarios acumulan 18 horas de trabajo por un total de ¢36.000, y el ingeniero invierte 25 horas que representan ¢100.000. En conjunto, todas las actividades suman un costo total de ¢414.000, lo que permite dimensionar el esfuerzo y los recursos económicos necesarios para completar las fases clave del proyecto.

Con la información recopilada sobre los costos de producción, las horas invertidas y el valor económico asociado a cada etapa del proyecto, se cuenta con una base sólida para realizar la evaluación financiera correspondiente. Estos datos permiten estimar los flujos de efectivo relacionados tanto con la inversión inicial como con los beneficios proyectados, lo cual es fundamental para aplicar el método del Valor Actual Neto (VAN). A partir de estos valores, es posible determinar la rentabilidad del proyecto y establecer si la implementación de las mejoras propuestas genera un retorno económico favorable para la empresa.

$$VAN = -Inv\ Inicial + \sum_{n=0}^n \frac{Flujo}{(1+i)^n}$$

$$VAN = -\text{¢}414.000 + \left(\frac{\text{¢}979.860}{(1+0.05)^1} + \frac{\text{¢}1.004.860}{(1+0.05)^2} + \frac{\text{¢}1.029.860}{(1+0.05)^3} + \frac{\text{¢}1.054.860}{(1+0.05)^4} + \frac{\text{¢}1.029.860}{(1+0.05)^5} \right)$$

$$VAN = -\text{¢}414.000 + \text{¢}4.448.203 = \text{¢}4.034.204$$

El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se realiza considerando una inversión inicial de ¢414.000 y una tasa de descuento del 5%, la cual refleja el costo de oportunidad del capital y el rendimiento mínimo esperado por la empresa. A partir del beneficio económico estimado para el primer año (¢979.860), los flujos de caja futuros se proyectan incorporando un incremento anual

de ¢25.000, lo que representa el crecimiento esperado en los ingresos derivados del proceso. Al sumar el valor presente de todos los flujos proyectados, equivalentes a ¢4.448.203, y restar la inversión inicial, se obtiene un VAN de ¢4.034.204. Este resultado positivo confirma que el proyecto genera un retorno significativo superior al costo del capital, demostrando su conveniencia económica y su capacidad para aportar beneficios sostenibles en el tiempo.

Por otra parte, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero que permite evaluar la rentabilidad de un proyecto a partir de sus flujos de caja futuros. Este valor representa la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) sea igual a cero, es decir, el punto en el cual los ingresos descontados igualan la inversión inicial. La TIR facilita determinar si un proyecto es atractivo en términos financieros, ya que su interpretación se basa en la comparación con la tasa mínima aceptable de rendimiento si la TIR supera este umbral, el proyecto se considera viable y económicamente conveniente. La TIR relacionado al proyecto es el siguiente:

$$TIR = -Inv Inicial + \sum_{n=0}^n \frac{Flujo}{(1+i)^n} = 0$$

$$0 = -\text{¢}414.000 + \left(\frac{\text{¢}979.860}{(1+TIR)^1} + \frac{\text{¢}1.004.860}{(1+TIR)^2} + \frac{\text{¢}1.029.860}{(1+TIR)^3} + \frac{\text{¢}1.054.860}{(1+TIR)^4} + \frac{\text{¢}1.029.860}{(1+TIR)^5} \right)$$

$$TIR = 239\%$$

El cálculo de la TIR se realiza aplicando la ecuación del Valor Actual Neto igualada a cero, tomando como referencia la inversión inicial de ¢414.000 y los flujos de caja proyectados para los siguientes cinco años. Estos flujos parten de un beneficio inicial de ¢979.860, al cual se le

incorpora un incremento de $\text{C}\$25.000$ por año, reflejando el crecimiento esperado en los ingresos generados por la mejora del proceso. A diferencia del VAN, en este caso la tasa de descuento no se fija previamente, sino que se determina de manera iterativa hasta encontrar el valor que iguala el total de ingresos descontados con la inversión realizada. Al resolver la ecuación, se obtiene una TIR del 239%, lo que indica que el proyecto genera un rendimiento extraordinariamente superior al costo del capital. Este resultado confirma que la inversión propuesta es altamente rentable y que los beneficios proyectados superan ampliamente los recursos iniciales requeridos.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

Se determinó que la empresa no contaba con un método formalmente establecido para realizar los cortes en las láminas destinadas a la fabricación de los distintos modelos de espejos. Cada operario ejecutaba esta tarea siguiendo su propio criterio y la experiencia personal que había adquirido, lo que generaba una alta variabilidad en los resultados. La ausencia de un estándar provocaba inconsistencias tanto en la calidad del producto como en el consumo del material, además de dificultar el control del proceso. Esta situación evidenció la necesidad de desarrollar procedimientos estructurados que garantizaran uniformidad, trazabilidad y eficiencia operativa.

Durante las mediciones realizadas en el área de producción, se encontró que en las tres medidas de espejos analizadas se generaba un desperdicio superior al 30% de la lámina utilizada. Este porcentaje representaba una pérdida significativa de materia prima, encareciendo el proceso productivo y disminuyendo la rentabilidad del producto final. El nivel de scrap observado estaba directamente asociado a la forma en que los operarios realizaban los cortes, ya que la falta de planificación generaba espacios inutilizables en la lámina. Este hallazgo permitió confirmar que la empresa necesitaba un enfoque técnico que optimizara la distribución del material y redujera las pérdidas.

El análisis de causa raíz reveló que el origen principal del problema se encontraba en la inexistencia de un estándar para definir cómo debían realizarse los cortes en las láminas. Adicionalmente, se identificaron prácticas incorrectas como la marcación deficiente de las láminas y errores en la interpretación de los diseños proporcionados. Estos factores combinados generaban inconsistencias operativas, afectaban la calidad de los productos terminados y

aumentaban el desperdicio de material. La falta de lineamientos claros y herramientas visuales adecuadas explicaba la recurrencia del problema y la dificultad para mejorar el desempeño sin intervenciones estructurales.

Para abordar la falta de estandarización detectada, se desarrolló un diagrama de flujo detallado que describe de manera secuencial cada una de las actividades involucradas en el proceso de fabricación. El diagrama integra los puntos de control necesarios para garantizar que las tareas se realicen de forma correcta y consistente, además de facilitar la comprensión del proceso por parte de los operarios. Esta herramienta visual se convierte en un soporte clave para eliminar la variabilidad, mejorar la comunicación interna y permitir que cualquier persona pueda seguir el procedimiento con claridad. Con su implementación, se establece un estándar formal que contribuye significativamente a la estabilidad del proceso.

En respuesta al problema de cortes mal planificados, se diseñaron planos específicos para cada una de las tres medidas de espejos analizadas. Estos planos indican con precisión la manera correcta en que debe marcarse y cortarse cada lámina, asegurando que el operario realice siempre la misma distribución del material. Su propósito es doble: por un lado, garantizar que los cortes se efectúen de forma uniforme y siguiendo un criterio técnico definido; por otro, reducir el desperdicio de material mediante un aprovechamiento más eficiente de la lámina. Esta herramienta representa una mejora sustancial, ya que facilita la estandarización y contribuye directamente a la reducción de costos.

Con el fin de asegurar que los nuevos estándares, planos y herramientas fueran aplicados correctamente por los colaboradores, se desarrolló e implementó un programa de capacitación

estructurado. Este programa, dirigido y ejecutado por el encargado del proyecto, se enfoca en explicar los cambios realizados en el proceso, detallar las nuevas instrucciones de trabajo y capacitar al personal en los controles posteriores que deben realizarse. La capacitación garantiza que todo el personal comprenda las razones detrás de las mejoras, adquiera las habilidades necesarias para ejecutarlas correctamente y mantenga prácticas operativas alineadas con los objetivos de la empresa. Este paso es fundamental para asegurar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

Con el objetivo de asegurar que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo, se diseñó un checklist de verificación que permite evaluar el cumplimiento de cada etapa del proceso mediante un porcentaje de conformidad. Esta herramienta facilita el monitoreo continuo y la detección oportuna de desviaciones en la operación. Adicionalmente, para controlar el desperdicio de material, se elaboró un gráfico de control tipo U que permite analizar la cantidad de scrap generado en las láminas. Durante su aplicación, los datos demostraron que todos los puntos se mantienen dentro de los límites de control establecidos, lo que indica que el proceso se encuentra estable después de la implementación de las mejoras. En conjunto, estas herramientas permiten confirmar la efectividad del proyecto y garantizan que el desempeño del proceso pueda ser monitoreado de manera sistemática.

Recomendaciones

Se recomienda oficializar el diagrama de flujo, los planos de corte y el checklist mediante su incorporación al sistema de gestión documental de la empresa. Esto garantiza que los colaboradores trabajen siempre con la versión más reciente y evita desviaciones por uso de

documentos obsoletos. Además, debe establecerse un proceso de revisión periódica para actualizar estos estándares conforme surjan nuevas oportunidades de mejora.

Aunque se realizó una capacitación inicial, es recomendable programar sesiones periódicas, al menos semestrales, para reforzar los conocimientos y asegurar que las prácticas estandarizadas se mantengan en el tiempo. Estas capacitaciones deben complementarse con evaluaciones de desempeño que permitan medir la correcta aplicación de los procedimientos y detectar necesidades adicionales de entrenamiento.

Se sugiere continuar utilizando el gráfico de control U de manera regular, ya sea semanal o quincenal según el nivel de producción, para monitorear el comportamiento del desperdicio. Si en algún momento los puntos comienzan a acercarse a los límites de control o se detectan fuera de ellos, se debe activar un análisis inmediato para identificar causas especiales y corregirlas oportunamente.

Además del checklist operativo, es conveniente implementar auditorías internas mensuales que permitan verificar el cumplimiento del estándar, la correcta interpretación de los planos y el estado de las herramientas de marcado y corte. Estas auditorías ayudan a mantener la disciplina operativa y a validar la confiabilidad del proceso.

El desempeño del proceso depende en gran medida del estado de las cortadoras y de los instrumentos de medición utilizados para marcar las láminas. Por ello, se recomienda establecer un plan de mantenimiento preventivo y calibración periódica que asegure el buen funcionamiento de los equipos y evite errores atribuibles a desgaste, desalineaciones o fallas técnicas.

Se recomienda fomentar espacios de retroalimentación entre los operarios y el ingeniero de procesos, de modo que cualquier dificultad, variación o sugerencia relacionada con los cortes pueda comunicarse de forma rápida y efectiva. Esto permite resolver problemas antes de que se vuelvan recurrentes y promueve una cultura de mejora continua.

A mediano plazo, se sugiere analizar la viabilidad técnica y económica de integrar herramientas automatizadas o equipos de corte asistido que permitan incrementar la precisión y reducir aún más la variabilidad. La automatización puede convertirse en una estrategia para sostener e incluso mejorar los resultados obtenidos.

Bibliografía

- Agresti, A. (2020). *Statistical Methods for the Social Sciences* (5th ed.). Pearson.
- Alles, M. (2015). *Gestión del talento humano: enfoque por competencias* (2.^a ed.). Ediciones Granica.
- Alvarado, L. (2016, 22 agosto). *Ingeniería industrial: Qué es y cuánto gana un ingeniero Poliverso*. <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/ingenieria-industrial-que-es>
- Anjard, R. P. (2021). *Process Improvement: Concepts, Techniques, and Best Practices*. CRC Press.
- González, M. y Pérez, J. (2019). *Aplicación de Lean Manufacturing en la industria del vidrio plano*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Gutiérrez, H. y Hernández, P. (2018). *Gestión Lean en la práctica: Principios, herramientas y casos de estudio*. Editorial Ecoe Ediciones.
- Harrington, H. J. y Voehl, F. (2020). *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. Taylor & Francis.
- Heizer, J., Render, B. y Watson, K. (2009). *Web-based instruction improves teaching*. *Decision Line*, 40(1), 4-6.

- Herrera, G., Carrillo, M. S. y Cohen, H. E. (2024). *Estudio bibliométrico y prospectivo de la ingeniería industrial en América Latina: una revisión de la literatura y futuras tendencias*. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(1), 630-647.
- Jiménez, L. y Valverde, M. (2021). *Optimización del proceso de corte en la industria del vidrio arquitectónico*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Lizarzaburu, E., Chávez, M., Barriga, G. y Castro, G. (2018). *Gestión de operaciones y calidad*. Lima: Pearson Educación.
- López, M. y Rodríguez, A. (2020). *Lean Manufacturing: Herramientas para la mejora continua en la industria*. Editorial Alfaomega.
- Martínez, R. y Gómez, L. (2021). *Estadística aplicada: Fundamentos y visualización de datos*. Editorial Alfaomega.
- Montgomery, D. C. y Runger, G. C. (2021). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (7th ed.). Wiley.
- Pierce, A. (2022). *DMAIC y otras herramientas Six Sigma para potenciar la mejora continua*. Imagineer Customer Experience.
- Ramírez, S. y Franco, A. (2018). *Aplicación de control estadístico de procesos en la industria del vidrio*. Universidad Nacional de Colombia.

Rodríguez, A. y Cordero, F. (2020). *Reducción de desperdicio de vidrio templado mediante la metodología DMAIC en Vitro Vidrio y Aluminio S.A.* Universidad Técnica Nacional, Costa Rica.

Rodríguez, A., Martínez, V., Espinosa, N., Reyes, N. y Reyes, G. (2023). *Control de calidad.*

Romero, J. (2021). *Control estadístico de procesos: Teoría y práctica para la mejora continua.* Editorial Alfaomega.

Trout, J. (2021, 21 julio). DMAIC: una guía completa - CMC Latinoamerica. *CMC Latinoamerica - Congreso de Mantenimiento & Confiabilidad Latinoamérica.*

Vargas, L. y Méndez, R. (2019). *Toma de decisiones con Excel: Optimización y análisis de sensibilidad.* Editorial Ecoe Ediciones.

Anexos

Señores												
Escuela de ingeniería industrial												
Universidad Hispanoamericana												
Estimados señores												
Me permito saludarle y a la vez comunicarle que el estudiante Emilio Valverde Batodano, cédula 1-1461-0080, ha concluido exitosamente el proyecto de graduación para optar por el nivel de Licenciatura en ingeniería industrial de la Universidad Hispanoamericana, en modalidad presencial denominado MEJORA EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE ESPEJOS EN LA EMPRESA ESPEJOS VALVERDE EN EL PERIODO QUE COMPRENDE EL III CUATRIMESTRE DEL 2025, a continuación, se presenta el desglose de la nota obtenida:												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	N/A	
1. Regularidad en la asistencia al trabajo y cumplimiento con el horario establecido										X		
2. Cumplimiento de tareas que el desarrollo de su trabajo demanda										X		
3. Cumplimiento de los reglamentos y normas existentes en la organización										X		
4. Capacidad de proponer y/o aprender por sí mismo acciones tendientes a la mejora de su trabajo										X		
5. Capacidad para identificar y analizar los problemas que se presentan										X		
6. Capacidad para sacar conclusiones y recomendaciones										X		
7. Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos al trabajo práctico desarrollado										X		
8. Capacidad para expresar sus ideas										X		
9. Presentación personal adecuada a las exigencias de la organización										X		
10. Capacidad para establecer y mantener relaciones adecuadas con otras personas										X		
11. Capacidad para comunicar sus ideas, sugerencias y conocimientos de la organización										X		
12. Grado de contribución del trabajo a la mejora de las actividades de la organización										X		
13. Grado en que se cumplieron los objetivos planteados al inicio del										X		

DECLARACIÓN JURADA

Yo Emilio Valverde Baltodano, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-14610080 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Mejora en la línea de producción de Espejos en la empresa Espejos Valverde en el periodo que comprende el III Cuatrimestre del 2025.

_____ es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los ocho días del mes de diciembre del año dos mil veinti cinco.

Emilio Valverde

Firma del estudiante

Cédula: 1-14610080